



การศึกษาสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินโดย กพน.

A STUDY OF MAGNETIC AND ELECTRIC FIELDS GENERATED BY MEA TRANSMISSION
UNDERGROUND CABLES

นางสาวกนกวรรณ ประทีปศิริ

นางสาวณัฐธิกา เทียมเสมอ

นางสาวสุธาสิณี นุ่นชื่น

โครงการวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2559

การศึกษาสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินโดย กพน.

A STUDY OF MAGNETIC AND ELECTRIC FIELDS GENERATED BY MEA TRANSMISSION
UNDERGROUND CABLES

นางสาวกนกวรรณ ประทีปคีรี

นางสาวณัฐริกา เทียมเสมอ

นางสาวสุธาสินี นุ่นชื่น

โครงการวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินโดย กพน.

ปีการศึกษา 2559

โดย

นางสาวกนกวรรณ ประทีปศิริ

นางสาวณัฐริกา เทียมเสมอ

นางสาวสุธาสินี นุ่นชื่น

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิมิพล ธาราธิระเศรษฐ์

บทคัดย่อ

โครงการวิศวกรรมนี้ศึกษาเกี่ยวกับการหาค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าในระบบส่งจ่ายเคเบิลใต้ดินของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับออกแบบการวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้มีค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบต่อคนน้อยที่สุดก่อนหน้าการไฟฟ้านครหลวงได้ศึกษาการจัดเรียงเฟสที่เหมาะสมของสายส่งเคเบิลใต้ดิน เพื่อควบคุมสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นให้มีค่าน้อยที่สุด ด้วยโปรแกรม MATLAB ข้อจำกัดของงานนี้ คือ การศึกษาได้พิจารณาเฉพาะสนามแม่เหล็ก การออกแบบจำลองสายส่งเคเบิลใต้ดินได้พิจารณาเฉพาะกรณีไม่มีฉนวนหุ้ม และได้พิจารณารูปแบบการวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสบางรูปแบบเท่านั้น โครงการวิศวกรรมนี้นำเสนอ รูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ทำให้มีค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยการคำนวณค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่ละเอียดขึ้นด้วยโปรแกรม MATLAB และโปรแกรม Finite Element Method ซึ่งสามารถพิจารณาผลจากฉนวน Cross-linked polyethylene (XLPE) ได้ด้วย ดังนั้น การศึกษาสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าในการวางสายตัวนำ การจัดเรียงเฟสทุกรูปแบบ และการคิดผลวัสดุโครงสร้างของสายส่งเคเบิลใต้ดินที่มีฉนวนหุ้ม XLPE ในงานนี้ ทำให้เห็นว่าสนามแม่เหล็กที่คิดและไม่คิดผลจากฉนวนหุ้ม XLPE ไม่มีค่าสนามไฟฟ้าผ่านออกมาได้ ทั้งสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ามีค่าไม่เกินค่าความปลอดภัยตามองค์รอนามัยโลก คือ 1,000 mG และ 5 kV/m ตามลำดับ ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อคน (หรือร้ายแรง)จนเป็นอันตรายต่อคน

คำสำคัญ: สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า ฉนวนหุ้ม XLPE

A STUDY OF MAGNETIC AND ELECTRIC FIELDS GENERATED BY MEA TRANSMISSION UNDERGROUND CABLES

Academic Year 2016

By

Miss Kanokwan Prateepkiri
Miss Nattika Tiamsamer
Miss Suthasinee Nunchuen

Advisor

Assoc.Prof.VutiponTarateeraseth, Ph.D

Abstract

This engineering project considers the magnetic and the electric fields of underground transmission cables, which are investigated by Metropolitan Electricity Authority (MEA), for an appropriate phase arrangement design of conductors. Previously, the MEA studies the phase arrangement of the underground transmission cables to minimize the magnetic field by using MATLAB. The limitations of this study are that only the magnetic field is taken into account, the underground transmission cables are analyzed without insulation, only partial cabling and phase arrangements are considered. This engineering project presents the phase arrangement of conductors that minimize the magnetic and the electric fields. We calculate the magnetic and the electric fields by using the MATLAB and Finite Element Method that can consider the effect of Cross-linked Polyethylene (XLPE) insulation. This work determines the magnetic and the electric fields of cabling, and considers all phase arrangements and the effects of the XLPE insulation. It is found that the magnetic field with the XLPE insulation is very similar to that without the insulation. The electric field calculated with the XLPE insulation is very small. The magnetic and the electric fields are not greater than the security values given by the World Health Organization, which are 1,000 mG and 5 kV/m, respectively, and are not dangerous to people.

Keywords: Magnetic and electric fields Underground cables, XLPE insulated

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิศวกรรมฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก รศ.ดร.วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขความเรียบร้อย ตลอดจนการชี้แนะในการหาคำตอบในปัญหาต่างๆ ระหว่างจัดทำโครงการนี้ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณนายจรินทร์ ทาลาภิ วิศวกรไฟฟ้าระดับ 7 กองวิจัยและพัฒนา ฝ่ายวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้านครหลวง ที่เป็นผู้ให้ความช่วยเหลือให้ข้อมูล ความรู้เรื่องทฤษฎีและหลักการลดสนามแม่เหล็ก และข้อเสนอแนะต่างๆ ขอขอบพระคุณอาจารย์กำพล วรดิษฐ์ ที่เป็นผู้ให้คำปรึกษาเรื่องโปรแกรมแมทแลป รวมไปถึงบุคลากรในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้ความช่วยเหลือในการติดตั้งโปรแกรมในการทดลอง รวมถึงเพื่อนๆที่ให้คำแนะนำเป็นที่ปรึกษา ตลอดจน อำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ให้กับคณะผู้จัดทำโครงการ ทางคณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ท้ายที่สุดนี้ ทางคณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงการวิศวกรรมนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจนำไปศึกษาไม่มากนักน้อยต่อไป ความดีและประโยชน์ใดๆ จากโครงการวิศวกรรมนี้ ขอมอบให้กับผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมาทั้งหมด

คณะผู้จัดทำโครงการ

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญตาราง | ฉ |
| สารบัญรูป | ญ |
| รายการสัญลักษณ์ | พ |
| ประมวลคำย่อ | ม |
| | |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงการ | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| | |
| บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| 2.1 ระบบเคเบิลใต้ดิน | 3 |
| 2.1.1 โครงสร้างของสายตัวนำเคเบิลใต้ดิน | 4 |
| 2.1.2 รูปแบบการก่อสร้างระบบเคเบิลใต้ดิน | 7 |
| 2.1.3 การจัดวางสายเคเบิลใต้ดิน | 10 |
| 2.1.4 ลำดับวงจรสายเคเบิลใต้ดิน | 12 |
| 2.2 สนามแม่เหล็ก | 16 |
| 2.3 กฎของแอมแปร์ | 17 |
| 2.4 การวิเคราะห์สนามแม่เหล็กจากสายส่งไฟฟ้า | 19 |
| 2.5 หลักการลดสนามไฟฟ้า | 24 |
| 2.6 สนามไฟฟ้า | 28 |
| 2.6.1 ความเข้มสนามไฟฟ้า | 31 |
| 2.6.2 ความหนาแน่นฟลักซ์ไฟฟ้า | 35 |
| 2.6.3 ศักย์ไฟฟ้า | 38 |

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 2.6.4 วิธีของภาพ | 44 |
| 2.7 ผลกระทบและค่าความปลอดภัยของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า | 51 |
| 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 52 |
| 2.8.1 สมการคำนวณค่าสนามแม่เหล็ก | 52 |
| 2.8.2 หลักการลดสนามแม่เหล็ก | 54 |
| 2.8.3 การจัดเรียงสลับเฟสที่เหมาะสม | 57 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน | 61 |
| 3.1 วิธีการดำเนินงาน | 61 |
| 3.2 แผนผังการทำงานของโครงการ | 62 |
| 3.3 อุปกรณ์จำลอง | 64 |
| 3.4 การออกแบบจำลอง | 65 |
| 3.4.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าสนามแม่เหล็กในสายส่งเคเบิลใต้ดิน | 65 |
| 3.4.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าสนามไฟฟ้าในสายส่งเคเบิลใต้ดิน | 68 |
| บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน | 73 |
| 4.1 ผลการเปรียบเทียบสมการสนามแม่เหล็กของการไฟฟ้านครหลวงและสมการสนามแม่เหล็กของผู้จัดทำประยุกต์ขึ้นมาใหม่ โดยโปรแกรม MATLAB | 73 |
| 4.2 ผลการเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กของสายส่งเคเบิลใต้ดินของรูปแบบ Pipe-Jacking ในโปรแกรม MATLAB | 75 |
| 4.1.1 12 ท่อ 1-CKT.Single | 75 |
| 4.1.2 12 ท่อ 1-CKT.Bundled | 79 |
| 4.1.3 15 ท่อ 1-CKT.Bundled | 82 |
| 4.2.4 15 ท่อ 2-CKT.Bundled | 87 |
| 4.2.5 18 ท่อ 1-CKT.Bundled | 89 |
| 4.2.6 18 ท่อ 2-CKT.Bundled | 93 |
| 4.2.7 21 ท่อ 1-CKT.Bundled | 96 |

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| 4.2.8 21 ท่อ 2-CKT.Bundled | 102 |
| 4.2.9 21 ท่อ 3-CKT.Bundled | 105 |
| 4.2.10 24 ท่อ 1-CKT.Bundled | 109 |
| 4.2.11 24 ท่อ 2-CKT.Bundled | 112 |
| 4.2.12 24 ท่อ 3-CKT.Bundled | 115 |
| 4.3 ผลการเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กของสายส่งเคเบิลใต้ดินของรูปแบบ Duct Bank (4x6) ในโปรแกรม MATLAB | 118 |
| 4.3.1 Duct Bank 1-CKT.Single | 118 |
| 4.3.2 Duct Bank 1-CKT.Bundled | 122 |
| 4.3.3 Duct Bank 2-CKT.Single | 128 |
| 4.3.4 Duct Bank 2-CKT.Bundled | 134 |
| 4.3.5 Duct Bank 3-CKT.Single | 137 |
| 4.3.6 Duct Bank 3-CKT.Bundled | 141 |
| 4.6 ผลการเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กของสายส่งเคเบิลใต้ดินโดยโปรแกรม MATLAB และโปรแกรม FEM | 149 |
| 4.6.1 Case simple | 149 |
| 4.7 ผลการเปรียบเทียบสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินของรูปแบบ Pipe-Jacking ในโปรแกรม MATLAB ที่แรงดัน 69kV | 152 |
| 4.7.1 12 ท่อ 1-CKT.Single | 152 |
| 4.7.2 12 ท่อ 1-CKT.Bundled | 156 |
| 4.7.3 15 ท่อ 1-CKT.Bundled | 160 |
| 4.7.4 15 ท่อ 2-CKT.Bundled | 165 |
| 4.7.5 18 ท่อ 1-CKT.Bundled | 168 |
| 4.7.6 18 ท่อ 2-CKT.Bundled | 171 |
| 4.7.7 21 ท่อ 1-CKT.Bundled | 174 |
| 4.7.8 21 ท่อ 2-CKT.Bundled | 179 |
| 4.7.9 21 ท่อ 3-CKT.Bundled | 182 |
| 4.7.10 24 ท่อ 1-CKT.Bundled | 185 |

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|---|-------------|
| 4.7.11 24 ท่อ 2-CKT.Bundled | 188 |
| 4.7.12 24 ท่อ 3-CKT.Bundled | 191 |
| 4.8 ผลการเปรียบเทียบสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินของรูปแบบ Duct Bank (4x6) ในโปรแกรม MATLAB ที่แรงดัน 69kV | 193 |
| 4.8.1 Duct Bank 1-CKT.Single | 194 |
| 4.8.2 Duct Bank 1-CKT.Bundled | 198 |
| 4.8.3 Duct Bank 2-CKT.Single | 204 |
| 4.8.4 Duct Bank 2-CKT.Bundled | 210 |
| 4.8.5 Duct Bank 3-CKT.Single | 213 |
| 4.8.6 Duct Bank 3-CKT.Bundled | 216 |
| 4.9 ผลการเปรียบเทียบสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินของรูปแบบ Pipe-Jacking ในโปรแกรม MATLAB ที่แรงดัน 115kV | 226 |
| 4.9.1 12 ท่อ 1-CKT.Single | 226 |
| 4.9.2 12 ท่อ 1-CKT.Bundled | 230 |
| 4.9.3 15 ท่อ 1-CKT.Bundled | 233 |
| 4.9.4 15 ท่อ 2-CKT.Bundled | 238 |
| 4.9.5 18 ท่อ 1-CKT.Bundled | 240 |
| 4.9.6 18 ท่อ 2-CKT.Bundled | 243 |
| 4.9.7 21 ท่อ 1-CKT.Bundled | 246 |
| 4.9.8 21 ท่อ 2-CKT.Bundled | 252 |
| 4.9.9 21 ท่อ 3-CKT.Bundled | 255 |
| 4.9.10 24 ท่อ 1-CKT.Bundled | 258 |
| 4.9.11 24 ท่อ 2-CKT.Bundled | 261 |
| 4.9.12 24 ท่อ 3-CKT.Bundled | 264 |
| 4.10 ผลการเปรียบเทียบสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินของรูปแบบ Duct Bank (4x6) ในโปรแกรม MATLAB ที่แรงดัน 115kV | 266 |
| 4.10.1 Duct Bank 1-CKT.Single | 267 |
| 4.10.2 Duct Bank 1-CKT.Bundled | 271 |

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 4.10.3 Duct Bank 2-CKT.Single | 277 |
| 4.10.4 Duct Bank 2-CKT.Bundled | 283 |
| 4.10.5 Duct Bank 3-CKT.Single | 287 |
| 4.10.6 Duct Bank 3-CKT.Bundled | 290 |
| 4.11 ผลการทดลองค่าสนามไฟฟ้าที่ประกอบด้วยโครงสร้างของสายส่งเคเบิล ใต้ดินฉนวนหุ้ม XLPE ด้วยโปรแกรม FEM | 299 |
| 4.12 ผลการทดลองค่าสนามแม่เหล็กของสายส่งเคเบิลใต้ดินของรูปแบบ Pipe-Jacking และ Duct Bank ที่แรงดัน 69 และ 115 kV | 300 |
| 4.13 ผลการทดลองหาค่าสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินของรูปแบบ Pipe-Jacking และ Duct Bank ที่แรงดัน 69 และ 115 kV | 305 |
| 4.13.1 ค่าสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินที่แรงดัน 69kV | 305 |
| 4.13.2 ค่าสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินที่แรงดัน 115kV | 310 |
| บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ | 315 |
| 5.1 สรุปผล | 315 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 316 |
| เอกสารอ้างอิง | 317 |
| ภาคผนวก | 319 |
| ประวัติย่อผู้ทำโครงการ | 329 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.1 ลักษณะทางกายภาพของสายตัวนำทองแดง 69 kV ฉนวน XLPE | 12 |
| 2.2 ลักษณะทางกายภาพของสายตัวนำทองแดง 115 kV ฉนวน XLPE | 25 |
| 2.3 ค่าขีดจำกัดสูงสุดของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า 50 Hz | 35 |
| 4.1 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 12 ท่อ ที่แรงดัน 69 และ 115 kV | 300 |
| 4.2 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 15 ท่อ ที่แรงดัน 69 และ 115 kV | 300 |
| 4.3 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 18 ท่อ ที่แรงดัน 69 และ 115 kV | 301 |
| 4.4 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 21 ท่อ ที่แรงดัน 69 และ 115 kV | 302 |
| 4.5 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 24 ท่อ ที่แรงดัน 69 และ 115 kV | 303 |
| 4.6 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Duct bank (4x6) ที่แรงดัน 69 และ 115 kV | 304 |
| 4.7 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 12 ท่อ ที่แรงดัน 69kV | 305 |
| 4.8 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 15 ท่อ ที่แรงดัน 69kV | 305 |
| 4.9 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 18 ท่อ ที่แรงดัน 69kV | 306 |
| 4.10 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 21 ท่อ ที่แรงดัน 69kV | 307 |
| 4.11 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 24 ท่อ ที่แรงดัน 69kV | 308 |
| 4.12 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Duct bank ที่แรงดัน 69kV | 309 |

สารบัญตาราง(ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 4.13 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 12 ท่อ ที่แรงดัน 115kV | 310 |
| 4.14 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 15 ท่อ ที่แรงดัน 115kV | 310 |
| 4.15 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 18 ท่อ ที่แรงดัน 115kV | 311 |
| 4.16 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 21 ท่อ ที่แรงดัน 115kV | 312 |
| 4.17 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 24 ท่อ ที่แรงดัน 115kV | 313 |
| 4.18 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อDuct bank ที่แรงดัน 69kV | 314 |

สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.1 โครงสร้างของสายตัวนำทองแดง 69 kV ฉนวน XLPE | 5 |
| 2.2 โครงสร้างของสายตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน XLPE ระดับแรงดัน 115 kV | 6 |
| 2.3 กลุ่มท่อหุ้มคอนกรีต (Concrete Encased Duct) | 7 |
| 2.4 ร้อยท่อฝังดิน (Semi-Direct Burial) | 8 |
| 2.5 ฝังดินโดยตรง (Direct Burial) | 8 |
| 2.6 แบบ Pipe-Jacking | 9 |
| 2.7 แบบ HDD (Horizontal Directional Drilling) | 10 |
| 2.8 การจัดเรียงสายเคเบิลใต้ดิน แบบ Flat Formation | 10 |
| 2.9 แสดงการจัดเรียงสายเคเบิลใต้ดินบน Cable Tray ที่ถูกต้อง | 11 |
| 2.10 แสดงการจัดเรียงสายเคเบิลใต้ดินบน Cable Tray ที่ไม่ถูกต้อง | 11 |
| 2.11 การจัดเรียงสายเคเบิลใต้ดิน แบบ Flat Formation | 11 |
| 2.12 Duct bank ขนาด 2x1 | 12 |
| 2.13 Duct bank ขนาด 2x2 | 12 |
| 2.14 Duct bank ขนาด 2x3 | 12 |
| 2.15 Duct bank ขนาด 2x4 | 12 |
| 2.16 Duct bank ขนาด 2x3 | 12 |
| 2.17 Duct bank ขนาด 3x3 | 12 |
| 2.18 Duct bank ขนาด 3x4 | 12 |
| 2.19 Duct bank ขนาด 3x5 | 12 |
| 2.20 Duct bank ขนาด 3x6 | 12 |
| 2.21 Duct bank ขนาด 4x3 | 13 |
| 2.22 Duct bank ขนาด 4x6 | 13 |
| 2.23 Duct bank ขนาด 5x2 | 13 |
| 2.24 Duct bank ขนาด 5x3 | 13 |
| 2.25 Duct bank ขนาด 6x3 | 13 |
| 2.26 Pipe-Jacking ขนาด 1 เมตร จำนวน 12 ท่อ | 14 |
| 2.27 Pipe-Jacking ขนาด 1.2 เมตร จำนวน 15 ท่อ | 14 |

สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.50 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำเส้นเดียว | 54 |
| 2.51 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำสองเส้น | 54 |
| 2.52 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำสองเส้น | 54 |
| 2.53 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบๆตัวนำ กรณีตัวนำสองเส้น | 55 |
| 2.54 การพิจารณาตัวนำในระบบ 3 เฟส 3 เป็นระบบ 1 เฟส | 56 |
| 2.55 ตัวอย่างการจัดวางตัวนำเพื่อลดสนามแม่เหล็ก | 56 |
| 2.56 ผลการคำนวณเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กของสายส่งอากาศ ทั้ง 6 รูปแบบ ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) | 57 |
| 2.57 ผลของความไม่เท่ากันของกระแสในสายส่ง 2 วงจร ที่มีการจัดเรียงเฟสตัวนำ แบบ Optimum phasing | 58 |
| 2.58 ผลการคำนวณเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กของสายส่งอากาศ 69 kV 2 วงจร ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) | 59 |
| 2.59 เปอร์เซ็นต์การลดลงของสนามแม่เหล็กหลังสลับเฟสที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) | 59 |
| 2.60 ผลการคำนวณเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กของสายส่งอากาศ 115 kV 2 วงจร ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) | 60 |
| 2.61 เปอร์เซ็นต์การลดลงของสนามแม่เหล็ก หลังสลับเฟสที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) ของสายส่งอากาศ 115 kV 2 วงจร | 60 |
| 3.1ก แสดงแผนผังการทำงาน | 62 |
| 3.1ข แสดงแผนผังการทำงาน | 63 |
| 3.2 หน้าต่างของโปรแกรม MATLAB | 64 |
| 3.3 หน้าต่างของคำสั่ง Script ในส่วนย่อยของโปรแกรม MATLAB | 64 |
| 3.5 แสดงการวางสายเคเบิลใต้ดินโดยฝังดินโดยตรงแบบ trefoil formation เพื่อ หาสนามแม่เหล็ก | 66 |
| 3.6 แสดงการวางสายเคเบิลโดยฝังดินโดยตรงแบบ flat formationg เพื่อหา สนามไฟฟ้า | 68 |
| 4.1 การจัดวางสายส่งเคเบิลใต้ดินฝังดินโดยตรงแบบ trefoil formation เพื่อหา สนามแม่เหล็ก | 73 |

สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กของสายส่งเคเบิลใต้ดินจากสมการสนามแม่เหล็กของการไฟฟ้านครหลวงและสมการสนามแม่เหล็กจากผู้จัดทำประยุกต์ขึ้นมาใหม่ | 74 |
| 4.3 การเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT.Single | 75 |
| 4.4 การจัดวางตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 75 |
| 4.5 การจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 76 |
| 4.6 การจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 77 |
| 4.7 การจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กสูงที่สุด | 78 |
| 4.8 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT. Bundled | 79 |
| 4.9 การจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 79 |
| 4.10 การจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 81 |
| 4.11 การเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled | 82 |
| 4.12 การจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 83 |
| 4.13 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 84 |
| 4.14 การจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 85 |
| 4.15 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled | 87 |
| 4.16 แสดงการจัดวางตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 87 |
| 4.17 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 88 |
| 4.18 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled | 89 |
| 4.19 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 90 |
| 4.20 การจัดวางสายตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 91 |
| 4.21 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled | 93 |

สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.43 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 117 |
| 4.44 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single | 118 |
| 4.45 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 118 |
| 4.46 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 119 |
| 4.47 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 120 |
| 4.48 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 121 |
| 4.49 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 122 |
| 4.50 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 123 |
| 4.51 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 124 |
| 4.52 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 125 |
| 4.53 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 127 |
| 4.54 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single | 128 |
| 4.55 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 129 |
| 4.56 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 130 |

สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 4.57 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 131 |
| 4.58 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 133 |
| 4.59 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็ก น้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Bundled | 134 |
| 4.60 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 135 |
| 4.61 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 136 |
| 4.62 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็ก น้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single | 137 |
| 4.63 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 138 |
| 4.64 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 139 |
| 4.65 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 140 |
| 4.66 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็ก น้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled | 141 |
| 4.67 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 141 |
| 4.68 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 144 |
| 4.69 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 146 |
| 4.70 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 147 |

สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.71 แสดงรูปแบบ Case simple | 149 |
| 4.72 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กของสายตัวนำทองแดงเปลือยระหว่างโปรแกรม MATLAB และโปรแกรม FEM | 150 |
| 4.73 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กของสายตัวนำทองแดงเปลือยในโปรแกรม MATLAB และค่าสนามแม่เหล็กของสายตัวนำหุ้มฉนวน XLPE ในโปรแกรม FEM | 150 |
| 4.74 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กของสายส่งตัวนำทองแดงเปลือยและสายตัวนำหุ้มฉนวน XLPE ในโปรแกรม FEM | 151 |
| 4.75 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT.Single | 152 |
| 4.76 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 152 |
| 4.77 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 153 |
| 4.78 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 154 |
| 4.79 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 155 |
| 4.80 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled | 156 |
| 4.81 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 156 |
| 4.82 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 158 |
| 4.83 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 159 |
| 4.84 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled | 160 |
| 4.85 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 161 |
| 4.86 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 162 |
| 4.87 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 163 |
| 4.88 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled | 165 |
| 4.89 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 165 |

สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.110 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 187 |
| 4.111 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled | 188 |
| 4.112 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 188 |
| 4.113 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 189 |
| 4.114 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled | 191 |
| 4.115 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 191 |
| 4.116 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 192 |
| 4.117 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single | 193 |
| 4.118 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 194 |
| 4.119 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 195 |
| 4.120 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 196 |
| 4.121 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 197 |
| 4.122 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled | 198 |
| 4.123 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 198 |
| 4.124 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 200 |
| 4.125 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 201 |

สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|--|------|
| 4.126 | แสดงการจัดวางสายตัวนำตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่ไฟฟ้ามากที่สุด | 202 |
| 4.127 | แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อย ที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single | 204 |
| 4.128 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 204 |
| 4.129 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 206 |
| 4.130 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 207 |
| 4.131 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 208 |
| 4.132 | แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อย ที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Bundled | 210 |
| 4.133 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 210 |
| 4.134 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2- CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 212 |
| 4.135 | แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อย ที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single | 213 |
| 4.136 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 214 |
| 4.137 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 215 |
| 4.138 | แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อย ที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled | 216 |
| 4.139 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 216 |

สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.140 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 219 |
| 4.141 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 221 |
| 4.142 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่า สนามไฟฟ้ามากที่สุด | 222 |
| 4.143 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่า สนามไฟฟ้ามากที่สุด | 223 |
| 4.144 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่า สนามไฟฟ้ามากที่สุด | 225 |
| 4.145 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อย ที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT.Single | 226 |
| 4.146 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 226 |
| 4.147 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 227 |
| 4.148 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 228 |
| 4.149 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 229 |
| 4.150 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อย ที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled | 230 |
| 4.151 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 230 |
| 4.152 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 232 |
| 4.153 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อย ที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled | 233 |
| 4.154 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 234 |
| 4.155 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้า มากที่สุด | 235 |
| 4.156 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 236 |
| 4.157 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อย ที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled | 238 |
| 4.158 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 238 |

สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.180 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled | 261 |
| 4.181 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 261 |
| 4.182 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 262 |
| 4.183 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled | 264 |
| 4.184 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 264 |
| 4.185 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 265 |
| 4.186 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำDuct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single | 266 |
| 4.187 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 267 |
| 4.188 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 268 |
| 4.189 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 269 |
| 4.190 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 270 |
| 4.191 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled | 271 |
| 4.192 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 271 |
| 4.193 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 273 |
| 4.194 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 274 |
| 4.195 แสดงการจัดวางสายตัวนำตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่ไฟฟ้ามากที่สุด | 275 |

สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 4.196 | แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำDuct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single | 277 |
| 4.197 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 277 |
| 4.198 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 279 |
| 4.199 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 280 |
| 4.200 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 281 |
| 4.201 | แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำDuct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Bundled | 283 |
| 4.202 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 283 |
| 4.203 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 285 |
| 4.204 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 286 |
| 4.205 | แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single | 287 |
| 4.206 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด | 288 |
| 4.207 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด | 289 |
| 4.208 | แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำDuct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled | 290 |
| 4.209 | แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 290 |

สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 4.210 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 292 |
| 4.211 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด | 293 |
| 4.212 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 294 |
| 4.213 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 296 |
| 4.214 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด | 297 |
| 4.215 โครงสร้างสายส่งเคเบิลใต้ดินฉนวนหุ้ม XLPE ของการไฟฟ้านครหลวง และ ผลการทดลองสนามไฟฟ้าที่ประกอบด้วยโครงสร้างฉนวนหุ้ม XLPE ด้วย โปรแกรม FEM | 299 |

รายการสัญลักษณ์

| สัญลักษณ์ | คำอธิบาย | หน่วย |
|-------------------------------|--|---|
| A | พื้นที่หน้าตัด | m (เมตร) |
| $\overrightarrow{a_{R_{12}}}$ | เวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่มีทิศทางจากประจุ Q_1 ไปยังประจุ Q_2 | - |
| B | ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก | μT (ไมโครเทสลา) หรือ mG (มิลลิเกาส์) |
| B_{ki} | องค์ประกอบสนามแม่เหล็กส่วนจินตภาพที่จุด M | μT (ไมโครเทสลา) หรือ mG (มิลลิเกาส์) |
| B_{kih} | องค์ประกอบสนามแม่เหล็กส่วนจินตภาพในแนวตั้งที่จุด M | μT (ไมโครเทสลา) หรือ mG (มิลลิเกาส์) |
| B_{kix} | องค์ประกอบสนามแม่เหล็กส่วนจินตภาพในแนวนอนที่จุด M | μT (ไมโครเทสลา) หรือ mG (มิลลิเกาส์) |
| B_{kr} | องค์ประกอบรวมสนามแม่เหล็กส่วนจริงที่จุด M | μT (ไมโครเทสลา) หรือ mG (มิลลิเกาส์) |
| B_{krh} | องค์ประกอบสนามแม่เหล็กส่วนจริงในแนวนอนที่จุด M | μT (ไมโครเทสลา) หรือ mG (มิลลิเกาส์) |
| B_{krx} | องค์ประกอบสนามแม่เหล็กส่วนจริงที่จุด M | μT (ไมโครเทสลา) หรือ mG (มิลลิเกาส์) |
| \bar{D} | ค่าความหนาแน่นฟลักซ์ไฟฟ้า | C/m^2 (คูลอมป์/ตารางเมตร) |
| D_{kM} | ระยะห่างระหว่างตัวนำ k และจุด M | m (เมตร) |
| dL | ทิศทางของเวกเตอร์ความยาวเชิงอนุพันธ์ | - |
| dS | ทิศทางของเวกเตอร์พื้นที่เชิงอนุพันธ์ | - |
| \bar{ds} | เวกเตอร์ของพื้นที่ผิวเชิงอนุพันธ์ | - |
| \vec{E} | ค่าความเข้มสนามไฟฟ้า | V/m (โวลต์/เมตร) |
| \vec{F}_1 | เวกเตอร์แรงที่ประจุ Q_1 | N (นิวตัน) |
| \vec{F}_{21} | แรงสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ประจุ Q_2 เนื่องจากประจุ Q_1 | N (นิวตัน) |
| f | ค่าความถี่ | Hz (เฮิรต์) |
| H | ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก | A/m (แอมป์/เมตร) |

รายการสัญลักษณ์(ต่อ)

| สัญลักษณ์ | คำอธิบาย | หน่วย |
|----------------|--|-------------------------------|
| h_k | ระยะในแนวตั้งของสายตัวนำ | m (เมตร) |
| h_M | ระยะในแนวตั้งที่จุดพิจารณา M | m (เมตร) |
| I | ค่ากระแสไฟฟ้า | A (แอมป์) |
| I_B | ค่ากระแสไฟฟ้ามุมเฟส +120 องศา | A (แอมป์) |
| I_k | ค่ากระแสไฟฟ้ารวม | A (แอมป์) |
| I_{ki} | ค่ากระแสไฟฟ้าส่วนจินตภาพ | A (แอมป์) |
| I_{kr} | ค่ากระแสไฟฟ้าส่วนจริง | A (แอมป์) |
| I_R | ค่ากระแสไฟฟ้ามุมเฟส 0 องศา | A (แอมป์) |
| I_Y | ค่ากระแสไฟฟ้ามุมเฟส -120 องศา | A (แอมป์) |
| J | ค่าความหนาแน่นของกระแส | A/m (แอมแปร์/เมตร) |
| Q | ประจุไฟฟ้า | คูลอมป์ |
| Q_1 | ประจุไฟฟ้าจุดที่ 1 | คูลอมป์ |
| Q_2 | ประจุไฟฟ้าจุดที่ 2 | คูลอมป์ |
| R | ระยะห่างจากตัวนำถึงจุดที่ต้องการหาค่าสนามแม่เหล็กหรือระยะห่างในอวกาศว่าง | m (เมตร) |
| R_{12} | ระยะห่างจากประจุ Q_1 ไปยังประจุ Q_2 | m (เมตร) |
| \vec{R}_{12} | เวกเตอร์ระยะห่างจากประจุ Q_1 ไปยังประจุ Q_2 | m (เมตร) |
| R_{i1} | เวกเตอร์ระยะห่างจากประจุ Q_i ไปยังประจุ Q_1 | m (เมตร) |
| δ | ความลึกของตัวดำเงา | m (เมตร) |
| ρ | ค่าสภาพความต้านทานของดิน | Ωm (โอห์ม/เมตร) |
| ρ_l | ค่าความหนาแน่นประจุเชิงเส้น | Ωm (โอห์ม/เมตร) |
| ρ_s | ค่าความหนาแน่นประจุเชิงผิว | Ωm (โอห์ม/เมตร) |
| ρ_v | ค่าความหนาแน่นประจุเชิงปริมาตร | Ωm (โอห์ม/เมตร) |
| μ | ค่าความซึมซาบได้ทางแม่เหล็กของดิน | H/m (เฮนรี/เมตร) |

รายการสัญลักษณ์(ต่อ)

| สัญลักษณ์ | คำอธิบาย | หน่วย |
|--------------|---|---------------------|
| ϵ_0 | คือเพอร์มิททิวิตี้ของสุญญากาศหรือสภาพของสุญญากาศหรืออวกาศว่าง | $C^2/(N \cdot m^2)$ |
| ϕ | มุมเฟส | องศา |
| ϕ_k | มุมเฟสเมื่อพิจารณาสายตัวนำ k | องศา |
| V | ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า | V/m (โวลต์/เมตร) |
| V_A | ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จุด A | V/m (โวลต์/เมตร) |
| V_B | ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จุด B | V/m (โวลต์/เมตร) |
| W | งานที่ได้จากสนามไฟฟ้า | J (จูล) |
| x_M | ระยะในแนวนอนที่จุดพิจารณา M | m (เมตร) |
| x_k | ระยะในแนวนอนของสายตัวนำ | m (เมตร) |

ประมวลคำย่อ

| คำย่อ | คำอธิบาย |
|--------|---|
| กพน. | การไฟฟ้านครหลวง |
| FEM | Finite Element Method |
| ICNIRP | International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronic Engineers |
| HDD | Horizontal Directional Drilling |
| HDPE | High Density Polyethylene |
| MEA | Metropolitan Electricity Authority |
| RMS | Root Mean Square |
| RTRC | Reinforced Thermosetting Resin Conduit |
| WHO | World Health Organization |
| XLPE | Cross-linked Polyethylene |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันกรุงเทพมหานครมีโครงการ “แผนงานเปลี่ยนระบบสายไฟฟ้าอากาศเป็นสายไฟฟ้าใต้ดิน” กปน. (การไฟฟ้านครหลวง) ในฐานะหน่วยงานที่จำหน่ายกระแสไฟฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นพื้นที่สำคัญในฐานะศูนย์กลางทางเศรษฐกิจและสังคมที่สำคัญของประเทศ ประกอบกับนโยบายของรัฐบาลที่มุ่งเน้นการสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานไฟฟ้า และปรับปรุงภูมิทัศน์ให้เมืองหลวงมีทัศนียภาพที่สวยงามเพื่อรองรับการเป็นมหานครแห่งอาเซียน กปน. จึงเริ่มมีการก่อสร้างรูปแบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบเคเบิลใต้ดิน (Underground Cable) ในระบบไฟฟ้ามากขึ้นแทนรูปแบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบขึงในอากาศ (Overhead) การส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าแบบระบบสายเคเบิลใต้ดินเป็นการจ่ายไฟที่ใช้สายตัวนำหุ้มด้วยฉนวนแข็งหรือฉนวนเหลวเพื่อให้ทนต่อแรงดันได้สูงเนื่องจากในบางพื้นที่มีที่ว่างไม่มากพอสำหรับการเดินสายส่งจ่ายแบบขึงในอากาศ สายเคเบิลใต้ดินจะใช้ระยะห่างของการวางสายเคเบิลน้อยสามารถติดตั้งใต้พื้นดินและติดตั้งวางสายเคเบิลในอากาศได้ เช่น ในอุโมงค์โดยมีชั้นรองรับอย่างมั่นคง การวางในรางหรือร่องที่ทำไว้เพื่อวางสายเคเบิลโดยเฉพาะ การฝังดินโดยตรง การวางสายเคเบิลใต้ท้องทะเล การต่อสายส่งจ่ายแบบเคเบิลใต้ดินเข้ากับสายส่งจ่ายแบบขึงในอากาศจะต้องต่อผ่านหัวเคเบิล (Cable Termination) แต่ถ้าหากการก่อสร้างหรือการติดตั้งระบบเคเบิลใต้ดินไม่ถูกต้องตามมาตรฐานแล้ว ความปลอดภัย ความมั่นคงและความเชื่อถือได้ของระบบก็จะเสียไป ระบบสายส่งเคเบิลใต้ดินมีการก่อสร้างและติดตั้งสายเคเบิลที่ใกล้กับคนมากกว่าระบบสายส่งเคเบิลในอากาศ ทำให้มีการแผ่กระจายของคลื่นสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ามากกว่าระบบสายส่งเคเบิลในอากาศ และส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของคน โดย ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) ได้สรุปว่าในการสัมผัสคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความสัมพันธ์เพียงเล็กน้อยระหว่างคลื่นสมอง โดยเฉพาะคลื่นสมองส่วนที่เรียกว่า Alpha band แต่มีหลายงานวิจัยที่กล่าวว่าถ้าหากสัมผัสกับสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่มากเกินไปก็พบว่าจะก่อให้เกิดโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวในเด็ก รวมไปถึงอาจจะมีโอกาสในการก่อให้เกิดโรคมะเร็งอื่นๆเพิ่มขึ้นสองเท่า แต่ ICNIRP เชื่อว่าไม่มีผลต่อสุขภาพอย่างชัดเจน เพราะในการเกิดโรคมะเร็งนั้นมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลอีกหลายอย่าง อาทิเช่น การรับประทานอาหารปิ้งย่าง การสูดดมกลิ่นควันบุหรี่ การโดนแสงแดดเป็นเวลานานๆ รวมไปถึงการดมกลิ่นควันจากการเชื่อมเหล็ก ซึ่งปัจจัยต่างๆเหล่านี้ล้วนแต่เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งด้วยกันทั้งนั้น

ดังนั้นกลุ่มผู้วิจัยจึงทำการศึกษาค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าของรูปแบบการวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำสายเคเบิลใต้ดินในรูปแบบต่างๆ เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการวางสายตัวนำและการ

จัดเรียงเฟสตัวนำสายเคเบิลใต้ดินรูปแบบที่เหมาะสมที่ให้ค่าของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ามีค่าน้อยที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 ศึกษาลำดับวงจรของระบบเคเบิลใต้ดินใน Duct Bank (4x6) ที่แรงดัน 69/115 kV
- 1.2.2 ศึกษาลำดับวงจรของระบบเคเบิลใต้ดินใน Pipe-Jacking ที่แรงดัน 69/115 kV
- 1.2.3 ศึกษาการวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสที่เหมาะสมที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด ระดับแรงดัน 69/115 kV
- 1.2.4 ศึกษาการวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสที่เหมาะสมที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ระดับแรงดัน 69/115 kV
- 1.2.5 เพื่อเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าของระบบสายส่งเคเบิลใต้ดินระหว่างโปรแกรม MATLAB and FEM

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ศึกษาสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 69/115 kV
- 1.3.2 พิจารณาการวางสายตัวนำใน Duct bank ขนาด (4x6)
- 1.3.3 พิจารณาการวางสายตัวนำใน Pipe-jacking 5 รูปแบบ
- 1.3.4 เปรียบเทียบสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าระหว่างโปรแกรม MATLAB and FEM ในการวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสใน Duct bank ขนาด (4x6) และ Pipe-jacking 5 รูปแบบ
- 1.3.5 พิจารณาความสูงเฉลี่ยของคนจากพื้นดิน 1 เมตร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลำดับวงจรของระบบเคเบิลใต้ดินใน Duct bank ขนาด (4x6) และ Pipe-jacking 5 รูปแบบ ที่ระดับแรงดัน 69/115 kV
- 1.4.2 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสที่เหมาะสมที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด ระดับแรงดัน 69/115 kV
- 1.4.3 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสที่เหมาะสมที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ระดับแรงดัน 69/115 kV
- 1.4.4 เป็นแนวทางสำหรับผู้ที่มีสนใจศึกษาค้นคว้าเรื่องการวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสที่เหมาะสมที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดในระบบสายส่งเคเบิลใต้ดิน

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้เกี่ยวกับระบบเคเบิลใต้ดิน (Underground cable system) สายเคเบิลใต้ดิน รูปแบบการก่อสร้างระบบเคเบิลใต้ดิน การจัดวางสายเคเบิลใต้ดิน ความรู้เกี่ยวกับสนามแม่เหล็ก (Magnetic field) และสนามไฟฟ้า (Electric field) ค่าความปลอดภัยของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบต่อคน ทฤษฎีการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการลดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าในระบบเคเบิลใต้ดิน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบเคเบิลใต้ดิน (Underground cable system)

สายส่งจ่ายแบบเคเบิลใต้ดินจะเป็นระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า ที่ใช้สายตัวนำหุ้มด้วยฉนวนแข็งหรือฉนวนเหลว หรือฉนวนก๊าซอัดความดัน เพื่อให้ทนต่อแรงดันได้สูงโดยความหนาของฉนวนไม่ต้องมากนัก เนื่องจากในบางกรณีมีที่ว่างไม่มากพอที่จะเดินสายส่งจ่ายแบบขึงในอากาศ เช่นบริเวณในเมืองใหญ่ๆ ย่านชุมชน หรือในกรณีที่ต้องการรักษาสภาพแวดล้อม ความสวยงามของภูมิทัศน์ ปัญหานี้อาจแก้ไขได้โดยใช้สายส่งจ่ายแบบเคเบิลใต้ดิน เพราะเคเบิลมีขนาดเล็ก ทนแรงดันได้สูง สามารถติดตั้งใต้พื้นดินได้ การวางสายเคเบิลอาจติดตั้งในอากาศได้เช่น ในอุโมงค์โดยมีชั้นรองรับอย่างมั่นคง หรือวางในราง หรือร่องที่ทำไว้เพื่อวางสายเคเบิลโดยเฉพาะ หรือฝังในดินโดยตรง หรือวางใต้ท้องทะเล การต่อสายส่งจ่ายแบบเคเบิลใต้ดินเข้ากับสายส่งจ่ายแบบขึงในอากาศจะต้องต่อผ่านหัวเคเบิล (Cable Termination) ข้อดีของการใช้สายเคเบิลใต้ดินทำให้ดูเรียบร้อย ปลอดภัยจากฟ้าผ่าโดยตรงให้ความปลอดภัยสูงแก่คนและสิ่งแวดล้อมลักษณะโครงสร้างของสายเคเบิลใต้ดินอาจแบ่งเป็นส่วนใหญ่ๆได้ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นฉนวนหลักและสิ่งห่อหุ้มภายนอกขึ้นอยู่กับชนิดของสายเคเบิลใต้ดิน พิกัดแรงดัน ลักษณะการติดตั้งโดย ปัจจุบันการจ่ายกระแสไฟฟ้าในระบบสายไฟฟ้าขึงอากาศ (Overhead Line System) มีปัญหาอุปสรรคมากขึ้นตามความเจริญของพื้นที่ โดยเฉพาะในเมืองใหญ่หรือแหล่งท่องเที่ยว ซึ่งพอสรุปเป็นข้อๆได้ดังนี้

-ความเชื่อถือได้ (Reliability) ของระบบสายไฟฟ้าขึงอากาศลดน้อยลง เนื่องจากในบริเวณเมืองใหญ่ๆ หรือบริเวณชุมชนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้ามามากๆแต่มีพื้นที่จำกัด จำเป็นต้องออกแบบระบบสายไฟฟ้าขึงอากาศจำนวนหลายๆวงจรอยู่บนเสาไฟฟ้าต้นเดียวกัน ทำให้มีผลกระทบมากเป็นบริเวณกว้างเมื่อเกิดเหตุขัดข้องขึ้น

-สภาพของพื้นที่ในบางแห่งที่ต้องการความปลอดภัยอันเนื่องมาจาก อันตรายที่เกิดจากระบบสายไฟฟ้าขึงอากาศอันจะเกิดกับ คน สัตว์หรือ ทรัพย์สิน

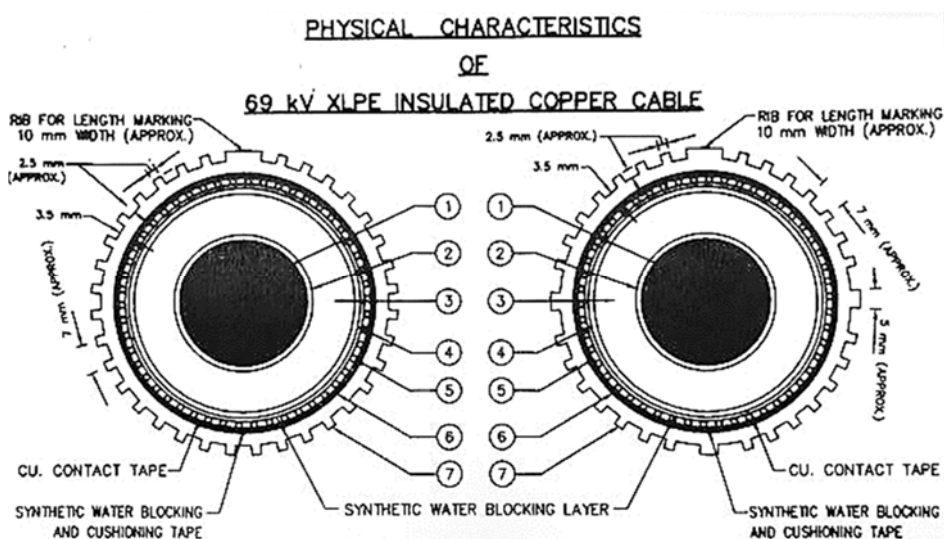
- สภาพพื้นที่ที่ไม่สามารถสร้างระบบสายไฟฟ้าขึงอากาศ ได้กรณีที่มีระยะความปลอดภัยไม่เพียงพอเช่นต้องหลบสิ่งกีดขวางต่างๆหรือมีเขตทางแคบเกินไป

- สภาพพื้นที่ที่ต้องการคงความสวยงามไว้ เช่นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติระบบสายไฟฟ้าซึ่งอากาศที่มีจำนวนมากๆ จะทำให้ความสวยงามของสภาพพื้นที่นั้นๆดูไม่สวยงาม ด้วยเหตุผลต่างๆดังกล่าวทำให้เริ่มมีการใช้รูปแบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบเคเบิลใต้ดิน ในระบบไฟฟ้ามากขึ้น ระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบเคเบิลใต้ดิน มีความปลอดภัย ความมั่นคง และความเชื่อถือได้ของระบบสูง แต่ถ้าหากการก่อสร้างหรือการติดตั้งระบบเคเบิลใต้ดินไม่ถูกต้อง ไม่ได้มาตรฐาน ความมั่นคงและความเชื่อถือได้ของระบบก็จะเสียไป บางครั้งอาจแยกว่าระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบขึงในอากาศเนื่องจากระบบเคเบิลใต้ดินเมื่อเกิดปัญหาขึ้นในระบบต้องใช้เวลามากในการหาจุดบกพร่อง และต้องใช้เวลาในการซ่อมแซมเป็นเวลานาน ดังนั้นในการก่อสร้างหรือการติดตั้งระบบเคเบิลใต้ดิน ต้องได้มาตรฐานตามที่กำหนด (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. ระบบเคเบิลใต้ดิน *Underground cable system*. 2548)

2.1.1 โครงสร้างของสายตัวนำเคเบิลใต้ดิน

ระบบไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้านครหลวง ปัจจุบันจ่ายด้วยระบบแรงดันไฟฟ้าขนาดตั้งแต่ 12 kV ถึง 115 kV เป็นส่วนใหญ่ ระบบแรงดัน 12 และ 24 kV จะเรียกว่าระบบจำหน่าย (พลังไฟฟ้าหรือกำลังไฟฟ้า) ส่วนระบบแรงดัน 69 kV ขึ้นไปจะเรียกว่า ระบบส่ง (พลังไฟฟ้าหรือกำลังไฟฟ้า) โดยสายไฟฟ้าหรือระบบสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องจะเรียกสั้นๆว่า ระบบสายจำหน่ายและระบบสายส่งตามลำดับ ปัจจุบันสายเคเบิลใต้ดินที่ใช้เป็นสายตัวนำทองแดงเป็นชนิดของฉนวน XLPE (Cross-linked Polyethylene) ทั้งระดับแรงดัน 69/115 kV ใช้สายเคเบิลฉนวน XLPE ที่มีขนาดสูงสุด 1200 ตารางมิลลิเมตร

2.1.1.1 โครงสร้างของสายตัวนำทองแดง 69 kV ฉนวน XLPE

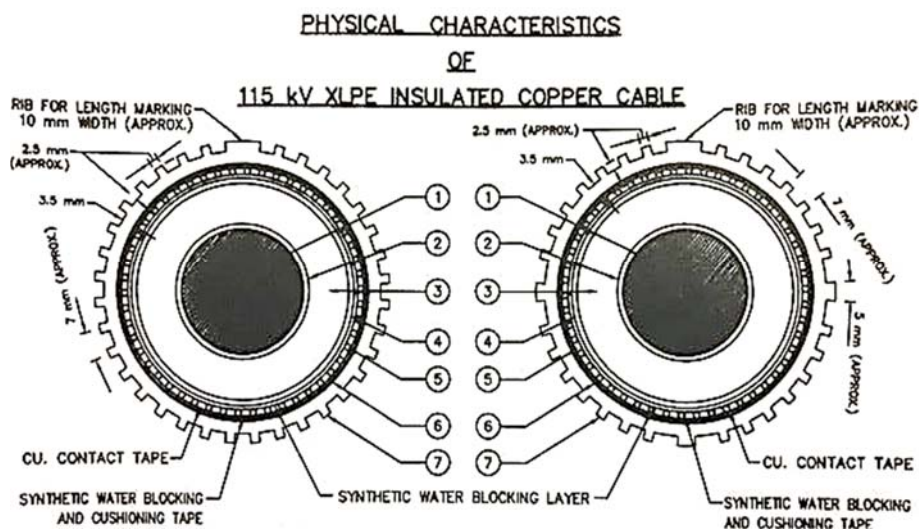


รูปที่ 2.1 โครงสร้างของสายตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน XLPE ระดับแรงดัน 69 kV

ตารางที่ 2.1 ลักษณะทางกายภาพของสายตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน XLPE ระดับแรงดัน 69 kV

| ลักษณะ | พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ (mm ²) | |
|--|--|--------|
| | 800 | 1200 |
| จำนวนต่ำสุดของ Strand wires | 53 | - |
| เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำ (mm) ① | 34.0 | 43 |
| ความหนาของตัวกันตัวนำ (mm) ② | 1.5 | 1.5 |
| ความหนาของฉนวน (mm) ③ | 11 | 11 |
| ช่วงขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าฉนวน (mm) | 59-62 | 67-73 |
| ความหนาของตัวกันฉนวน ④ | 1.5 | 1.5 |
| จำนวนต่ำสุดของตัวกันลวด | 50 | 70 |
| พื้นที่หน้าตัดรวมต่ำสุดของตัวกันสายทองแดง (mm ²) ⑤ | 120 | 120 |
| ความหนาเฉลี่ยของเทปกั้นน้ำ (mm) ⑥ | 0.19 | 0.19 |
| ความหนาของเปลือกอลูมิเนียม (mm) ⑦ | 3.5 | 3.5 |
| ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางรวม(D) (mm) | 76-81 | 84-92 |
| น้ำหนักของสายเคเบิล (โดยประมาณ) (kg/km) | 12,000 | 15,000 |
| รัศมีการตัดโค้งต่ำสุด | 20D | 20D |

2.1.1.2 โครงสร้างของสายตัวนำทองแดง 115 kV ฉนวน XLPE



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของสายตัวนำทองแดงฉนวน XLPE ระดับแรงดัน 115 kV

ตารางที่ 2.2 ลักษณะทางกายภาพของสายตัวนำทองแดงฉนวน XLPE ระดับแรงดัน 115 kV

| ลักษณะ | พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ |
|---|------------------------|
| | (mm ²) |
| | 800 |
| จำนวนต่ำสุดของ Strand wires | 53 |
| เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของตัวนำ (mm) ① | 34.0 |
| ความหนาของตัวกั้นตัวนำ (mm) ② | 1.5 |
| ความหนาของฉนวน (mm) ③ | 16 |
| ช่วงขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าฉนวน (mm) | 69-72 |
| ความหนาของตัวกั้นฉนวน ④ | 1.5 |
| จำนวนต่ำสุดของตัวกั้นลวด | 70 |
| พื้นที่หน้าตัดรวมต่ำสุดของตัวกั้นสายทองแดง (mm ²) ⑤ | 120 |
| ความหนาเฉลี่ยของเทปกั้นน้ำ (mm) ⑥ | 0.19 |
| ความหนาของเปลือกอลูมิเนียม (mm) ⑦ | 3.5 |
| ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางรวม(D) (mm) | 86-91 |
| น้ำหนักของสายเคเบิล (โดยประมาณ) (kg/km) | 14,000 |
| รัศมีการตัดโค้งต่ำสุด | 20D |

2.1.2 รูปแบบการก่อสร้างระบบเคเบิลใต้ดิน

ปัจจุบันการก่อสร้างระบบสายไฟฟ้าใต้ดินมีวิธีการก่อสร้างได้หลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆในการพิจารณา โดยแบ่งรูปแบบการก่อสร้างออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

2.1.2.1 แบบเปิดหน้าดิน

(1) กลุ่มท่อหุ้มคอนกรีต (Concrete Encased Duct)



รูปที่ 2.3 กลุ่มท่อหุ้มคอนกรีต (Concrete Encased Duct)

ที่มา: <http://www.udevices.com/assets/images/Wunpeece.jpg>

การก่อสร้างวิธีนี้จะใช้กับงานก่อสร้างในระบบจำหน่ายและระบบส่ง ลักษณะการก่อสร้างเป็น แบบใช้ท่อ HDPE (High Density Polyethylene) หรือท่อ RTRC (Reinforced Thermosetting Resin Conduit) แล้วหุ้มทับด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งเป็นการป้องกันจากผลกระทบทางกล (Mechanical Protection) ให้กับสายเคเบิลได้อย่างดีการก่อสร้างกลุ่มท่อหุ้มคอนกรีต (Duct Bank) นี้จะต้องมีบ่อพักสายเคเบิลใต้ดิน (Manhole หรือ Hand hole) เป็นระยะๆสำหรับการชักลากสาย ต่อสาย ต่อแยกสายหรือใช้ในกรณีที่แนวเคเบิลหักมุม

(2) ร้อยท่อฝังดิน (Semi-Direct Burial)

การก่อสร้างวิธีนี้จะใช้กับงานก่อสร้างระบบจำหน่ายและระบบส่งโดยนำท่อที่สามารถดัดงอได้ (Flexible) มาใช้คือ ท่อ Corrugated หรือใช้ท่อ HDPE หรือท่อ RTRC ดังรูปที่ 2.4



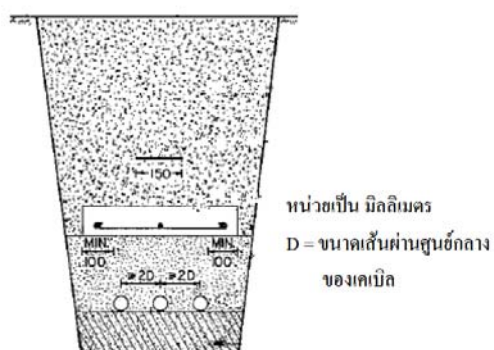
รูปที่ 2.4 ร้อยท่อฝังดิน (Semi-Direct Burial)

ที่มา: <http://www.2011.grecomposites.com/css/images/conduit1.png>

ลักษณะการก่อสร้างจะใช้ Concrete Spacer Block บังคับท่อดังกล่าวเป็นระยะๆ เพื่อช่วยรักษาระยะห่างระหว่างท่อให้สม่ำเสมอ การก่อสร้างวิธีนี้จะไม่มีการหุ้มท่อร้อยสายด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก แต่จะมีแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็กปิดป้องกันอยู่ด้านบนและจำเป็นต้องมี ป่อพักสายเคเบิลใต้ดิน เช่นเดียวกับกับกลุ่มท่อหุ้มคอนกรีต

(3) ฝังดินโดยตรง (Direct Burial)

การก่อสร้างวิธีนี้ใช้กับงานก่อสร้างระบบจำหน่าย โดยไม่ใช้ท่อร้อยสายและไม่มีการหุ้มด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กแต่ใช้วิธีฝังสายเคเบิลใต้ดินให้ได้ความลึกตามมาตรฐาน ซึ่งมีการวางแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็กและเทปเตือนอันตราย



รูปที่ 2.5 ฝังดินโดยตรง (Direct Burial)

ที่มา: <http://bdm.mastergardz.com/JL/images/pdf/02.pdf>

2.1.2.2 แบบไม่เปิดหน้าดิน

(1) แบบ Pipe-Jacking

เป็นวิธีการก่อสร้างท่อร้อยสายเคเบิลใต้ดินโดยไม่ต้องขุดเปิดผิวดินตลอดความยาวของท่ออีกวิธีหนึ่งหรือเรียกว่าวิธีการดันท่อ จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ใช้ดันท่อที่เรียกว่า Jacking Frame และจำเป็นต้องมีพื้นที่สำหรับติดตั้ง Jacking Frame นี้ด้วย ดังรูปที่ 2.6



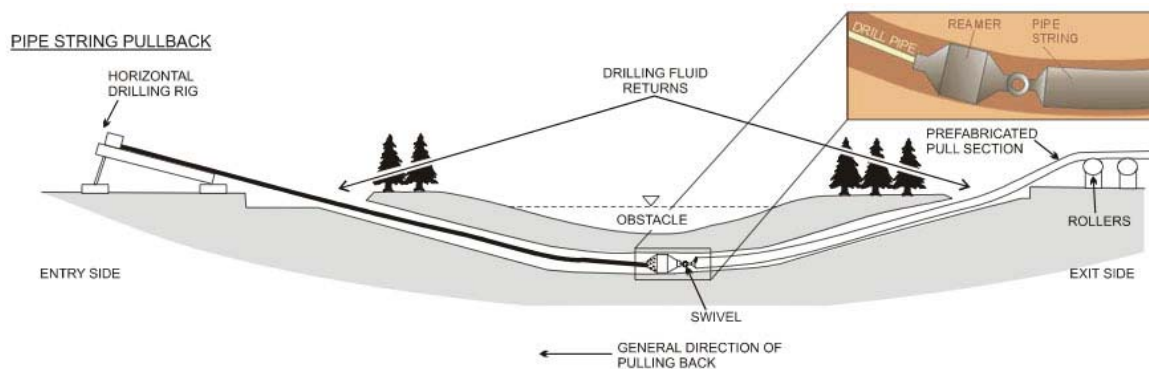
รูปที่ 2.6 แบบ Pipe-Jacking

ที่มา: <http://www.grtgaz.com/typo3temp/pics/381796ac00.jpg>

วิธีนี้จำเป็นต้องมีบ่อพักสาย บนพื้นดินจะต้องมีหลักบอกแนวท่อร้อยสายเคเบิลใต้ดิน แสดงไว้ตามแนวท่อด้วย สำหรับวิธีนี้ตลอดความยาวของแนวท่อจะเป็นแนวตรงตลอดแต่อาจจะเป็นแนวโค้งได้เพียงเล็กน้อย

(2) แบบ HDD (Horizontal Directional Drilling)

เป็นวิธีการก่อสร้างท่อร้อยสายเคเบิลใต้ดินโดยไม่ต้องขุดเปิดผิวดินตลอดความยาวของท่อซึ่งเมื่อพิจารณาถึงเรื่องของความสะดวกคล่องตัวในการทำงาน ระบบ Directional Drills นี้จะมีขีดความสามารถที่กว้างขวางกว่าวิธีการอื่นๆ กลุ่มท่อที่ก่อสร้างมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ซึ่งความสามารถในการควบคุมความลึกและทิศทาง รวมถึงความสามารถเจาะลากท่อในแนวโค้งหลบหลีกอุปสรรคสิ่งกีดขวางได้จึงเป็นวิธีการวางท่อใต้ดินที่น่าสนใจอีกวิธีหนึ่ง ดังรูปที่ 2.7



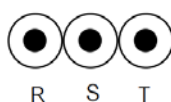
รูปที่ 2.7 HDD (Horizontal Directional Drilling)

ที่มา: <http://www.kristechwire.com/dev/wp-content/uploads/2016/07/horizontal-directional-drilling-diagram.jpg>

2.1.3 การจัดวางสายเคเบิลใต้ดิน

ในการจัดวางสายเคเบิลใต้ดินภายใน Cable Trench หรือภายใน Duct Bank สิ่งที่ต้องพิจารณาคือการจัดวางสายเคเบิลใต้ดินต้องให้มีการเรียงตาม Phase Relationship ทั้งนี้หากมีการจัดวางสายไม่เป็นไปตาม Phase Relationship จะทำให้ค่า Inductance ของสายเคเบิลแต่ละเส้นมีค่าไม่เท่ากันทำให้การรับกระแสของสายเคเบิลใต้ดินไม่เท่ากันยิ่งโหลดมีค่าสูงมากๆกระแสที่ไหลในเคเบิลแต่ละเส้นยิ่งแตกต่างกันมาก การจัดเรียงสายเคเบิลใต้ดินในระบบ 3 ϕ จัดเรียงได้ 2 วิธีคือ

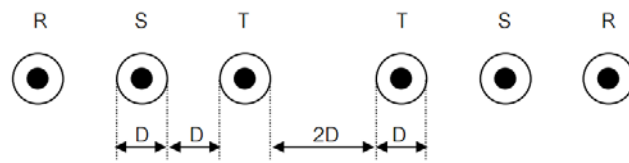
2.1.3.1 แบบ Flat Formation



รูปที่ 2.8 การจัดเรียงสายเคเบิลใต้ดิน แบบ Flat Formation

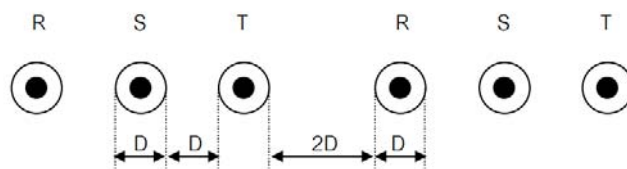
ที่มา: <http://bdm.mastergardz.com/JL/images/pdf/02.pdf>

(1) การจัดวางสายเคเบิลใต้ดินแบบ Flat (Flat Formation) โดยเรียงแบบ RST TSR ดังแสดงในรูปที่ 2.9 การจัดวางแบบนี้ ระยะห่างระหว่างเฟสเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของสายเคเบิลใต้ดิน (D) ระยะห่างระหว่างวงจรถึงเป็น 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของสายเคเบิลใต้ดิน (2D) และระหว่างวงจรเฟสที่อยู่ติดกันควรเป็นเฟสเดียวกัน ดังรูปที่ 2.9 ในกรณีที่เป็นสายแบบ bundle (สายเคเบิลใต้ดิน 2 เส้นต่อหนึ่งเฟส) การจัดเรียงแบบนี้ค่า Inductance ของเฟสเดียวกันจะเท่ากันแต่ค่า Inductance ของเฟส R, S, T แต่ละเฟสจะไม่เท่ากัน กระแสไหลจะแบ่งไปไหลภายในเฟสเดียวกันใกล้เคียงกันแต่กระแสไหลต่างเฟสกันจะแตกต่างกันบ้างแต่เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดตามรูปที่ 2.10 แล้วการจัดแบบ RST TSR ดีกว่ามาก



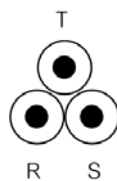
รูปที่ 2.9 แสดงการจัดเรียงสายเคเบิลใต้ดินบน Cable Tray ที่ถูกต้อง
ที่มา: <http://bdm.mastergardz.com/JL/images/pdf/02.pdf>

(2) การจัดวางสายเคเบิลใต้ดินแบบ Flat โดยเรียงแบบ RST RST ดังแสดงในรูปที่ 2.10 การจัดเรียงแบบนี้ (สายแบบ Bundle) นอกจากค่า Inductance ของแต่ละเฟสภายในวงจรเดียวกันจะไม่เท่ากันแล้วค่า Inductance ของเฟสเดียวกันยังไม่เท่ากันอีกด้วยผลที่เกิดคือกระแสไหลดจะไหลไม่เท่ากัน ทั้งที่เป็นเฟสเดียวกันและต่างเฟสกัน



รูปที่ 2.10 แสดงการจัดเรียงสายเคเบิลใต้ดินบน Cable Tray ที่ไม่ถูกต้อง
ที่มา: <http://bdm.mastergardz.com/JL/images/pdf/02.pdf>

2.1.3.2 แบบ Trefoil Formation



รูปที่ 2.11 การจัดเรียงสายเคเบิลใต้ดิน แบบ Flat Formation
ที่มา: <http://bdm.mastergardz.com/JL/images/pdf/02.pdf>

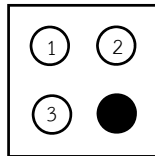
การจัดเรียงแบบนี้ค่า Inductance แต่ละเฟสในวงจรเดียวกันจะเท่ากัน นอกจากนี้ การจัดเรียงสายเคเบิลใต้ดินตาม Phase Relationship ยังมีผลในเรื่องของ Magnetic Field จึงได้กล่าวว่าวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดผลของ Magnetic Field จากสายส่งที่วางข้างๆคือการจัดเรียงสายเคเบิลใต้ดินตาม Phase Relationship (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. ระบบเคเบิลใต้ดิน Underground cable system. 2548)

2.1.4 ลำดับวงจรสายเคเบิลใต้ดิน

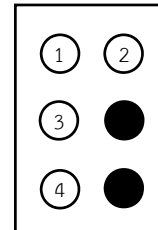
2.1.4.1 ลำดับวงจรของสายเคเบิลใต้ดินใน Duct Bank รูปแบบต่างๆ



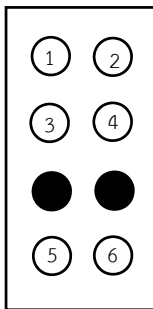
รูปที่ 2.12 Duct bank ขนาด
2x1



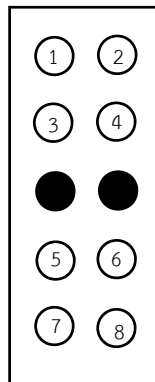
รูปที่ 2.13 Duct bank ขนาด
2x2



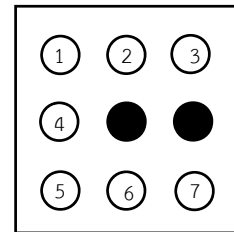
รูปที่ 2.14 Duct bank ขนาด
2x3



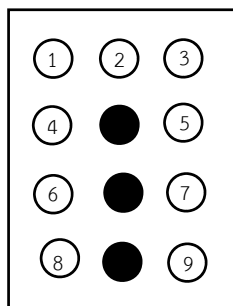
รูปที่ 2.15 Duct bank ขนาด
2x4



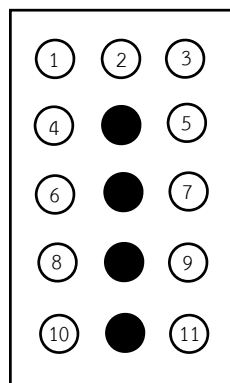
รูปที่ 2.16 Duct bank ขนาด
2x5



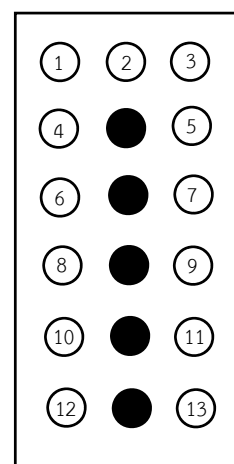
รูปที่ 2.17 Duct bank ขนาด
3x3



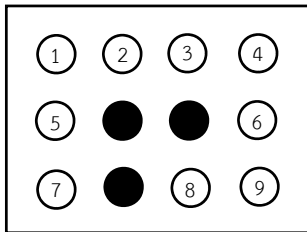
รูปที่ 2.18 Duct bank ขนาด
3x4



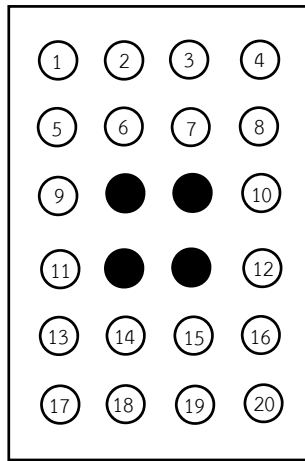
รูปที่ 2.19 Duct bank ขนาด
3x5



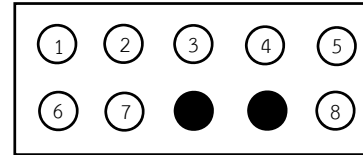
รูปที่ 2.20 Duct bank ขนาด
3x6



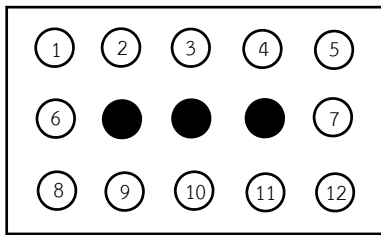
รูปที่ 2.21 Duct bank ขนาด
4x3



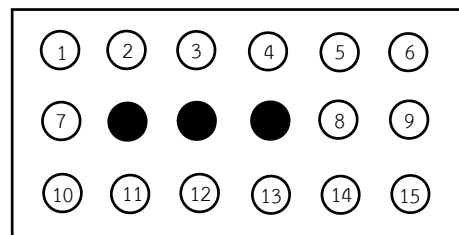
รูปที่ 2.22 Duct bank ขนาด
4x6



รูปที่ 2.23 Duct bank ขนาด
5x2

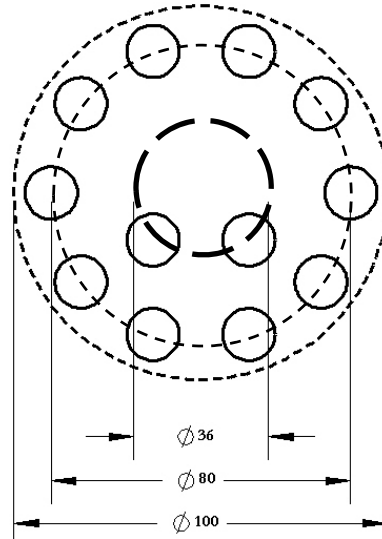


รูปที่ 2.24 Duct bank ขนาด
5x3

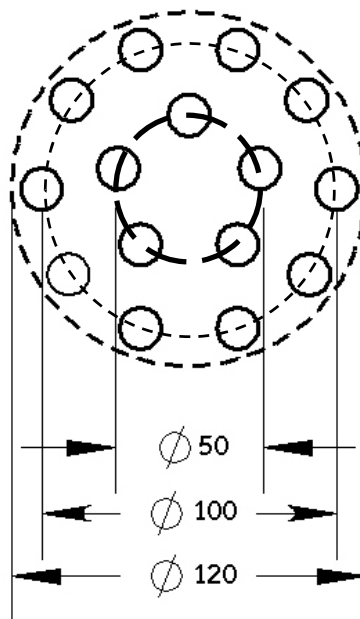


รูปที่ 2.25 Duct bank ขนาด
6x3

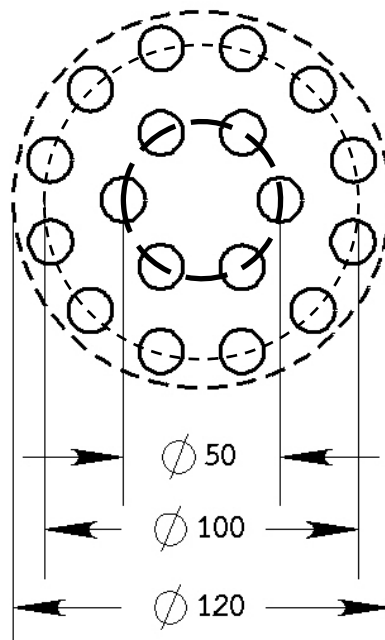
2.1.4.2 ลำดับวงจรของสายเคเบิลใต้ดินใน Pipe — jacking Duct



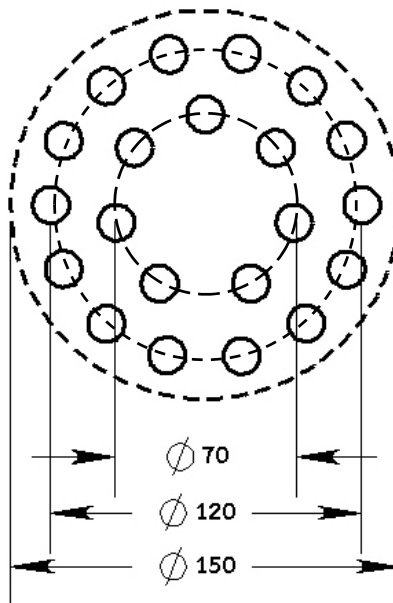
รูปที่ 2.26 Pipe-Jacking ขนาด 1 เมตร จำนวน 12 ท่อ



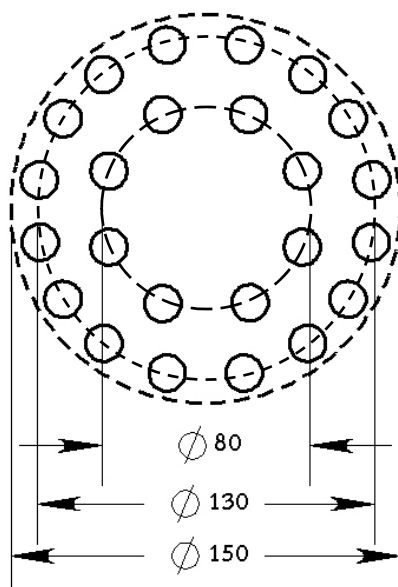
รูปที่ 2.27 Pipe-Jacking ขนาด 1.2 เมตร จำนวน 15 ท่อ



รูปที่ 2.28 Pipe-Jacking ขนาด 1.2 เมตร จำนวน 18 ท่อ



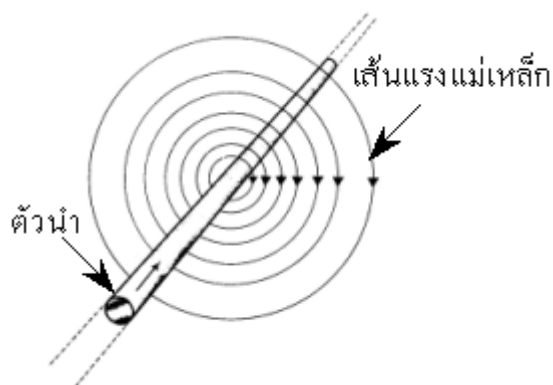
รูปที่ 2.29 Pipe - jacking ขนาด 1.5 เมตร จำนวน 21 ท่อ



รูปที่ 2.30 Pipe – jacking ขนาด 1.5 เมตร จำนวน 24 ท่อ

2.2 สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)

ในปี ค.ศ.1820 เฮอร์สแตดได้ทำการทดลองและได้ค้นพบว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในตัวนำทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆตัวนำ



รูปที่ 2.31 ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบๆตัวนำเมื่อมีกระแสไหลผ่าน

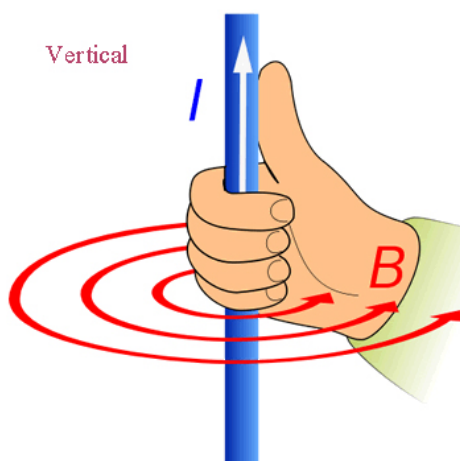
ที่มา: <http://www.rmutphysics.com>

เทอมของสนามแม่เหล็กโดยทั่วไปมักจะหมายถึง ความเข้มสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field Intensity) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ H มีหน่วยเป็น แอมแปร์ต่อเมตร (A/m) และความหนาแน่น เส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Flux Density) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ B มีหน่วยเป็น เวเบอร์ต่อตารางเมตร (Weber per square meter : Wb/m^2) หรือ เทสลา (Tesla : T) ในระบบ SI Unit หรือเกาส์ (Gauss :

G) ในระบบ Gaussian Unit (CGS) โดยค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก $1 \text{ Wb/m}^2 = 1 \text{ Tesla} = 10,000 \text{ Gauss}$

สำหรับสนามแม่เหล็กจากระบบไฟฟ้ามีปริมาณในระดับหน่วยขนาดเล็กซึ่งจะวัดกันในหน่วยของ ไมโครเทสลา (μT) หรือ มิลลิเกาส์ (mG) โดย $1 \mu\text{Tesla} = 10 \text{ mG}$ (จรีนทร์ ทาลาภี. 2553)

2.3 กฎของแอมแปร์ (Ampere's Circuital Law)



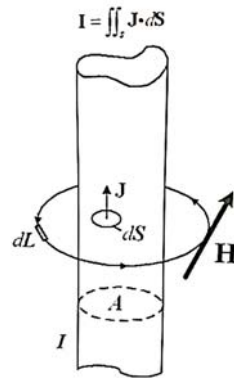
รูปที่ 2.32 ทิศของสนามแม่เหล็กตามกฎมือขวา (Right-Hand Rule)

ที่มา: http://upic.me/i/wj/el_msps_magnetism2.jpg

ปรากฏการณ์การเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กให้เกิดขึ้นรอบตัวนำที่กระแสไหลได้มีการค้นพบเป็นครั้งแรกโดย เออร์สเตด (H.C. Oersted) ต่อมาภายหลังกวีวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ แอมแปร์ได้ค้นพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นกับกระแสไฟฟ้าในรูปแบบหนึ่งซึ่งเรียกว่า “กฎวงจรรของแอมแปร์ (Ampere' Circuital Law)” ความสัมพันธ์ตามกฎวงจรรของแอมแปร์ในรูปแบบอินทิกรัลสามารถแสดงได้ดังนี้

$$I = \oint_c \mathbf{H} \cdot d\mathbf{L} = \iint_s \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S} \quad (2.1)$$

กฎวงจรของแอมแปร์ในรูปแบบอินทิกรัลได้แสดงถึงคุณสมบัติของสนามแม่เหล็กสถิตว่า ผลรวมของการคำนวณผลคูณเชิงสเกลาร์ $\mathbf{H} \cdot d\mathbf{L}$ บนส่วนย่อยของ $d\mathbf{L}$ ของเส้นวงปิด จะต้องเท่ากับปริมาณกระแสที่พุ่งผ่านผิว I หรือ $\iint_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S}$



รูปที่ 2.33 สนามแม่เหล็ก H รอบกระแสที่ไหลในตัวนำพื้นที่หน้าตัด A และมีความหนาแน่นของกระแส J (A/m)

ที่มา: จรินทร์ हालाกี. (2553)

ข้อควรระวังประการหนึ่งในการคำนวณตาม (2.1) คือทิศทางของเวกเตอร์ความยาวอนุพันธ์ $d\mathbf{L}$ และเวกเตอร์พื้นที่อนุพันธ์ $d\mathbf{S}$ จะต้องสัมพันธ์กันตามทิศทางของการหมุนสกรูด้วยมือขวา กฎวงจรของแอมแปร์เป็นสมการที่แสดงถึงคุณสมบัติของสนามแม่เหล็กสถิต และสามารถนำมาประยุกต์ใช้หาความเข้มสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสซึ่งไหลอย่างสมมาตรได้ (จรินทร์ हालाกี. 2553)

2.4 การวิเคราะห์สนามแม่เหล็กจากสายส่งไฟฟ้า

ระบบสายส่งไฟฟ้าเป็นระบบที่ไม่ซับซ้อนมากสามารถคำนวณค่าสนามแม่เหล็กจากสายไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้าแบบ 2 มิติ โดยใช้สมการพิกัดฐานและอาศัยหลักการของระบบพิกัดมุมฉาก (Orthogonal Coordinates) ร่วมกับทฤษฎีการทับซ้อน (Superposition Theorem) หลักการนี้เป็นการคำนวณค่าสนามแม่เหล็กของแต่ละตัวนำ โดยแบ่งองค์ประกอบสนามแม่เหล็กออกเป็นสองส่วนจริงและส่วนจินตภาพ ทั้งแนวนอน (แนวแกน x) และแนวตั้ง (แนวแกน h) จากนั้นจึงนำองค์ประกอบสนามแม่เหล็กของแต่ละแนวแกนจากตัวนำทุกตัวมารวมกันแล้วจึงหาผลลัพธ์ของสนามแม่เหล็กจากองค์ประกอบทั้งสองแนวแกน

การคำนวณวิเคราะห์สนามแม่เหล็กจากสายไฟฟ้า จะช่วยให้ทราบถึงลักษณะของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบริเวณใกล้สายส่งไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้าจึงทำให้สามารถวิเคราะห์ตัวผลกระทบได้โดยง่ายกว่าการทดลองวัดในภาคสนาม อีกทั้งยังช่วยให้ข้อมูลสำหรับการออกแบบระบบ เพื่อลดผลกระทบจากสนามแม่เหล็กได้อีกด้วย

การคำนวณค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากสายไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้าแบบ 2 มิติ สามารถคำนวณได้ภายใต้ขอบเขตและเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- ต้องทราบขนาดและมุมเฟสของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายตัวนำทุกเส้นที่พิจารณา
- ต้องทราบพิกัดความสูงและระยะห่างด้านข้างจากจุดที่ต้องการคำนวณของสายตัวนำทุกเส้น
- กำหนดให้ทิศทางกระแสไหลของกระแสไหลใน ทิศทางเดียวกัน
- ไม่คิดระยะหย่อนตัวของสายระหว่างเสา (Sag) และการหักเลี้ยวของสายตัวนำ โดยพิจารณา

ความยาวสายเป็นอนันต์ และสายตัวนำทุกเส้นวางขนานกันและขนานกับระนาบพื้นดิน

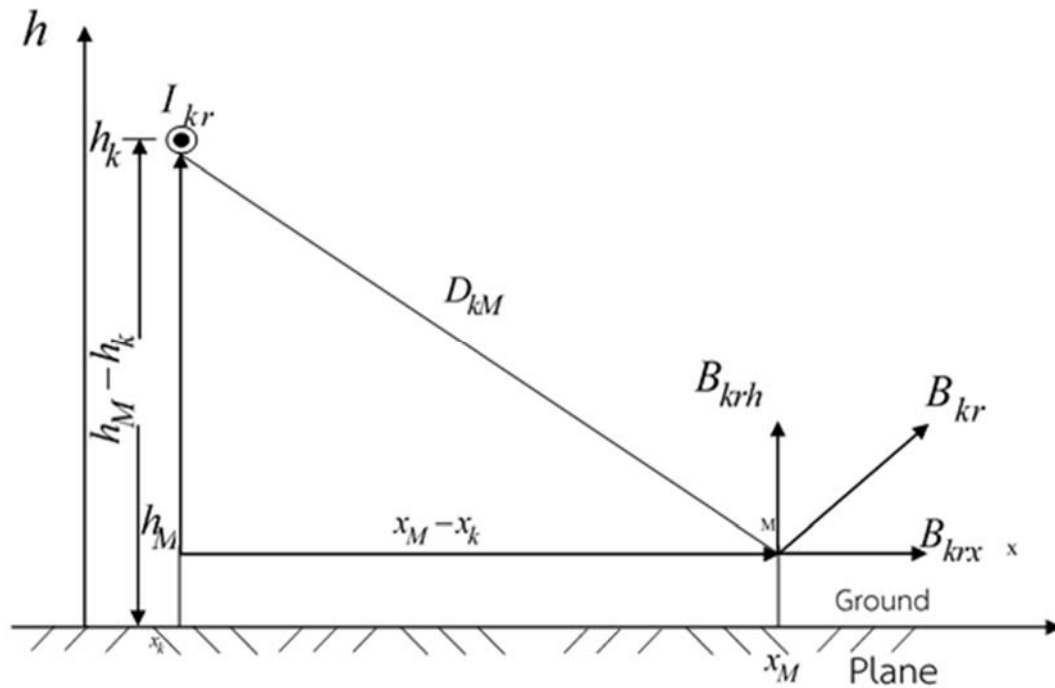
2.4.1 หลักการคำนวณสนามแม่เหล็กแบบ 2 มิติ

เมื่อพิจารณาสายตัวนำ k ที่มีกระแส I_k และมุมเฟส ϕ_k ไหลผ่านตัวนำค่ากระแสดังกล่าวนี้สามารถแยกองค์ประกอบออกเป็น 2 ส่วน คือ กระแสส่วนจริง (I_{kr}) และกระแสส่วนจินตภาพ (I_{ki}) ตามสมการ (2.2)

$$I_k = I_{kr} + I_{ki} \quad (2.2)$$

สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสดังกล่าวนี้ จะมีทั้งองค์ประกอบของสนามแม่เหล็กส่วนจริงและส่วนจินตภาพ โดยองค์ประกอบของสนามแม่เหล็กส่วนจริง (B_{kr}) เกิดจากองค์ประกอบของกระแสส่วนจริง (I_{kr}) และสามารถหาค่าได้ ดังแสดงในรูปที่ (2.35) และ (2.3) ค่าสนามแม่เหล็กขององค์ประกอบส่วน

จริง (B_{kr}) ที่จุด M แสดงด้วยเส้นเวกเตอร์บนระนาบตั้งฉากของตัวนำ k ตั้งฉากกับเส้นที่ลากเชื่อมระหว่างจุด M และ ตัวนำ k



รูปที่ 2.34 สนามแม่เหล็กของสายตัวนำที่มีความยาวอนันต์ (B_{kr})

หาได้ตั้งสมการ (2.3)

$$B_{kr} = \frac{2 \times 10^{-7} I_{kr}}{D_{kM}} \quad (2.3)$$

เมื่อ D_{kM} คือระยะห่างระหว่างตัวนำ k และจุด M

ค่าสนามแม่เหล็กในหน่วยเทสลา (Tesla), ค่ากระแสในหน่วย แอมแปร์ (A), ระยะห่างในหน่วย เมตร (meter) จาก (2.3) ถ้าต้องการหาค่าสนามแม่เหล็กในหน่วยมิลลิเกาส์ (mG) สามารถแสดงได้โดยง่ายด้วย (2.4)

$$B_{kr} = \frac{2I_{kr}}{D_{kM}} \quad (2.4)$$

จาก (2.4) เป็นสมการพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณสนามแม่เหล็กโดยไม่คิดผลสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำเงา k (image of conductor k) ที่อยู่ในพื้นดิน กล่าวคือ เมื่อพิจารณากระแสเหนี่ยวนำในพื้นดินที่เกิดจากตัวนำ k ซึ่งมีพฤติกรรมค่อนข้างซับซ้อนมาก โดยในทางปฏิบัติจะถือว่ากระแสในพื้นดินไหลไปรวมกันที่จุดหนึ่งใต้พื้นโลก เมื่อพิจารณาให้ตัวนำเงาวางอยู่ ณ ตำแหน่งดังกล่าว ความลึกของตัวนำเงา (δ) สามารถหาได้ดัง (2.5)

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi f \mu}} \quad (2.5)$$

เมื่อ f คือ ค่าความถี่

ρ คือ ค่าสภาพความต้านทานของดิน

μ คือ ค่าความซึมซาบได้ทางแม่เหล็กของดิน

ในความเป็นจริงค่าความซึมซาบได้ทางแม่เหล็กของดินนั้น จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าของอากาศ ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$) จาก (2.5) เมื่อแทนค่าความถี่ 50 Hz และค่าความซึมซาบได้ทางแม่เหล็กของดินเท่ากับอากาศ จะได้

$$\delta = 71\sqrt{\rho} \quad (2.6)$$

ใน (2.6) δ มีหน่วยเป็น เมตร และ ρ มีหน่วยเป็น โอห์ม-เมตร สำหรับค่าสภาพความต้านทานดิน โดยทั่วไปมีค่าประมาณ $100 \text{ } \Omega \cdot m$ จะได้ความลึกของตัวนำเงาอยู่ที่ 710 เมตร ซึ่งเป็นระยะ

ที่ลึกมากเมื่อเทียบกับความสูงของสายตัวนำที่ติดตั้งจริง ดังย้อยในทางปฏิบัติสามารถไม่คิดผลของสนามแม่เหล็กจากตัวนำเงาได้

รูปที่ 2.35 แสดงการใช้ระบบพิกัดแนวแกน โดยกำหนดให้แนวนอน (แนวแกน x) เป็นระยะห่างด้านข้าง และแนวตั้ง (แนวแกน h) เป็นความสูงเหนือพื้นดิน ขนาดขององค์ประกอบสนามแม่เหล็กในแนวตั้ง (B_{krh}) และแนวนอน (B_{krx}) หาได้โดย

$$B_{kr} = \frac{2 \times 10^{-7} I_{kr}}{\sqrt{(x_M - x_k)^2 + (h_k - h_M)^2}} \quad (2.7)$$

$$B_{krx} = \frac{2 \times 10^{-7} I_{kr} (h_k - h_M)}{\sqrt{(x_M - x_k)^2 + (h_k - h_M)^2}} \quad (2.8)$$

$$B_{krh} = \frac{2 \times 10^{-7} I_{kr} (x_M - x_k)}{\sqrt{(x_M - x_k)^2 + (h_k - h_M)^2}} \quad (2.9)$$

จะเห็นได้ว่าในการคำนวณแบบ 2 มิติ นี้ จะไม่มีสนามแม่เหล็กในทิศทางที่ขนานกับตัวนำ ในทำนองเดียวกันค่าองค์ประกอบสนามแม่เหล็ก ส่วนจินตภาพ (B_{ki}) สามารถหาได้โดยใช้องค์ประกอบของค่ากระแสจินตภาพ (I_{ki}) ในการคำนวณซึ่งจะได้ขนาดขององค์ประกอบสนามแม่เหล็กส่วนนี้ ทั้งแนวตั้ง (B_{kih}) และแนวนอน (B_{kix}) เช่นเดียวกัน

กรณีมีสายตัวนำ n ตัวนำ ที่มีกระแส I_k และมุมเฟส ϕ_k (เมื่อ $k = 1, \dots, n$) ขนาดขององค์ประกอบ สนามแม่เหล็กส่วนจริงและส่วนจินตภาพของแนวตั้งและแนวนอน ที่จุด M หาได้โดยการแยกคำนวณค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากแต่ละตัวนำก่อน แล้วจึงนำมารวมกันโดยผลของสนามแม่เหล็กส่วนจริงและส่วนจินตภาพของแนวตั้งและแนวนอน ที่จุด M หาได้โดย

$$B_{kr} = \sum_{k=1}^n B_{krx} = \sum_{k=1}^n 2 \times 10^{-7} I_{kr} (h_k - h_M) / D_{kM}^2 \quad (2.10)$$

เมื่อ $D_{kr} = \sqrt{(x_M - x_k)^2 + (h_k - h_M)^2}$ จากรูปที่ 2.34

$$B_{xi} = \sum_{k=1}^n B_{kxi} = \sum_{k=1}^n 2 \times 10^{-7} I_{ki} (h_k - h_M) / D_{kM}^2 \quad (2.11)$$

$$B_{rh} = \sum_{k=1}^n B_{krh} = \sum_{k=1}^n 2 \times 10^{-7} I_{kr} (x_M - x_h) / D_{kM}^2 \quad (2.12)$$

$$B_{ih} = \sum_{k=1}^n B_{kih} = \sum_{k=1}^n 2 \times 10^{-7} I_{ki} (x_M - x_h) / D_{kM}^2 \quad (2.13)$$

ขนาดขององค์ประกอบสนามแม่เหล็กในแนวนอน (B_x) ที่จุด M หาได้โดย

$$B_x = \sqrt{B_{xh}^2 + B_{ix}^2} \quad (2.14)$$

ในทำนองเดียวกันค่าองค์ประกอบสนามแม่เหล็กในแนวตั้ง (B_h) หาได้โดย

$$B_h = \sqrt{B_{rh}^2 + B_{ih}^2} \quad (2.15)$$

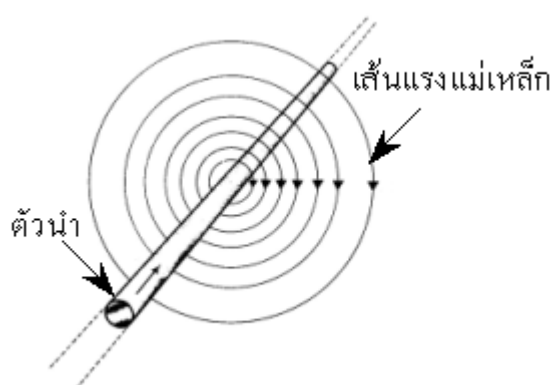
ดังนั้น ผลลัพธ์ของค่าสนามแม่เหล็กที่จุด M คือ

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_h^2} = \sqrt{B_{rx}^2 + B_{ix}^2 + B_{rh}^2 + B_{ih}^2} \quad (2.16)$$

ถ้ากระแสที่ใช้ในการคำนวณเป็นค่า RMS ผลลัพธ์ของค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จะเป็นค่า RMS ด้วย

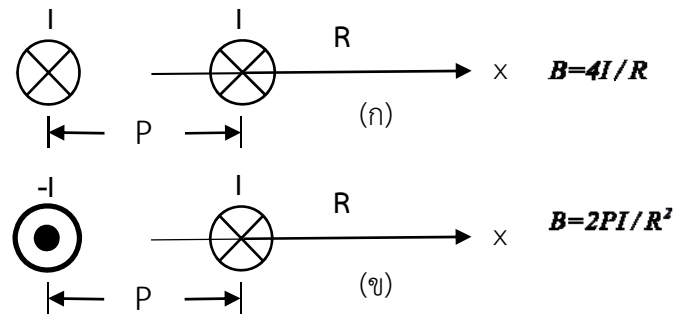
2.5 หลักการลดสนามแม่เหล็ก

สนามแม่เหล็กเกิดจากมีกระแสไฟฟ้า (การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน) ไหลผ่านตัวนำ ตัวอย่างเช่น สายไฟฟ้า กล่าวคือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำก็จะมีสนามแม่เหล็กหรือเส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบตัวนำนั้น และมีทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก ตามกฎมือขวา แสดงดังรูปที่ 2.36



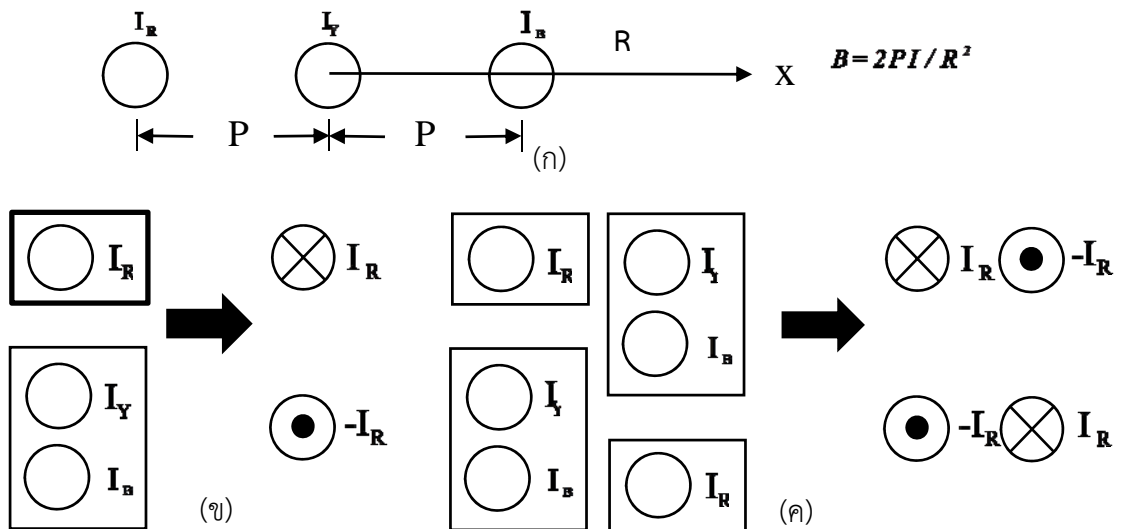
รูปที่ 2.35 ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบๆตัวนำเมื่อมีกระแสไหลผ่าน

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com>

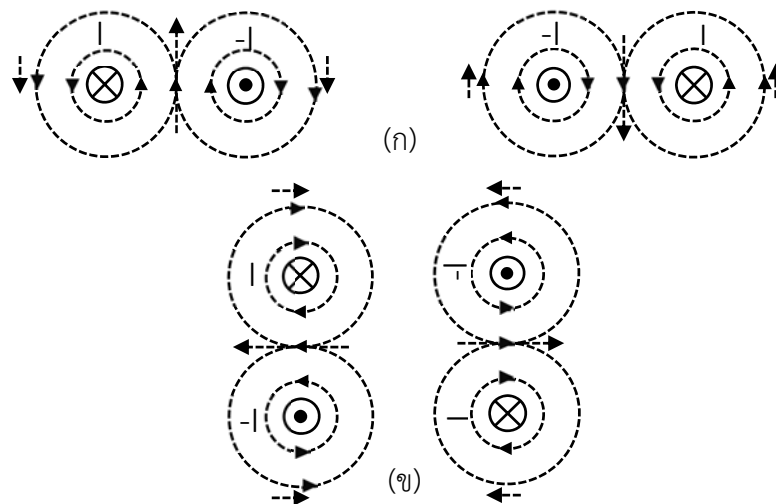


รูปที่ 2.38 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำสองเส้น

จากรูปที่ 2.39ก แสดงสมการที่ใช้ในการหาค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำของระบบไฟฟ้า 3 เฟส 3 สาย โดยจะพบว่าขนาดของสนามแม่เหล็กจะแปรผันโดยตรงกับค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำ และระยะห่างระหว่างตัวนำ และจะแปรผกผันตามกำลังสองของระยะห่างจากตัวนำ ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับกรณีของระบบไฟฟ้า 1 เฟส 2 สาย เมื่อพิจารณาค่ากระแสไฟฟ้าในระบบ 3 เฟส 3 สาย จะพบว่ากรณีที่ขนาดกระแสของแต่ละเฟสมีค่าเท่ากันและมีมุมเฟสต่างกัน 120 องศาทางไฟฟ้า ผลรวมเวกเตอร์ของกระแสทั้งสามเฟสจะมีค่าเป็นศูนย์ ($I_R + I_B + I_Y = 0$) หรือเขียนอยู่ในรูปของค่ากระแส I_R ได้ดังนี้ $-I_R = I_B + I_Y$ ซึ่งสามารถเขียนแทนด้วยตัวนำสองเส้นได้ดังแสดงในรูปที่ 2.39ข และเป็นกรณีที่เป็นระบบ 3 เฟส 2 วงจร สามารถเขียนแทนแต่ละวงจรด้วยตัวนำสองเส้นตามรูปที่ 2.39ค เช่นกัน



รูปที่ 2.39 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำของระบบ 3 เฟส 3 สาย และการพิจารณาตัวนำในระบบ 3 เฟส 3 สาย



รูปที่ 2.40 ตัวอย่างการจัดวางตัวนำเพื่อลดสนามแม่เหล็ก

จากรูปที่ 2.40 แสดงตัวอย่างการจัดวางตัวนำเพื่อลดสนามแม่เหล็กโดยอาศัยการหักล้างกันของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำที่อยู่ใกล้กัน โดยจะเห็นได้ว่ากรณีวางต่อกันในแนวราบ (รูปที่ 2.40ก) วงจรที่นำมาเพิ่มจะต้องวางขั้วของกระแสที่เป็นขั้วเดียวกันไว้ใกล้กันเพื่อให้เกิดการหักล้างของสนามแม่เหล็ก

โดยจะเห็นได้ว่าการลดขนาดของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากสายไฟฟ้านั้น (จากรูปที่ 2.38 และ 2.39) สามารถทำได้ดังต่อไปนี้

1. การลดค่ากระแสที่ไหลในตัวนำ (I): ขนาดของสนามแม่เหล็กมีค่าลดลงตามสัดส่วนของระยะห่างระหว่างตัวนำที่ลดลง หรือ $\frac{B_2}{B_1} \cong \frac{I_2}{I_1}$ กล่าวคือ เมื่อค่ากระแสไฟฟ้าลดลง 50% จะทำให้ขนาดของสนามแม่เหล็ก มีค่าลดลง 50% ด้วย

2. การลดระยะห่างระหว่างตัวนำ (P): ขนาดของสนามแม่เหล็กมีค่าลดลงตามสัดส่วนของระยะห่างระหว่างตัวนำ หรือ $\frac{B_2}{B_1} \cong \frac{P_2}{P_1}$ แต่การลดระยะห่างระหว่างตัวนำจะต้องพิจารณาระบายความร้อนของสายเคเบิลด้วย เพราะจะส่งผลต่อความสามารถในการจ่ายกระแสของสายเคเบิล เช่น การวางตัวนำสายส่งใต้ดินให้ชิดกัน เป็นต้น

3. การเพิ่มระยะห่างจากสายตัวนำ (R): ขนาดของสนามแม่เหล็กมีค่าลดลงตามสัดส่วนของส่วนกลับกำลังสองของระยะห่างตัวนำที่เพิ่มขึ้น หรือ $\frac{B_2}{B_1} \cong \frac{R_1^2}{R_2^2}$ เช่น การเพิ่มความสูงของเสาไฟฟ้า เป็นต้น ($\frac{B_2}{B_1} \cong \frac{H_1^2 + L^2}{H_2^2 + L^2}$ เมื่อ H คือ ความสูงของตัวนำ และ L คือ ระยะด้านข้างถึงจุดที่ทำการวัด)

4. การเปลี่ยนรูปแบบการจัดวางตัวนำ: การเปลี่ยนรูปแบบการวางแผ่ในแนวตั้ง หรือแนวราบเป็นการวางแบบสามเหลี่ยม เป็นต้น ซึ่งจะเหมือนกับข้อ 2

5. การจัดเรียงสลับเฟสตัวนำใหม่: ต้องเป็นสายส่ง 1-วงจร ตัวนำควบ หรือ สายส่ง 2 วงจร ขึ้นไปโดยอาศัยการหักล้างกันของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำที่อยู่ใกล้ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.37 และรูปที่ 2.39 ในการลดขนาดของสนามแม่เหล็ก (จรินทร์ หาลาภี. 2553)

2.6 สนามไฟฟ้า (Electric field)

ที่ใดมีไฟฟ้าที่นั่นจะมีสนามไฟฟ้า โดยรอบประจุไฟฟ้ามีอะไรสิ่งหนึ่งที่เมื่อนำเอาประจุอื่นเข้ามาในบริเวณนั้นแล้ว ทำให้เกิดแรงกระทำต่อประจุที่นำเข้ามา สิ่งที่เกิดจากประจุเรียกว่าสนามไฟฟ้าจะมีมากหรือน้อยอาจแสดงหรือวัดในรูปของแรงที่เกิดขึ้น กฎของคูลอมบ์ (Coulomb's Law)

ในปี ค.ศ. 1875 วิศวกรทหารชาวฝรั่งเศส พันเอก ชาร์ล-ออกุสแต็ง เดอ คูลอมบ์ (Charles-Augustin de Coulomb) ได้พัฒนาตาชั่งชนิดแรงบิด (Coulomb's torsion balance) เพื่อวัดแรงที่เกิดจากประจุไฟฟ้า ซึ่งจากผลการทดลองทำให้ได้สมการความสัมพันธ์ของแรงที่เกิดขึ้นระหว่างประจุ Q_1 และ Q_2 ที่วางห่างกันเป็นระยะ R ในอวกาศว่าง (free space) เรียกสมการดังกล่าวว่า กฎของคูลอมบ์ (Coulomb's law) ดังนี้

$$\vec{F}_{21} = k \frac{Q_1 Q_2}{R_{12}^2} \vec{a}_{R_{12}} \quad [N] \quad (2.17)$$

โดย

$$\vec{a}_{R_{12}} = \frac{\vec{R}_{12}}{R_{12}} = \frac{\vec{R}_2 - \vec{R}_1}{|\vec{R}_2 - \vec{R}_1|} \quad (2.18)$$

และ \vec{F}_{21} 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 เพอร์มิททิวิตีของสุญญากาศหรือสภาพของสุญญากาศ (หรืออวกาศว่าง) (permittivity of a vacuum) [โดยสัญลักษณ์ ϵ อ่านว่า “เอปซิลอน (epsilon)”] มีค่าเท่ากับ

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \approx \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \left[\frac{F}{m} \right] \quad (2.19)$$

และค่าคงตัวเชิงสัดส่วน (proportionality constant)

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \times 10^9 \left[\frac{m}{F} \right] \quad (2.20)$$

และในทำนองเดียวกัน เวกเตอร์แรงที่เกิดขึ้นที่ประจุ Q_1 เนื่องจากประจุ Q_2 จะมีค่าเท่ากับ $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} = k \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 R_{21}^2} \vec{a}_{R_{12}} \quad [N] \quad (2.21)$$

โดยที่ \vec{F}_{12} คือ แรงที่เกิดขึ้นที่ประจุ Q_1 เนื่องจากประจุ Q_2 [N]

\vec{R}_{21} คือ เวกเตอร์ระยะห่างจากประจุ Q_2 ไปยังประจุ Q_1 [m]

R_{21} คือ ระยะห่างจากประจุ Q_2 ไปยังประจุ Q_1 [m]

$\vec{a}_{R_{12}}$ คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่มีทิศทางจากประจุ Q_2 ไปยังประจุ Q_1

ซึ่งจากสมการที่ 2.17 และ 2.21 จะเห็นได้ว่า หากประจุไฟฟ้า Q_2 และ Q_1 เป็นประจุบวกหรือลบ เหมือนกันจะเกิดแรงผลักกันเกิดขึ้น ในทางตรงข้าม หากประจุไฟฟ้า Q_1 และ Q_2 เป็นประจุต่างชนิดกันจะเกิดแรงดึงดูดกันเกิดขึ้น

สำหรับในกรณีที่มีประจุไฟฟ้ามากกว่า 2 ตัว เช่น หากต้องการหาแรงที่ประจุไฟฟ้า Q_1 เนื่องจากประจุไฟฟ้า Q_2, \dots, Q_N สามารถหาเวกเตอร์แรงลัพธ์ผลรวมได้โดยใช้หลักการซ้อนทับ (superposition principle) ซึ่งจะได้

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \dots + \vec{F}_{1N} \quad (2.22)$$

$$= \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 R_{21}^2} \vec{a}_{R_{21}} + \frac{Q_1 Q_3}{4\pi\epsilon_0 R_{31}^2} \vec{a}_{R_{31}} + \dots + \frac{Q_1 Q_N}{4\pi\epsilon_0 R_{N1}^2} \vec{a}_{R_{N1}} = \sum_{i=1}^N \frac{Q_1 Q_i}{4\pi\epsilon_0 R_{i1}^2} \vec{a}_{R_{i1}} \quad [N] \quad (2.23)$$

โดยที่ \vec{F}_1 คือ เวกเตอร์แรงที่ประจุ Q_1 [N]

R_{i1} คือ เวกเตอร์ระยะห่างจากประจุ Q_i ไปยังประจุ Q_1 [m]

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

นอกจากนั้น กฎของคูลอมบ์ยังสามารถนำมาใช้ได้กับกรณีหาเวกเตอร์แรงที่เกิดขึ้นที่ประจุ Q เนื่องจากประจุเชิงเส้น ประจุเชิงผิว และประจุเชิงปริมาตร ได้ด้วยเช่นกัน ดังนั้นแรงที่เกิดขึ้นที่ประจุ Q เนื่องจากประจุ dQ จะมีค่าเท่ากับ

$$d\vec{F}_Q = \frac{QdQ}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R \quad [N] \quad (2.24)$$

โดยที่ $dQ = \rho_l dl = \rho_s ds = \rho_v dv$

$$\vec{F}_Q = \int_l \frac{Q\rho_l}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R dl \quad [N] \quad (2.25)$$

$$\vec{F}_Q = \int_s \frac{Q\rho_s}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R ds \quad [N] \quad (2.26)$$

$$\vec{F}_Q = \int_s \frac{Q \rho_v}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R dv \quad [N] \quad (2.27)$$

2.6.1 ความเข้มสนามไฟฟ้า (Electric Field Intensity)

สนามไฟฟ้า หมายถึง “บริเวณรอบประจุไฟฟ้า ซึ่งประจุไฟฟ้า สามารถแผ่สนามไฟฟ้าไปถึง” หรือ “บริเวณที่เมื่อนำประจุไฟฟ้าทดสอบเข้าไปวางแล้วจะเกิดแรงกระทำบนประจุไฟฟ้าทดสอบนั้น” ตามจุดต่างๆ ในบริเวณสนามไฟฟ้า ย่อมมีความเข้มของสนามไฟฟ้าต่างกัน จุดที่อยู่ใกล้ประจุไฟฟ้าต้นกำเนิดสนาม จะมีความเข้มของสนามไฟฟ้าสูงกว่าจุดที่อยู่ ห่างไกลออกไป ในการหาความเข้มสนามไฟฟ้าที่จุดใดๆ สามารถหาได้โดยแรงเกิดขึ้นที่ประจุทดสอบ (test charge: q_t) ซึ่งความเข้มสนามไฟฟ้า \vec{E} เขียนเป็นสมการดังนี้

$$\vec{E} = \lim_{q_t \rightarrow 0} \frac{\vec{F}}{q_t} = \frac{\vec{F}}{q_t} \quad (2.28)$$

และจากสมการที่ (2.28) ถ้าพิจารณาหาความเข้มสนามไฟฟ้าที่จุดเวกเตอร์พิกัด r ที่เกิดจากประจุ Q ที่วางอยู่ที่ตำแหน่งเวกเตอร์พิกัด r' จะได้ว่า

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R = \frac{Q(\vec{r}-\vec{r}')}{4\pi\epsilon_0 |\vec{r}-\vec{r}'|^3} \left[\frac{V}{m} \right] \quad (2.29)$$

ในกรณีที่ต้องการหาค่าความเข้มสนามไฟฟ้าที่จุดเวกเตอร์พิกัด r ที่เกิดจากจุดประจุ Q_1, \dots, Q_N วางอยู่ที่ตำแหน่งเวกเตอร์พิกัด r_1, \dots, r_N โดยอาศัยทฤษฎีซ้อนทับได้

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_N \quad (2.30)$$

$$= \frac{Q_1(\vec{r}-\vec{r}'_1)}{4\pi\epsilon_0|\vec{r}-\vec{r}'_1|^3} + \frac{Q_2(\vec{r}-\vec{r}'_2)}{4\pi\epsilon_0|\vec{r}-\vec{r}'_2|^3} + \dots + \frac{Q_N(\vec{r}-\vec{r}'_N)}{4\pi\epsilon_0|\vec{r}-\vec{r}'_N|^3} \quad (2.31)$$

$$= \sum_{k=1}^N \frac{Q_k(\vec{r}-\vec{r}'_k)}{4\pi\epsilon_0|\vec{r}-\vec{r}'_k|^3} \quad (2.32)$$

ในการทำงานเดียวกันกับกฎของคูลอมบ์ ความเข้มสนามไฟฟ้ายังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับการหาความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุเชิงเส้น ประจุเชิงผิว ประจุเชิงปริมาตร ได้ด้วยเช่นกัน ดังนั้นความเข้มสนามไฟฟ้าของประจุ dQ จะมีค่าเท่ากับ

$$d\vec{E} = \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R \left[\frac{V}{m} \right] \quad (2.33)$$

โดยที่ $dQ = \rho_l dl = \rho_s ds = \rho_v dv$ จากนั้นทำการหาปริพันธ์ของสมการที่ (2.33) จะได้

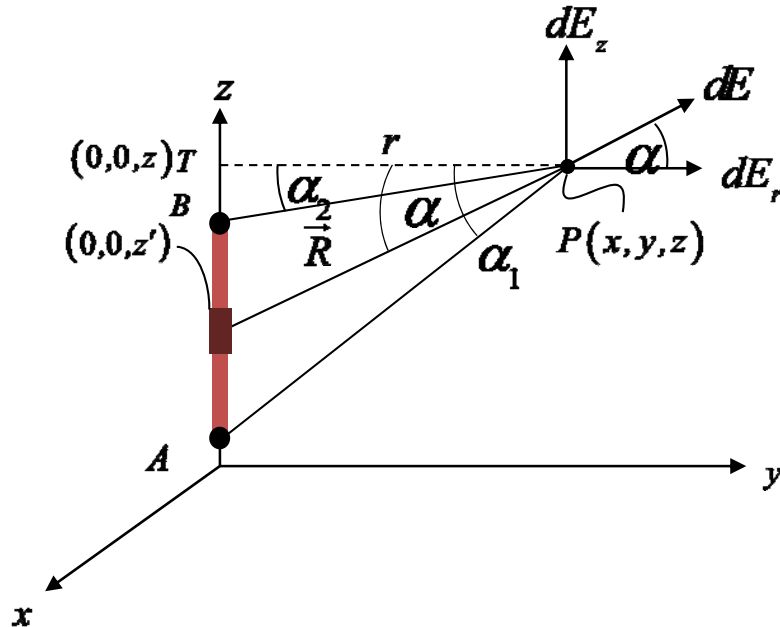
$$\vec{E} = \int_l \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R dl \left[\frac{V}{m} \right] \quad (2.34)$$

$$\vec{E} = \int_s \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R ds \left[\frac{V}{m} \right] \quad (2.35)$$

$$\vec{E} = \int_v \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R dv \left[\frac{V}{m} \right] \quad (2.36)$$

2.7.1.1 ความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุเชิงเส้น (Electric field Intensity of a

Line Charge)



รูปที่ 2.41 การหาค่าความเข้มสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุเชิงเส้น

พิจารณาประจุเชิงเส้นที่มีความหนาแน่นของประจุเชิงเส้น ρ_l ที่วางตัวจากจุด A ไปยังจุด B บนแกน z ดังแสดงในรูปที่ 2.41 และจากรูปที่ 2.41 จะได้ชิ้นส่วนดิฟเฟอเรนเชียลของประจุ dQ มีค่าเท่ากับ $dQ = \rho_l dl = \rho_s dz'$ ในการหาความเข้มสนามไฟฟ้าที่จุด $P(x, y, z)$ ใดๆ หลักความสมมาตร (symmetry) ควรนำมาพิจารณาร่วมด้วยเสมอ ได้แก่

- ระบบพิกัดใดควรเลือกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาโดยที่สนามจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงในระบบพิกัดที่เลือก

- ส่วนประกอบใดของสนามที่จะถูกหักล้างกันจนมีค่าเป็นศูนย์

สำหรับเหตุผลในการใช้หลักการสมมาตรก็เพื่อให้หาหาปริพันธ์ง่ายขึ้น ซึ่งสำหรับในกรณีประจุเชิงเส้น ระบบพิกัดที่เหมาะสมจะได้แก่ ระบบพิกัดทรงกระบอก ทั้งนี้ก็เพราะ หากพิจารณาในรูปที่ 2.41 และจินตนาการว่า r และ z มีค่าคงที่ จากนั้นเปลี่ยนแปลงมุม ϕ ไปจะพบว่า สนามที่เกิดจากประจุเชิงเส้นจะมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมุม ϕ เปลี่ยนไปหรือมีความสมมาตรรอบแกน z กล่าวอีกนัยหนึ่งคือไม่มีส่วนประกอบของสนามที่เปลี่ยนแปลง ϕ ($E_\phi = 0$) โดยที่ dQ จะทำให้เกิดเฉพาะส่วนประกอบ dE_r และ dE_z เท่านั้น ดังนั้นในระบบพิกัดทรงกระบอกค่าความเข้มสนามไฟฟ้าของประจุเชิงเส้นจะมีค่าเท่ากับ

$$\vec{E} = \int \frac{\rho l}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R dl \quad \left[\frac{V}{m} \right] \quad (2.37)$$

โดย $\vec{R} = (x, y, z) - (0, 0, z') = x\vec{a}_r + y\vec{a}_y + (z - z')\vec{a}_z$ หรือในระบบพิกัดทรงกระบอกมีเท่ากับ $\vec{R} = r\vec{a}_r + (z - z')\vec{a}_z$ และ

$$R^2 = |\vec{R}|^2 = x^2 + y^2 + (z - z')^2 = r^2 + (z - z')^2 \quad (2.38)$$

ดังนั้น

$$\frac{\vec{a}_R}{R^2} = \frac{\vec{R}}{|\vec{R}|^3} = \frac{r\vec{a}_r + (z - z')\vec{a}_z}{\left[r^2 + (z - z')^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \quad (2.39)$$

เพื่อให้ง่ายต่อการหาปริพันธ์ ทำการเปลี่ยน (2.39) ให้เป็นฟังก์ชันของมุม α แทนโดยอาศัยกฎตรีโกณมิติ จะได้ $r = R \cos \alpha$ หรือจะได้ $R = r \sec \alpha$

$$z' = OT - r \tan \alpha, \quad dz' = \underbrace{d(OT)}_0 - d(r \tan \alpha), \quad dz' = -r \sec^2 \alpha d\alpha \quad (2.40)$$

ดังนั้นจาก (2.39) จะกลายเป็น

$$\vec{E} = \frac{-\rho l}{4\pi\epsilon_0} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{r \sec^2 \alpha \left[\cos \alpha \vec{a}_r + \sin \alpha \vec{a}_z \right]}{r^2 \sec^2 \alpha} d\alpha \quad (2.41)$$

$$= \frac{-\rho l}{4\pi\epsilon_0} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} [\cos \alpha \vec{a}_r + \sin \alpha \vec{a}_z] d\alpha \quad (2.42)$$

สำหรับกรณีประจุเชิงเส้นอนันต์ (infinite line charge) ที่จุด B จะอยู่ที่ $(0,0,\infty)$ และที่จุด A จะอยู่ที่ $(0,0,-\infty)$ ซึ่งในกรณีนี้ค่ามุม $\alpha_1 = \pi/2$ และ $\alpha_2 = -\pi/2$ โดยอาศัยหลักการสมมาตร หากทำการจินตนาการว่า r และ ϕ มีค่าคงที่ จากนั้นทำการเลื่อน dQ ขึ้นและลงตามความยาวของประจุเชิงเส้นอนันต์ (axial symmetry) กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ สนามดังกล่าวไม่เป็นฟังก์ชันของ z สำหรับกรณีประจุชนิดเส้นอนันต์ และถ้าจินตนาการว่า ϕ และ z มีค่าคงที่ จากนั้นเปลี่ยนแปลงค่ารัศมี r จะเห็นได้ว่าปัญหาจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อรัศมี r มีค่าเปลี่ยนแปลงไป คือ สำหรับประจุเชิงเส้นดังแสดงนี้สนามจะเป็นฟังก์ชันของ r เท่านั้น ดังนั้นจาก (2.42) แทนค่า $\alpha_1 = \pi/2$ และ $\alpha_2 = -\pi/2$ จะได้ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าสำหรับกรณีประจุชนิดเส้นอนันต์จะเท่ากับ

$$\vec{E}_r = \frac{\rho l}{2\pi\epsilon_0} \vec{a}_r \quad (2.43)$$

2.6.2 ความหนาแน่นฟลักซ์ไฟฟ้า (Electric Flux Density)

ในอวกาศว่างหรือสุญญากาศ ความหนาแน่นฟลักซ์ไฟฟ้า (Electric Flux Density : \vec{D}) จะนิยามได้ว่ามีทิศทางเดียวกันกับทิศทางของเส้นฟลักซ์ไฟฟ้าและความเข้มสนามไฟฟ้า ซึ่งมีขนาดเท่ากับ

$$|\vec{D}| \triangleq \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta \psi E}{\Delta s} \right) \quad \left[\frac{C}{m^2} \right] \quad (2.44)$$

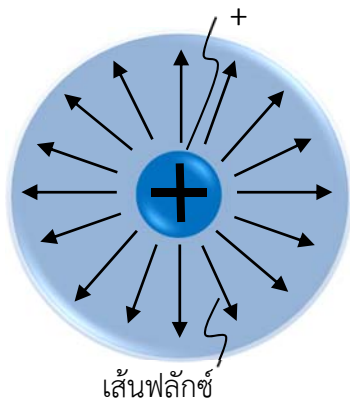
โดยที่ $\Delta \psi E$ จะมีค่าเท่ากับจำนวนเส้นฟลักซ์ไฟฟ้าที่ตัดผ่านพื้นที่ Δs ในทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่ Δs ดังแสดงในรูปที่ 2.42ก ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ว่ามีค่าเท่ากับ

$$\Delta \psi E = D_{normal} \Delta s = (D \cos \theta) \Delta s = \vec{D} \times \vec{\Delta s} \quad [D] \quad (2.45)$$

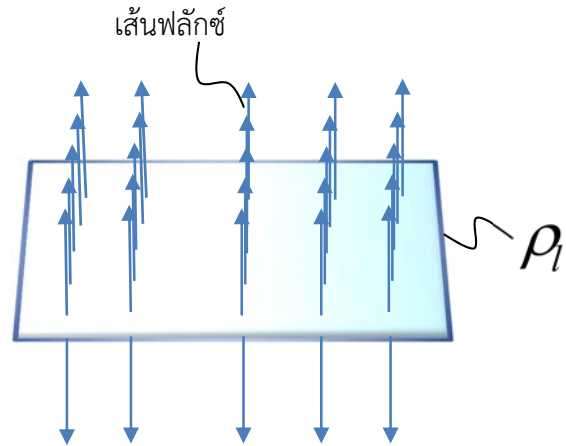
หรือ

$$d\psi_E = \vec{D} \cdot d\vec{s} \quad [D] \quad (2.46)$$

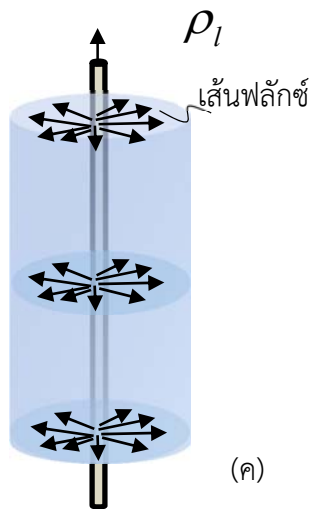
โดยที่ $d\vec{s}$ คือเวกเตอร์ของพื้นที่ผิวเชิงอนุพันธ์



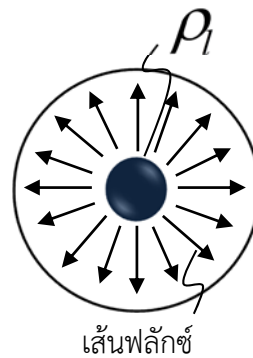
(5)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 2.42 ลักษณะการกระจายฟลักซ์ไฟฟ้าของ (ก) จุดประจุ (ข) แผ่นประจุเชิงผิว (ค) ประจุเชิงเส้น (ง) ภาพมุมมองจากด้านบน

หากพิจารณากรณีประจุไฟฟ้า Q วางอยู่ที่จุดกำเนิด ดังแสดงในรูปที่ 2.42ข พิจารณาความหนาแน่น ฟลักซ์ไฟฟ้าที่ตัดผ่านพื้นที่ผิวทรงกลมที่มีรัศมี r โดยอาศัยสมมุติฐานที่ว่าจำนวนเส้นฟลักซ์ไฟฟ้าที่พุ่งออกจากประจุไฟฟ้าจะเท่ากับขนาดของประจุไฟฟ้า ($\Delta\psi_E = Q$) ดังนั้นจากนิยามของความหนาแน่นฟ

ลัทธิไฟฟ้าที่ว่าจำนวนเส้นพลังไฟฟ้าที่ตัดผ่านพื้นที่ Δs ในทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่ Δs หาดด้วย Δs โดยในกรณีนี้พื้นที่ Δs จะมีค่าเท่ากับพื้นที่ผิวทรงกลม ดังแสดงในสมการ ($\Delta \psi_E = Q$) จะได้ว่า

$$\vec{D} = \frac{\psi_E}{4\pi r^2} \vec{a}_r = \frac{Q}{4\pi r^2} \vec{a}_r \quad (2.47)$$

ในทำนองเดียวกัน หากทำการเปรียบเทียบกับสมการความเข้มสนามไฟฟ้าของจุดประจุ

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{a}_r \quad (2.48)$$

ดังนั้นจาก (2.47)-(2.48) ความหนาแน่นพลังไฟฟ้าในสุญญากาศหรืออวกาศว่างจะมีค่าเท่ากับ

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} \left[\frac{C}{m^2} \right] \quad (2.49)$$

โดย (2.49) จะเป็นจริงเฉพาะในกรณีสุญญากาศหรืออวกาศว่างเท่านั้น

นอกจากนี้ จากความสัมพันธ์ใน (2.47) ยังครอบคลุมถึงการหาความหนาแน่นพลังไฟฟ้าสำหรับการกระจายของประจุในลักษณะต่างๆอีกด้วย ไม่ว่าจะเป็น ประจุเชิงเส้น ประจุเชิงผิว หรือ ประจุเชิงปริมาตร ซึ่งเขียนเป็นสมการได้เท่ากับ

$$\vec{D} = \int \frac{dQ}{4\pi R^2} \vec{a}_R \left[\frac{C}{m^2} \right] \quad (2.50)$$

โดยที่ $dQ = \rho_l dl = \rho_s ds = \rho_v dv$

2.6.3 ศักย์ไฟฟ้า (Electric Potential)

หลักการของสนามไฟฟ้าได้พัฒนามาจากหลักการของสนามของแรงที่เกิดจากประจุที่อยู่ในลักษณะต่างๆ ความเข้มสนามไฟฟ้า \vec{E} นิยามว่าเป็นแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบต่อหน่วยทดสอบนั้น ดังนั้นแรงที่กระทำต่อประจุ Q ที่อยู่ภายใต้สนามไฟฟ้า \vec{E} (\vec{F}_E) จะมีค่าเท่ากับ $\vec{F}_E = Q\vec{E}$ และด้วยแรงดังกล่าวโดยธรรมชาติจะทำให้จุดประจุ Q เกิดจากการเคลื่อนที่ไปตามทิศทางของ \vec{E} อย่างไรก็ตาม หากต้องการเคลื่อนย้ายประจุ Q ที่อยู่ภายใต้สนามไฟฟ้า \vec{E} จากจุด B ไปยังจุด A ดังแสดงในรูปที่ 2.43 งานที่ใช้ (work done) ในการเคลื่อนย้ายจุดประจุในสนามไฟฟ้าไปเป็นระยะ $d\vec{l}$ จะมีค่าเท่ากับ

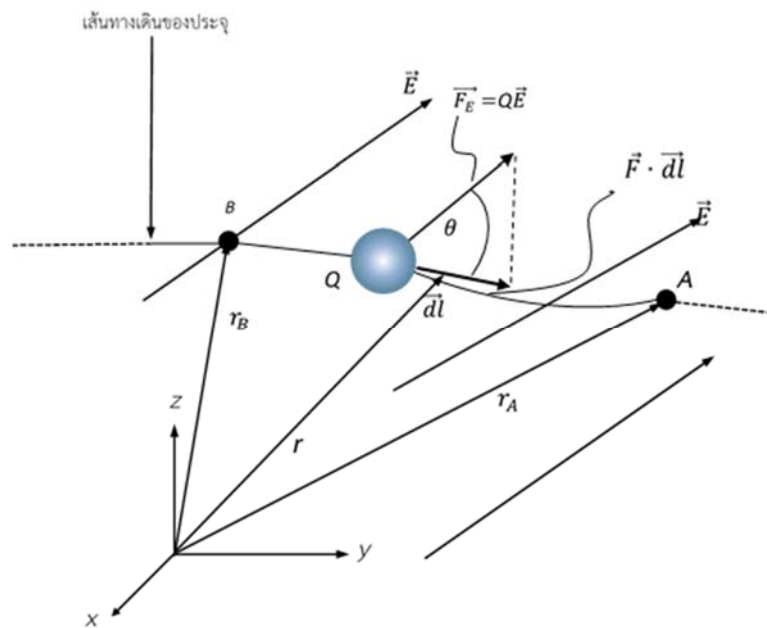
$$dW = -|\vec{F}_E| \cos\theta dl = -\vec{F}_E \cdot d\vec{l} = -Q\vec{E} \cdot d\vec{l} \quad [J] \quad (2.51)$$

โดยเครื่องหมายลบที่เกิดขึ้นใน (2.51) จะหมายถึงงานที่ต้องใช้ในการออกแรงกระทำทำให้ประจุ Q เคลื่อนย้ายต้านกับทิศทางสนามไฟฟ้า \vec{E} โดยที่ หาก $dW > 0$ จะหมายถึงงานที่ต้องใช้ในการออกแรงต้านแรงจากสนามไฟฟ้าเพื่อเคลื่อนย้ายประจุ และหาก $dW < 0$ จะหมายถึงงานที่ได้จากสนามไฟฟ้าในการเคลื่อนย้ายประจุ ดังนั้นงานที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายประจุในสนามไฟฟ้าจากจุด B ไปยังจุด A จะมีค่าเท่ากับ

$$W = -Q \int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad [J] \quad (2.52)$$

จาก (2.52) หากนำเอา W หารด้วย Q จะได้

$$V_{AB} = \frac{W}{Q} = - \int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad [V] \quad (2.53)$$



รูปที่ 2.43 การเคลื่อนย้ายประจุไฟฟ้า Q ที่อยู่ภายใต้สนามไฟฟ้า E จากจุด B ไปยังจุด A

โดย V_{AB} จะหมายถึงความต่างศักย์ไฟฟ้า (Potential difference) ระหว่าง A และ B ซึ่งนิยามได้ว่ามีค่าเท่ากับงานที่ต้องใช้ในการเคลื่อนย้ายประจุ $+1C$ จากจุด B ไปยังจุด A นั้นเอง และ $d\vec{l}$ จะหมายถึงเวกเตอร์ระยะทางเชิงอนุพันธ์ ($d\vec{l}$) ซึ่งจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับระบบพิกัด เช่น ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน ระบบพิกัดทรงกลม

$$d\vec{l} = dx\vec{a}_x + dy\vec{a}_y + dz\vec{a}_z \quad (\text{ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน}) \quad (2.54)$$

$$d\vec{l} = dx\vec{a}_r + r d\phi\vec{a}_\phi + dz\vec{a}_z \quad (\text{ระบบพิกัดทรงกระบอก}) \quad (2.55)$$

$$d\vec{l} = dr\vec{a}_r + r d\theta\vec{a}_\theta + r \sin\theta d\phi\vec{a}_\phi \quad (\text{ระบบพิกัดทรงกลม}) \quad (2.56)$$

หากพิจารณารูปที่ 2.43 โดยกำหนดให้สนาม E เกิดจากจุดประจุไฟฟ้า Q วางอยู่ที่ตำแหน่งจุดกำเนิด จะได้

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{a}_r \quad (2.57)$$

ซึ่งกรณีจุดประจุ ระบบพิกัดที่เหมาะสมในการเลือกใช้โดยหลักการสมมาตรได้แก่ ระบบพิกัดทรงกลม ดังนั้น จาก (2.53) และ (2.56) และ (2.57)

$$V_{AB} = -\int_B^A \left(\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{a}_r \right) \times d\vec{r} = -\int_B^A \left(\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \right) (dr \vec{a}_r + r d\theta \vec{a}_\theta + r \sin\theta d\phi \vec{a}_\phi) \quad [V] \quad (2.58)$$

$$V_{AB} = -\int_B^A \left(\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left\{ \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right\} = V_A - V_B \quad [V] \quad (2.59)$$

ถ้าต้องการหาค่าศักย์ไฟฟ้า (หรือแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า) (electric voltage) ของจุดใดในอวกาศว่าง ก็จะต้องให้จุดเริ่มต้นอยู่ที่ ∞ หรือใช้จุดที่ ∞ เป็นจุดอ้างอิงและที่ตำแหน่ง ∞ เป็นจุดอ้างอิง และที่ตำแหน่ง ∞ ศักย์ไฟฟ้าจะมีค่าเป็นศูนย์ ยกตัวอย่างเช่น จาก (2.59) หากต้องการหาเฉพาะศักย์ไฟฟ้า V_A ต้องกำหนดให้ $r_B \rightarrow \infty$ ซึ่งจะทำให้ $V_B = 0$

$$V_A = \int_{\infty}^A \vec{E} \cdot d\vec{l} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_A} \quad [V] \quad (2.60)$$

ดังนั้น สำหรับกรณีจุดประจุไฟฟ้า หากต้องการหาค่าศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งใดๆบนอวกาศว่างจะหาได้จาก

$$V = \int_{\infty}^r \vec{E} \cdot d\vec{l} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \quad [V] \quad (2.61)$$

อย่างไรก็ตาม หากเลือกจุดอ้างอิงอื่นๆที่ไม่ใช่ที่ ∞ และจุดอ้างอิงดังกล่าวมีค่าไม่เท่ากับศูนย์ (2.59) จะกลายเป็น

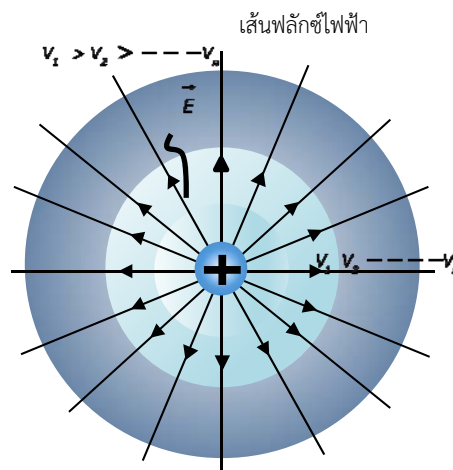
$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} + C \quad [V] \quad (2.62)$$

โดยที่ C คือค่าคงที่ หรือศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งอ้างอิงที่เลือกนั้น

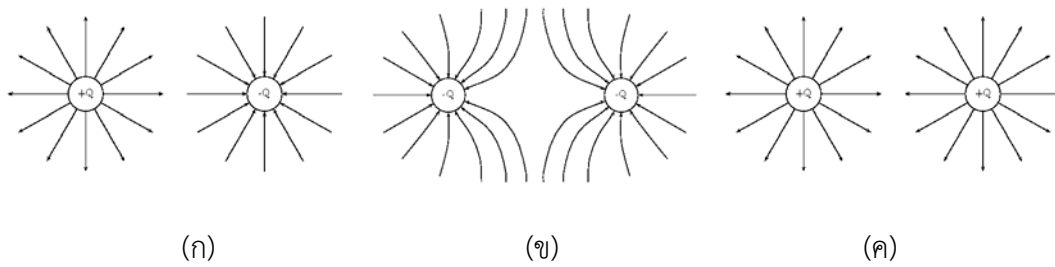
และหากพิจารณา (2.61) จะเห็นได้ว่าจุดประจุไฟฟ้า Q จะทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้าล้อมรอบจุดประจุ Q ดังกล่าวที่อยู่ตรงกลางในลักษณะทรงกลม โดยที่ศักย์ไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากันที่ทุกๆตำแหน่งบนผิวทรงกลมรัศมี r และผิวทรงกลมดังกล่าวจะเรียกว่า ผิวสมศักย์ (equipotential surface) และที่ผิวสมศักย์นี้จะไม่เกิดความต่างศักย์แต่อย่างใด

สำหรับกรณีจุดประจุไม่ได้อยู่ที่จุดกำเนิดแต่ตั้งอยู่ที่จุดใดๆในอวกาศว่างที่มีเวกเตอร์พิกัดเท่ากับ \vec{r}' ศักย์ไฟฟ้า $V(x, y, z)$ หรือ $V(\vec{r})$ ที่ตำแหน่งเวกเตอร์พิกัด \vec{r} จะมีค่าเท่ากับ

$$V(\vec{r}) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 |\vec{r} - \vec{r}'|} + C \quad [V] \quad (2.63)$$



รูปที่ 2.44 จุดประจุไฟฟ้า



รูปที่ 2.45 (ก) โดโพล (ข) ประจุลบเหมือนกัน (ค) ประจุบวกเหมือนกัน

ที่มา: https://upload.wikimedia.org/wikibooks/en/2/28/Fhsst_electrost19.png

โดยอาศัยหลักการซ้อนทับ ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง r อันเกิดจากจุดประจุจำนวน n ตัว Q_1, Q_2, \dots, Q_n วางอยู่ที่ตำแหน่ง r_1, r_2, \dots, r_n ตามลำดับ จะมีค่าเท่ากับ

$$V(\vec{r}) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 |\vec{r}-r_1|} + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 |\vec{r}-r_2|} + \dots + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 |\vec{r}-r_n|} = \sum_{k=1}^n \frac{Q_k}{4\pi\epsilon_0 |\vec{r}-r_k|} \quad [V] \quad (2.64)$$

ในทำนองเดียวกัน ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง \vec{r} ใดๆ ในอวกาศว่างที่เกิดจากการกระจายของประจุในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ ประจุเชิงเส้น ประจุเชิงผิว และประจุเชิงปริมาตร สามารถหาได้ด้วยเช่นกัน โดยแทนที่จุดประจุ dQ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $dQ = \rho_l dl = \rho_s ds = \rho_v dv$ และวางอยู่ที่เวกเตอร์ตำแหน่ง \vec{r}' จะได้

$$V(\vec{r}) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 l} \int \frac{\rho_l \vec{r}' dl'}{|\vec{r}-\vec{r}'|} \quad \text{ประจุเชิงเส้น} \quad (2.65)$$

$$V(\vec{r}) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 s} \int \frac{\rho_s \vec{r}' ds'}{|\vec{r}-\vec{r}'|} \quad \text{ประจุเชิงผิว} \quad (2.66)$$

$$V(\vec{r}) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 v} \int \frac{\rho_v \vec{r}' dv'}{|\vec{r}-\vec{r}'|} \quad \text{ประจุเชิงปริมาตร} \quad (2.67)$$

นอกจากนั้น หากทำการเคลื่อนย้ายจุดประจุในสนามไฟฟ้าจากจุด B ไปยังจุด A (ให้เป็นเส้นทาง c_1) และย้อนกลับจากจุด A ไปยังจุด B (ให้เป็นเส้นทาง c_2) จะได้การเคลื่อนที่ในลักษณะวงปิด (Closed contour) โดยการเคลื่อนที่ในลักษณะดังกล่าวจะไม่ทำให้เกิดงานขึ้นซึ่งการเคลื่อนย้ายประจุในเงื่อนไขดังกล่าวจะไม่ขึ้นอยู่กับเส้นทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่แต่อย่างไร และสามารถพิสูจน์ได้ดังนี้

$$V_{BA} = V_B - V_A = - \int_{c_1}^B \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (2.68)$$

$$V_{AB} = V_A - V_B = - \int_{c_2}^A \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (2.69)$$

$$V_{BA} + V_{AB} = V_B - V_A + V_A - V_B = 0 \quad (2.70)$$

ซึ่งจะได้

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \quad (2.71)$$

โดยความหมายของ (2.71) จะหมายถึง สนามไฟฟ้าสถิตจะมีคุณสมบัติเป็นสนามอนุรักษ์ (Conservative field) ซึ่งทำให้หลักการคงค่าพลังงาน (Principle of Conservation of Energy) เป็นจริง กล่าวคือ ถ้าวัตถุอนุภาคเคลื่อนที่กลับสู่จุดตั้งต้นโดยมีพลังงานเหลือติดมาด้วยแล้ว มันก็จะสามารถเคลื่อนที่เป็นวงรอบได้อีกติดต่อกันไปเรื่อยๆ ไม่มีสิ้นสุด โดยที่ในแต่ละรอบมันจะมีพลังงานเพิ่มขึ้นอีกบ้างเล็กน้อยและไม่ทำให้มีการสูญเสียพลังงานจากส่วนอื่นที่เกี่ยวข้องกับระบบแต่อย่างใดและถ้าปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นจริงมันจะทำให้เกิดดารเคลื่อนที่ชั่วนิรันดร์ (perpetual motion)

ซึ่งเป็นไปไม่ได้และจะขัดกับหลักการคงค่าพลังงานนั่นเอง นอกจากนี้ (2.71) ก็คือสมการรูปแบบทั่วไปของกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's voltage law) นั่นเอง

อย่างไรก็ตาม สำหรับเรื่องความต่างศักย์ไฟฟ้า มีข้อสังเกตดังต่อไปนี้

1. สำหรับ V_{AB} จุดเริ่มต้นจะอยู่ที่ B และสิ้นสุดจะอยู่ที่จุด A

2. ในกรณี $V_{AB} < 0$ หรือมีค่าเป็นลบแสดงว่าเป็นงานที่ได้จากสนามไฟฟ้าในการเคลื่อนย้ายประจุและถ้า $V_{AB} > 0$ หรือมีค่าบวกจะหมายถึงงานที่ต้องใช้ในการออกแรงต้านแรงจากสนามไฟฟ้าเพื่อเคลื่อนย้ายประจุ

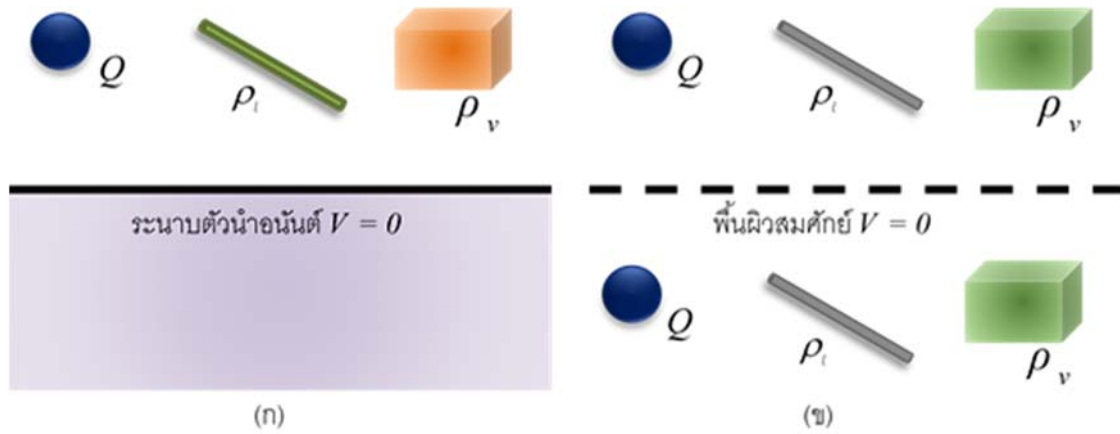
ในกรณี E เป็นสนามไฟฟ้าสถิต การหา V_{AB} หรืองาน W_{AB} จะไม่ขึ้นกับเส้นทางที่เลือกใช้ในการเคลื่อนย้ายประจุ Q เนื่องจากผลรวมของเวกเตอร์ $d\vec{l}$ ($\int d\vec{l}$) มีเวกเตอร์ที่มีจุดเริ่มต้นและพุ่งไปหาจุดสุดท้ายเพียงจุดเดียวเท่านั้น และหากจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายไม่เปลี่ยนแปลง ถึงแม้ว่าเส้นทางของ $d\vec{l}$ จะเปลี่ยนไปอย่างไรก็ตาม ผลรวมของเวกเตอร์ $d\vec{l}$ ก็ยังคงเป็นเวกเตอร์เดียวกันอยู่นั่นเอง

2.6.4 วิธีของภาพ (Method of Image)

วิธีของภาพใช้ในการหาค่าศักย์ไฟฟ้า ตงามขั้วสนามไฟฟ้า ความหนาแน่นสนามไฟฟ้า และการกระจายตัวของประจุเชิงผิว ที่เกิดจากประจุไฟฟ้าโดยมีตัวนำไฟฟ้าร่วมอยู่ด้วย และเพื่อหลีกเลี่ยงการแก้ปัญหาโดยอาศัยสมการปัวซองและสมการลาปลาซ ในกรณีดังกล่าวนี้จะอาศัยความจริงที่ว่าตัวนำไฟฟ้าที่อยู่ภายใต้สนามไฟฟ้าสถิตจะมีคุณสมบัติเป็นผิวสมศักย์ และถึงแม้ว่าวิธีของภาพจะไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาสถิตได้ทุกกรณี โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้เฉพาะกรณีปัญหาสถิตที่มีตัวนำไฟฟ้าปรากฏอยู่ด้วยเท่านั้นซึ่งในกรณีดังกล่าวนี้ การแก้ปัญหาสถิตโดยอาศัยวิธีของภาพจะสามารถกระทำได้ง่ายขึ้นเป็นอย่างมาก โดยตามทฤษฎีวิธีของภาพได้กล่าวไว้ว่า “การแก้ปัญหาสถิตที่ซึ่งประจุไฟฟ้าวางอยู่เหนือระนาบตัวนำอนันต์ที่ต่อลงกราวด์ (ซึ่งศักย์ไฟฟ้าที่ตัวนำต่อลงกราวด์จะมีค่าเท่ากับศูนย์) ระนาบอนันต์ที่ต่อลงกราวด์นั้นสามารถแทนด้วยพื้นผิวสมศักย์ (equipotential surface) และภายในเหนือระนาบตัวนำอนันต์ที่ต่อลงกราวด์นั้นก็จะปรากฏภาพลวงของประจุดังกล่าวด้วย” เพื่อให้เข้าใจทฤษฎีวิธีของภาพมากขึ้น พิจารณารูปที่ 2.46ก โดยมี จุดประจุ เส้นประจุ และ และจุปริมาตร วางอยู่เหนือระนาบตัวนำอนันต์ หากต้องการหา ศักย์ไฟฟ้า ความเข้มสนามไฟฟ้า ความหนาแน่นสนามไฟฟ้า และการกระจายของประจุเชิงผิว โดยอาศัยวิธีของภาพโจทย์ปัญหาดังกล่าวจะกลายเป็นรูปที่ 2.46ข ซึ่งประกอบด้วย จุดประจุ เส้นประจุ และประจุเชิงปริมาตร วางอยู่เหนือพื้นผิวสมศักย์ (ซึ่งถูกนำมาแทนที่ระนาบตัวนำอนันต์) และพื้นผิวสมศักย์นั้นจะปรากฏภาพฉายของประจุไฟฟ้างกล่าว ในการประยุกต์ใช้วิธีของภาพจะต้องมีความสอดคล้องกับเงื่อนไข 2 เงื่อนไข ดังนี้

1. ภาพฉายของประจุไฟฟ้าจะต้องวางอยู่ในเหนือระนาบตัวนำอนันต์
2. ภาพฉายของประจุไฟฟ้าจะต้องวางอยู่ในเหนือระนาบตัวนำอนันต์ที่ซึ่งศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวของตัวนำดังกล่าวมีค่าเท่ากับศูนย์หรือมีค่าคงที่

โดยเงื่อนไขในข้อที่ 1 จะเป็นเงื่อนไขที่สำคัญมากเพื่อให้มีความสอดคล้องกับสมการปัวซง และ ข้อที่ 2 เพื่อให้สอดคล้องกับเงื่อนไขขอบเขต



รูปที่ 2.46 วิธีของภาพ (ก) ประจุไฟฟ้าวางอยู่เหนือระนาบตัวนำอนันต์ (ข) ประจุไฟฟ้าวางอยู่เหนือพื้นผิวสมตักย์ซึ่งระนาบตัวนำอนันต์จะถูกแทนที่ด้วยภาพฉายของประจุไฟฟ้าดังกล่าวที่อยู่ใต้ผิวสมตักย์นั้น

2.6.4.1 จุดประจุไฟฟ้าวางอยู่เหนือตัวนำระนาบกราวน์ (Point charge above a grounded conducting plane)

พิจารณาจุดประจุ $+Q$ ที่วางอยู่เหนือตัวนำระนาบกราวน์อนันต์ (infinite perfect grounded conducting plane) ที่วางตัวอยู่ในระนาบ xy ด้วยระยะ h ตามแนวแกน z ดังแสดงในรูปที่ 2.47ก โดยวิธีของภาพรูปที่ 2.47ก จะกลายเป็นรูปที่ 2.47ข โดยอาศัยรูปที่ 2.47ข ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าที่จุด $P(x,y,z)$ สามารถหาได้ดังนี้

$$\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_- = \frac{Q\vec{r}_1}{4\pi\epsilon_0 r_1^3} + \frac{Q\vec{r}_2}{4\pi\epsilon_0 r_2^3} \tag{2.72}$$

โดย $\vec{r}_1 = (x,y,z) - (0,0,h) = (x,y,z-h)$ (2.73)

$$\vec{r}_1 = (x, y, z) - (0, 0, -h) = (x, y, z+h) \quad (2.74)$$

ดังนั้น (2.72) จะกลายเป็น

$$\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_- = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{x\vec{a}_x + y\vec{a}_y + (z-h)\vec{a}_z}{\left(x^2 + y^2 + (z-h)^2\right)^{\frac{3}{2}}} - \frac{x\vec{a}_x + y\vec{a}_y + (z+h)\vec{a}_z}{\left(x^2 + y^2 + (z+h)^2\right)^{\frac{3}{2}}} \right] \quad (2.75)$$

อย่างไรก็ตาม ที่ $z = 0$ ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าจะมีเฉพาะส่วนประกอบในแนวแกน z เท่านั้น เพื่อให้สอดคล้องกับเงื่อนไขขอบเขต

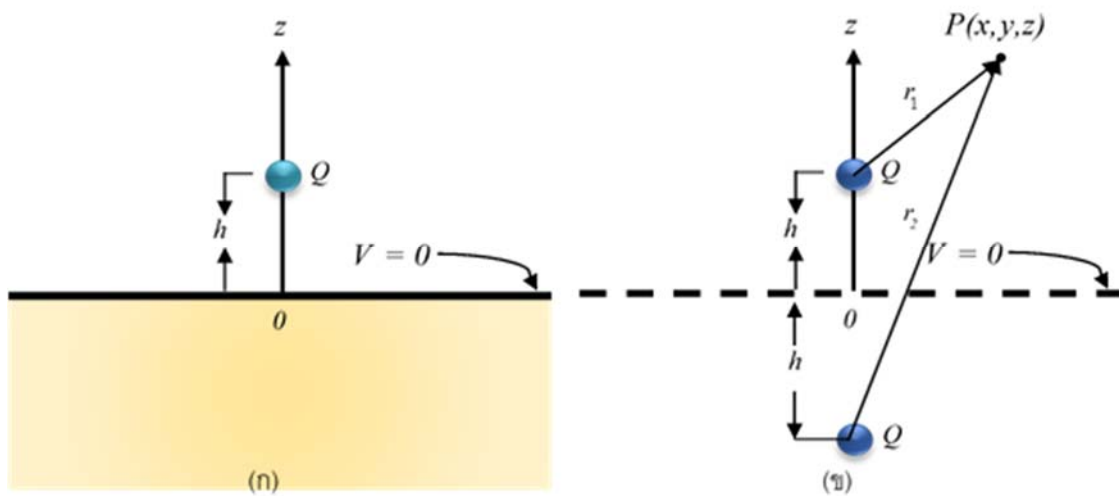
ศักย์ไฟฟ้าที่จุด $P(x, y, z)$ สามารถหาได้จาก $V = -\int_l \vec{E} \cdot d\vec{l}$ จะได้

$$V = V_+ + V_- = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_1} + \frac{(-Q)}{4\pi\epsilon_0 r_2} \quad (2.76)$$

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + (z-h)^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + (z+h)^2}} \right] \quad (z > 0) \quad (2.77)$$

$$V = 0 \quad (z \leq 0) \quad (2.78)$$

สำหรับประจุเชิงผิว (ที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำ) สามารถหาได้โดยอาศัยเงื่อนไขขอบเขตระหว่างตัวนำและฉนวนไฟฟ้าซึ่งได้



รูปที่ 2.47 วิธีของภาพ (ก) จุดประจุวางอยู่เหนือระนาบตัวนำอนันต์ (ข) จุดประจุวางอยู่เหนือพื้นผิวสมคัลย์และภาพฉายของประจุไฟฟ้าดังกล่าว

$$\rho_s = D_n = \epsilon_0 E_n|_{z=0} = \frac{-Q}{2\pi(x^2 + y^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (2.79)$$

จาก (2.79) ประจุ (ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ) มีค่าเท่ากับ

$$Q_i = \int_s \rho_s ds = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{-Qh}{2\pi(x^2 + y^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}} dx dy \quad (2.80)$$

เพื่อให้ง่ายต่อการอินทิเกรต ทำการเปลี่ยนตัวแปรจากระบบพิกัดคาร์ทีเซียนเป็นระบบพิกัดทรงกระบอก โดยจาก $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ และ $dx dy = r dr d\phi$ จะได้

$$Q_i = \int_s \rho_s ds = \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{r=0}^{\infty} \frac{-Qh}{2\pi(r^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}} r dr d\phi \quad (2.81)$$

$$= \frac{-Qh}{\sqrt{r^2+h^2}} \Big|_{r=0}^{r=\infty} = -Q \quad (2.82)$$

ซึ่งเป็นไปตามคาดการณ์เพราะสนามไฟฟ้าสิ้นสุดที่ตัวนำระนาบอนันต์แผ่นนี้

2.6.4.2 ตัวอย่างวิธีของภาพ

จงหาความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากระบบส่งจ่ายไฟฟ้ากำลังสามเฟส ซึ่งประกอบด้วยสายส่งไฟฟ้าจำนวนสามเส้นวางอยู่เหนือพื้นดิน ดังแสดงในรูปที่ 2.48 กำหนดให้ศักย์ไฟฟ้าที่แต่ละเฟสห่างกัน 120 องศาทางไฟฟ้าที่ซึ่ง $V_1 = V_0 e^{(j2\pi/3)}$ และ $V_2 = V_0$ และ $V_3 = V_0 e^{(+j2\pi/3)}$ โดย $V_0 = 525 \text{ kV}$
 $R_0 = 10.6 \text{ m}$ $s = 10 \text{ m}$ และ $a = 0.15 \text{ m}$

วิธีทำ ถึงแม้ว่าระบบไฟฟ้ากำลังสามเฟสจะผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งแปรตามเวลาและมีความถี่คงที่ซึ่งสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะแปรตามเวลาและไม่ใช้กรณีของสนามไฟฟ้าสถิตแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามเนื่องจากความถี่สาย (50Hz หรือ 60 Hz) มีค่าต่ำมาก ทำให้ความยาวคลื่น (wavelength) ที่เกิดขึ้นในอากาศมีความยาวมาก (6000 km ที่ความถี่ 50Hz) เมื่อเปรียบเทียบกับความสูงจากระดับพื้นดินของสายส่งไฟฟ้า (R_0) หรือระยะห่างระหว่างสายตัวนำ (s) หรือรัศมีของสายส่งไฟฟ้า (a) ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมามีขนาดไม่เกิน 10 เมตร ดังนั้นในกรณีดังกล่าว สามารถประมาณค่าความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นได้โดยใช้หลักการของสนามไฟฟ้าสถิตได้

พิจารณารูปที่ 2.48ก เนื่องจากสายส่งไฟฟ้าจำนวนสามเส้นวางอยู่เหนือพื้นดิน ซึ่งพื้นดินเปรียบเสมือนกับเป็นตัวนำระนาบอนันต์ และโดยอาศัยวิธีของภาพรูปที่ 2.48ก จะเปลี่ยนเป็นรูปที่ 2.48ข และเนื่องจากค่าความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุเชิงเส้นยาวอนันต์ในสมการ

$$\vec{E} = \frac{\rho_l}{2\pi\epsilon_0 r} \vec{a}_r \quad (2.83)$$

ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ

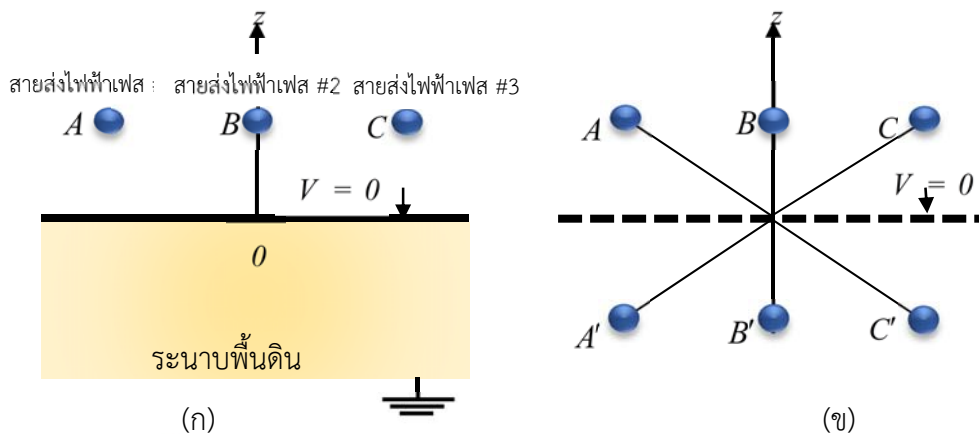
$$V(a) = \int_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = \frac{\rho_l}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{R_0}{a}\right) \quad (2.84)$$

โดย R_0 คือความสูงจากระดับพื้นดินของสายส่งไฟฟ้า และ a คือรัศมีของสายส่งไฟฟ้า แทนที่ (2.84) ลงใน (2.83)

$$E_r = \frac{V(a)}{r \ln\left(\frac{R_0}{a}\right)} \vec{a}_r \quad (2.85)$$

โดยอาศัย (2.85) ในการหาค่าความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากสายส่ง $A B$ และ C รวมทั้งภาพฉาย $A' B'$ และ C' ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ

$$E_1 = \frac{V_1}{R_1 \ln\left(\frac{R_0}{a}\right)} (\sin\theta \vec{a}_x - \cos\theta \vec{a}_z) \quad (2.86)$$



รูปที่ 2.48 สายส่งไฟฟ้ากำลังสามเฟสและภาพฉาย

โดยที่ $R_1 = \sqrt{s^2 + R_0^2}$ ในทำนองเดียวกันจะได้

$$E_2 = \frac{V_2}{R_0 \ln\left(\frac{R_0}{a}\right)} (-\vec{a}_z) \quad (2.87)$$

$$E_3 = \frac{V_3}{R_1 \ln\left(\frac{R_0}{a}\right)} \left(-\sin\theta \bar{a}_x - \cos\theta \bar{a}_z \right) \quad (2.88)$$

ในส่วนของความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดจากภาพฉาย A' B' และ C' มีค่าเท่ากับ

$$E_1' = \frac{-V_1}{R_1 \ln\left(\frac{R_0}{a}\right)} \left(\sin\theta \bar{a}_x + \cos\theta \bar{a}_z \right) \quad (2.89)$$

$$E_2' = \frac{-V_2}{R_0 \ln\left(\frac{R_0}{a}\right)} \left(\bar{a}_z \right) \quad (2.90)$$

$$E_3' = \frac{-V_3}{R_1 \ln\left(\frac{R_0}{a}\right)} \left(-\sin\theta \bar{a}_x + \cos\theta \bar{a}_z \right) \quad (2.91)$$

ดังนั้นความเข้มสนามไฟฟ้ารวมที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ

$$\left| \bar{E}_{z, total} \right| = \frac{-2 \cos\theta}{R_1 \ln\left(\frac{R_0}{a}\right)} (V_1 + V_3) - \frac{2V_2}{R_0 \ln\left(\frac{R_0}{a}\right)} \quad (2.92)$$

โดยส่วนประกอบในแนวแกน x จะหักล้างกันหมดไปเหลือเฉพาะส่วนประกอบในแนวแกน z เท่านั้น จากนั้นแทนค่าศักย์ไฟฟ้า $V_1 = V_0 e^{(j2\pi/3)}$, $V_2 = V_0$ และ $V_3 = V_0 e^{(+j2\pi/3)}$ ลงในสมการ (2.92) จะได้

$$\left| \vec{E}_{z, total} \right| = \frac{-2V_2 s^2}{R_1^2 R_0 \ln\left(\frac{R_0}{a}\right)} \quad (2.93)$$

สำหรับสายส่งไฟฟ้าแรงสูงจะได้ซึ่งกำหนดให้ $V_0 = 525kV$ $R_0 = 10.6 m$ $s = 10 m$ และ $a = 0.15 m$ แทนลงในสมการที่ (2.93) จะได้

$$\left| \vec{E}_{z, total} \right| = -11kV / m \quad (2.94)$$

2.7 ผลกระทบและค่าความปลอดภัยของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า

ICNIRP ได้สรุปว่าในการสัมผัสคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความสัมพันธ์เพียงเล็กน้อยระหว่างคลื่นสมองโดยเฉพาะคลื่นสมองส่วนที่เรียกว่า Alpha band แต่มีหลายงานวิจัยที่กล่าวว่าถ้าหากสัมผัสกับสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่มากเกินไปกว่าปกติก็พบว่าอาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวในเด็ก รวมไปถึงอาจจะมีโอกาสในการก่อให้เกิดโรคมะเร็งอื่นๆเพิ่มขึ้นสองเท่า แต่ ICNIRP เชื่อว่าไม่มีผลต่อสุขภาพอย่างชัดเจน เพราะในการเกิดโรคมะเร็งนั้นมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลอีกหลายอย่าง อาทิเช่น การรับประทานอาหารปิ้งย่าง การสูดดมกลิ่นควันบุหรี่ การโดนแดดเป็นเวลานานๆ รวมไปถึงการดมกลิ่นควันจากการเชื่อมเหล็ก ซึ่งปัจจัยต่างๆเหล่านี้ล้วนแต่เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งด้วยกันทั้งนั้น

ปัจจุบันการไฟฟ้าในประเทศไทยได้มีการติดตั้งระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าตามมาตรฐาน และควบคุมค่าสนามแม่เหล็กที่มีความปลอดภัยให้เป็นไปตามที่องค์การอนามัยโลก WHO (World Health Organization) กำหนด ซึ่งได้ร่วมกับหน่วยงาน ICNIRP ทำการวิจัยและพัฒนาด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยได้กำหนดระดับสูงสุดของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากระบบไฟฟ้าความถี่ต่ำ (50 Hz) ที่ประชาชนสามารถสัมผัสได้อย่างปลอดภัยไว้ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 2.3 ค่าขีดจำกัดสูงสุดของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า 50 Hz

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

หมายเหตุ: 1 kV=1,000V และ 1,000mG=1G

ที่มา: <http://www.meo.or.th/download/123/315>

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการวิศวกรรมนี้ เป็นการศึกษาค่าสนามแม่เหล็กในระบบเคเบิลใต้ดิน โดยเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าจากการคำนวณจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม MATLAB และการคำนวณจากแบบจำลองด้วยโปรแกรม FEM ซึ่งมีแนวความคิดมาจากงานวิจัยจากสถาบันวิศวกรรมไฟฟ้าและวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์นานาชาติ IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) Underground cable magnetic field simulation and management using new design configurations และแนวความคิดจาก กองวิจัยและพัฒนา ฝ่ายวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้านครหลวง เรื่อง การลดผลกระทบของสนามแม่เหล็กจากสายส่งหลายวงจรของการไฟฟ้านครหลวง (จรินทร์ ฑาลาภี. 2553)

2.8.1 สมการคำนวณค่าสนามแม่เหล็ก

การคำนวณของค่าสนามแม่เหล็กในบริเวณใกล้เคียงของตัวนำสายส่งเส้นตรง 1 เส้น โดยกำหนดให้รู้ขนาดและมุมเฟสของกระแสในระบบเคเบิล การประยุกต์อย่างง่ายของกฎแอมแปร์จะให้ค่าของสนามแม่เหล็กบริเวณรอบๆของสายส่ง 1 ตัวนำ โดยการสมมุติการไหลของกระแสในสายวงจรภายใต้การวิเคราะห์เป็นกระแสลำดับบวกและคำนวณกระแสที่อาจจะเกิดการเหนี่ยวนำในสายเคเบิลและฉนวนของระบบเคเบิลสายดิน

ถ้าไม่มีการเกิดของกระแสในปลอกหุ้มฉนวน และการคำนวณค่อนข้างที่จะตรงไปตรงมาซึ่งอาจจะคำนวณโดยใช้การคำนวณด้วยมือ ดังแสดงในตัวอย่าง นี่คือนตัวอย่างแสดงหลักการคำนวณสนามแม่เหล็ก 1 จุด

ตัวอย่างของการฝังโดยตรงสายตัวนำ 3 สาย ที่ระดับความลึก d ต่ำกว่าระดับพื้นดินและวางจากจุดศูนย์กลางไปยังจุดศูนย์กลางที่ระยะ s ดังแสดงในรูปที่ 2.49 เพื่อหาค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (B) ที่จุด $P(X_c, Y_c)$ เนื่องจากการไหลของกระแสในสายเคเบิล กำหนดสมมุติฐานดังต่อไปนี้

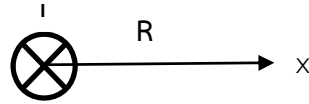
- พื้นดินไม่มีผลกระทบต่อค่าสนามแม่เหล็กในสายเคเบิล
- ค่าผลรวมสนามแม่เหล็กที่จุดใดๆจะถูกกำหนดโดยการทับซ้อนเชิงเส้นของการเกิดค่าสนามแม่เหล็กจากการไหลของกระแสในแต่ละสายตัวนำ
- ไม่คิดผลกระทบต่อสนามแม่เหล็กของการเหนี่ยวนำกระแสบนปลอกหุ้ม
- แต่ละสายเคเบิลให้พิจารณาความยาวเป็นอนันต์และตรง
- ทิศทางของกระแสให้คิดกระแสไหลออกจากกระดาด

ค่าความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก B สัมพันธ์กับกระแสในวงจร จากสมการ

$$B = \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi r} a_\phi \quad (2.95)$$

2.8.2 หลักการลดสนามแม่เหล็ก

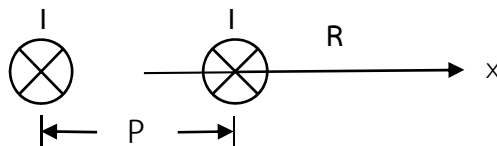
สนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำยาวอนันต์สามารถคำนวณได้จากสมการ (2.98) ถึง (2.100)



รูปที่ 2.50 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำเส้นเดียว

สมการสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำเส้นเดียว (2.98)

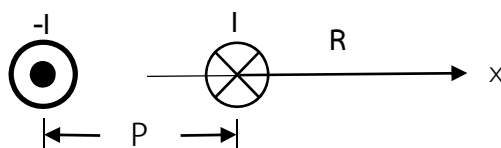
$$B = 2I / R \quad (2.98)$$



รูปที่ 2.51 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำสองเส้น

สมการสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำสองเส้น (2.99)

$$B = 4I / R \quad (2.99)$$



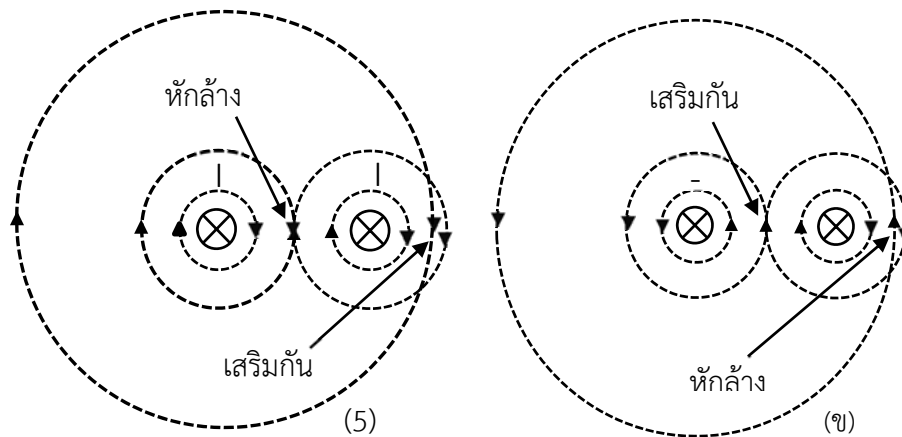
รูปที่ 2.52 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำสองเส้น

สมการสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำสองเส้น (2.100)

$$B = 2\mu_0 I / R \quad (2.100)$$

- เมื่อ B คือ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก หน่วยเป็น มิลลิเกาส์ (mG)
 I คือ ค่ากระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น แอมแปร์ (A)
 R คือ ระยะห่างจากตัวนำถึงจุดที่ต้องการหาค่าสนามแม่เหล็ก หน่วยเป็น เมตร (m)

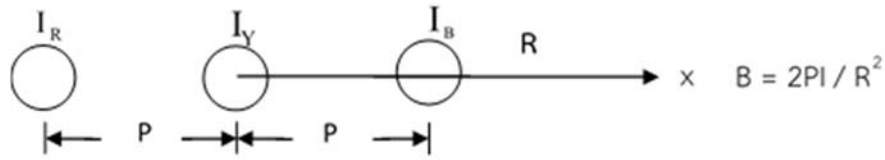
รูปที่ 2.53ก แสดงสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำสองเส้น กรณีที่ทิศทางการไหลของกระแสในตัวนำทั้งสองนั้นไปในทิศทางเดียวกัน จะพบว่าสนามแม่เหล็กจากตัวนำทั้งสองจะมีทิศทางเสริมกันบริเวณรอบตัวนำทั้งสองเส้น โดยสนามแม่เหล็กจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างตัวนำลดลง และกรณีกระแสที่ไหลในตัวนำทั้งสองมีทิศทางตรงข้ามกัน รูปที่ 2.53ข สนามแม่เหล็กจากตัวนำทั้งสองเส้นบริเวณรอบตัวนำทั้งสองจะมีทิศทางหักล้างกัน โดยสนามแม่เหล็กจะมีค่าลดลงเมื่อระยะห่างตัวนำลดลง



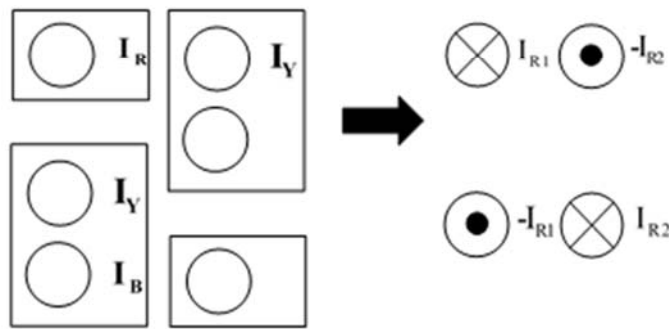
รูปที่ 2.53 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบๆตัวนำ กรณีตัวนำสองเส้น

เมื่อพิจารณาค่ากระแสไฟฟ้าในระบบ 3 เฟส จะพบว่ากรณีที่ขนาดกระแสของแต่ละเฟสมีค่าเท่ากันและมุมเฟสต่างกัน 120 องศา ทางไฟฟ้า ผลรวมทางเวกเตอร์ของกระแสทั้งสามเฟสจะมีค่าเป็นศูนย์ ($I_R + I_B + I_Y = 0$) หรือเขียนอยู่ในรูปของค่ากระแส I_R ได้ดังนี้ $-I_R = I_B + I_Y$ ซึ่งสามารถเขียน

แทนด้วยตัวนำสองเส้นได้ดังแสดงในรูปที่ 2.54ข และเป็นกรณีที่เป็นระบบ 3 เฟส 2 วงจร สามารถเขียนแทนแต่ละวงจรด้วยตัวนำสองเส้นตามรูปที่ 2.54ค เช่นกัน

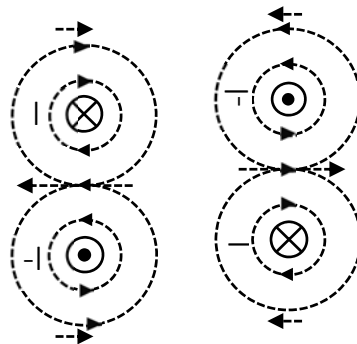


(ก)



(ข)

รูปที่ 2.54 การพิจารณาตัวนำในระบบ 3 เฟส 3 เป็นระบบ 1 เฟส



รูปที่ 2.55 ตัวอย่างการจัดวางตัวนำเพื่อลดสนามแม่เหล็ก

จากสมการ (2.98) ถึง (2.100) จะเห็นได้ว่าการลดขนาดของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากสายส่งไฟฟ้า สามารถทำได้โดย

1. การลดขนาดของกระแสที่ไหลในตัวนำ
2. การลดระยะห่างระหว่างตัวนำ
3. การเพิ่มระยะห่างจากสายตัวนำ

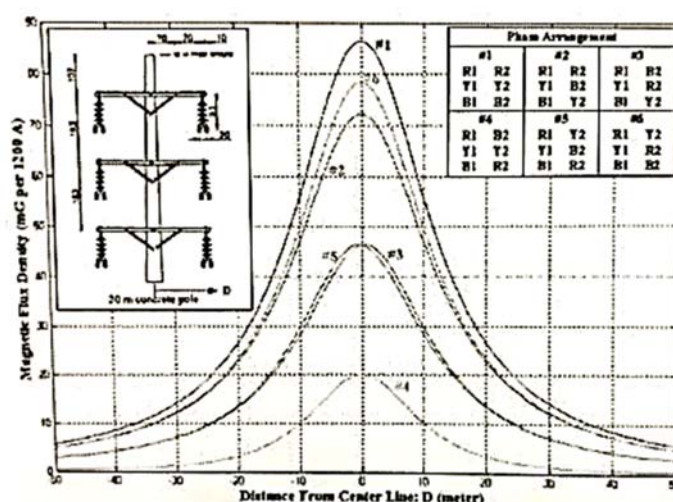
4. การจัดเรียงสลับเฟสตัวนำที่เหมาะสม สำหรับกรณีที่มีหลายวงจรโดยอาศัยการหักล้างของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำที่อยู่ใกล้กันตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.53 และ รูปที่ 2.55 ในการลดขนาดของสนามแม่เหล็ก

2.8.3 การจัดเรียงสลับเฟสตัวนำที่เหมาะสม

การจัดเรียงสลับเฟสตัวนำที่จะเสนอต่อไปนี้จะมีความเหมาะสมหลายวงจรที่มีการจ่ายไฟไปในทิศทางเดียวกันเท่านั้น โดยจะไม่มีกรณีการกระจายไปในทิศทางตรงข้ามกัน

2.8.3.1 การวิเคราะห์การจัดเรียงสลับเฟสของสายตัวนำสายส่ง 2 วงจร

การจัดเรียงสลับเฟสของตัวนำสายส่งอากาศแบบ 2 วงจรที่ติดตั้งบนเสาต้นเดียวกันและมีการจ่ายไฟไปในทิศทางเดียวกันนั้น เมื่อนำมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์สามารถจัดเรียงสลับเฟสตัวนำได้ 6 รูปแบบ โดยมีผลการวิเคราะห์ที่บริเวณกึ่งกลางระหว่างเสา (Midspan) ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) แสดงดังรูปที่ 2.56



รูปที่ 2.56 ผลการคำนวณเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กของสายส่งอากาศ ทั้ง 6 รูปแบบ ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร)

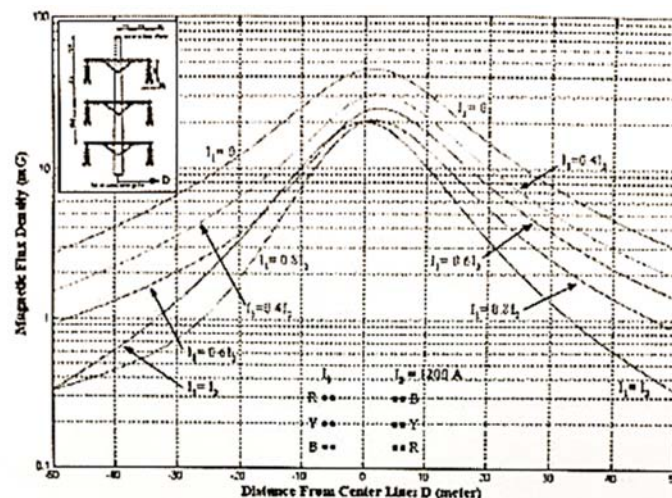
ที่มา: จรินทร์ ทาลาภี. (2553)

จากรูปที่ 2.56 แสดงผลการคำนวณเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) ของรูปแบบการจัดวางเฟสตัวนำสายส่งอากาศทั้ง 6 รูปแบบ ตามตารางมุมขวบนด้วยค่ากระแส 1200 A/ckt. ตามตารางมุมขวบนด้วยค่ากระแส 1200 A/ckt. ไหลไปในทิศทางเดียวกัน โดยจะเห็นว่าค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนั้นมีค่าที่แตกต่างกัน การจัดเรียงเฟสตัวนำแบบ #1 เรียกว่า “Super bundle” หรือ ‘การจัดเรียงเฟสเหมือนกัน (Same phasing)’ เนื่องจากมีการวางตำแหน่งของตัวนำเฟส

เดียวกันอยู่ตรงกันในแนวนอน (R1 ตรงกับ R2 , Y1 ตรงกับ Y2 และ B1) ทำให้สามารถพิจารณาเป็นตัวนำควบ หรือ Bundle Conductor ได้ ซึ่งการจัดเรียงตัวนำแบบ Super bundle นั้นจะทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การจัดเรียงเฟสตัวนำแบบอื่นๆ ส่วนการจัดเรียงตัวนำแบบ #4 นั้น สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งเรียกการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบนี้ว่า “Optimum phasing” หรือ “Low Reactance” หรือ “การจัดเรียงแบบสลับเฟส (Reverse phasing)”

2.8.3.2 ผลของความไม่เท่ากันของกระแสในสายส่ง 2 วงจร

ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เท่ากันของกระแสที่ไหลในสายส่ง 2 วงจร ที่มีการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบ Optimum phasing และ ค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีผลการวิเคราะห์ดังแสดงดังในรูปที่ 2.57 แบบ Optimum phasing นั้น สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะมีค่าต่ำแต่สนามแม่เหล็กจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อกระแสของวงจรหนึ่งมีค่าน้อยกว่าอีกวงจร โดยสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะมีค่าสูงสุดเมื่อวงจรหนึ่งวงจรใดใน 2 วงจร ไม่มีการจ่ายไฟ (ค่ากระแสไฟฟ้าวงจรนั้นเป็นศูนย์) และอีกวงจรมีการจ่ายกระแสเต็มพิกัด แต่อย่างไรก็ตามสนามแม่เหล็กสูงสุดที่เกิดขึ้นในกรณีนี้ ยังมีค่าต่ำกว่าประมาณ 50 % เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบปกติ หรือ Super bundle



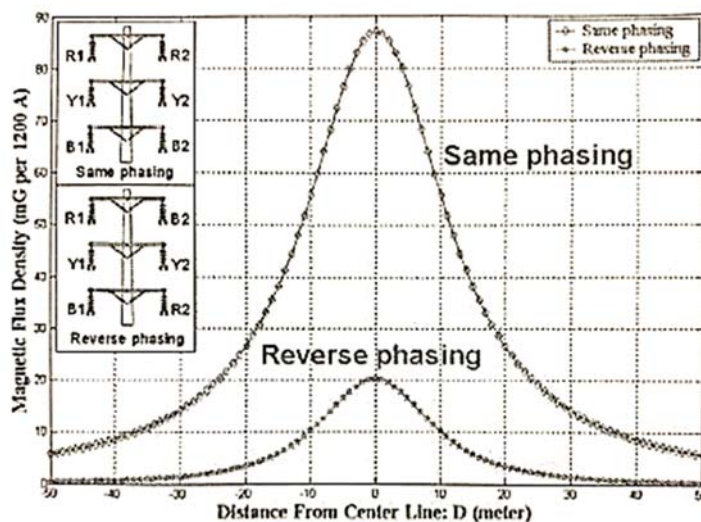
รูปที่ 2.57 ผลของความไม่เท่ากันของกระแสในสายส่ง 2 วงจร ที่มีการจัดเรียงเฟสตัวนำ แบบ Optimum phasing

ที่มา: จรินทร์ ฮาลาภี. (2553)

2.8.3.3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การจัดเรียงสลับเฟสตัวนำสายส่งอากาศ 69 และ 115 kV แบบ 2 วงจร

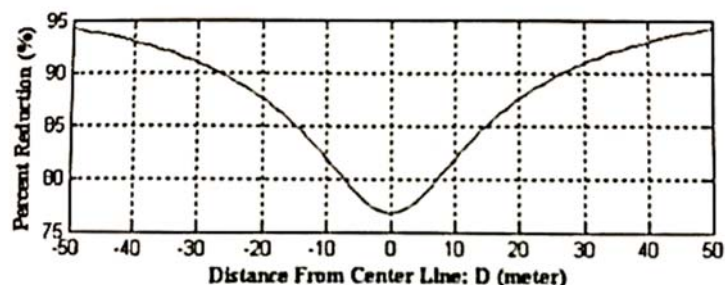
รูปที่ 2.59 และรูปที่ 2.60 แสดงผลการคำนวณเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กของสายอากาศ 69 และ 115 kV 2 วงจร ตามลำดับ กรณีที่มีรูปแบบการจัดเรียงแบบเฟสเหมือนกัน และกรณีที่มีการ

จัดเรียงแบบสลับเฟส โดยจะพบว่าที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) สนามแม่เหล็กสูงสุดเกิดขึ้นบริเวณกึ่งกลางแนวเสาของสายส่งอากาศ (บริเวณใต้สายส่ง)



รูปที่ 2.58 ผลการคำนวณเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กของสายส่งอากาศ 69 kV 2 วงจร ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร)

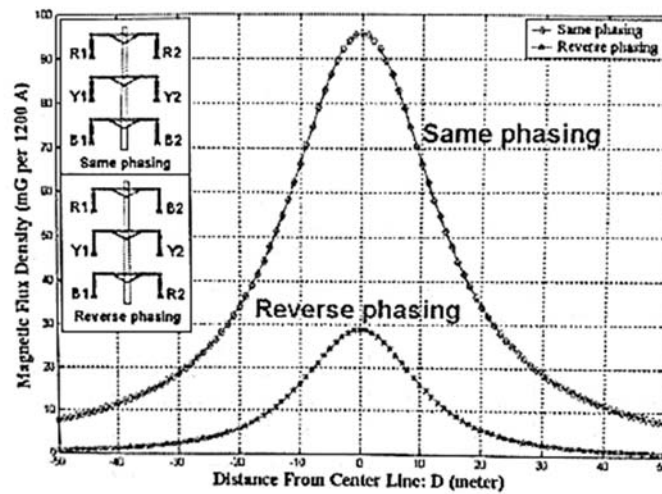
ที่มา: จรินทร์ ฮาลากี. (2553)



รูปที่ 2.59 เปอร์เซ็นต์การลดลงของสนามแม่เหล็ก หลังสลับเฟสที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร)

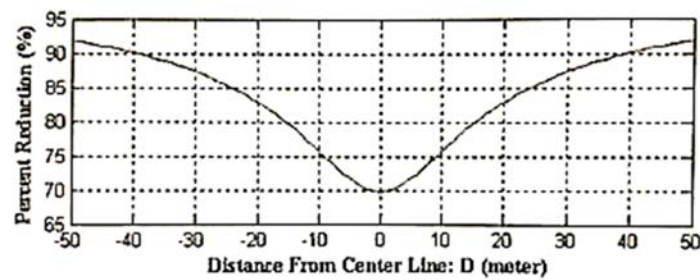
ที่มา: จรินทร์ ฮาลากี. (2553)

กรณีที่มีการจัดเรียงแบบสลับเฟส สำหรับสายส่งอากาศ 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 กรณีไม่ให้มีการรบกวนจอกอมพิวเตอร์ เมื่อห่างจากกึ่งกลางแนวเสาส่งอากาศตั้งแต่ 10 เมตร (69 kV) และ 15 เมตร (115 kV) ขึ้นไป (เดิมต้องห่างจากกึ่งกลางแนวเสาส่งตั้งแต่ 36 เมตร (69k V) และ 44 เมตร (115 kV) ขึ้นไป)



รูปที่ 2.60 ผลการคำนวณเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กของสายส่งอากาศ 115 kV 2 วงจร ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร)

ที่มา: จรินทร์ ฮาลากี. (2553)



รูปที่ 2.61 เปอร์เซ็นต์การลดลงของสนามแม่เหล็ก หลังสลับเฟสที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) ของสายส่งอากาศ 115 kV 2 วงจร

ที่มา: จรินทร์ ฮาลากี. (2553)

บทที่ 3

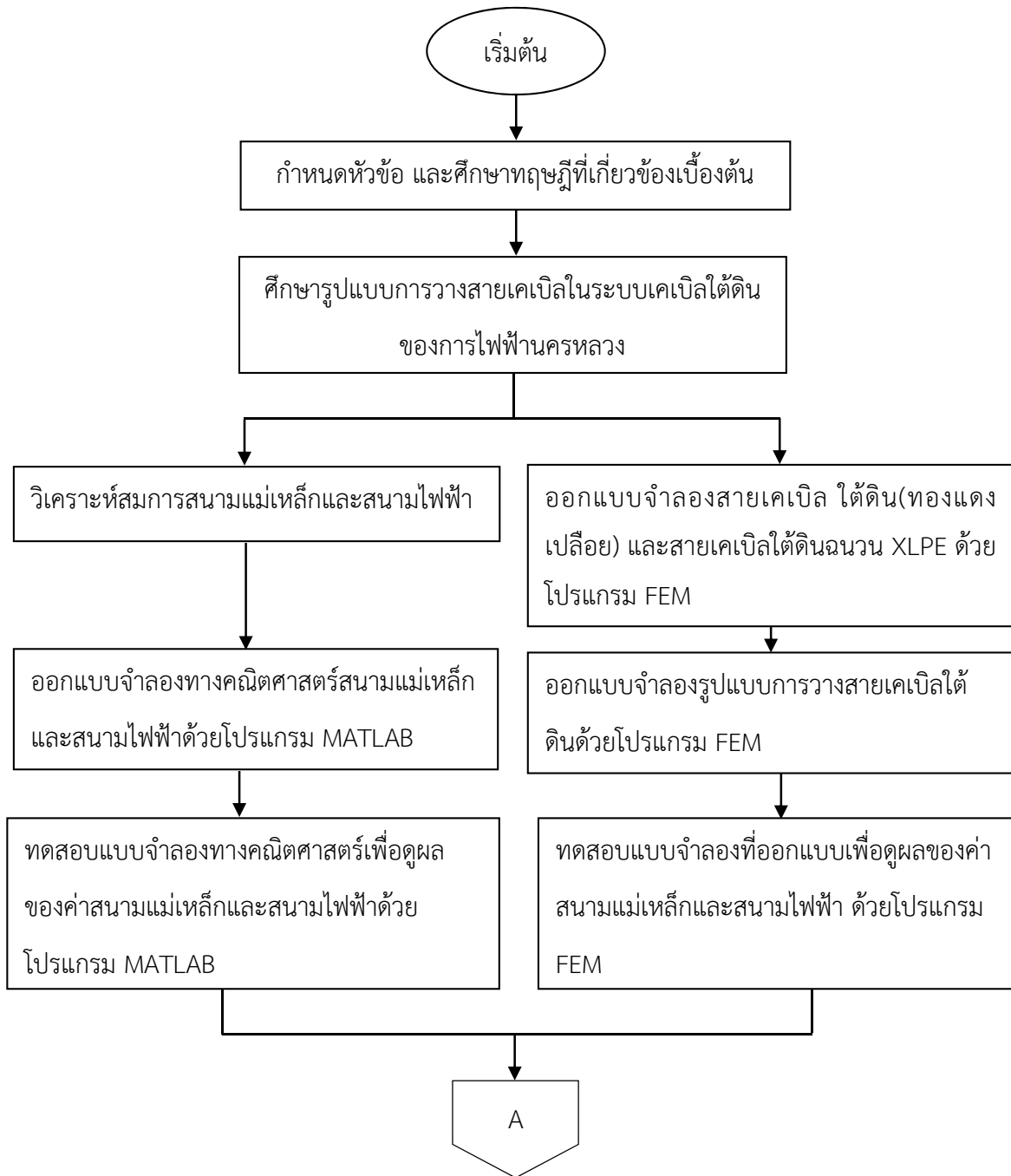
วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะนำเสนอขั้นตอนการออกแบบจำลองการวางสายเคเบิลใต้ดิน โดยจะทำการออกแบบจำลองการวางสายเคเบิลใต้ดินโดยโปรแกรม FEM ในการออกแบบนี้ขั้นตอนในการออกแบบคือ สร้างแบบจำลองการวางสายเคเบิลใต้ดิน เพื่อหาค่าของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่กระจายออกจากสายเคเบิล โดยจะนำผลที่ได้จากโปรแกรม FEM ของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้านี้มาเปรียบเทียบกับการออกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยโปรแกรม MATLAB ซึ่งสามารถอธิบายขั้นตอนการดำเนินของโครงการวิศวกรรมดังต่อไปนี้

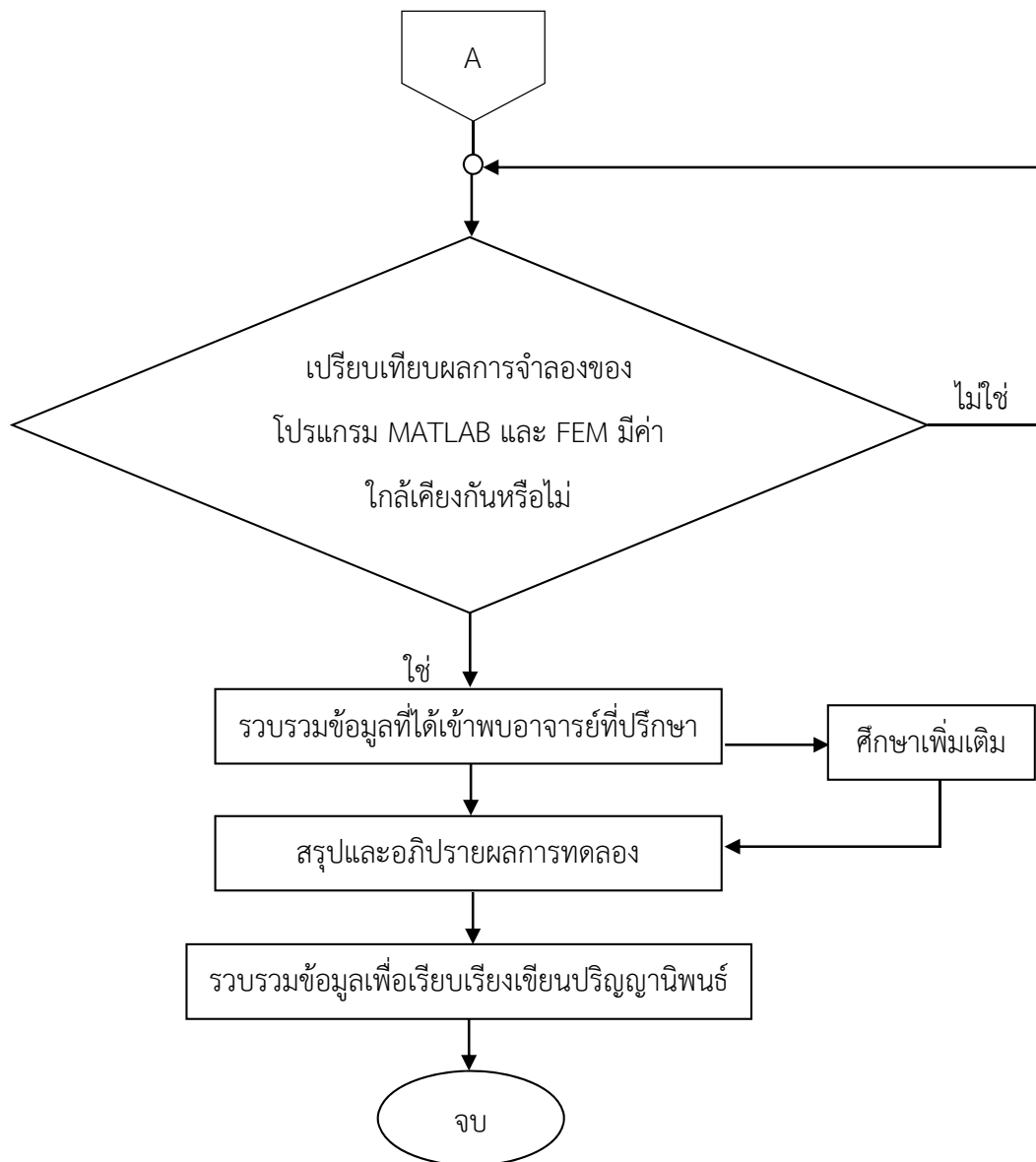
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 3.1.1 สืบค้นหัวข้อที่สนใจเพื่อกำหนดหัวข้องานวิจัยที่จะศึกษา และศึกษาทฤษฎีเบื้องต้น
- 3.1.2 สืบค้นข้อมูลของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
- 3.1.3 นำข้อมูลที่สืบค้นมาศึกษาเกี่ยวกับค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าในระบบเคเบิลใต้ดิน เพื่อทำความเข้าใจรูปแบบการวางสายในแต่ละแบบที่ส่งผลให้เกิดค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่แตกต่างกัน
- 3.1.4 สืบค้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหาค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าในสายเคเบิลใต้ดิน
- 3.1.5 ออกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรม MATLAB
- 3.1.6 ทดสอบแบบจำลองที่ออกแบบเพื่อดูผลของค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ด้วยโปรแกรม MATLAB
- 3.1.7 ออกแบบจำลองสายเคเบิลใต้ดิน (ทองแดงเปลือย) และ สายเคเบิลใต้ดินฉนวน XLPE ด้วยโปรแกรม FEM
- 3.1.8 ออกแบบจำลองรูปแบบการวางสายเคเบิลใต้ดินด้วยโปรแกรม FEM
- 3.1.9 ทดสอบแบบจำลองที่ออกแบบเพื่อดูผลของค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ด้วยโปรแกรม FEM
- 3.1.10 หากเกิดปัญหา สืบค้นที่มาของปัญหา ทำการแก้ไขเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป
- 3.1.11 เปรียบเทียบผลค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ด้วยโปรแกรม MATLAB และค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าจากแบบจำลองด้วยโปรแกรม FEM

3.2 แผนผังการทำงานโดยรวมของโครงการ



รูปที่ 3.1ก แสดงแผนผังการทำงาน

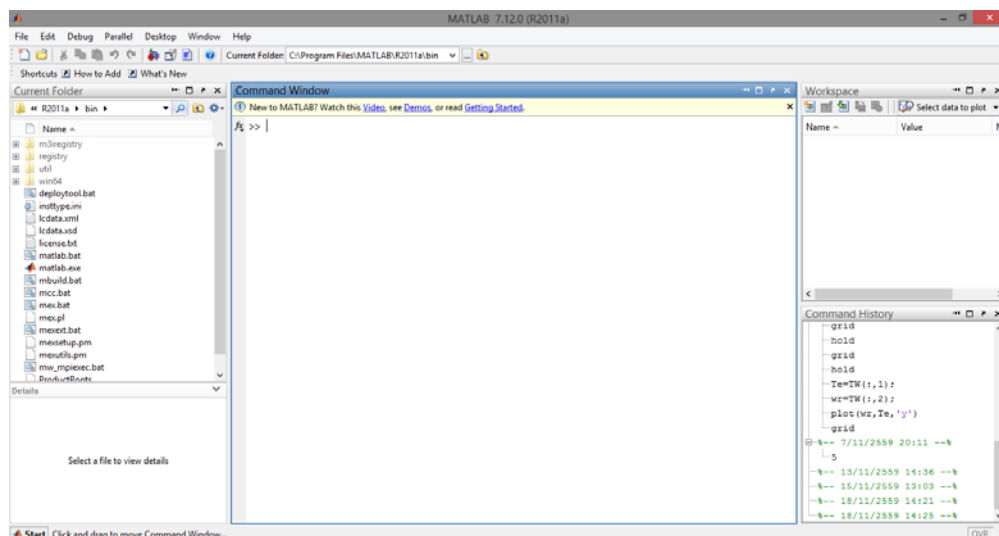


รูปที่ 3.1ข แสดงแผนผังการทำงาน

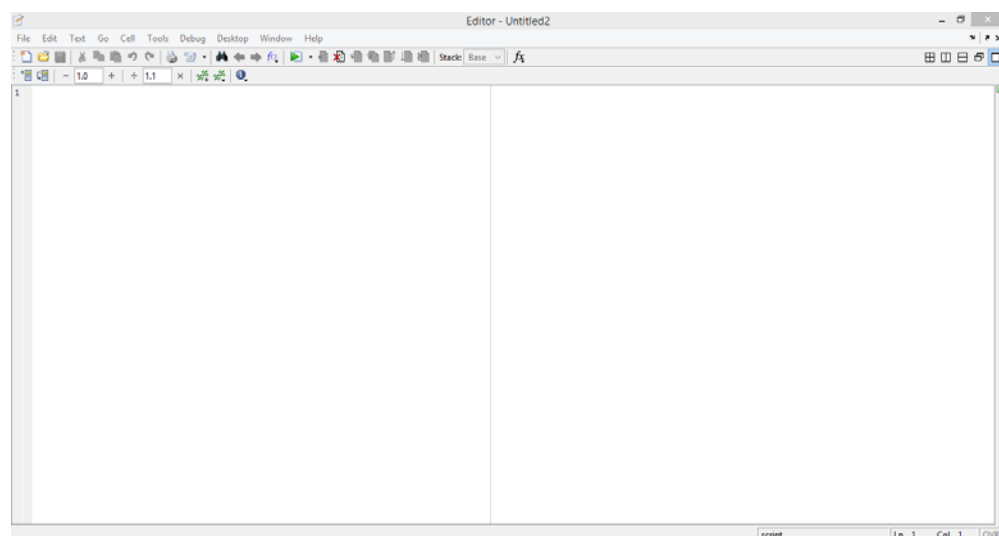
3.3 อุปกรณ์จำลอง

ในการทำการคำนวณเพื่อหาค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าในระบบสายส่งเคเบิลใต้ดินจำเป็นต้องมีโปรแกรมต่างๆมาช่วยในการคำนวณหาค่าและสร้างกราฟจากผลการคำนวณ เพื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับซึ่งโปรแกรมที่นำมาใช้มีดังนี้

3.3.1 โปรแกรม MATLAB ทำหน้าที่ในการคำนวณหาค่าสนามแม่เหล็กสามารถแสดงผลเป็นตัวเลขและรูปภาพซึ่งสามารถทำการเขียนกราฟทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ ลักษณะการเขียนโปรแกรมใน MATLAB จะใกล้เคียงการเขียนสมการคณิตศาสตร์โดยทั่วไป และสามารถควบคุมการทำงานของ MATLAB ด้วยชุดคำสั่ง (Command line) และยังสามารถรวบรวมชุดคำสั่งเป็นโปรแกรม (Script file) ได้ด้วย



รูปที่ 3.2 หน้าต่างของโปรแกรม MATLAB



รูปที่ 3.3 หน้าต่างของคำสั่ง Script ในส่วนย่อยของโปรแกรม MATLAB

3.3.2 โปรแกรม FEM (Finite Element Method) เป็นโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ ช่วยให้สามารถสร้างแบบจำลองได้อย่างรวดเร็ว สร้าง ลบ และจัดการองค์ประกอบ ด้วยชุดของเครื่องมือแบบอัตโนมัติ meshing และ undo ไม่จำกัดครั้ง สามารถสร้างแบบจำลองที่ง่ายไปถึงซับซ้อนได้อย่างสะดวก มีการตรวจสอบคุณภาพของ mesh ด้วย aspect and warping contours and free edge detection นำมาวิเคราะห์โครงสร้างได้ทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็น 1 มิติ 2 มิติ หรือ 3 มิติ

3.4 การออกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าในสายส่งเคเบิลใต้ดิน

3.4.1 ออกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าสนามแม่เหล็กในสายส่งเคเบิลใต้ดิน

ในการจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อหาค่าสนามแม่เหล็กในสายเคเบิลใต้ดินนั้น เป็นการจำลองที่ต้องใช้สมการความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก (B) เข้ามาช่วยในการพล็อตกราฟดังนี้

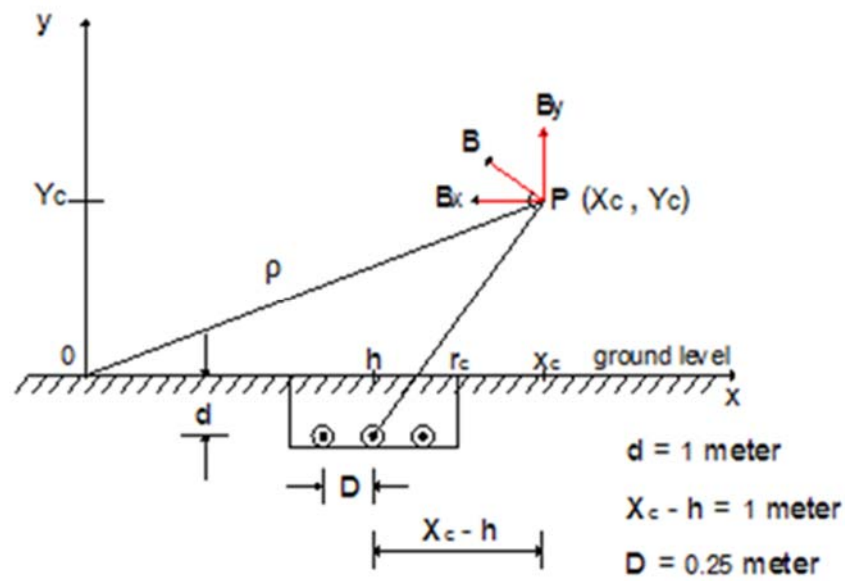
$$\vec{B}_x = B_{xr} + jB_{ix} \quad (3.1)$$

$$\vec{B}_y = B_{ry} + jB_{iy} \quad (3.2)$$

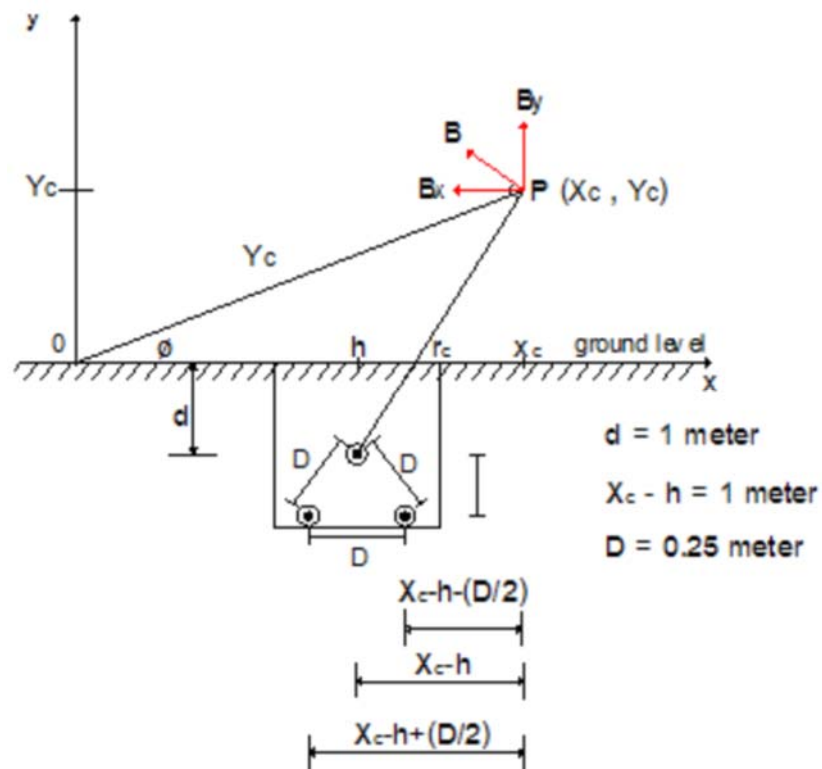
$$B_x = \sqrt{B_{rx}^2 + B_{ix}^2} \quad (3.3)$$

$$B_y = \sqrt{B_{ry}^2 + B_{iy}^2} \quad (3.4)$$

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} = \sqrt{B_{rx}^2 + B_{ix}^2 + B_{ry}^2 + B_{iy}^2} \quad (3.5)$$



รูปที่ 3.4 แสดงการวางสายเคเบิลใต้ดินโดยฝังดินโดยตรงแบบ flat formation เพื่อหาสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 3.5 แสดงการวางสายเคเบิลใต้ดินโดยฝังดินโดยตรงแบบ trefoil formation เพื่อหาสนามแม่เหล็ก

3.4.1.1 รูปแบบ duct bank

สามารถจัดวางสายเคเบิลได้ 2 แบบ คือ

(1) แบบ flat formation

$$\bar{B}_x = \frac{-\mu_0\mu_r I}{2\pi} \left[\frac{(d-y_c)I\angle 120^\circ}{(d-y_c)^2+(x_c-h)^2} + \frac{(d-y_c)I\angle 0^\circ}{(d-y_c)^2+(x_c-h+D)^2} + \frac{(d-y_c)I\angle 240^\circ}{(d-y_c)^2+(x_c-h-D)^2} \right] \quad (3.6)$$

$$\bar{B}_y = \frac{\mu_0\mu_r I}{2\pi} \left[\frac{(x_c-h)I\angle 120^\circ}{(d-y_c)^2+(x_c-h)^2} + \frac{(x_c-h+D)I\angle 0^\circ}{(d-y_c)^2+(x_c-h+D)^2} + \frac{(x_c-h-D)I\angle 240^\circ}{(d-y_c)^2+(x_c-h-D)^2} \right] \quad (3.7)$$

(2) แบบ trefoil formation

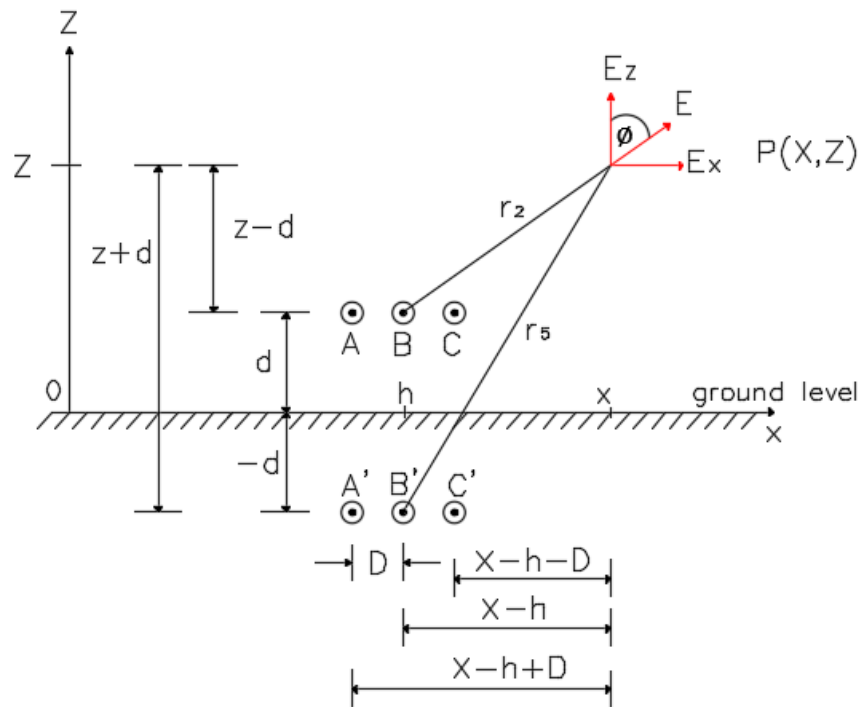
$$\bar{B}_x = \frac{-\mu_0\mu_r I}{2\pi} \left[\frac{(d-y_c)I\angle 120^\circ}{(d-y_c)^2+(x_c-h)^2} + \frac{\left(d-y_c-\frac{\sqrt{3}}{2}D\right)I\angle 0^\circ}{\left(d-y_c-\frac{\sqrt{3}}{2}D\right)^2+\left(x_c-h+\frac{D}{2}\right)^2} + \frac{\left(d-y_c-\frac{\sqrt{3}}{2}D\right)I\angle 240^\circ}{\left(d-y_c-\frac{\sqrt{3}}{2}D\right)^2+\left(x_c-h-\frac{D}{2}\right)^2} \right] \quad (3.8)$$

$$\bar{B}_y = \frac{\mu_0\mu_r I}{2\pi} \left[\frac{(x_c-h)I\angle 120^\circ}{(d-y_c)^2+(x_c-h)^2} + \frac{\left(x_c-h+\frac{D}{2}\right)I\angle 0^\circ}{\left(d-y_c-\frac{\sqrt{3}}{2}D\right)^2+\left(x_c-h+\frac{D}{2}\right)^2} + \frac{\left(x_c-h-\frac{D}{2}\right)I\angle 240^\circ}{\left(d-y_c-\frac{\sqrt{3}}{2}D\right)^2+\left(x_c-h-\frac{D}{2}\right)^2} \right] \quad (3.9)$$

3.4.1.2 รูปแบบ pipe – jacking

สามารถจัดวางสายเคเบิลได้แบบ trefoil formation ซึ่งสมการความหนาแน่นสนามแม่เหล็กแบบ trefoil formation คือ (3.8) และ (3.9)

3.4.2 ออกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าสนามไฟฟ้าในสายส่งเคเบิลใต้ดิน



รูปที่ 3.8 แสดงการวางสายเคเบิลโดยฝังดินโดยตรงแบบ flat formation เพื่อหาสนามไฟฟ้า

พิจารณาประจุเชิงเส้นยาวอนันต์ $+\rho_l$ ที่วางอยู่ในแนวขนานและอยู่ด้านบนของตัวนำระนาบกราวด์อนันต์ที่วางตัวอยู่ในระนาบ xy ด้วยระยะ d ภาพฉาย $-\rho_l$ วางอยู่ด้านล่างของตัวนำระนาบกราวด์อนันต์ ค่าสนามไฟฟ้าที่จุด $P(x, y)$

$$\vec{E} = \frac{\rho_l}{2\pi\epsilon_0 r} \vec{a}_r \quad (3.10)$$

$$V(a) = -\int_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{\rho_l}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{d}{a}\right) \quad (3.11)$$

โดยที่ d คือความสูงจากระดับพื้นดินของสายส่งไฟฟ้า และ D คือรัศมีของสายส่งไฟฟ้า แทนสมการที่ (3.9) ลงใน (3.10) จะได้

$$E_r = \frac{V(a)}{r \ln\left(\frac{d}{a}\right)} \quad (3.12)$$

โดยอาศัยสมการที่ (3) ในการหาค่าความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดจากสายส่ง A B และ C รวมทั้งภาพฉาย A' B' และ C' โดยที่

$$r_1 = \sqrt{(x-h+D)^2 + (z-d)^2} \quad (3.13)$$

$$r_2 = \sqrt{(x-h)^2 + (z-d)^2} \quad (3.14)$$

$$r_3 = \sqrt{(x-h-D)^2 + (z-d)^2} \quad (3.15)$$

$$r_4 = \sqrt{(x-h+D)^2 + (z+d)^2} \quad (3.16)$$

$$r_5 = \sqrt{(x-h)^2 + (z+d)^2} \quad (3.17)$$

$$r_6 = \sqrt{(x-h-D)^2 + (z+d)^2} \quad (3.18)$$

ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ

$$\vec{E}_1 = \frac{V(a)}{r_1 \ln\left(\frac{d}{a}\right)} \vec{a}_{r_1} \quad (3.19)$$

$$\vec{E}_1 = \frac{\vec{V}_1}{r_1 \ln\left(\frac{d}{a}\right)} (\sin \phi \vec{a}_x + \cos \phi \vec{a}_z) \quad (3.20)$$

ในการทำงานเดียวกันจะได้

$$\vec{E}_2 = \frac{\vec{V}_2}{r_2 \ln\left(\frac{d}{a}\right)} (\sin \phi \vec{a}_x + \cos \phi \vec{a}_z) \quad (3.21)$$

$$\vec{E}_2 = \frac{\vec{V}_2}{\ln\left(\frac{d}{a}\right)} \left(\frac{(x-h)\vec{a}_x + (Z-d)\vec{a}_z}{r_2^2} \right) \quad (3.22)$$

$$\vec{E}_3 = \frac{\vec{V}_3}{r_3 \ln\left(\frac{d}{a}\right)} (\sin \phi \vec{a}_x + \cos \phi \vec{a}_z) \quad (3.23)$$

$$\vec{E}_3 = \frac{\vec{V}_3}{\ln\left(\frac{d}{a}\right)} \left(\frac{(x-h-D)\vec{a}_x + (Z-d)\vec{a}_z}{r_3^2} \right) \quad (3.24)$$

ในส่วนของความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดจากภาพฉายของ A' B' และ C' มีค่าเท่ากับ

$$\vec{E}_4 = \frac{-\vec{V}_1}{r_4 \ln\left(\frac{d}{a}\right)} (\sin \varnothing \vec{a}_x + \cos \varnothing \vec{a}_z) \quad (3.25)$$

$$\vec{E}_4 = \frac{-\vec{V}_1}{\ln\left(\frac{d}{a}\right)} \left(\frac{(x-h+D)\vec{a}_x + (Z+d)\vec{a}_z}{r_4^2} \right) \quad (3.26)$$

$$\vec{E}_4 = \frac{-\vec{V}_1}{\ln\left(\frac{d}{a}\right)} \left(\frac{(x-h+D)\vec{a}_x + (Z+d)\vec{a}_z}{r_4^2} \right) \quad (3.27)$$

$$\vec{E}_5 = \frac{-\vec{V}_2}{r_5 \ln\left(\frac{d}{a}\right)} (\sin \varnothing \vec{a}_x + \cos \varnothing \vec{a}_z) \quad (3.28)$$

$$\vec{E}_5 = \frac{-\vec{V}_2}{\ln\left(\frac{d}{a}\right)} \left(\frac{(x-h)\vec{a}_x + (Z+d)\vec{a}_z}{r_5^2} \right) \quad (3.29)$$

$$\vec{E}_6 = \frac{-\vec{V}_3}{r_6 \ln\left(\frac{d}{a}\right)} (\sin \varnothing \vec{a}_x + \cos \varnothing \vec{a}_z) \quad (3.30)$$

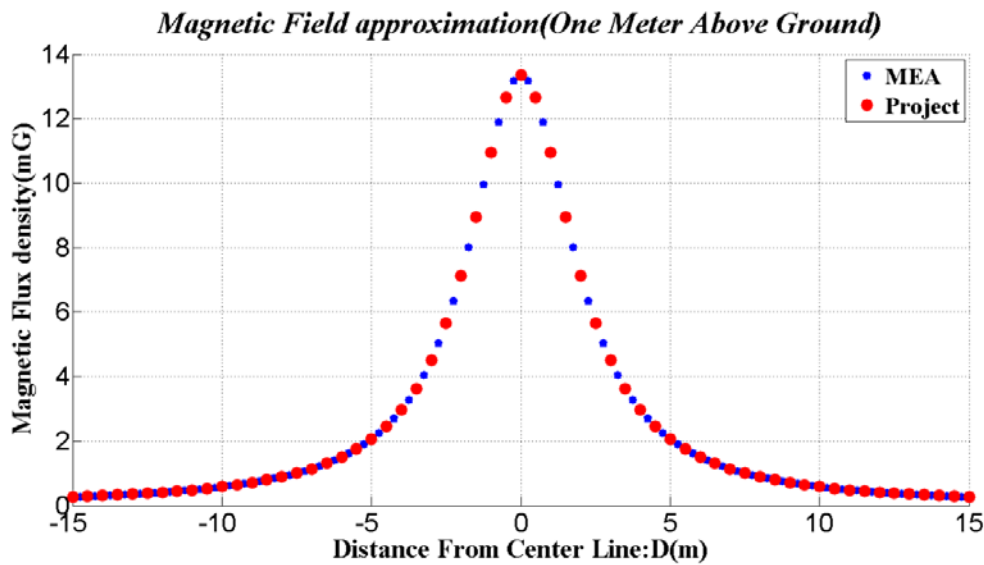
$$\vec{E}_6 = \frac{-\vec{V}_3}{\ln\left(\frac{d}{a}\right)} \left(\frac{(x-h-D)\vec{a}_x + (Z+d)\vec{a}_z}{r_6^2} \right) \quad (3.31)$$

ดังนั้นความเข้มสนามไฟฟ้ารวมที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ

$$|\vec{E}_{x,total}| = |\vec{E}_{1x}| + |\vec{E}_{2x}| + |\vec{E}_{3x}| + |\vec{E}_{4x}| + |\vec{E}_{5x}| + |\vec{E}_{6x}| \quad (3.32)$$

$$|\vec{E}_{z,total}| = |\vec{E}_{1z}| + |\vec{E}_{2z}| + |\vec{E}_{3z}| + |\vec{E}_{4z}| + |\vec{E}_{5z}| + |\vec{E}_{6z}| \quad (3.33)$$

$$E_{total} = \sqrt{|\vec{E}_{x,total}|^2 + |\vec{E}_{z,total}|^2} \quad (3.34)$$

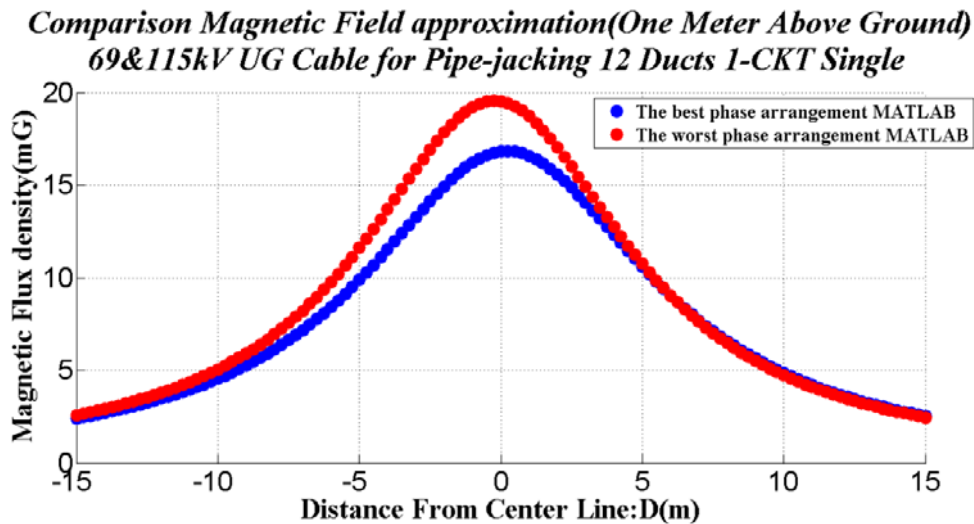


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กของสายส่งเคเบิลใต้ดินจากสมการสนามแม่เหล็กของการไฟฟ้านครหลวงและสมการสนามแม่เหล็กจากผู้จัดทำประยุกต์ขึ้นมาใหม่

จากรูปที่ 4.1 แสดงการจัดวางสายส่งเคเบิลใต้ดินฝังดินโดยตรงแบบ trefoil formation เพื่อหาค่าสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะพิจารณาเงื่อนไขจากรูปที่ 4.1 นำมาคิดคำนวณโดยการเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กของสายส่งเคเบิลใต้ดินจากสมการสนามแม่เหล็กการไฟฟ้านครหลวงและสมการสนามแม่เหล็กจากผู้จัดทำคิดประยุกต์ขึ้นมาใหม่ โดยพิจารณาในแนวแกน X_c ตั้งแต่ -15 m ถึง 15 m และพิจารณาในแนวแกน Y_c เหนือพื้นดินขึ้นไปเป็นระยะ 1 m เนื่องจากคิระยะค่าเฉลี่ยของคนอยู่ที่ประมาณ 1 m ซึ่งผลการทดลองการเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กของสายเคเบิลใต้ดินจากสมการสนามแม่เหล็กการไฟฟ้านครหลวงและสมการสนามแม่เหล็กจากผู้จัดทำประยุกต์ขึ้นมาใหม่โดยใช้โปรแกรม MATLAB .ในการพล็อตค่าที่คำนวณได้ ซึ่งจากรูปที่ 4.2 คือกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กของสายส่งเคเบิลใต้ดินจากสมการสนามแม่เหล็กของการไฟฟ้านครหลวงและสมการสนามแม่เหล็กจากผู้จัดทำคิดประยุกต์ขึ้นมาใหม่ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ทั้งสมการสนามแม่เหล็กจากการไฟฟ้านครหลวงและสมการสนามแม่เหล็กจากผู้จัดทำประยุกต์ขึ้นมาใหม่มีค่าสอดคล้องกันมาก จึงแสดงให้เห็นว่าสมการสนามแม่เหล็กจากการไฟฟ้านครหลวงสามารถนำมาคิดคำนวณในรูปแบบการจัดวางสายส่งเคเบิลใต้ดินฝังดินโดยตรงแบบ trefoil formation ได้

4.2 ผลการเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กของสายส่งเคเบิลใต้ดินของรูปแบบ Pipe-Jacking ในโปรแกรม MATLAB

4.2.1 12 ท่อ 1-CKT.Single

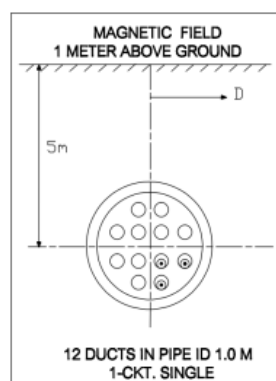


รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT.Single

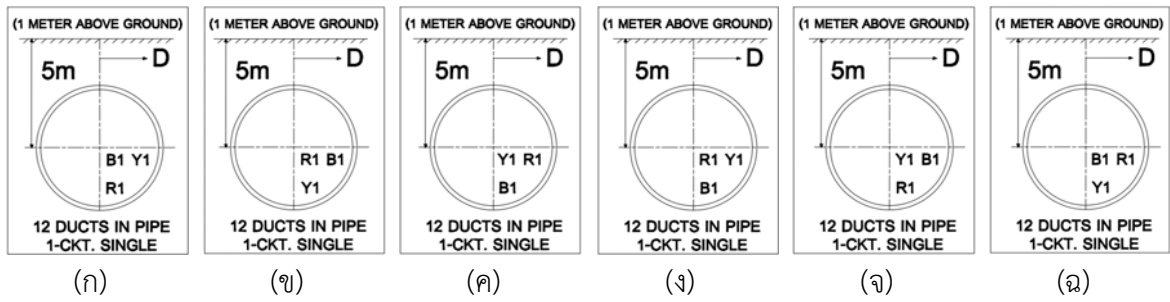
จากรูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 19.52 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 16.81 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT.Single โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.2.1.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



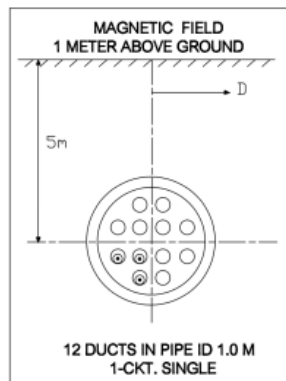
รูปที่ 4.4 แสดงการจัดวางตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด



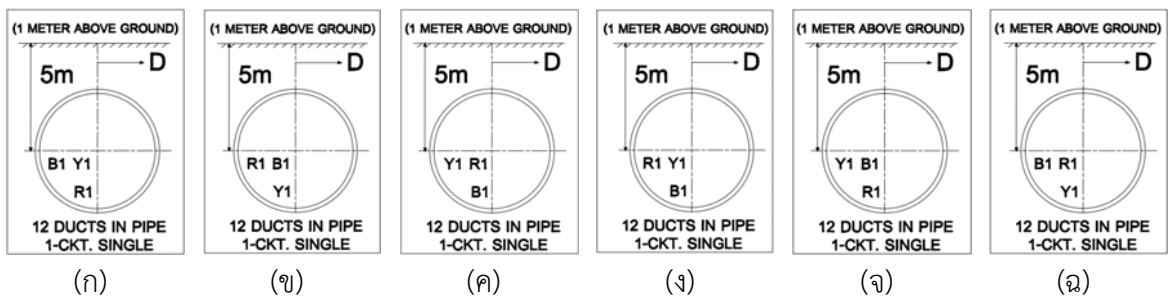
- รูปที่ 4.4ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 1
- รูปที่ 4.4ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 2
- รูปที่ 4.4ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 3
- รูปที่ 4.4ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 4
- รูปที่ 4.4จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 5
- รูปที่ 4.4ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 6

จากรูปที่ 4.4ก-4.4ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.5 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด

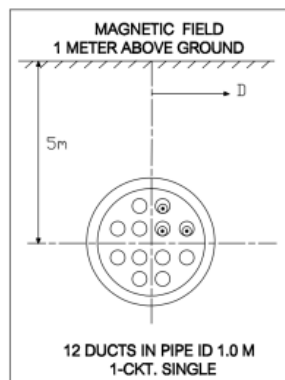


- รูปที่ 4.5ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 1
- รูปที่ 4.5ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 2
- รูปที่ 4.5ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 3
- รูปที่ 4.5ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 4
- รูปที่ 4.5จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 5
- รูปที่ 4.5ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 6

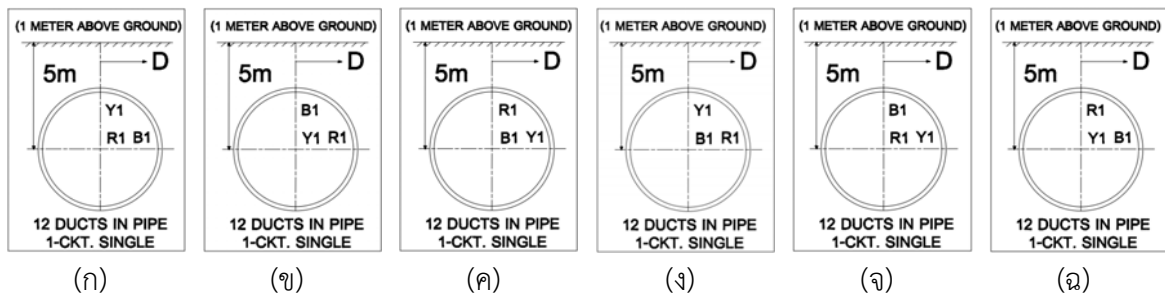
จากรูปที่ 4.5ก-4.5ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.2.1.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.6 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



- รูปที่ 4.6ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 1
- รูปที่ 4.6ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 2
- รูปที่ 4.6ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 3

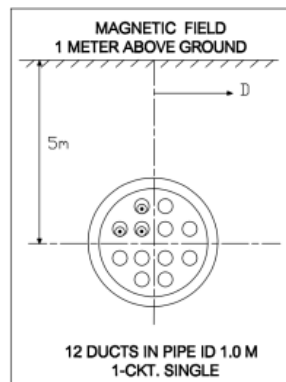
รูปที่ 4.6ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 4

รูปที่ 4.6จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 5

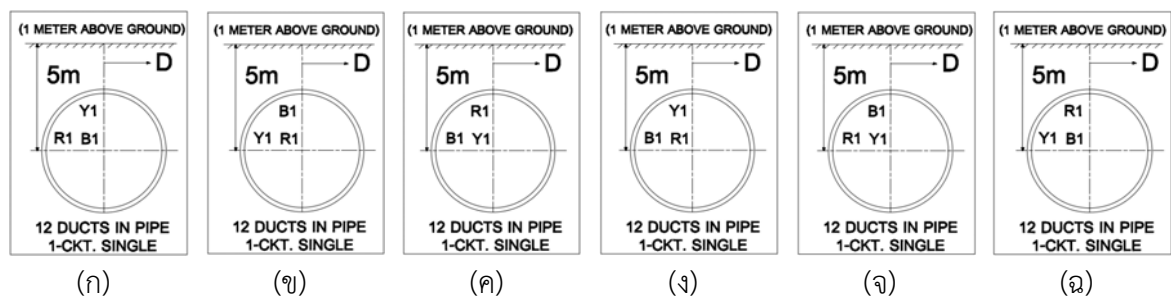
รูปที่ 4.6ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 6

จากรูปที่ 4.6ก-4.6ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.7 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



รูปที่ 4.7ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 1

รูปที่ 4.7ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 2

รูปที่ 4.7ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 3

รูปที่ 4.7ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 4

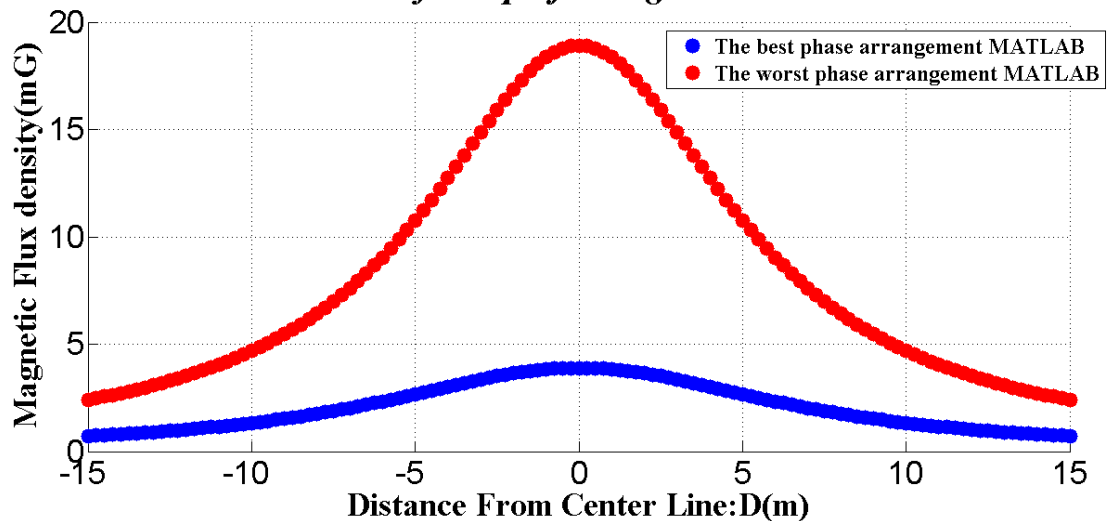
รูปที่ 4.7จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 5

รูปที่ 4.7ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 6

จากรูปที่ 4.7ก-4.7ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.2.2 12 ท่อ 1-CKT.Bundled

**Comparison Magnetic Field approximation(One Meter Above Ground)
69&115kV UG Cable for Pipe-jacking 12 Ducts 1-CKT Bundled**

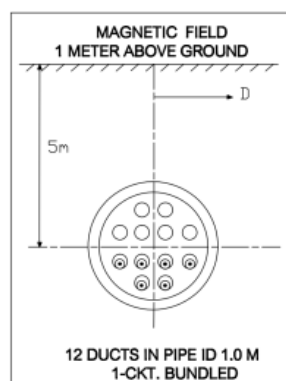


รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT. Bundled

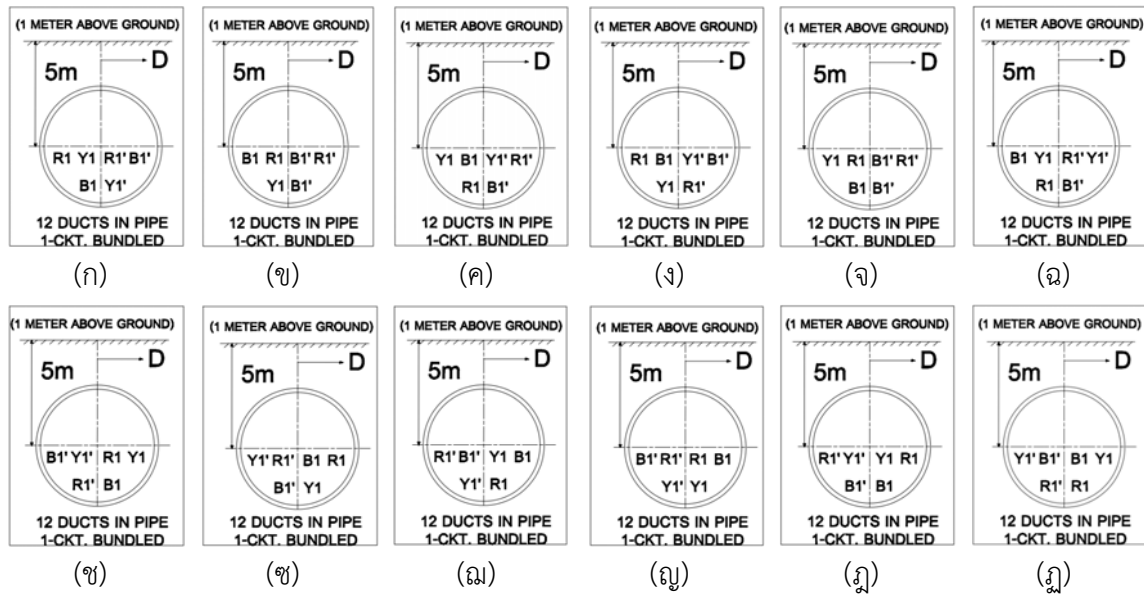
จากรูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 18.91 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 3.889 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT. Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.2.2.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.9 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด

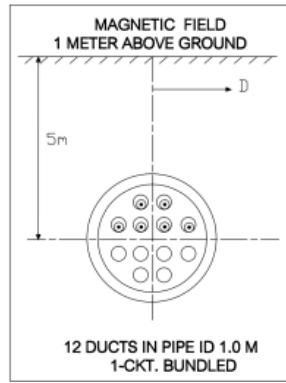


- รูปที่ 4.9ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 1
 รูปที่ 4.9ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 2
 รูปที่ 4.9ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 3
 รูปที่ 4.9ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 4
 รูปที่ 4.9จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 5
 รูปที่ 4.9ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 6
 รูปที่ 4.9ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 1
 รูปที่ 4.9ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 2
 รูปที่ 4.9ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 3
 รูปที่ 4.9ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 4
 รูปที่ 4.9ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 5
 รูปที่ 4.9ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 6

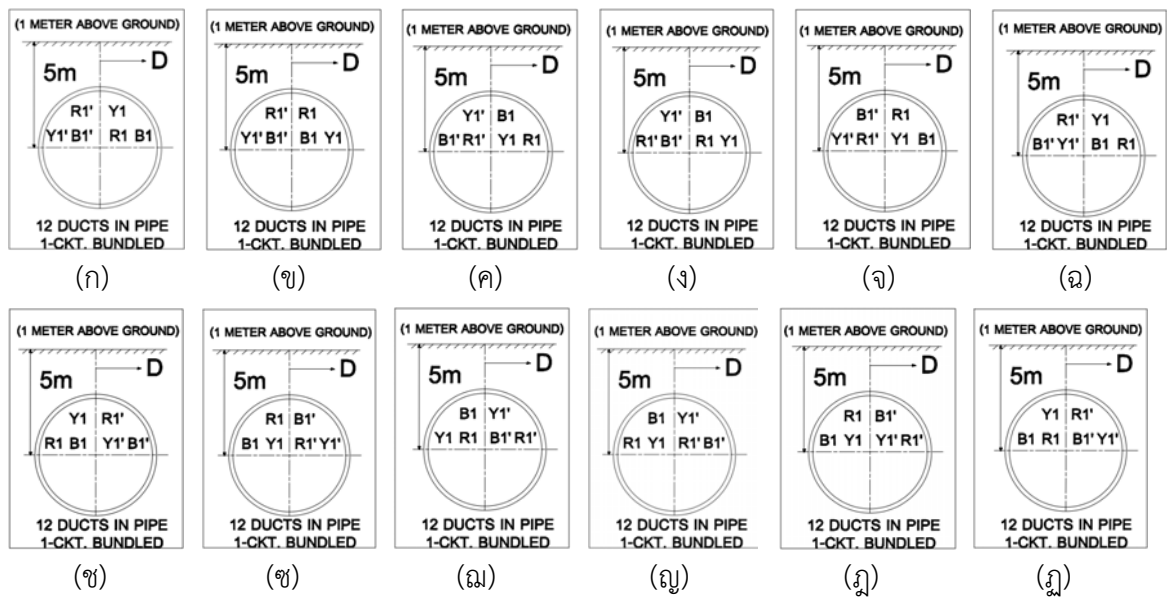
จากรูปที่ 4.9ก-4.9ล แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.2.2.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.10 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด

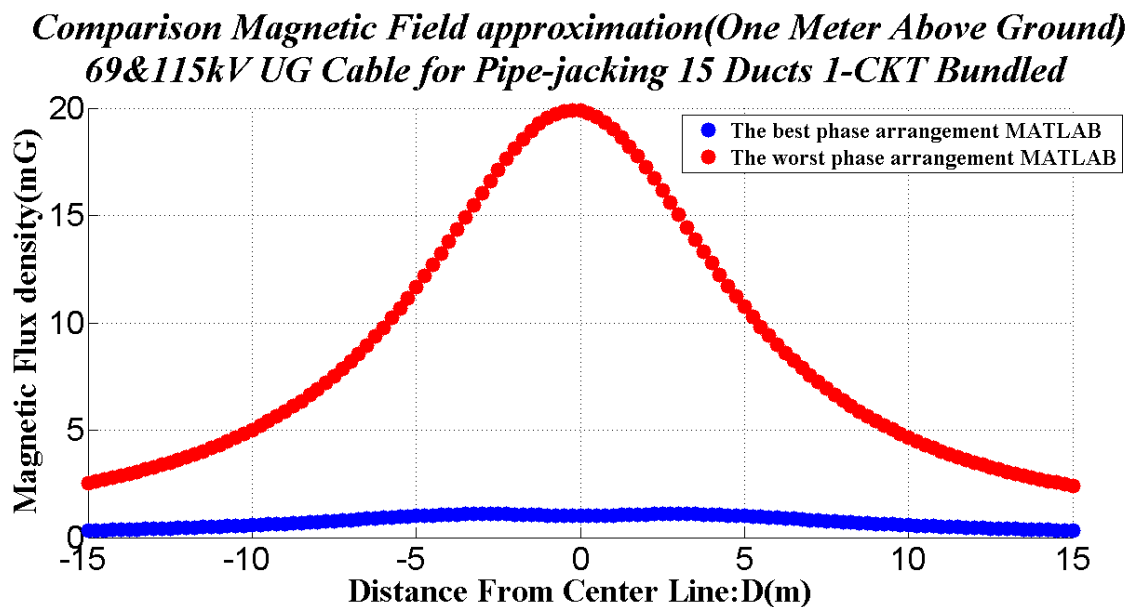


- รูปที่ 4.10ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 1
- รูปที่ 4.10ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.10ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 3
- รูปที่ 4.10ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 4
- รูปที่ 4.10จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 5
- รูปที่ 4.10ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 6
- รูปที่ 4.10ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 1

- รูปที่ 4.10ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 2
 รูปที่ 4.10ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 3
 รูปที่ 4.10ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 4
 รูปที่ 4.10ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 5
 รูปที่ 4.10ถ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 6

จากรูปที่ 4.10ก-4.10ถ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบ มีค่าเท่ากัน

4.2.3 15 ท่อ 1-CKT.Bundled

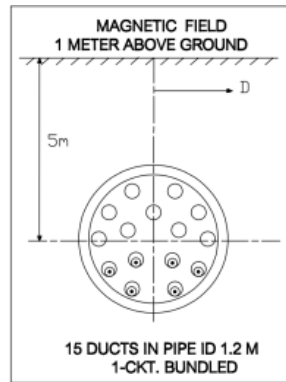


- รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled

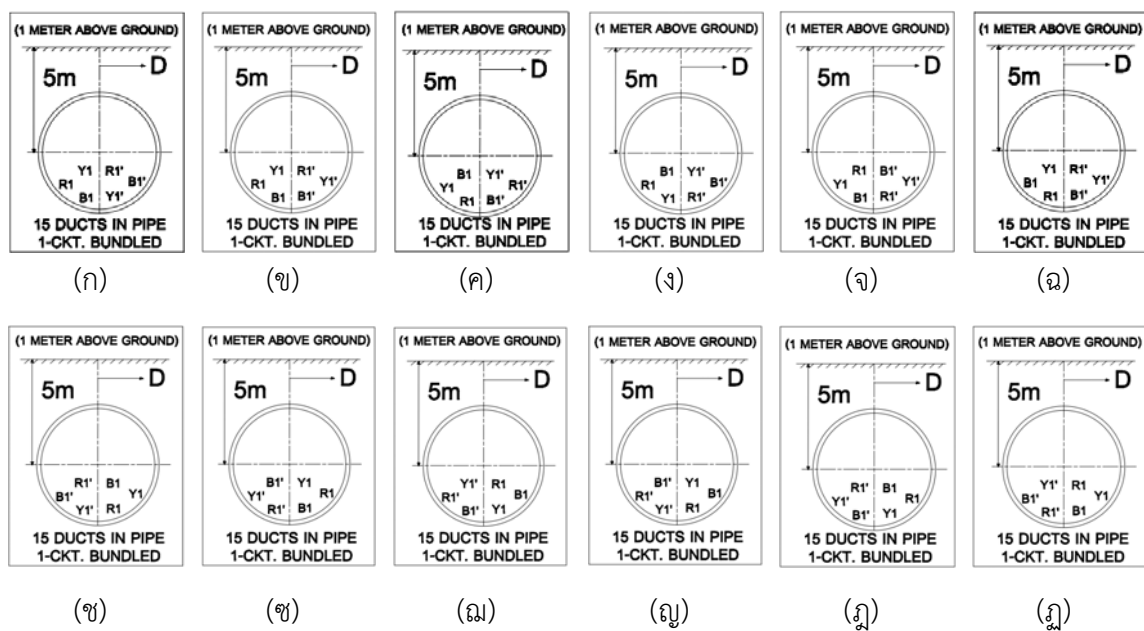
จากรูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 19.88 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 1.008 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.2.3.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.12 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด



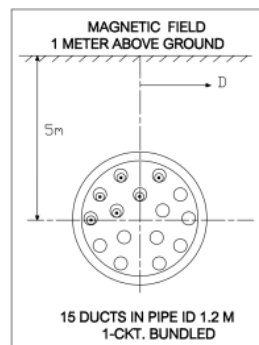
รูปที่ 4.12ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 1
 รูปที่ 4.12ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 2
 รูปที่ 4.12ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 3
 รูปที่ 4.12ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 4
 รูปที่ 4.12จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 5
 รูปที่ 4.12ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 6
 รูปที่ 4.12ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 1

- รูปที่ 4.12ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 2
- รูปที่ 4.12ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 3
- รูปที่ 4.12ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 4
- รูปที่ 4.12ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 5
- รูปที่ 4.12ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 6

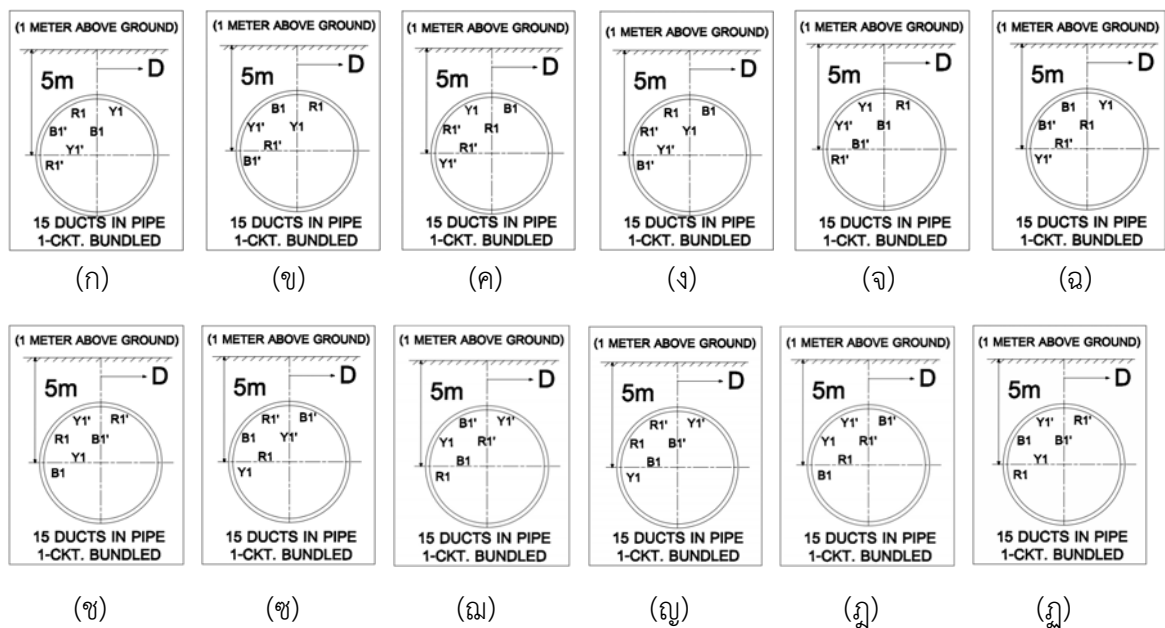
จากรูปที่ 4.12ก-4.12ฌ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.2.3.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



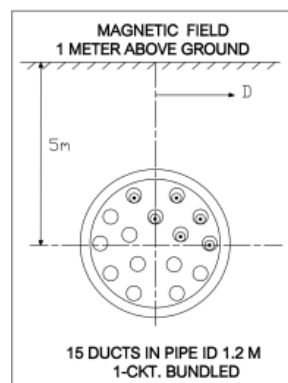
รูปที่ 4.13 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



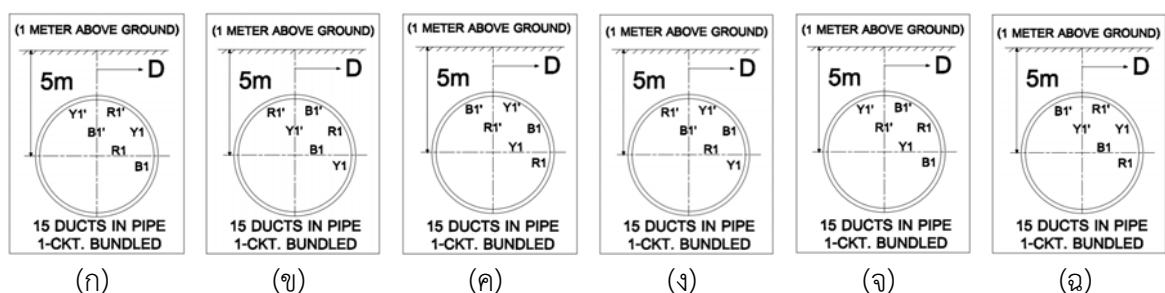
- รูปที่ 4.13ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 1
 รูปที่ 4.13ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 2
 รูปที่ 4.13ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 3
 รูปที่ 4.13ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 4
 รูปที่ 4.13จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 5
 รูปที่ 4.13ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 6
 รูปที่ 4.13ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 1
 รูปที่ 4.13ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 2
 รูปที่ 4.13ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 3
 รูปที่ 4.13ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 4
 รูปที่ 4.13ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 5
 รูปที่ 4.13ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 6

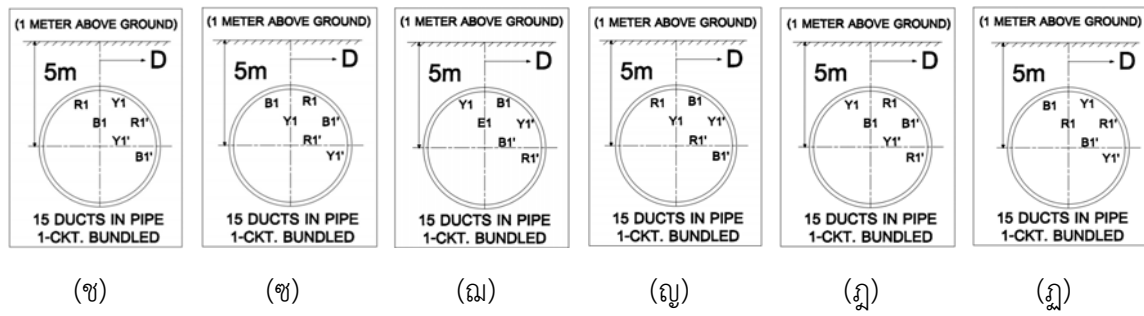
จากรูปที่ 4.13ก-4.13ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบ มีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.14 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด





รูปที่ 4.14ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1

รูปที่ 4.14ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2

รูปที่ 4.14ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3

รูปที่ 4.14ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4

รูปที่ 4.14จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5

รูปที่ 4.14ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6

รูปที่ 4.14ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 1

รูปที่ 4.14ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 2

รูปที่ 4.14ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 3

รูปที่ 4.14ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 4

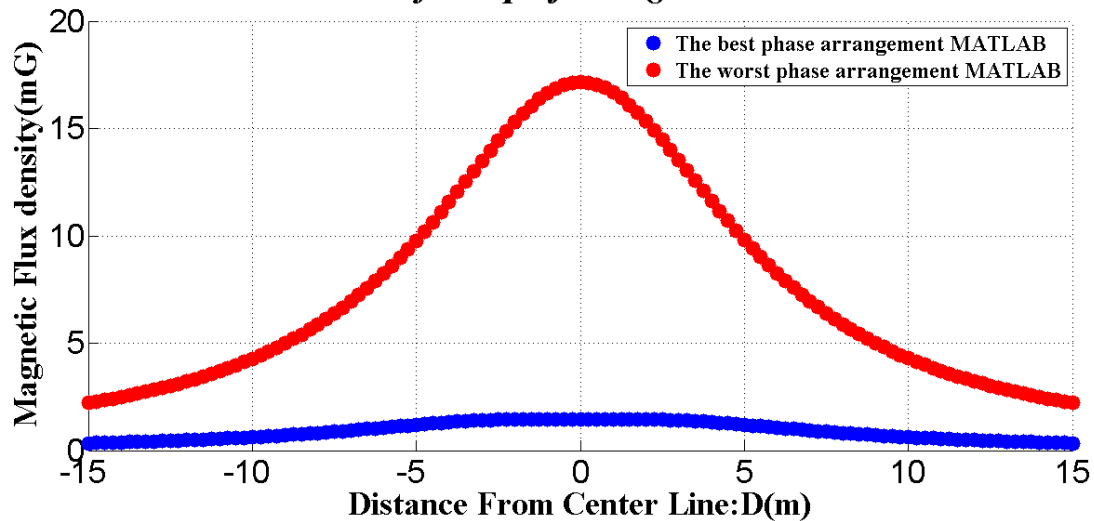
รูปที่ 4.14ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 5

รูปที่ 4.14ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 6

จากรูปที่ 4.14ก-4.14ง แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบ มีค่าเท่ากัน

4.2.4 15 ท่อ 2-CKT.Bundled

**Comparison Magnetic Field approximation(One Meter Above Ground)
69&115kV UG Cable for Pipe-jacking 15 Ducts 2-CKT Bundled**

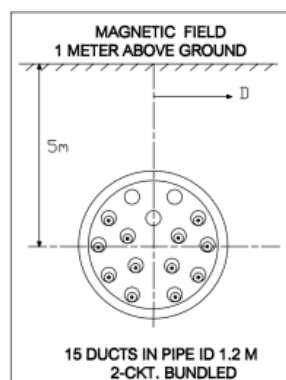


รูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled

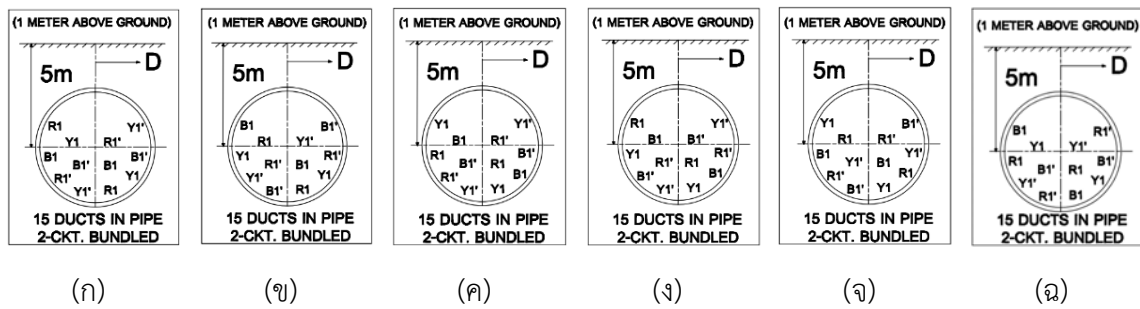
จากรูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 17.16 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 1.431 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.2.4.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.16 แสดงการจัดวางตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด

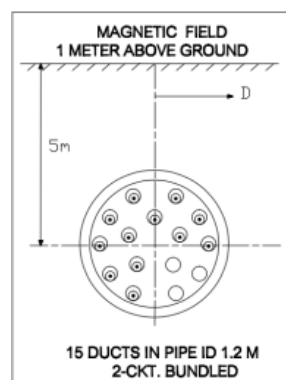


- รูปที่ 4.16ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 1
 รูปที่ 4.16ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 2
 รูปที่ 4.16ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 3
 รูปที่ 4.16ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 4
 รูปที่ 4.16จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 5
 รูปที่ 4.16ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 6

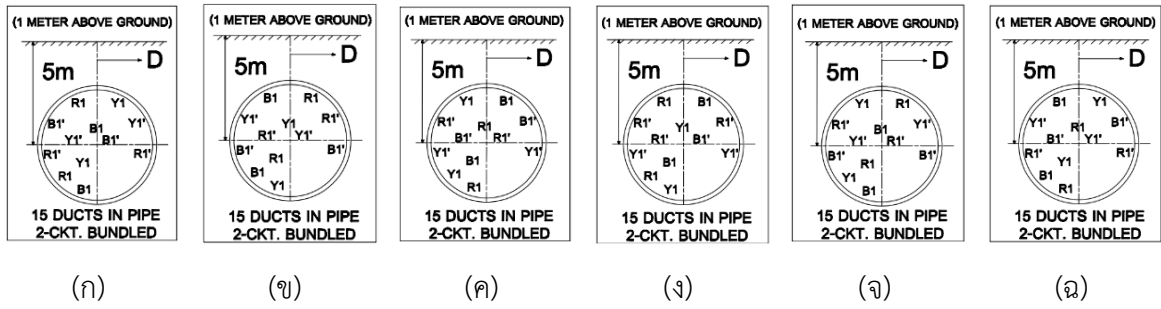
จากรูปที่ 4.16ก-4.16ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.2.4.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.17 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด

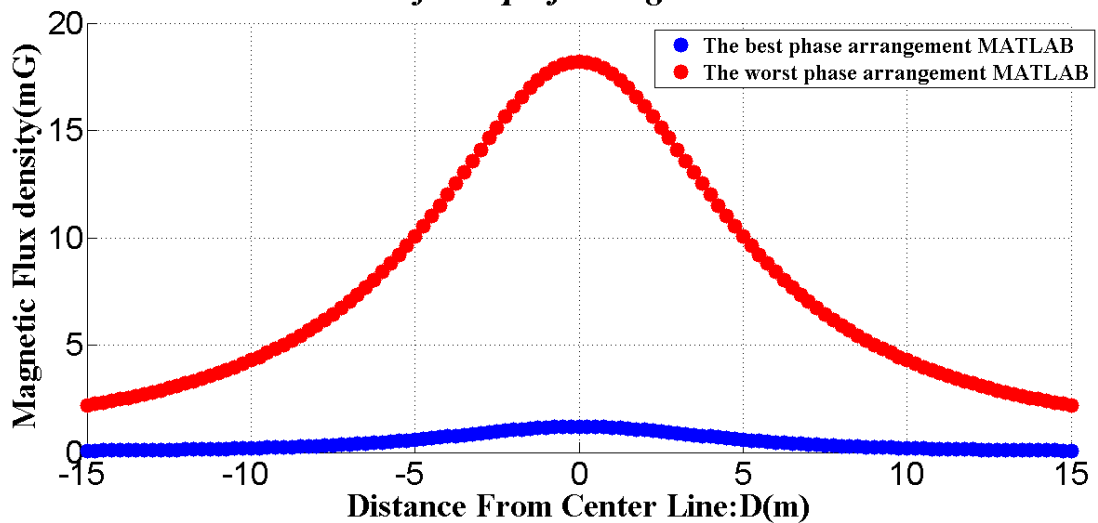


- รูปที่ 4.17ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 1
- รูปที่ 4.17ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 2
- รูปที่ 4.17ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 3
- รูปที่ 4.17ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 4
- รูปที่ 4.17จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 5
- รูปที่ 4.17ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 6

จากรูปที่ 4.17ก-4.17ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบ มีค่าเท่ากัน

4.2.5 18 ท่อ 1-CKT.Bundled

**Comparison Magnetic Field approximation(One Meter Above Ground)
69&115kV UG Cable for Pipe-jacking 18 Ducts 1-CKT Bundled**

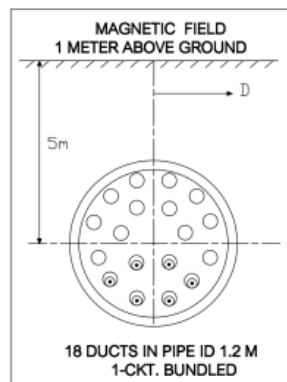


รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled

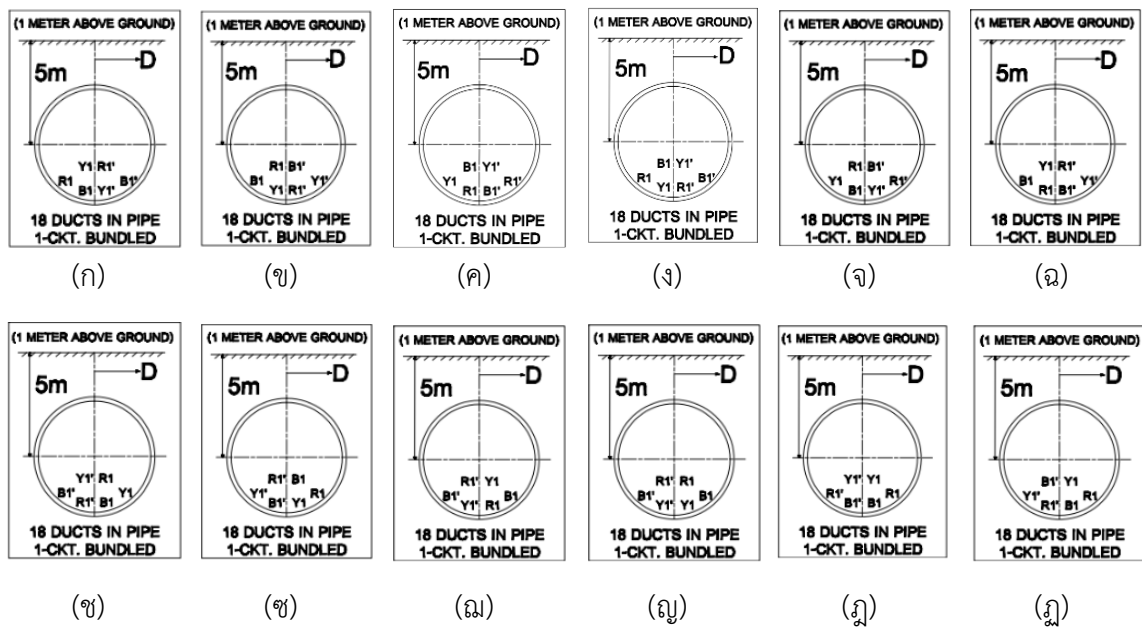
จากรูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 18.2 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 1.204 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.2.5.1 รูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.19 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด



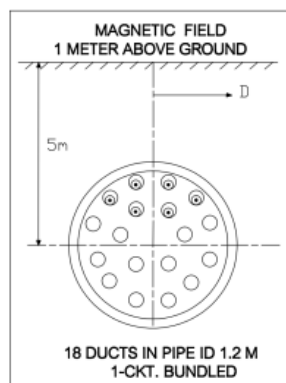
- รูปที่ 4.19ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.19ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.19ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.19ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 4

- รูปที่ 4.19จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.19ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 6
- รูปที่ 4.19ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 1
- รูปที่ 4.19ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 2
- รูปที่ 4.19ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 3
- รูปที่ 4.19ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 4
- รูปที่ 4.19ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 5
- รูปที่ 4.19ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 6

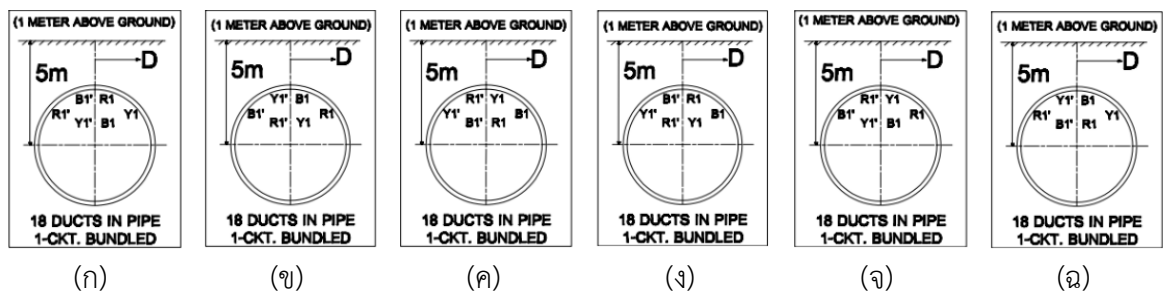
จากรูปที่ 4.19ก-4.19ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

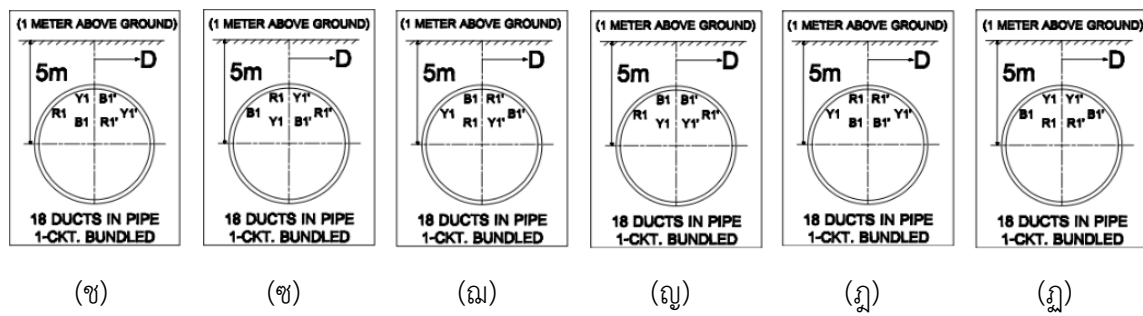
4.2.5.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.20 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



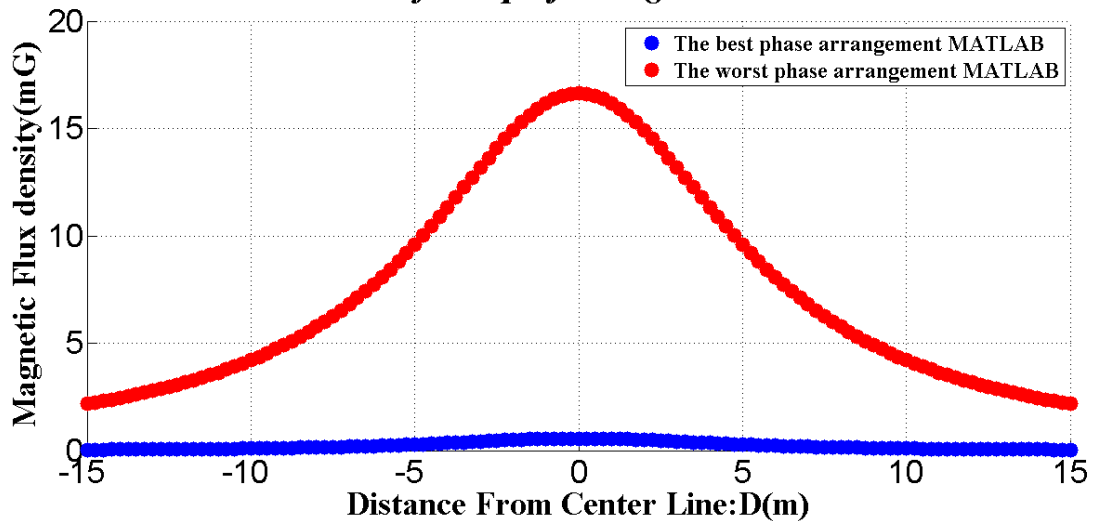


- รูปที่ 4.20ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
 รูปที่ 4.20ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
 รูปที่ 4.20ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
 รูปที่ 4.20ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4
 รูปที่ 4.20จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5
 รูปที่ 4.20ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6
 รูปที่ 4.20ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 1
 รูปที่ 4.20ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 2
 รูปที่ 4.20ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 3
 รูปที่ 4.20ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 4
 รูปที่ 4.20ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 5
 รูปที่ 4.20ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 6

จากรูปที่ 4.20ก-4.20ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.2.6 18 ท่อ 2-CKT.Bundled

**Comparison Magnetic Field approximation(One Meter Above Ground)
69&115kV UG Cable for Pipe-jacking 18 Ducts 2-CKT Bundled**

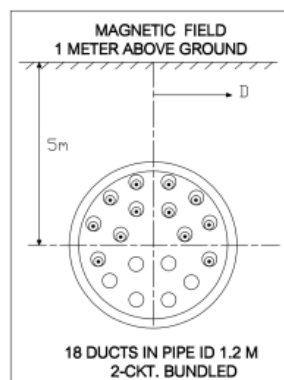


รูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled

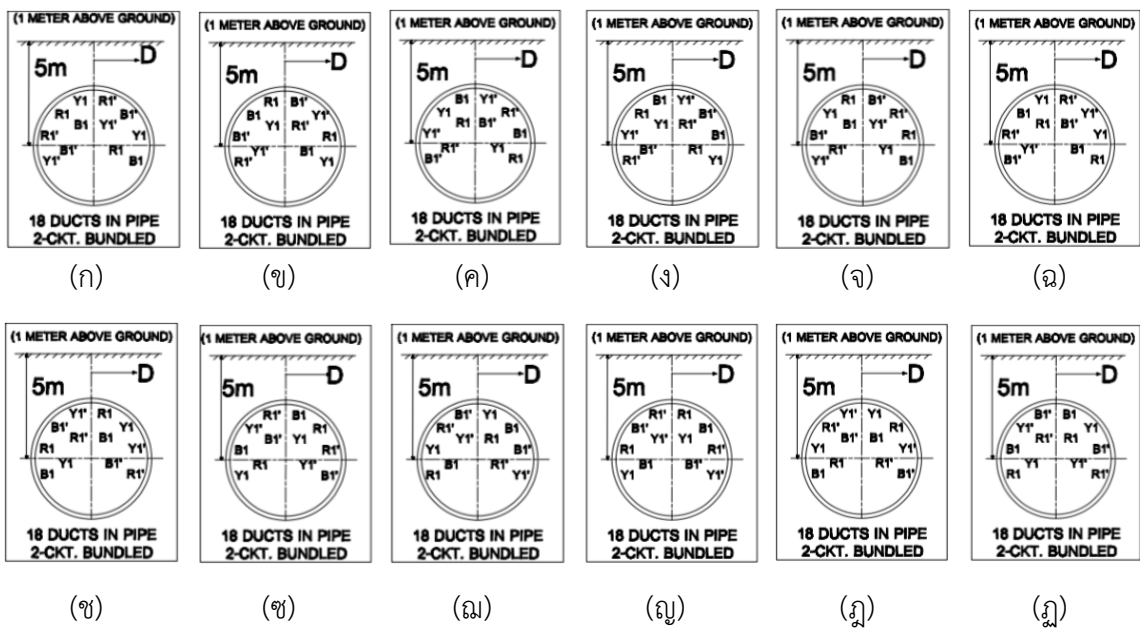
จากรูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 16.65 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 0.5604 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.2.6.1 รูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.22 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด

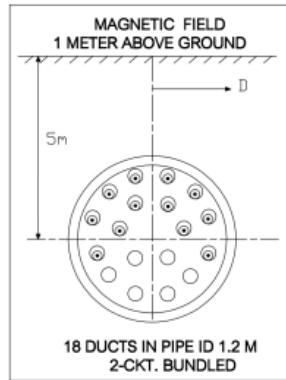


รูปที่ 4.22ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
 รูปที่ 4.22ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
 รูปที่ 4.22ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
 รูปที่ 4.22ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4
 รูปที่ 4.22จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5
 รูปที่ 4.22ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6
 รูปที่ 4.22ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 1
 รูปที่ 4.22ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 2
 รูปที่ 4.22ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 3
 รูปที่ 4.22ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 4
 รูปที่ 4.22ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 5
 รูปที่ 4.22ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 6

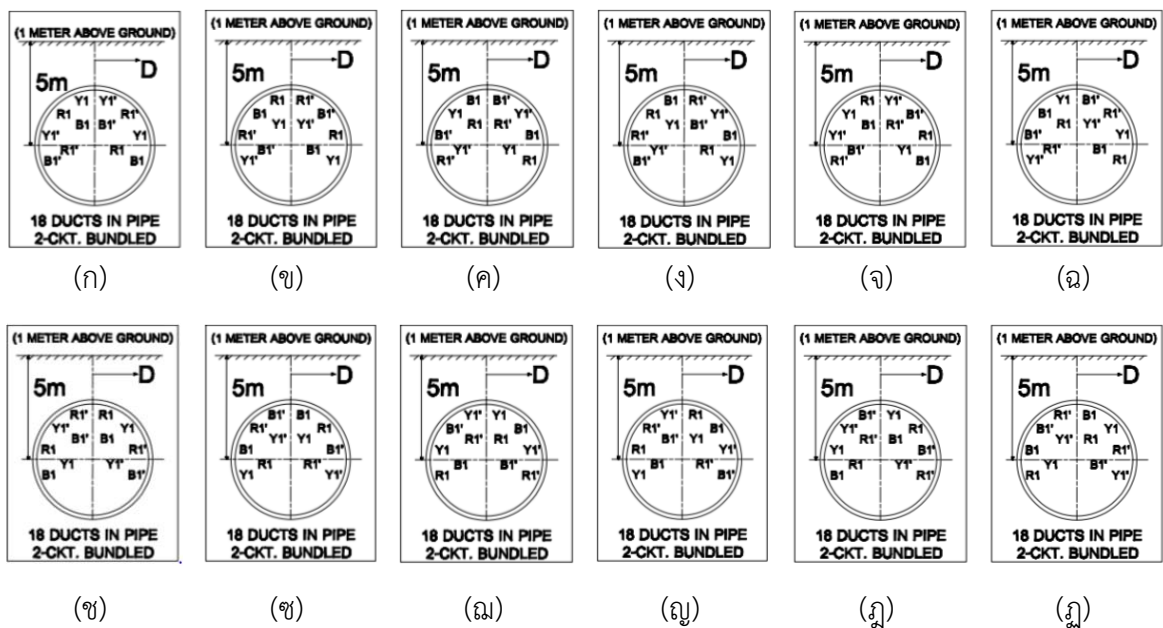
จากรูปที่ 4.22ก-4.22ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.2.6.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.23 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



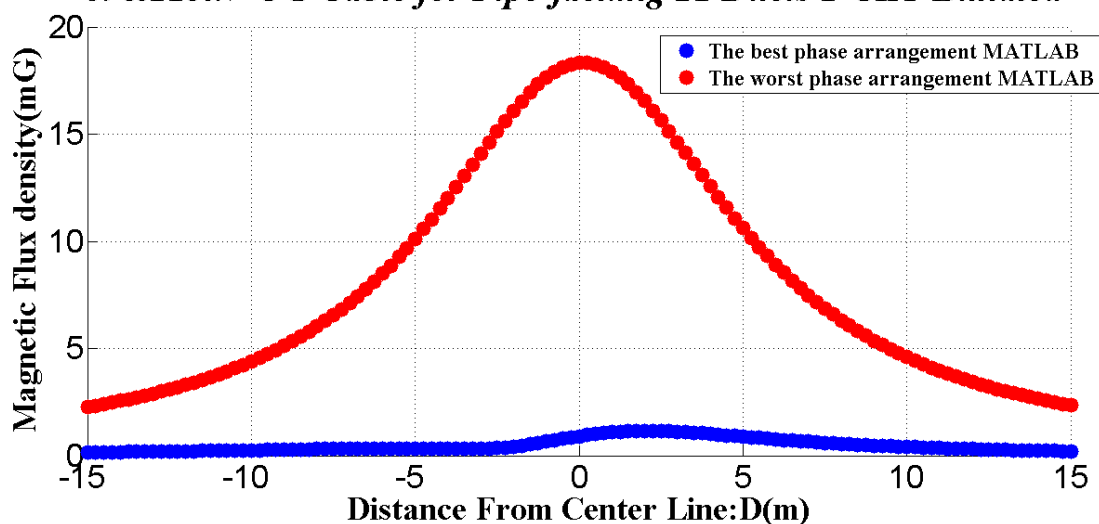
- รูปที่ 4.23ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.23ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.23ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.23ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4
- รูปที่ 4.23จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5
- รูปที่ 4.23ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6
- รูปที่ 4.23ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 1

- รูปที่ 4.23ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 2
 รูปที่ 4.23ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 3
 รูปที่ 4.23ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 4
 รูปที่ 4.23ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 5
 รูปที่ 4.23ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 6

จากรูปที่ 4.23ก-4.23ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.2.7 21 ท่อ 1-CKT.Bundled

Comparison Magnetic Field approximation(One Meter Above Ground) 69&115kV UG Cable for Pipe-jacking 21 Ducts 1-CKT Bundled

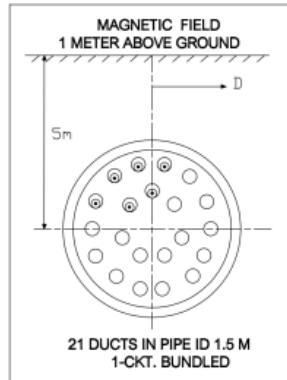


รูปที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled

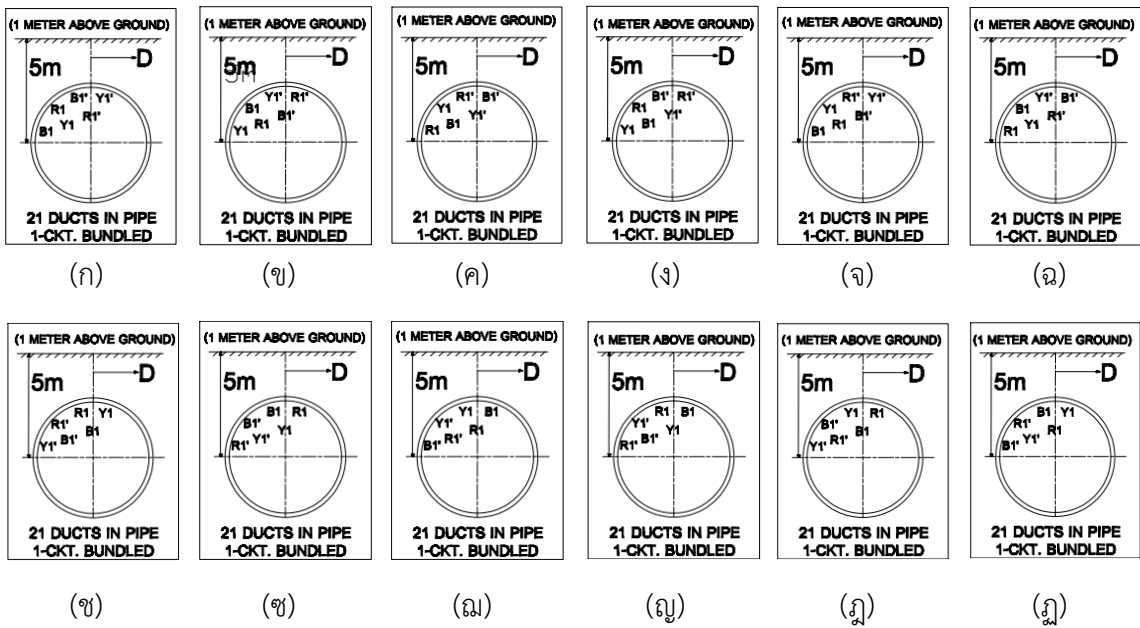
จากรูปที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 18.31 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 0.9039 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.2.7.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.25 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด

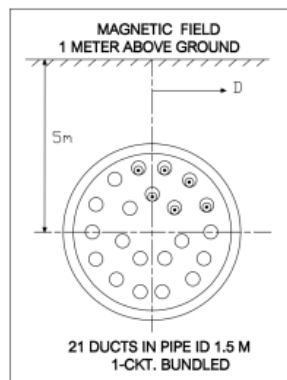


- รูปที่ 4.25ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.25ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.25ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.25ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4
- รูปที่ 4.25จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5
- รูปที่ 4.25ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6
- รูปที่ 4.25ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 1

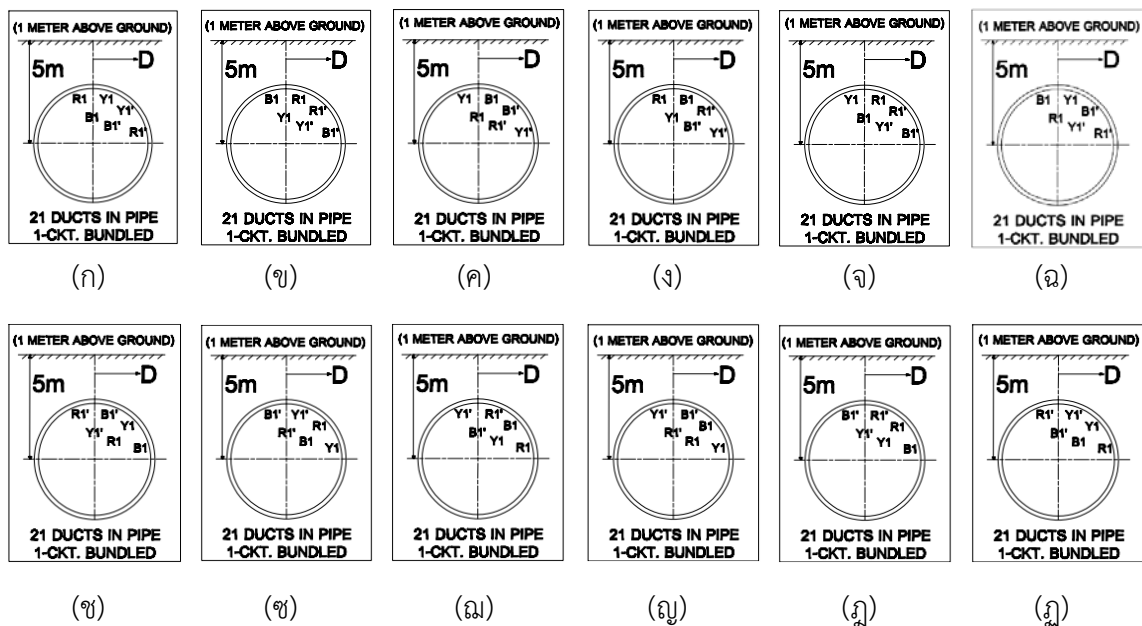
- รูปที่ 4.25ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 2
- รูปที่ 4.25ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 3
- รูปที่ 4.25ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 4
- รูปที่ 4.25ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 5
- รูปที่ 4.25ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 6

จากรูปที่ 4.25ก-4.25ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.26 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด

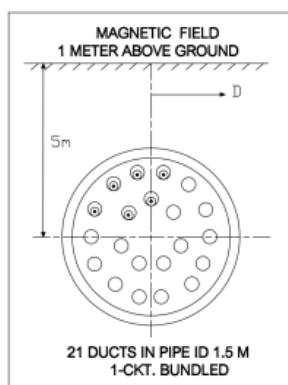


- รูปที่ 4.26ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 1
- รูปที่ 4.26ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.26ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 3
- รูปที่ 4.26ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.26จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.26ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 6
- รูปที่ 4.26ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 1
- รูปที่ 4.26ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 2
- รูปที่ 4.26ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 3
- รูปที่ 4.26ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 4
- รูปที่ 4.26ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 5
- รูปที่ 4.26ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 6

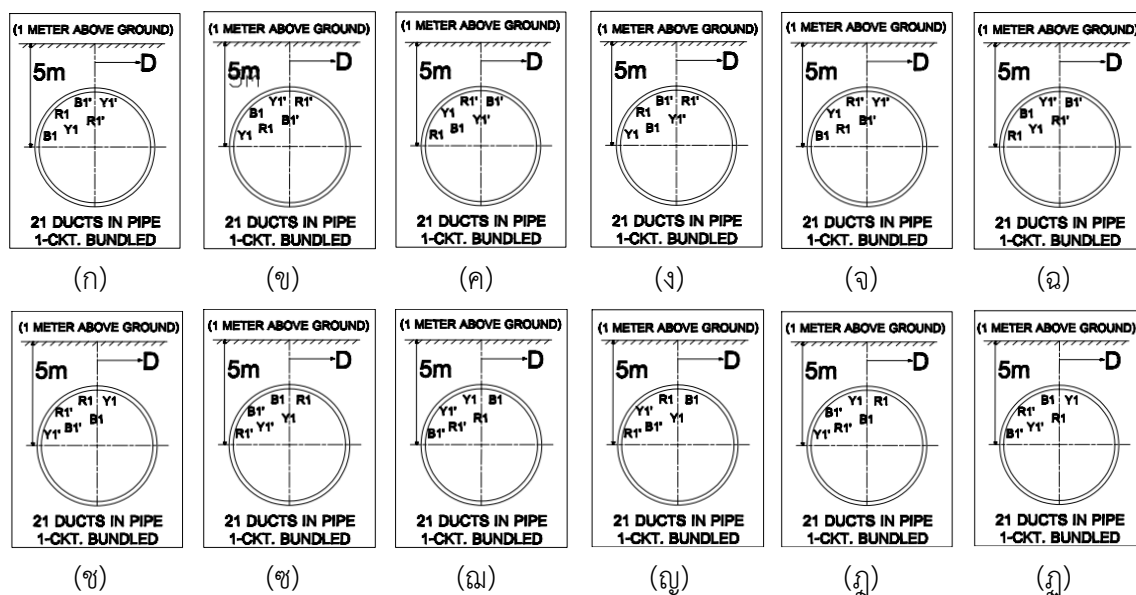
จากรูปที่ 4.26ก-4.26ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.2.7.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



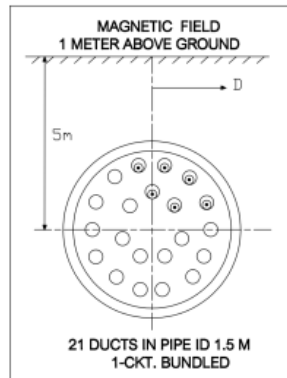
รูปที่ 4.27 แสดงการจัดวางตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



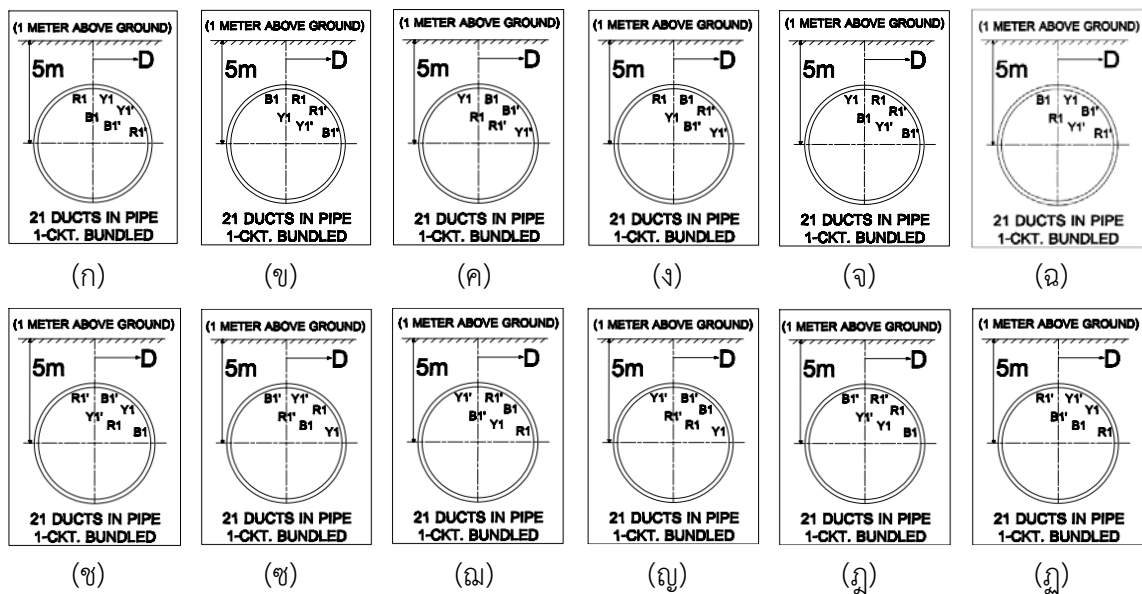
- รูปที่ 4.27ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
 รูปที่ 4.27ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
 รูปที่ 4.27ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
 รูปที่ 4.27ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4
 รูปที่ 4.27จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5
 รูปที่ 4.27ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6
 รูปที่ 4.27ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 1
 รูปที่ 4.27ฐ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 2
 รูปที่ 4.27ฒ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 3
 รูปที่ 4.27ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 4
 รูปที่ 4.27ม การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 5
 รูปที่ 4.27ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 6

จากรูปที่ 4.27ก-4.27ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.28 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



- รูปที่ 4.28ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 1
- รูปที่ 4.28ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.28ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 3
- รูปที่ 4.28ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.28จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.28ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 6
- รูปที่ 4.28ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 1
- รูปที่ 4.28ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 2
- รูปที่ 4.28ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 3

รูปที่ 4.28ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 4

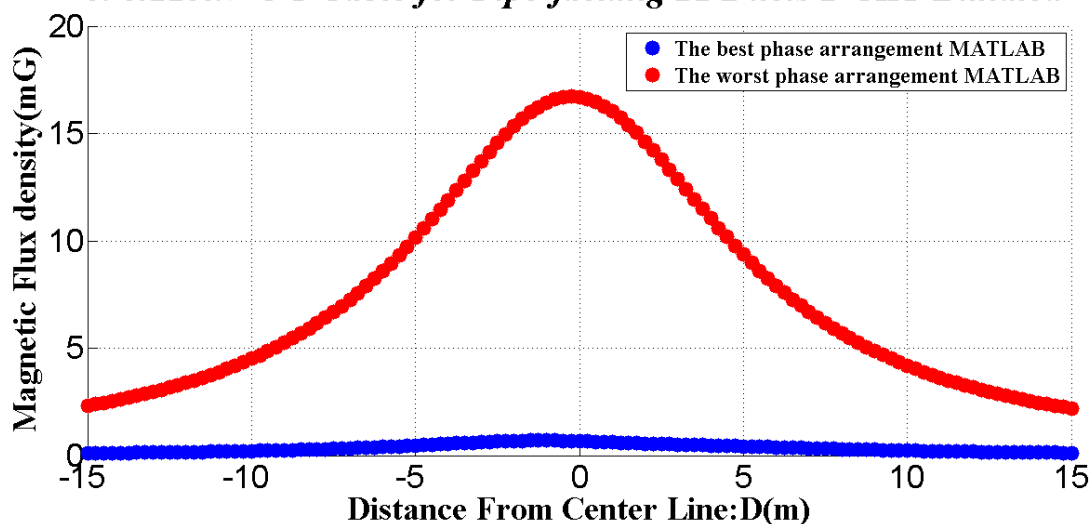
รูปที่ 4.28ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 5

รูปที่ 4.28ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 6

จากรูปที่ 4.28ก-4.28ญ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.2.8 21 ท่อ 2-CKT.Bundled

Comparison Magnetic Field approximation(One Meter Above Ground) 69&115kV UG Cable for Pipe-jacking 21 Ducts 2-CKT Bundled

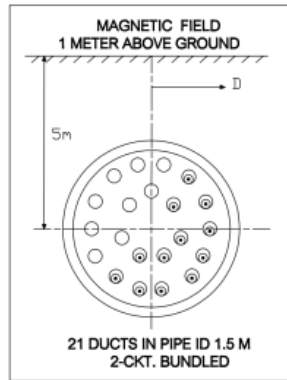


รูปที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled

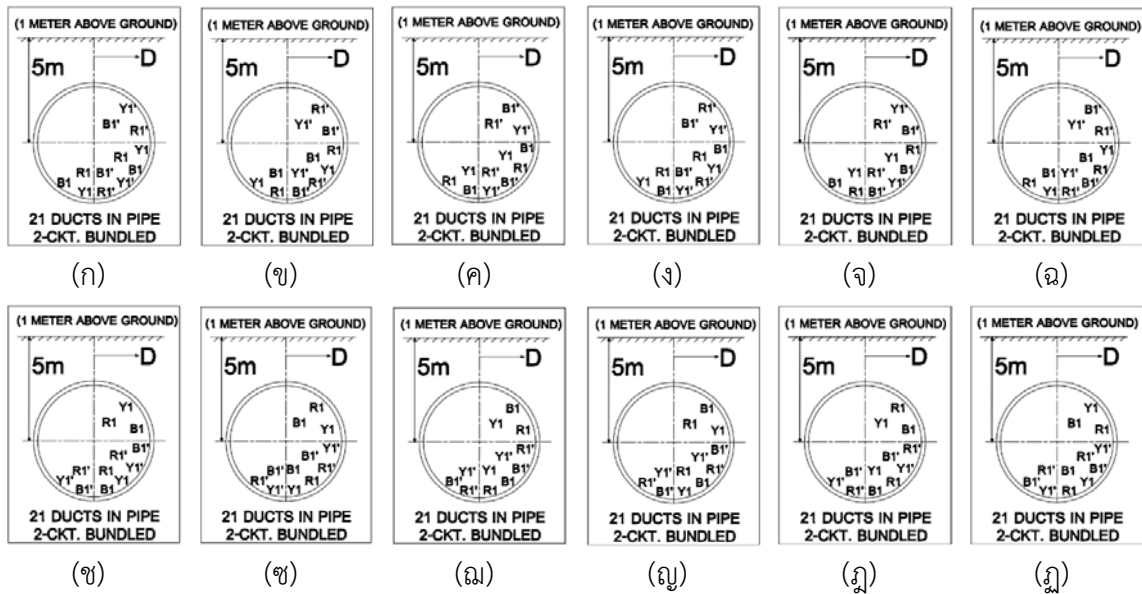
จากรูปที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 16.69 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 0.6733 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.2.8.1 รูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กล้นน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.30 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กล้นน้อยที่สุด



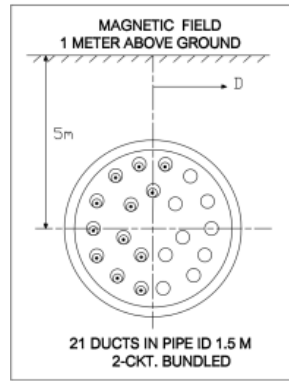
- รูปที่ 4.30ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 1
- รูปที่ 4.30ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 2
- รูปที่ 4.30ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 3
- รูปที่ 4.30ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 4
- รูปที่ 4.30จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 5
- รูปที่ 4.30ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 6
- รูปที่ 4.30ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 1

- รูปที่ 4.30ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 2
- รูปที่ 4.30ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 3
- รูปที่ 4.30ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 4
- รูปที่ 4.30ด การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 5
- รูปที่ 4.30ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 6

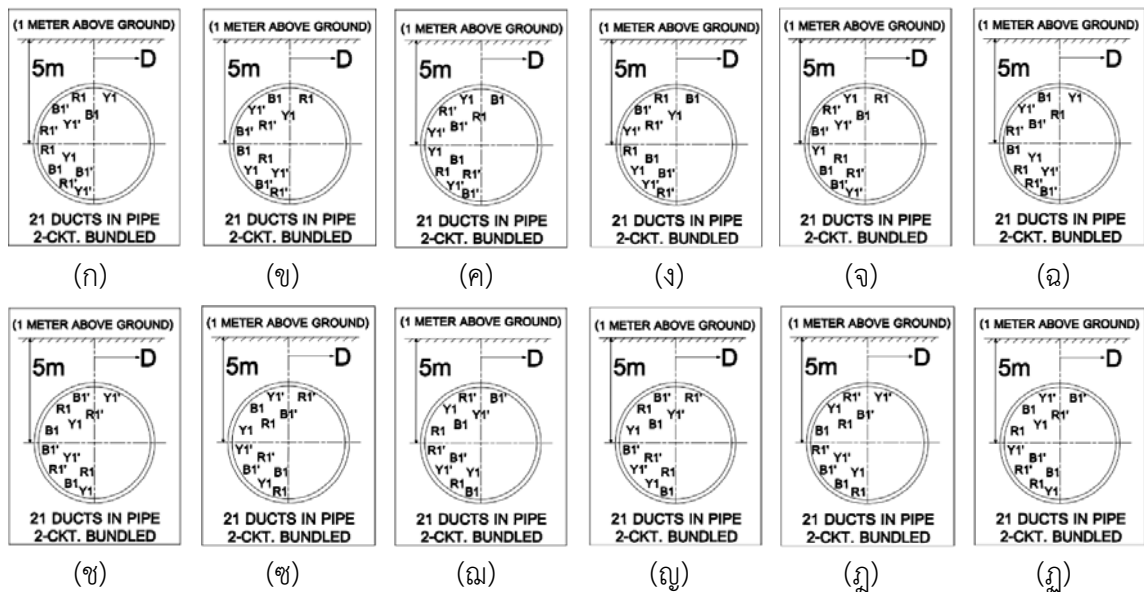
จากรูปที่ 4.30ก-4.30ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.2.8.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



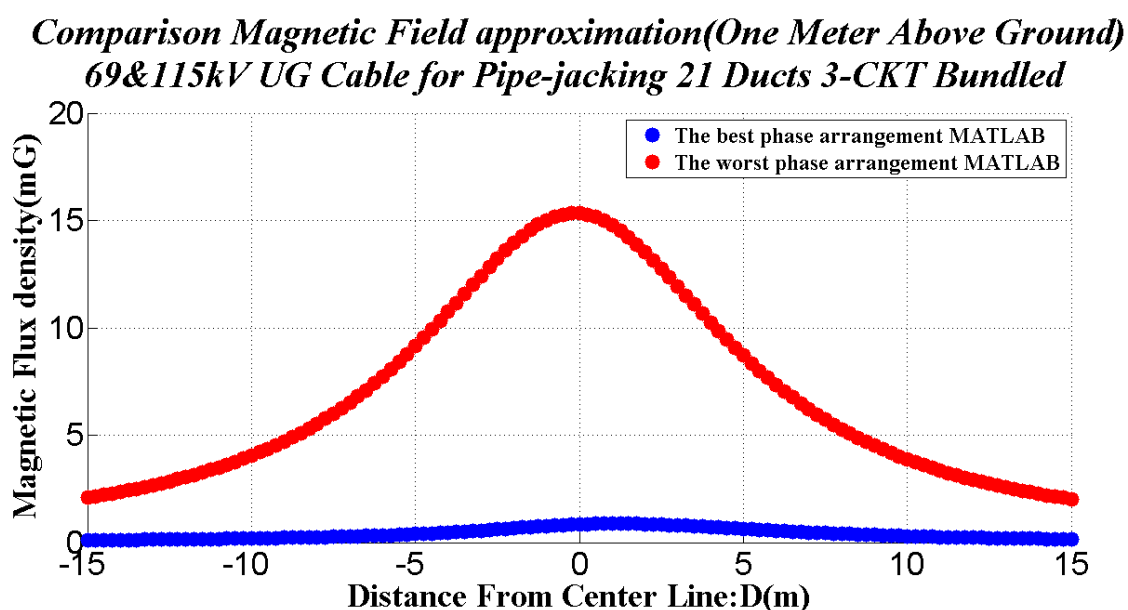
รูปที่ 4.31 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



- รูปที่ 4.31ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 1
 รูปที่ 4.31ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 2
 รูปที่ 4.31ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 3
 รูปที่ 4.31ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 4
 รูปที่ 4.31จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 5
 รูปที่ 4.31ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 6
 รูปที่ 4.31ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 1
 รูปที่ 4.31ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 2
 รูปที่ 4.31ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 3
 รูปที่ 4.31ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 4
 รูปที่ 4.31ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 5
 รูปที่ 4.31ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 6

จากรูปที่ 4.31ก-4.31ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.2.9 21 ท่อ 3-CKT.Bundled

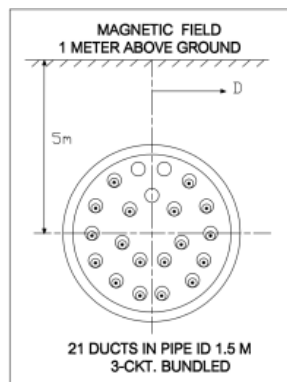


รูปที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled

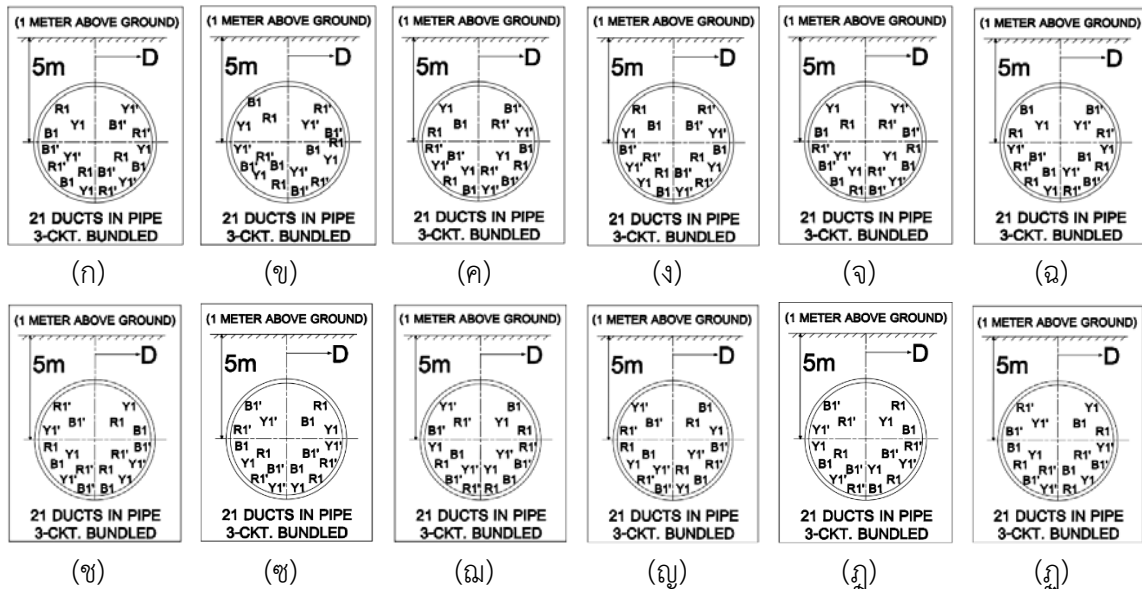
จากรูปที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 15.33 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 0.8476 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.2.9.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.33 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด



รูปที่ 4.33ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 1

รูปที่ 4.33ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 2

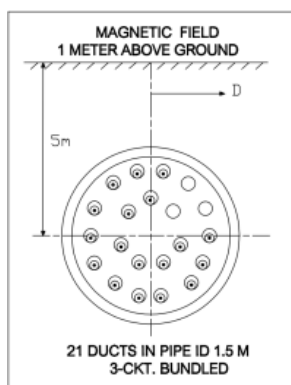
รูปที่ 4.33ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 3

- รูปที่ 4.33ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.33จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.33ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 6
- รูปที่ 4.33ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 1
- รูปที่ 4.33ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 2
- รูปที่ 4.33ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 3
- รูปที่ 4.33ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 4
- รูปที่ 4.33ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 5
- รูปที่ 4.33ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 6

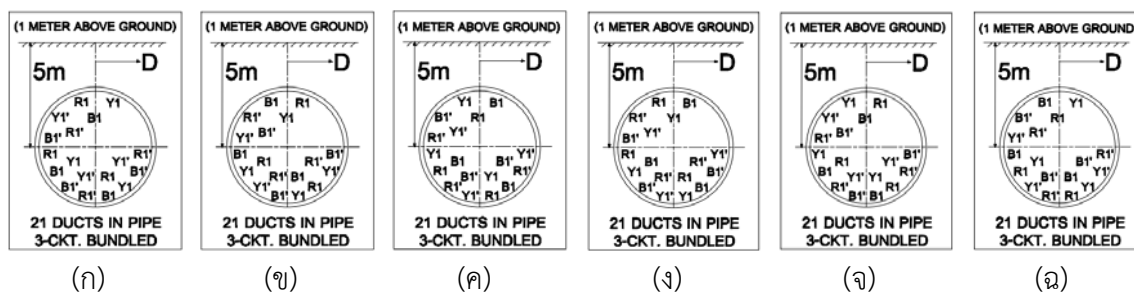
จากรูปที่ 4.33ก-4.33ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

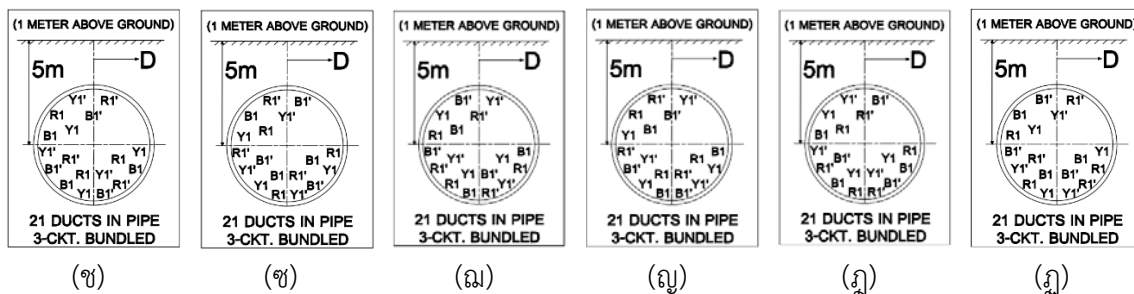
4.2.9.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.34 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



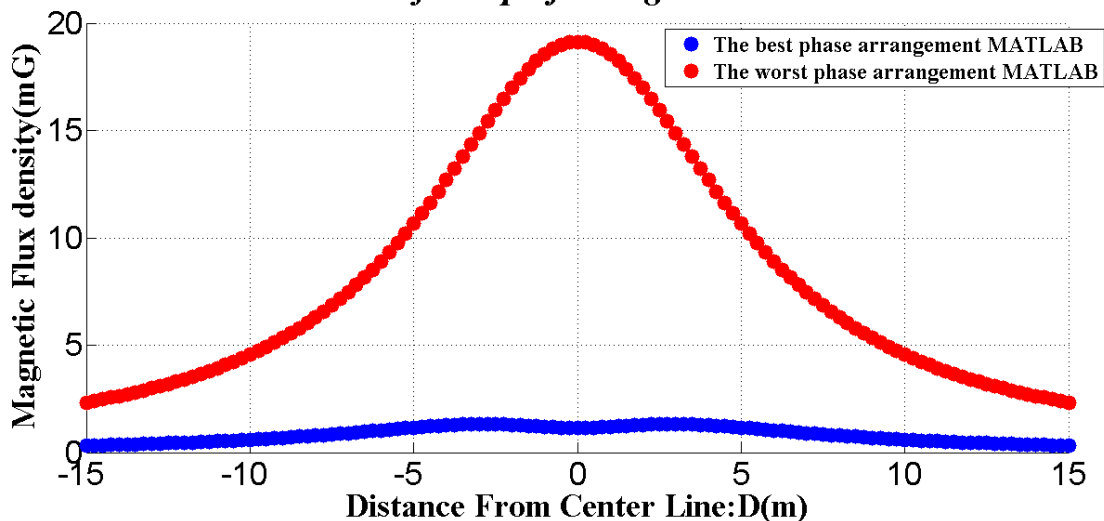


- รูปที่ 4.34ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 1
- รูปที่ 4.34ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 2
- รูปที่ 4.34ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 3
- รูปที่ 4.34ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 4
- รูปที่ 4.34จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 5
- รูปที่ 4.34ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 6
- รูปที่ 4.34ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 1
- รูปที่ 4.34ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 2
- รูปที่ 4.34ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 3
- รูปที่ 4.34ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 4
- รูปที่ 4.34ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 5
- รูปที่ 4.34ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 6

จากรูปที่ 4.34ก-4.34ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.2.10 24 ท่อ 1-CKT.Bundled

**Comparison Magnetic Field approximation(One Meter Above Ground)
69&115kV UG Cable for Pipe-jacking 24 Ducts 1-CKT Bundled**

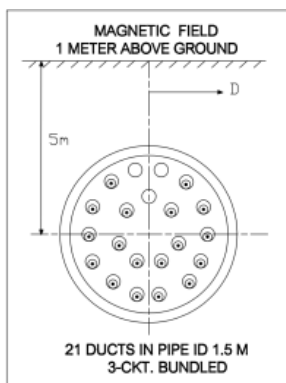


รูปที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled

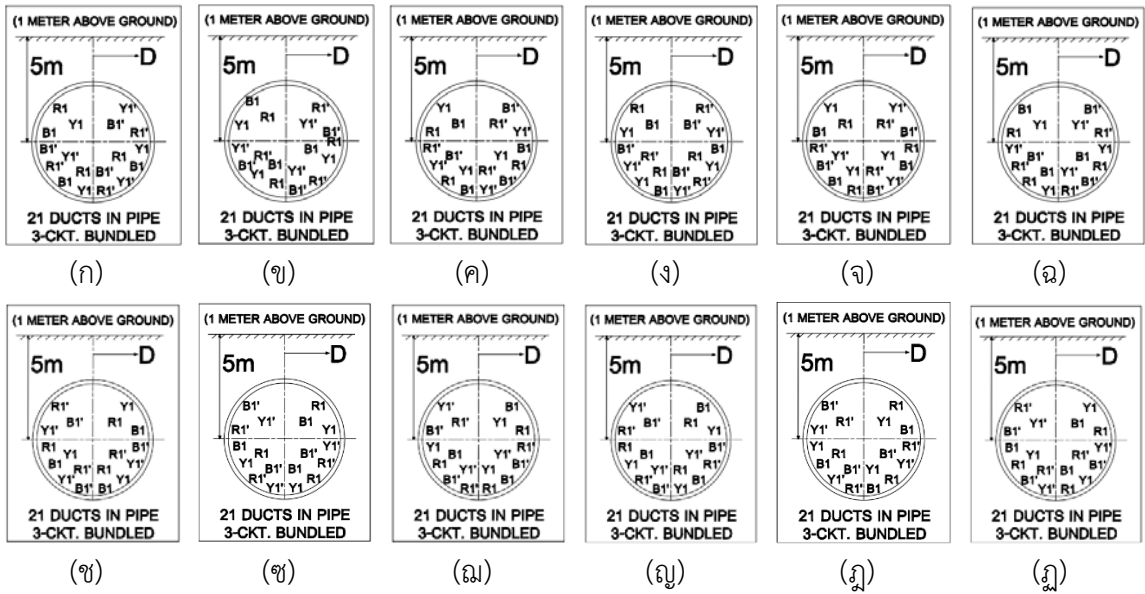
จากรูปที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 19.13 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 1.143 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.2.10.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.36 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด

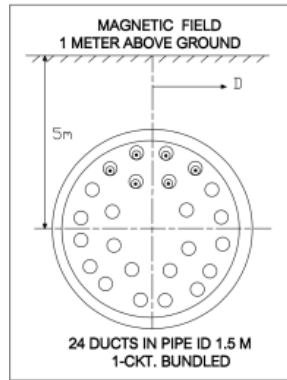


- รูปที่ 4.36ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.36ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.36ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.36ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.36จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.36ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 6
- รูปที่ 4.36ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 1
- รูปที่ 4.36ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 2
- รูปที่ 4.36ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 3
- รูปที่ 4.36ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 4
- รูปที่ 4.36ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 5
- รูปที่ 4.36ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 6

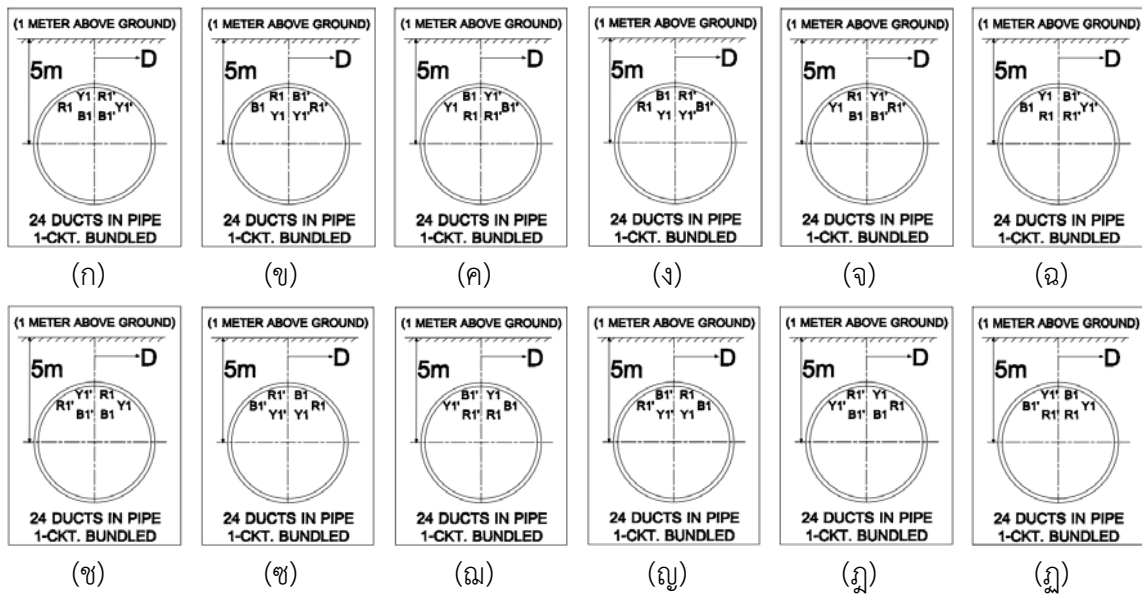
จากรูปที่ 4.36ก-4.36ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.2.9.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.37 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



รูปที่ 4.37ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 1

รูปที่ 4.37ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 2

รูปที่ 4.37ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 3

รูปที่ 4.37ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 4

รูปที่ 4.37จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 5

รูปที่ 4.37ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 6

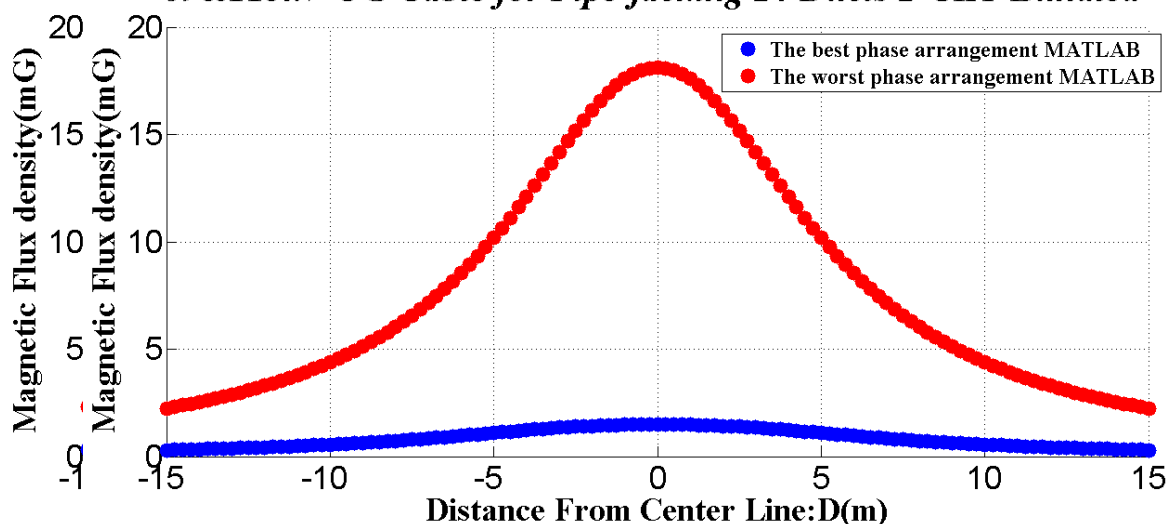
รูปที่ 4.37ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 1

- รูปที่ 4.37ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 2
 รูปที่ 4.37ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 3
 รูปที่ 4.37ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 4
 รูปที่ 4.37ด การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 5
 รูปที่ 4.37ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 6

จากรูปที่ 4.37ก-4.37ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.2.11 24 ท่อ 2-CKT.Bundled

Co Comparison Magnetic Field approximation(One Meter Above Ground) 69&115kV UG Cable for Pipe-jacking 24 Ducts 2-CKT Bundled

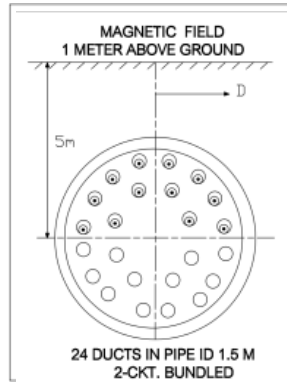


- รูปที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled

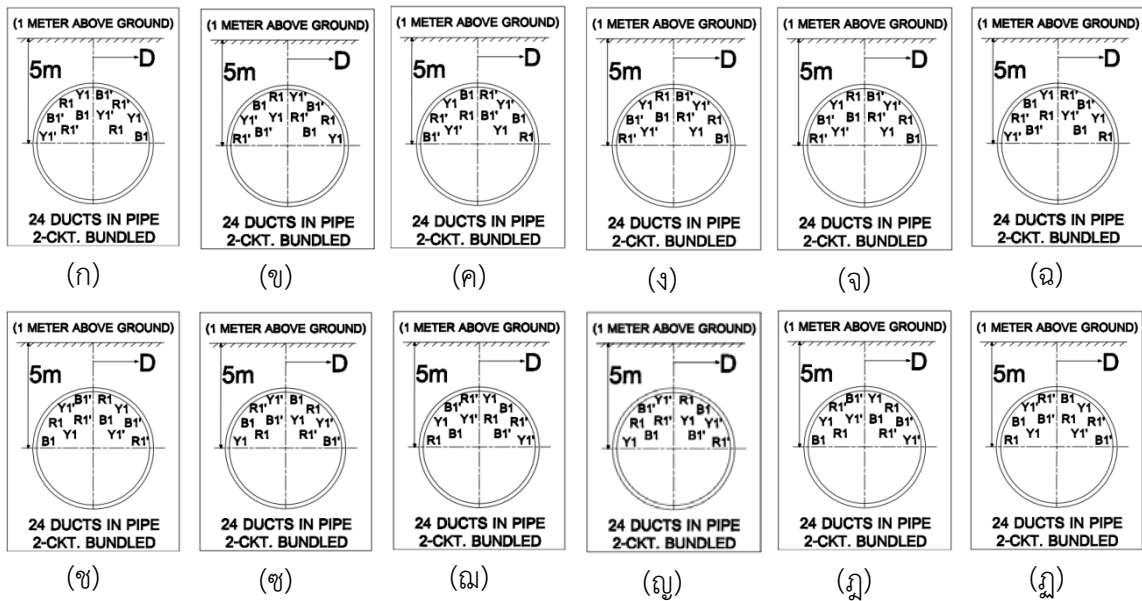
จากรูปที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 19.13 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 1.143 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.2.11.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.39 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด



รูปที่ 4.39ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 1

รูปที่ 4.39ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 2

รูปที่ 4.39ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 3

รูปที่ 4.39ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 4

รูปที่ 4.39จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 5

รูปที่ 4.39ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 6

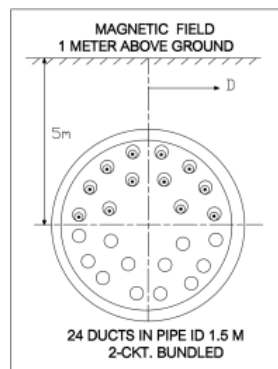
รูปที่ 4.39ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 1

- รูปที่ 4.39ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 2
- รูปที่ 4.39ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 3
- รูปที่ 4.39ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 4
- รูปที่ 4.39ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 5
- รูปที่ 4.39ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 6

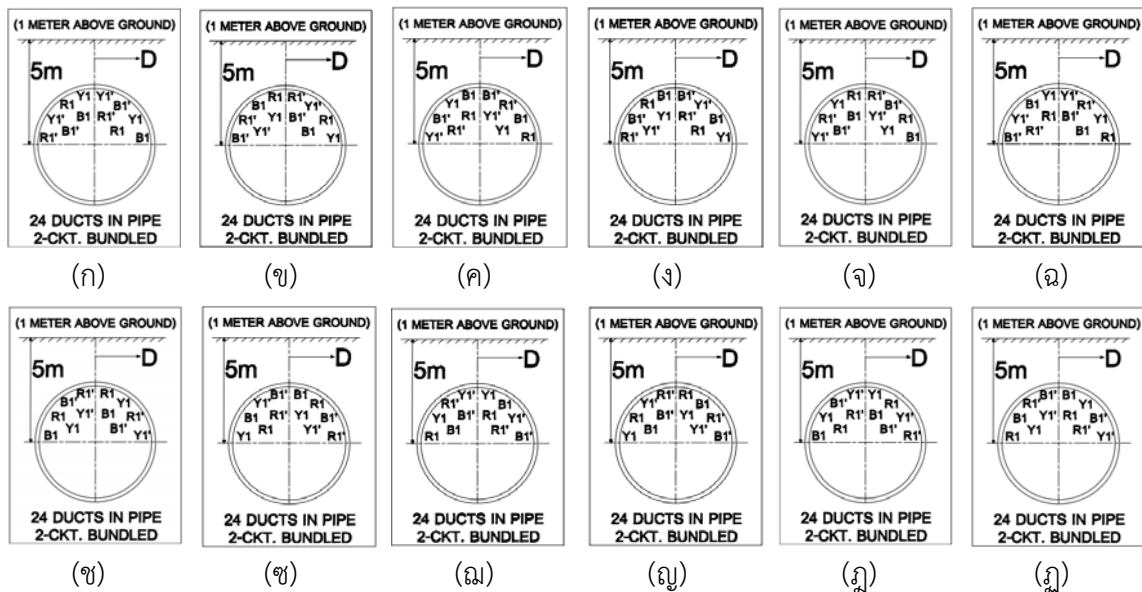
จากรูปที่ 4.39ก-4.39ฌ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.2.11.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



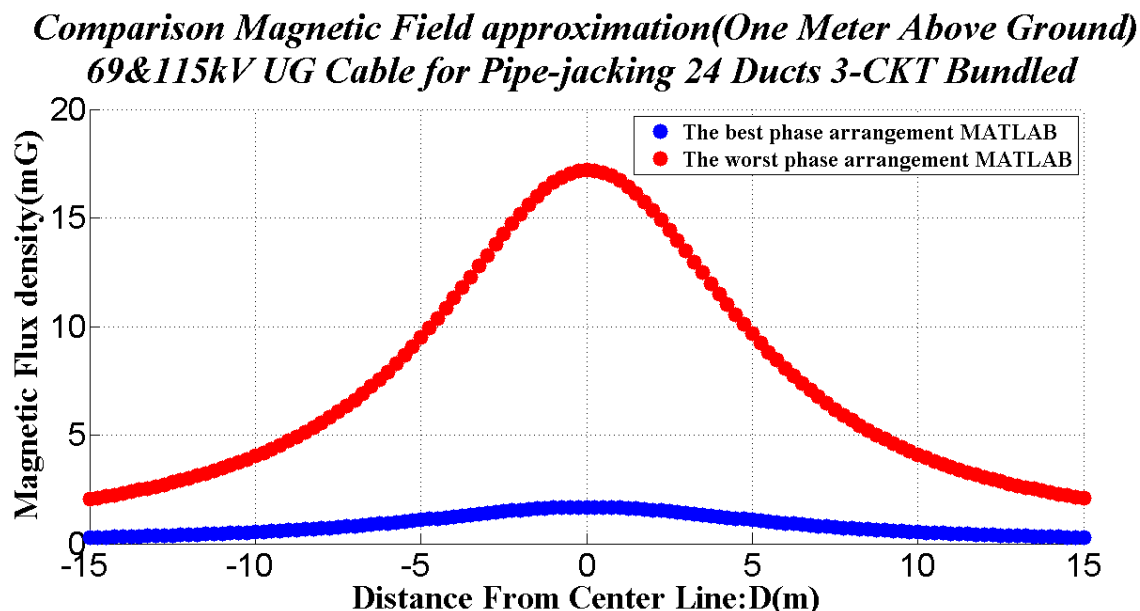
รูปที่ 4.40 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



- รูปที่ 4.40ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 1
 รูปที่ 4.40ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 2
 รูปที่ 4.40ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 3
 รูปที่ 4.40ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 4
 รูปที่ 4.40จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 5
 รูปที่ 4.40ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 6
 รูปที่ 4.40ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 1
 รูปที่ 4.40ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 2
 รูปที่ 4.40ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 3
 รูปที่ 4.40ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 4
 รูปที่ 4.40ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 5
 รูปที่ 4.40ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 6

จากรูปที่ 4.40ก-4.40ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.2.12 24 ท่อ 3-CKT.Bundled

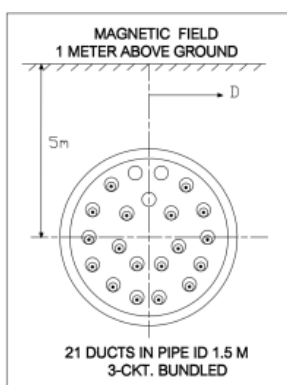


- รูปที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled

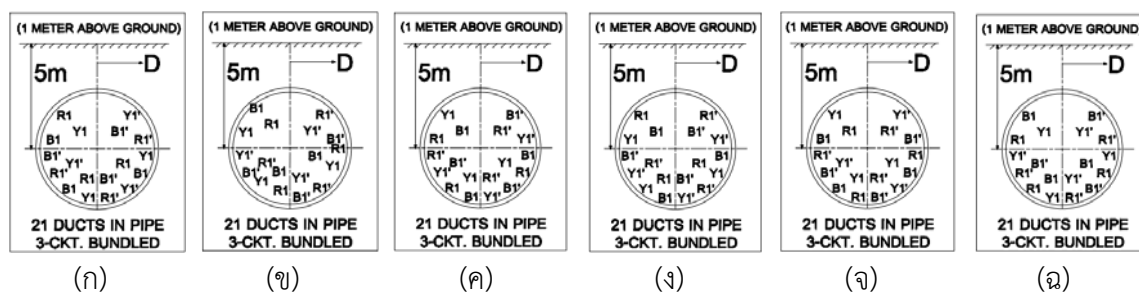
จากรูปที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 18.12 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด 1.493 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.2.12.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.42 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด



รูปที่ 4.42ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 1

รูปที่ 4.42ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 2

รูปที่ 4.42ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 3

รูปที่ 4.42ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 4

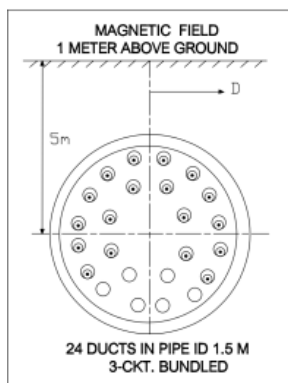
รูปที่ 4.42จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 5

รูปที่ 4.42ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 6

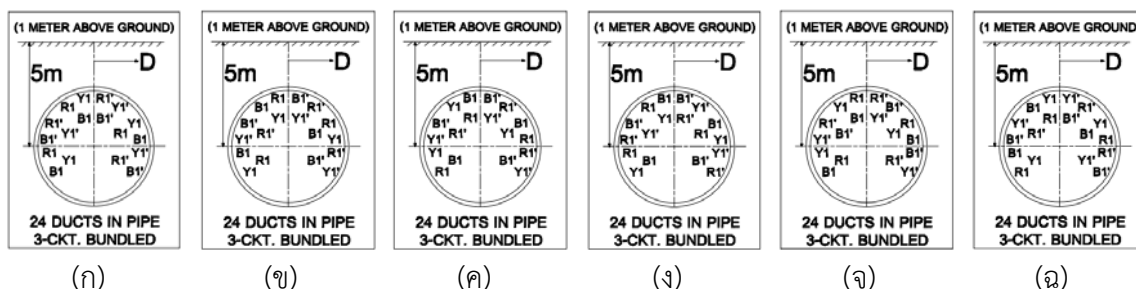
จากรูปที่ 4.42ก-4.42ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.2.12.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.43 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด

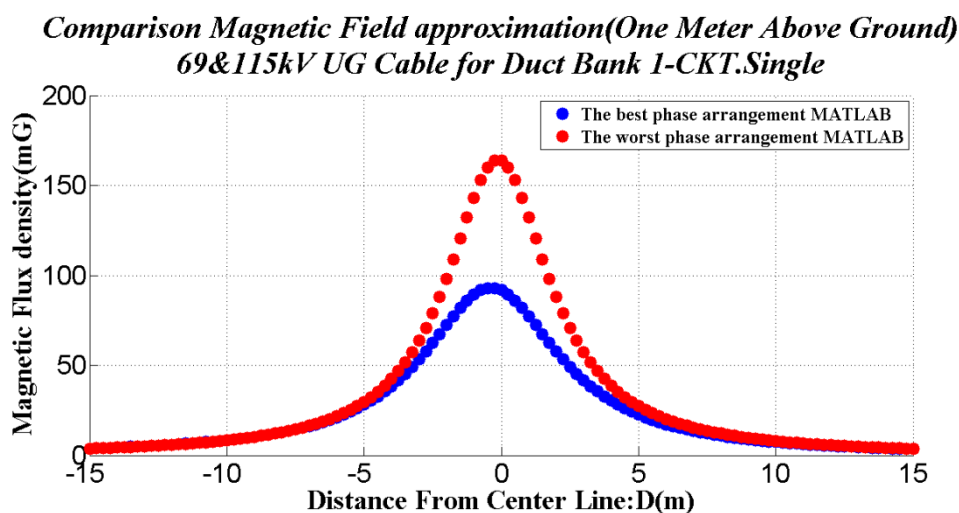


- รูปที่ 4.43ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case13-Type 1
- รูปที่ 4.43ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case13-Type 2
- รูปที่ 4.43ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case13-Type 3
- รูปที่ 4.43ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case13-Type 4
- รูปที่ 4.43จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case13-Type 5
- รูปที่ 4.43ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case13-Type 6

จากรูปที่ 4.43ก-4.43ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.3 ผลการเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กของสายส่งเคเบิลใต้ดินของรูปแบบ Duct Bank (4×6) ในโปรแกรม MATLAB

4.3.1 Duct Bank 1-CKT.Single

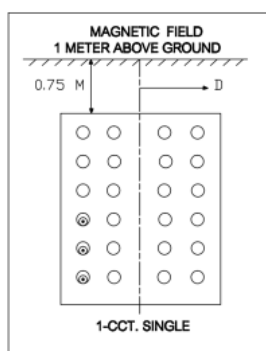


รูปที่ 4.44 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 1-CKT.Single

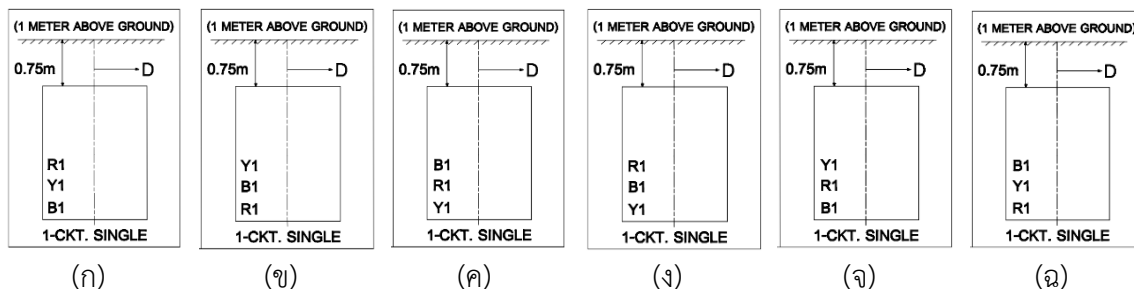
จากรูปที่ 4.44 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 164 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 91.81 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 1-CKT.Single โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.3.1.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



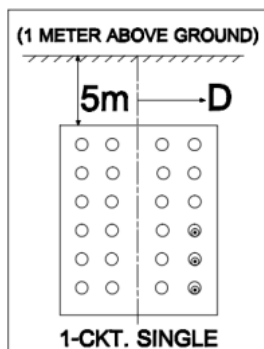
รูปที่ 4.45 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4×6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด



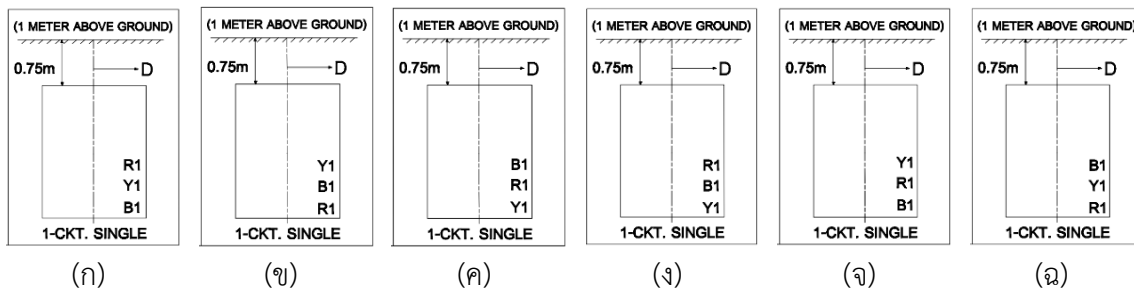
- รูปที่ 4.45ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.45ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.45ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.43ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.45จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.43ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 6

จากรูปที่ 4.45ก-4.45ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.46 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด

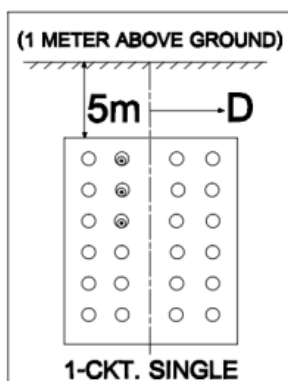


- รูปที่ 4.46ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.46ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.46ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.46ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 4
- รูปที่ 4.46จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 5
- รูปที่ 4.46ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 6

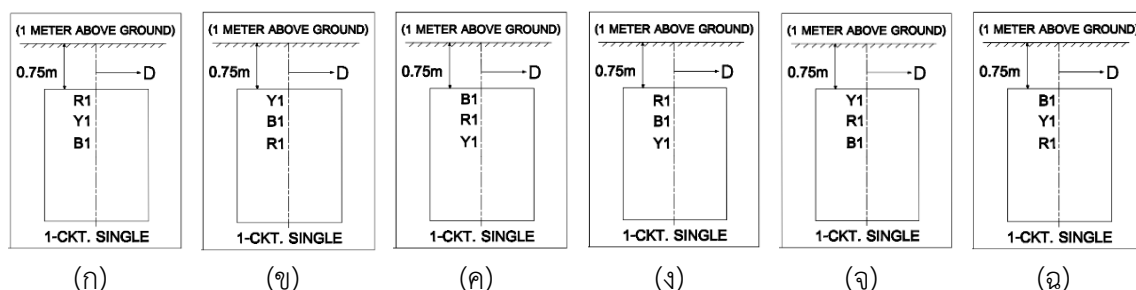
จากรูปที่ 4.46ก-4.46ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.3.1.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.47 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



- รูปที่ 4.47ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 1
- รูปที่ 4.47ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 2
- รูปที่ 4.47ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 3

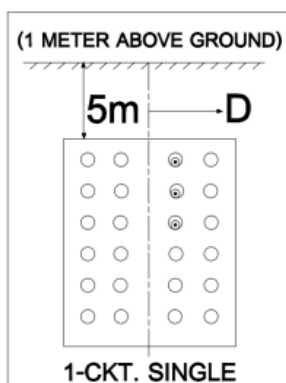
รูปที่ 4.47ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 4

รูปที่ 4.47จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 5

รูปที่ 4.47ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 6

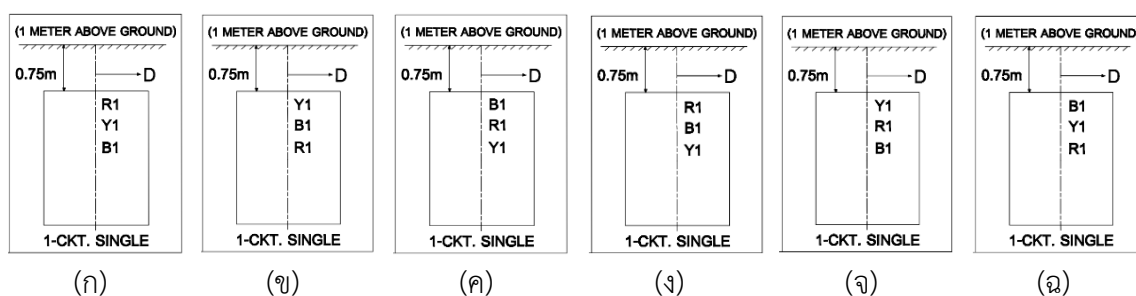
จากรูปที่ 4.47ก-4.47ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.48 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่า

สนามแม่เหล็กมากที่สุด



รูปที่ 4.48ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 1

รูปที่ 4.48ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 2

รูปที่ 4.48ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 3

รูปที่ 4.48ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 4

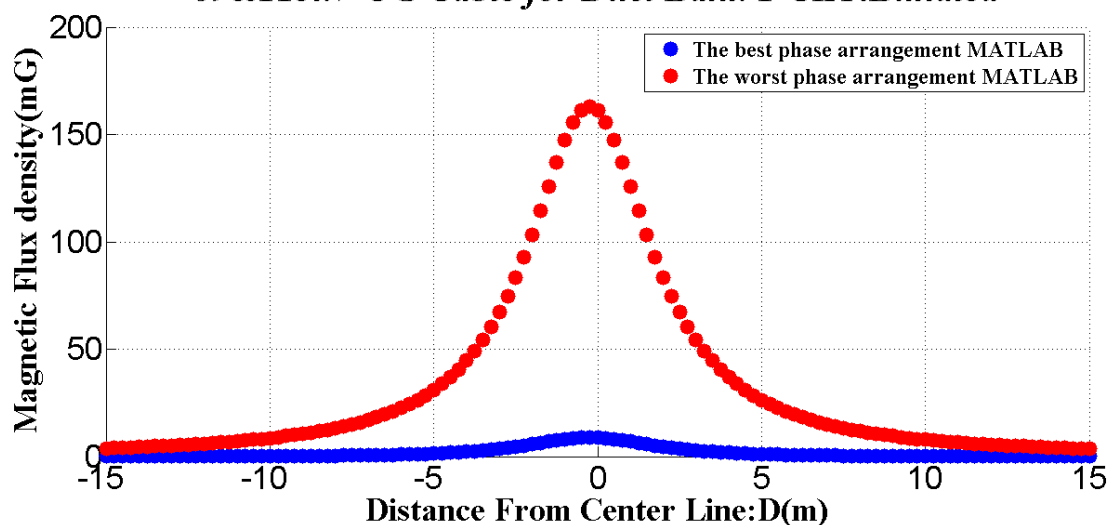
รูปที่ 4.48จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 5

รูปที่ 4.48ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 6

จากรูปที่ 4.48ก-4.48ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.3.2 Duct Bank 1-CKT.Bundled

Comparison Magnetic Field approximation(One Meter Above Ground) 69&115kV UG Cable for Duct Bank 1-CKT.Bundled

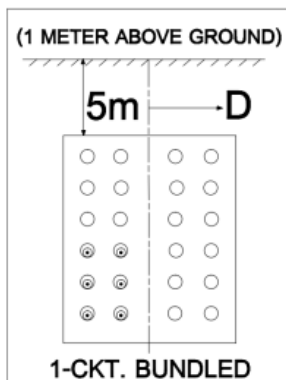


รูปที่ 4.49 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 1-CKT.Bundled

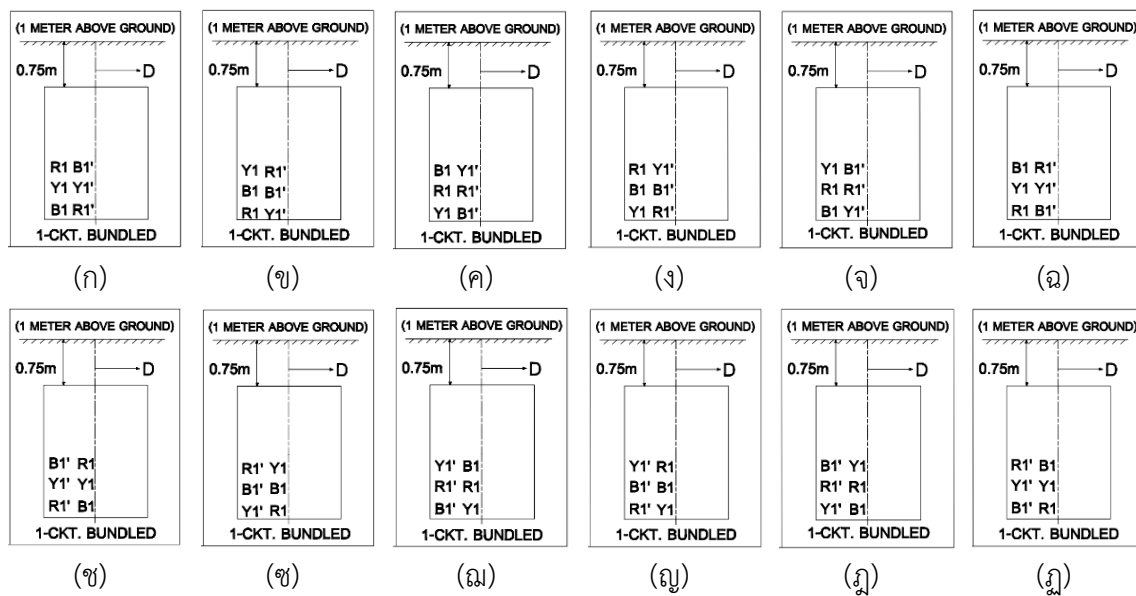
จากรูปที่ 4.49 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 161.2 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 8.695 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 1-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.3.2.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.50 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด

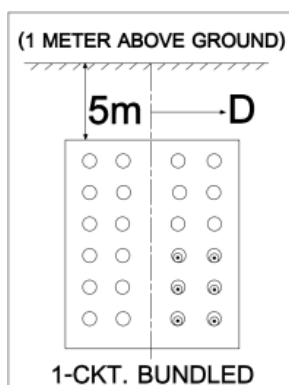


- รูปที่ 4.50ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.50ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.50ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.50ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.50จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.50ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 6
- รูปที่ 4.50ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 1

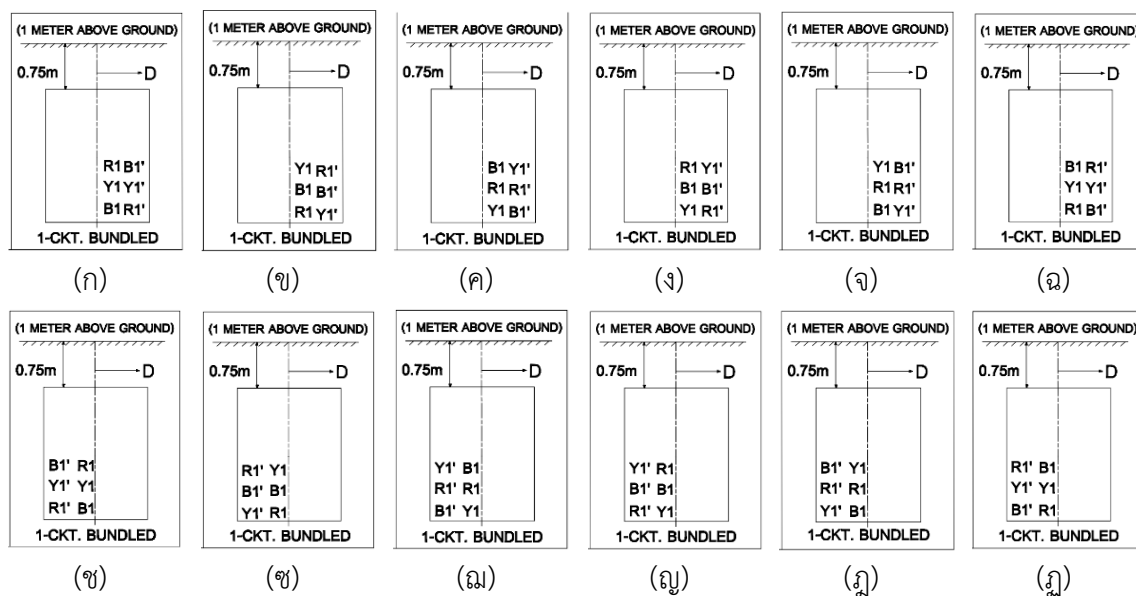
- รูปที่ 4.50ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.50ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 3
- รูปที่ 4.50ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.50ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.50ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 6

จากรูปที่ 4.50ก-4.50ฌ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.51 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด

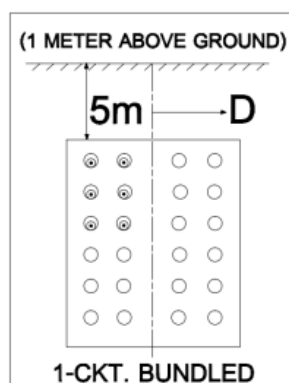


- รูปที่ 4.51ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 1
 รูปที่ 4.51ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 2
 รูปที่ 4.51ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 3
 รูปที่ 4.51ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 4
 รูปที่ 4.51จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 5
 รูปที่ 4.51ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 6
 รูปที่ 4.51ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case5-Type 1
 รูปที่ 4.51ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case5-Type 2
 รูปที่ 4.51ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case5-Type 3
 รูปที่ 4.51ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case5-Type 4
 รูปที่ 4.51ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case5-Type 5
 รูปที่ 4.51ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case5-Type 6

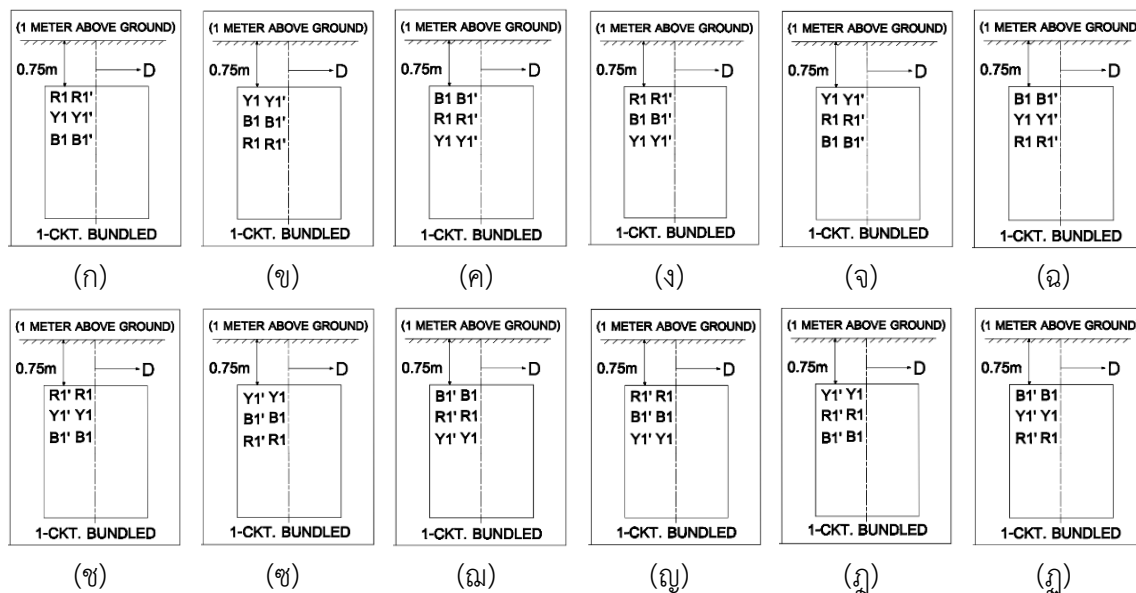
จากรูปที่ 4.51ก-4.51ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.3.1.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



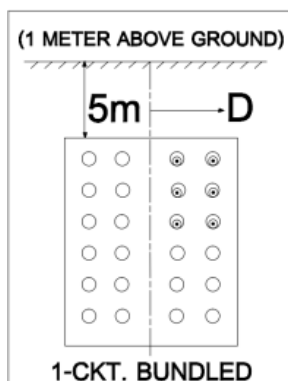
รูปที่ 4.52 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4×6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



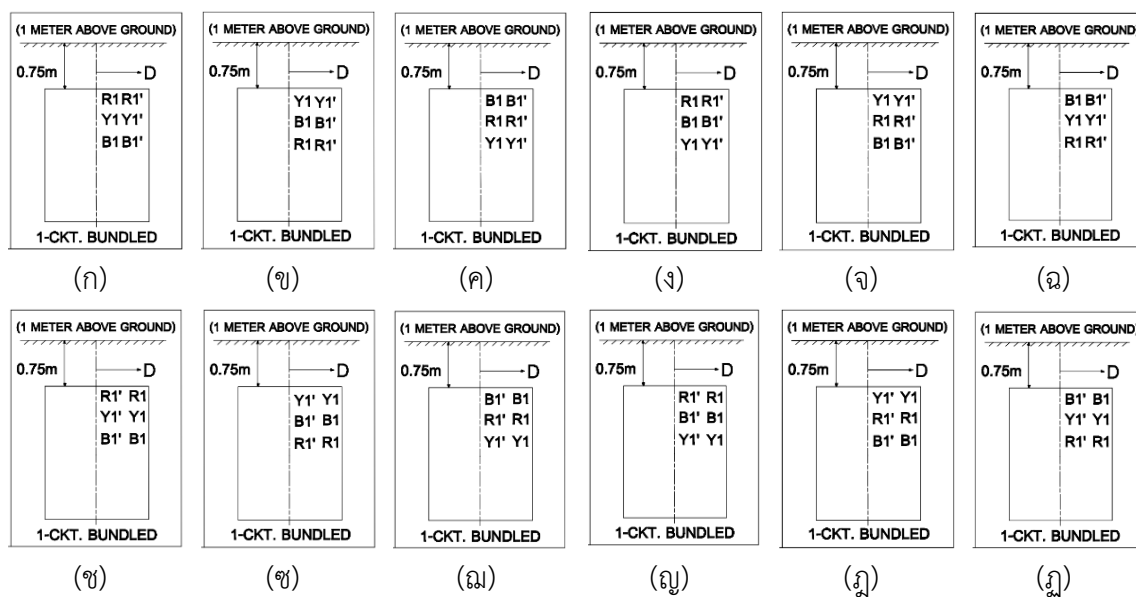
- รูปที่ 4.52ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 1
- รูปที่ 4.52ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.52ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 3
- รูปที่ 4.52ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 4
- รูปที่ 4.52จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 5
- รูปที่ 4.52ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 6
- รูปที่ 4.52ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 1
- รูปที่ 4.52ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 2
- รูปที่ 4.52ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 3
- รูปที่ 4.52ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 4
- รูปที่ 4.52ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 5
- รูปที่ 4.52ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 6

จากรูปที่ 4.52ก-4.52ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.53 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่า สนามแม่เหล็กมากที่สุด



รูปที่ 4.53ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 1

รูปที่ 4.53ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 2

รูปที่ 4.53ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 3

รูปที่ 4.53ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 4

รูปที่ 4.53จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 5

รูปที่ 4.53ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 6

รูปที่ 4.53ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 1

รูปที่ 4.53ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 2

รูปที่ 4.53ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 3

รูปที่ 4.53ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case8-Type 4

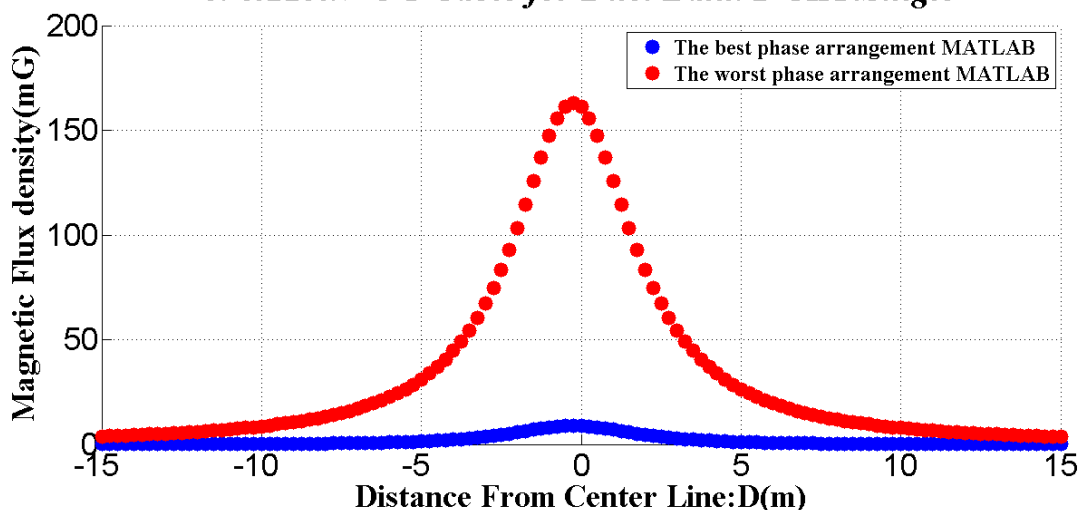
รูปที่ 4.53ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case8-Type 5

รูปที่ 4.53ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case8-Type 6

จากรูปที่ 4.53ก-4.53ญ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.3.3 Duct Bank 2-CKT.Single

Comparison Magnetic Field approximation(One Meter Above Ground) 69&115kV UG Cable for Duct Bank 2-CKT.Single

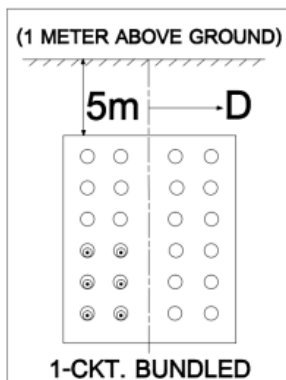


รูปที่ 4.54 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Single

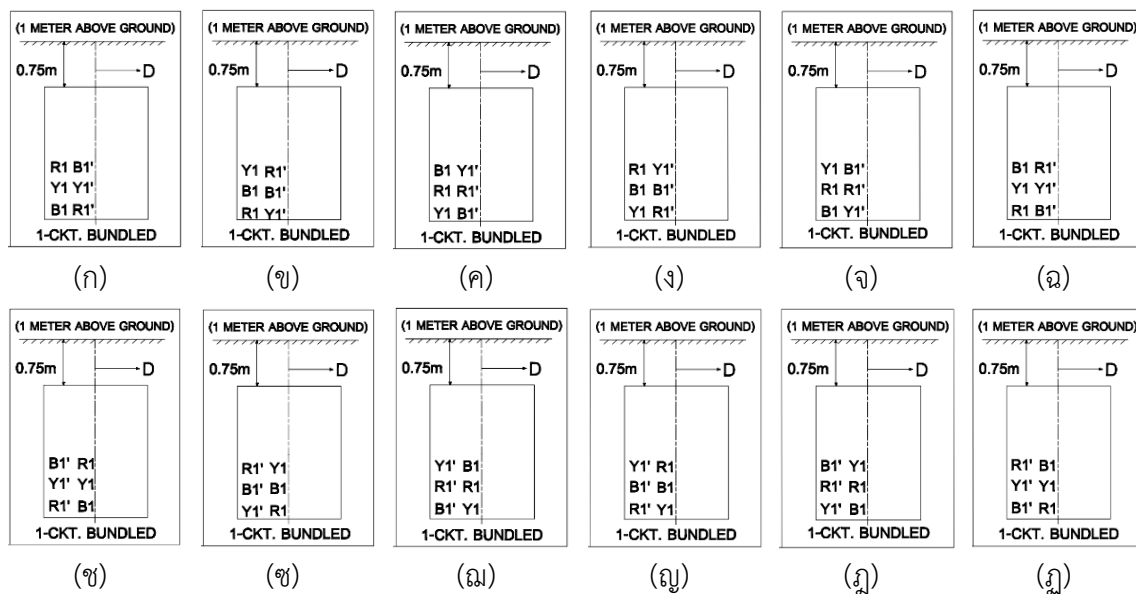
จากรูปที่ 4.54 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 161.2 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 8.695 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Single โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.3.3.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.55 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด

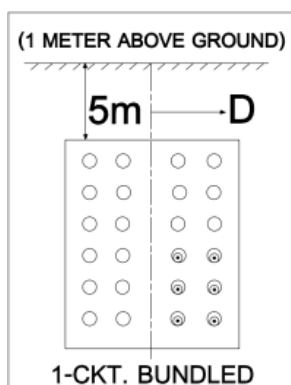


- รูปที่ 4.55ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.55ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.55ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.55ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.55จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.55ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 6
- รูปที่ 4.55ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 1

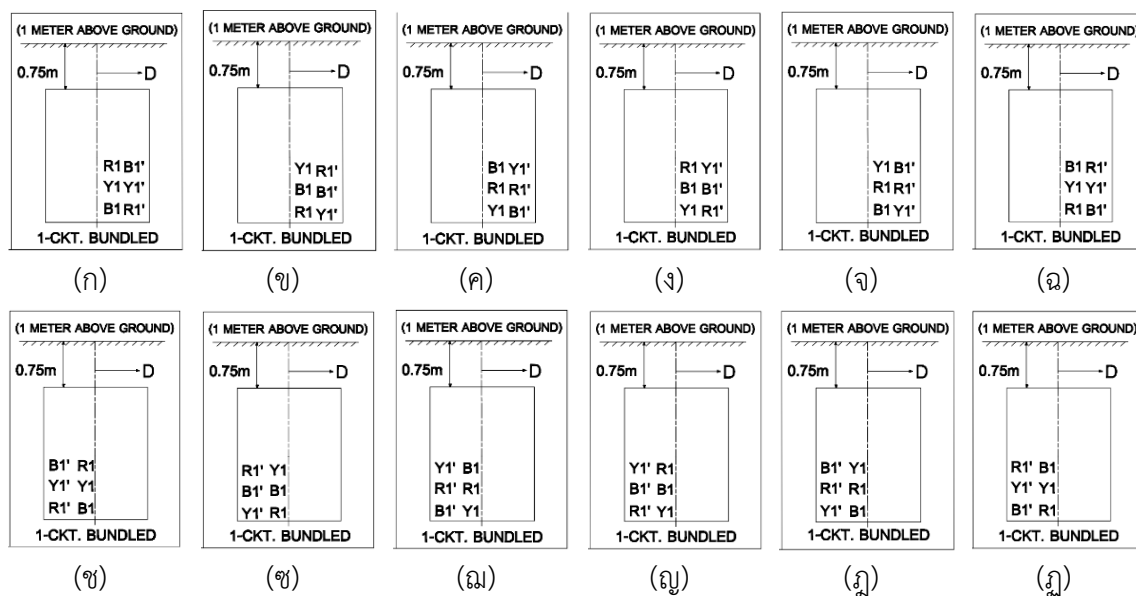
- รูปที่ 4.55ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.55ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 3
- รูปที่ 4.55ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.55ด การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.55ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 6

จากรูปที่ 4.55ก-4.55ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.56 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด



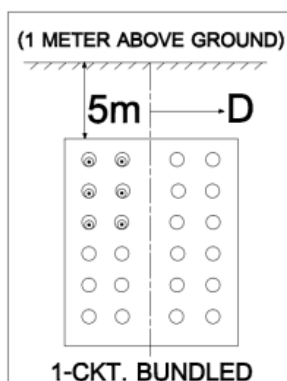
รูปที่ 4.56ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 1

- รูปที่ 4.56ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 2
- รูปที่ 4.56ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 3
- รูปที่ 4.56ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 4
- รูปที่ 4.56จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 5
- รูปที่ 4.56ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 6
- รูปที่ 4.56ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case5-Type 1
- รูปที่ 4.56ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.56ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case5-Type 3
- รูปที่ 4.56ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.56ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.56ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case5-Type 6

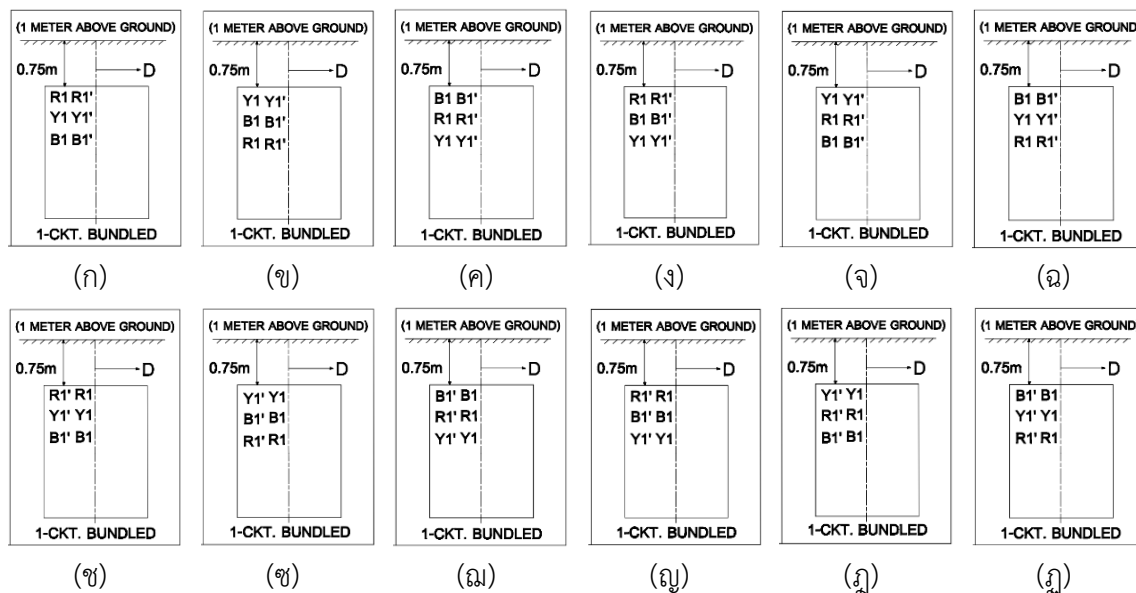
จากรูปที่ 4.56ก-4.56ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.3.1.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



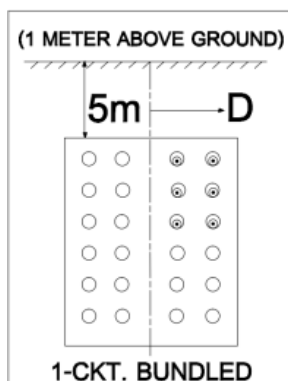
รูปที่ 4.57 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



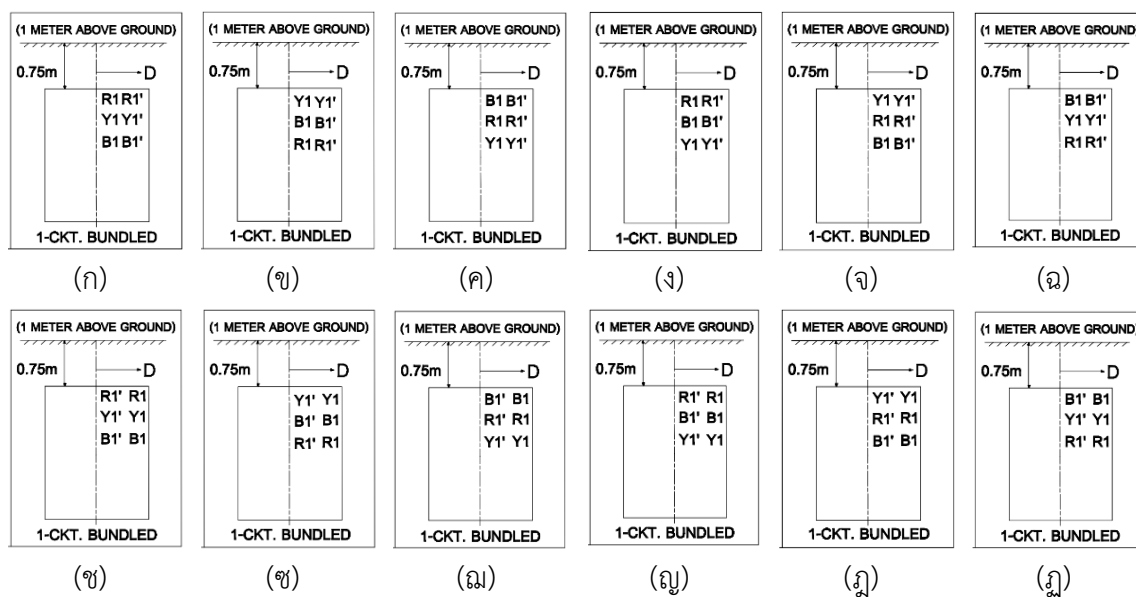
- รูปที่ 4.57ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 1
- รูปที่ 4.57ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.57ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 3
- รูปที่ 4.57ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 4
- รูปที่ 4.57จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 5
- รูปที่ 4.57ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 6
- รูปที่ 4.57ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 1
- รูปที่ 4.57ฐ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 2
- รูปที่ 4.57ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 3
- รูปที่ 4.57ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 4
- รูปที่ 4.57ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 5
- รูปที่ 4.57ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 6

จากรูปที่ 4.57ก-4.57ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.58 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



- รูปที่ 4.58ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.58ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.58ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.58ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 4
- รูปที่ 4.58จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 5
- รูปที่ 4.58ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 6
- รูปที่ 4.58ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 1
- รูปที่ 4.58ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 2
- รูปที่ 4.58ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 3

รูปที่ 4.58ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case8-Type 4

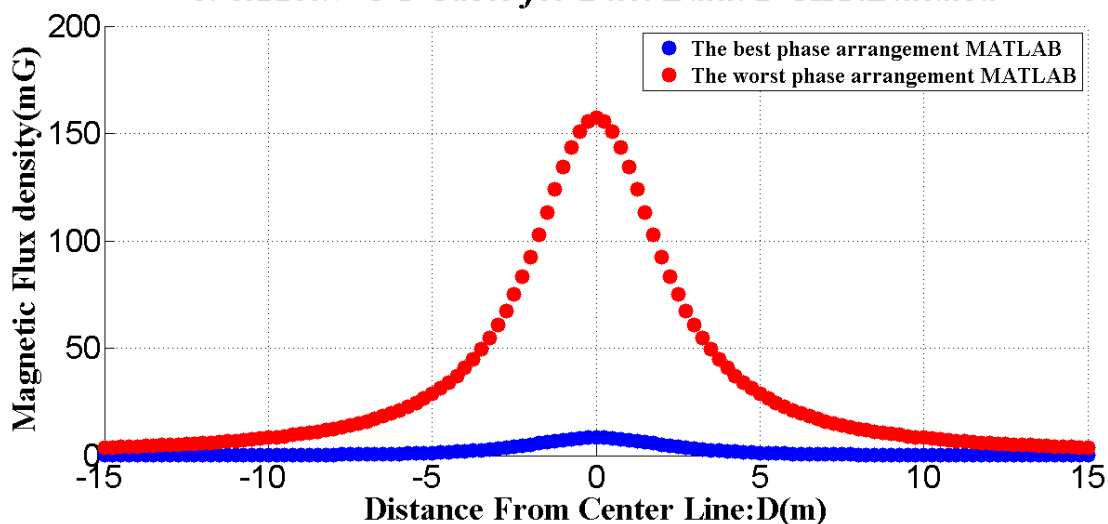
รูปที่ 4.58ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case8-Type 5

รูปที่ 4.58ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case8-Type 6

จากรูปที่ 4.58ก-4.58ค แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.3.4 Duct Bank 2-CKT.Bundled

Comparison Magnetic Field approximation(One Meter Above Ground) 69&115kV UG Cable for Duct Bank 2-CKT.Bundled

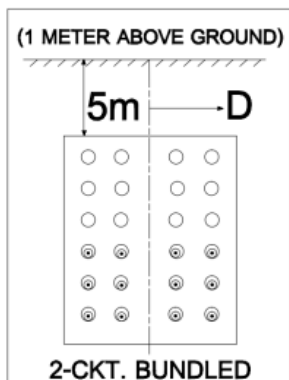


รูปที่ 4.59 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Bundled

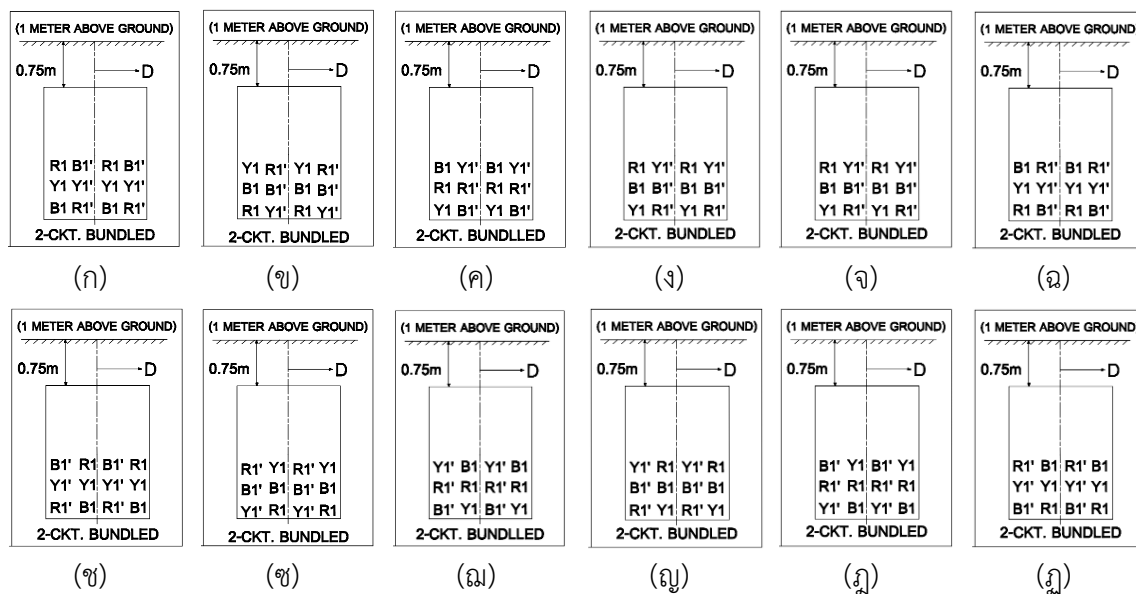
จากรูปที่ 4.59 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 157.4 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 8.434 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.3.4.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.60 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด



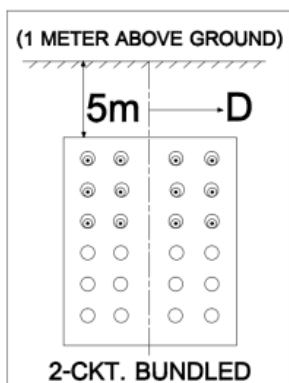
- รูปที่ 4.60ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.60ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.60ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.60ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.60จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.60ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 6

- รูปที่ 4.60ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.60ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 3
- รูปที่ 4.60ด การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.60ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.60ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 6

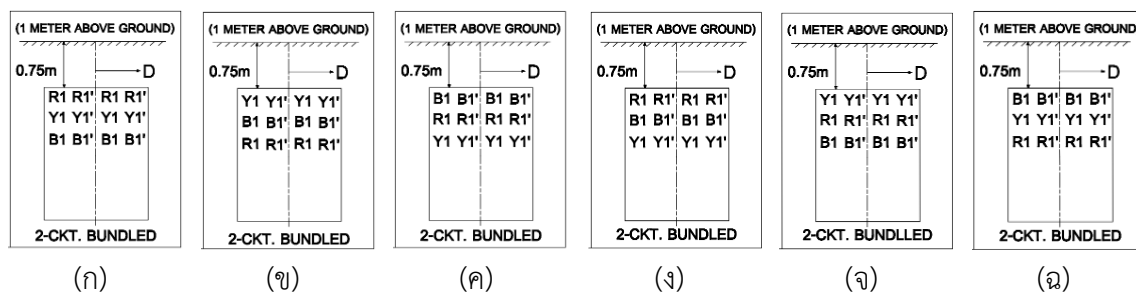
จากรูปที่ 4.60ก-4.60ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.3.4.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.61 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



- รูปที่ 4.60ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 1
- รูปที่ 4.60ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.60ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 3

รูปที่ 4.60ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case3-Type 4

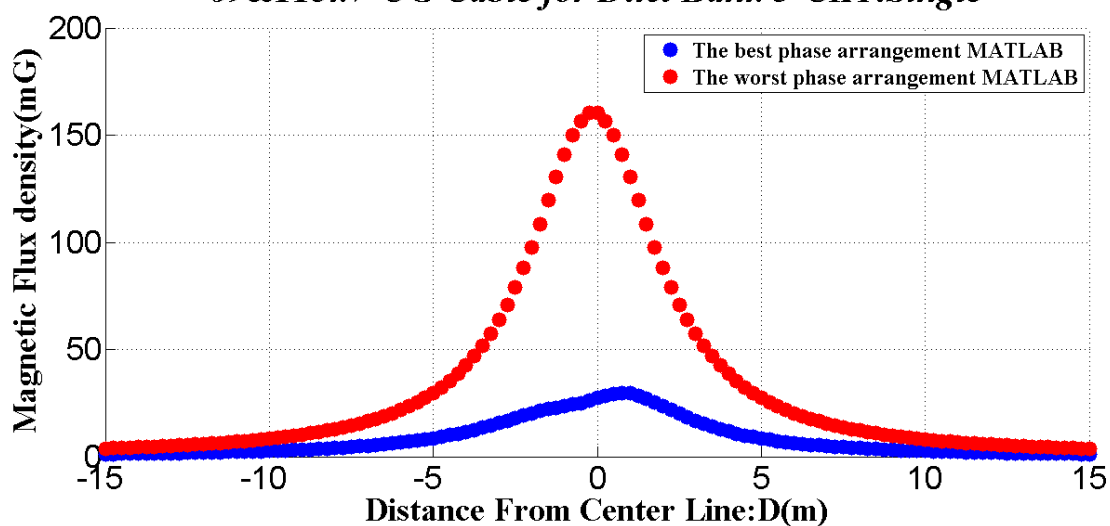
รูปที่ 4.60จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case3-Type 5

รูปที่ 4.60ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case3-Type 6

จากรูปที่ 4.60ก-4.60ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.3.5 Duct Bank 3-CKT.Single

Comparison Magnetic Field approximation(One Meter Above Ground) 69&115kV UG Cable for Duct Bank 3-CKT.Single

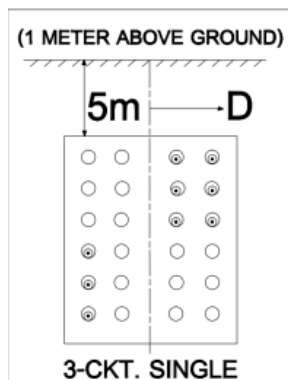


รูปที่ 4.62 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 3-CKT.Single

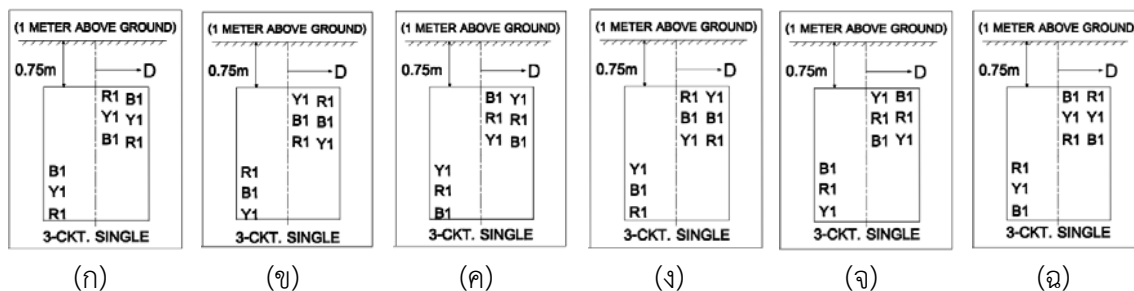
จากรูปที่ 4.61 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 160.2 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 27.28 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 3-CKT.Single โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.3.5.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.63 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด

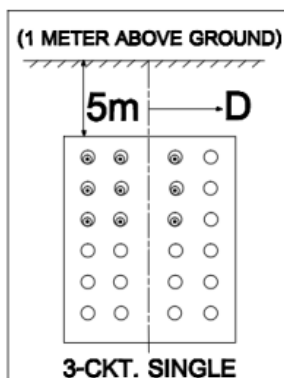


- รูปที่ 4.63ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 1
- รูปที่ 4.63ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 2
- รูปที่ 4.63ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 3
- รูปที่ 4.63ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 4
- รูปที่ 4.63จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 5
- รูปที่ 4.63ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 6

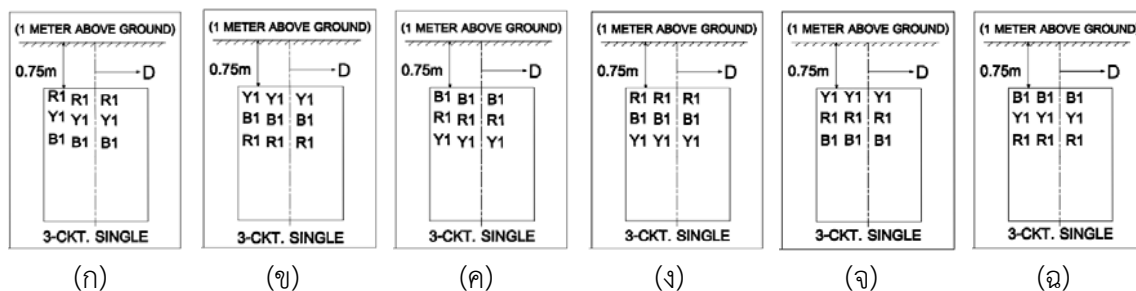
จากรูปที่ 4.63ก-4.63ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.3.5.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



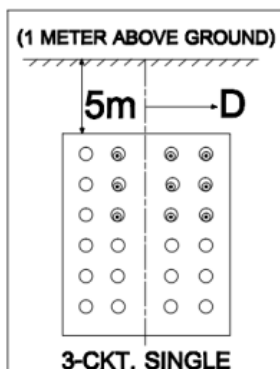
รูปที่ 4.64 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด



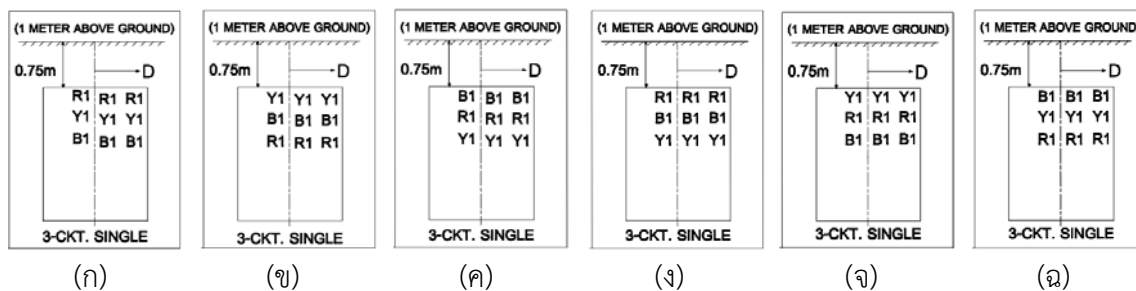
- รูปที่ 4.64ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 1
- รูปที่ 4.64ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.64ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 3
- รูปที่ 4.64ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.64จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.64ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 6

จากรูปที่ 4.64ก-4.64ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.65 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด

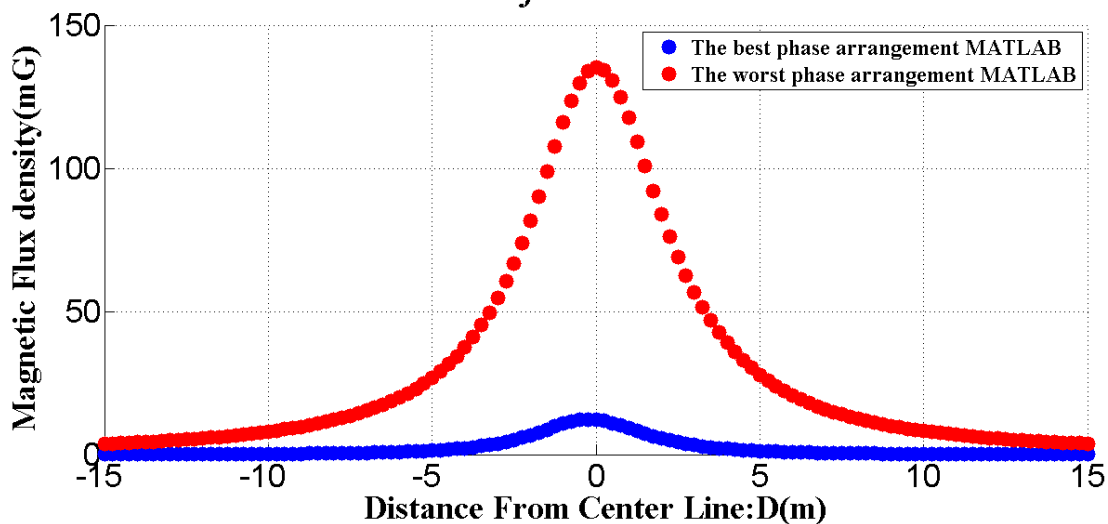


- รูปที่ 4.65ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 1
- รูปที่ 4.65ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 2
- รูปที่ 4.65ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 3
- รูปที่ 4.65ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 4
- รูปที่ 4.65จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 5
- รูปที่ 4.65ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 6

จากรูปที่ 4.65ก-4.65ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.3.6 Duct Bank 3-CKT.Bundled

**Comparison Magnetic Field approximation(One Meter Above Ground)
69&115kV UG Cable for Duct Bank 3-CKT.Bundled**

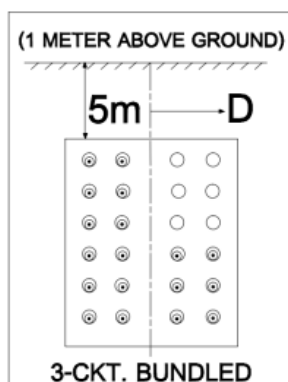


รูปที่ 4.66 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดและค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled

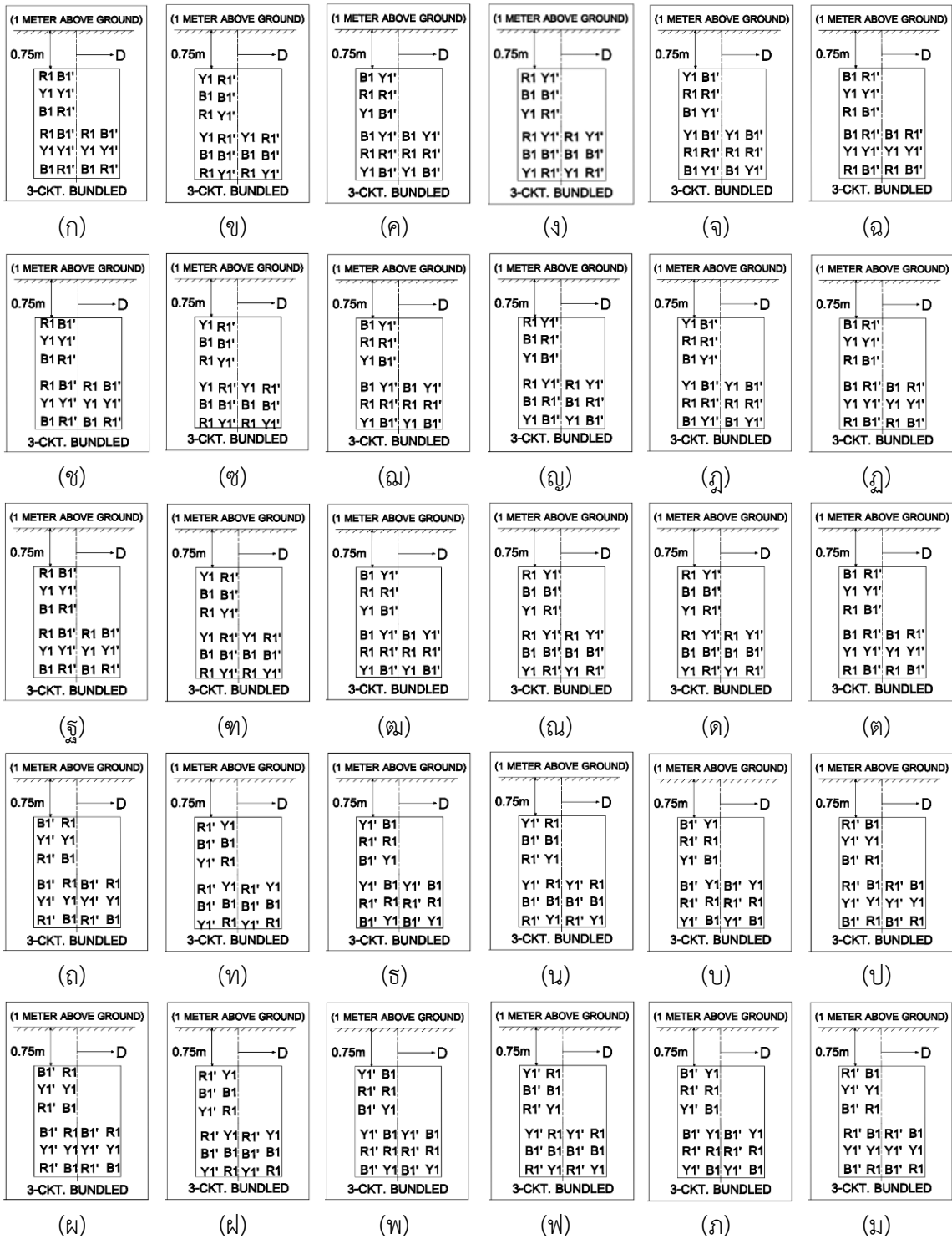
จากรูปที่ 4.66 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด คือ 135.13 mG และค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด คือ 12.18 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.3.6.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1

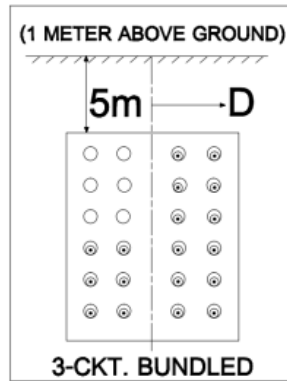


รูปที่ 4.67 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด

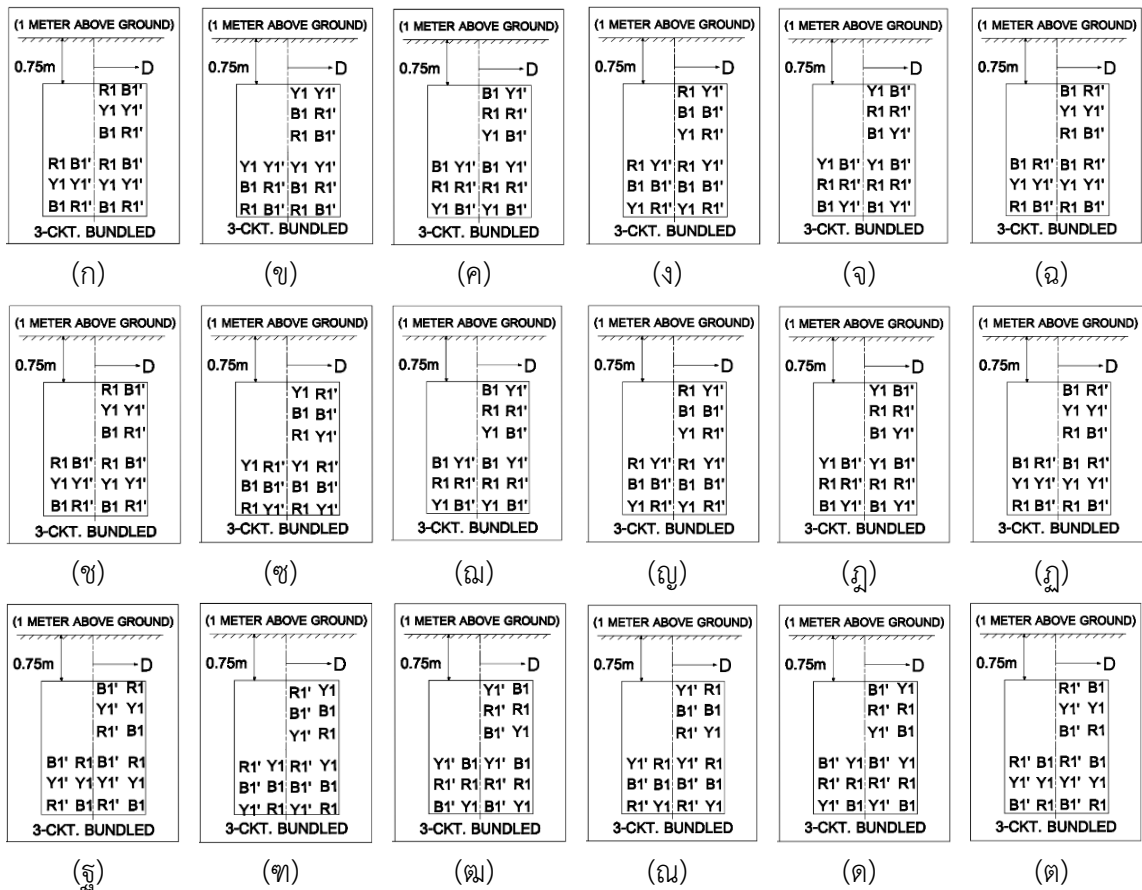


รูปที่ 4.67ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 1
 รูปที่ 4.67ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 2
 รูปที่ 4.67ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 3
 รูปที่ 4.67ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 4
 รูปที่ 4.67จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 5

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.68 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด

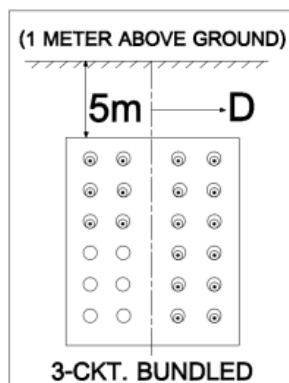


- รูปที่ 4.68น การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case9-Type 4
- รูปที่ 4.68บ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case9-Type 5
- รูปที่ 4.68ป การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case9-Type 6
- รูปที่ 4.68ผ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case13-Type 1
- รูปที่ 4.68ฝ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case13-Type 2
- รูปที่ 4.68พ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case13-Type 3
- รูปที่ 4.68ฟ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case13-Type 4
- รูปที่ 4.68ภ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case13-Type 5
- รูปที่ 4.68ม การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case13-Type 6

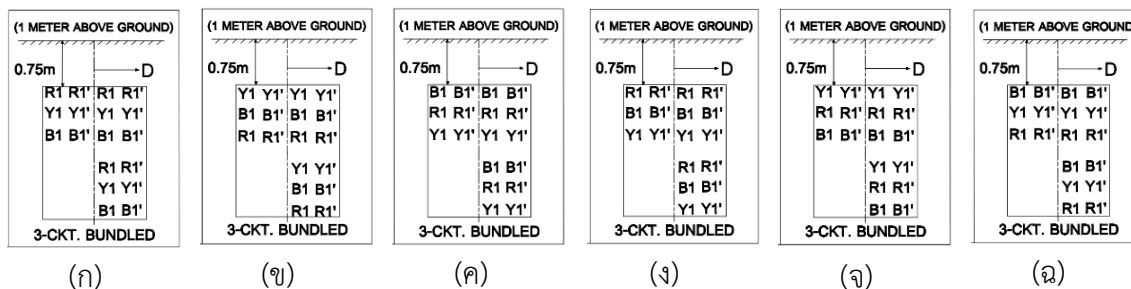
จากรูปที่ 4.68ก-4.68ม แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด โดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

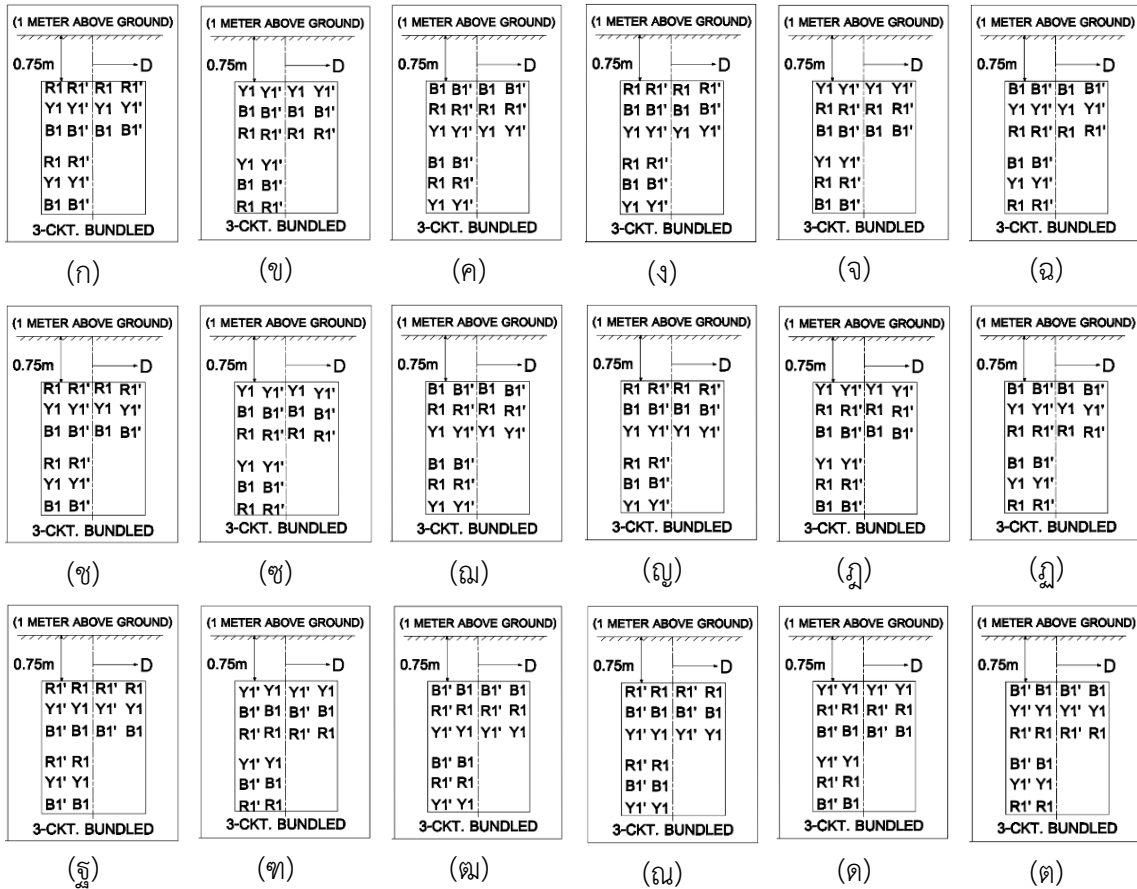
4.3.6.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.69 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุด





- รูปที่ 4.70ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.70ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.70ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.70ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 4
- รูปที่ 4.70จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 5
- รูปที่ 4.70ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 6
- รูปที่ 4.70ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 1
- รูปที่ 4.70ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 2
- รูปที่ 4.70ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 3
- รูปที่ 4.70ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 4
- รูปที่ 4.70ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 5
- รูปที่ 4.70ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 6
- รูปที่ 4.70ฐ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case12-Type 1
- รูปที่ 4.70ฑ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case12-Type 2
- รูปที่ 4.70ฒ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case12-Type 3

รูปที่ 4.70ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case12-Type 4

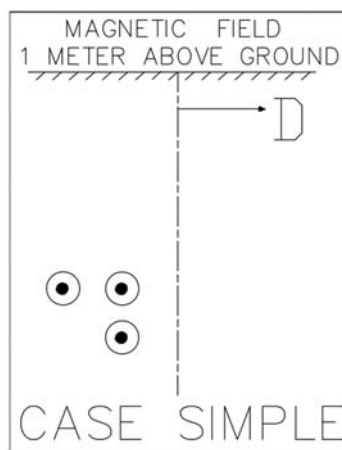
รูปที่ 4.70ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case12-Type 5

รูปที่ 4.70ด การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case12-Type 6

จากรูปที่ 4.70ก-4.70ด แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 ที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กมากที่สุดโดยค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

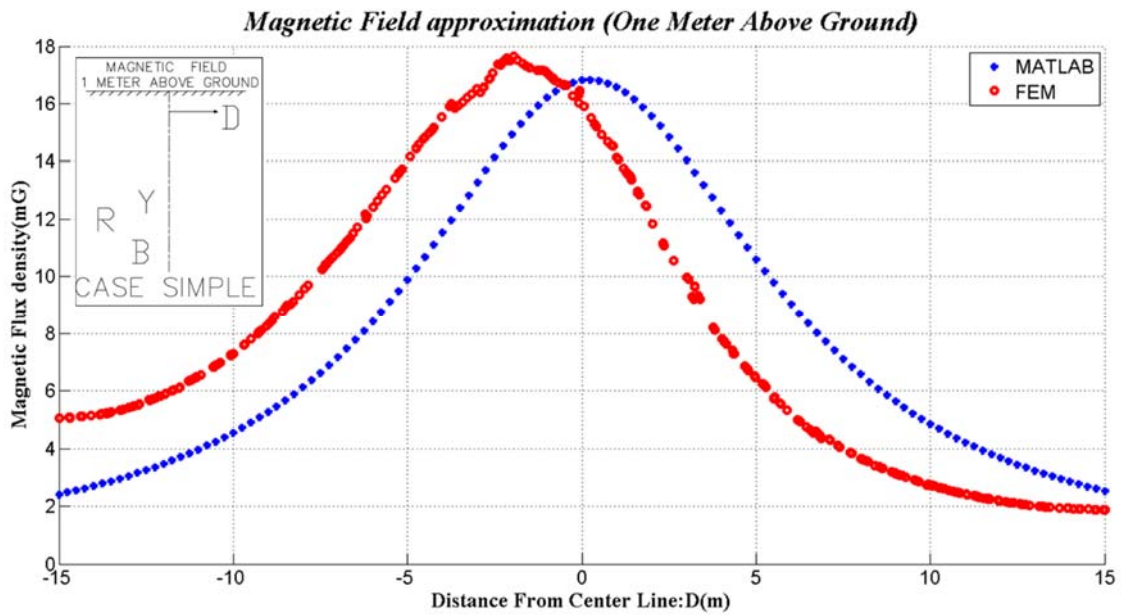
4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กของสายส่งเคเบิลใต้ดินโดยโปรแกรม MATLAB และโปรแกรม FEM

4.6.1 Case simple

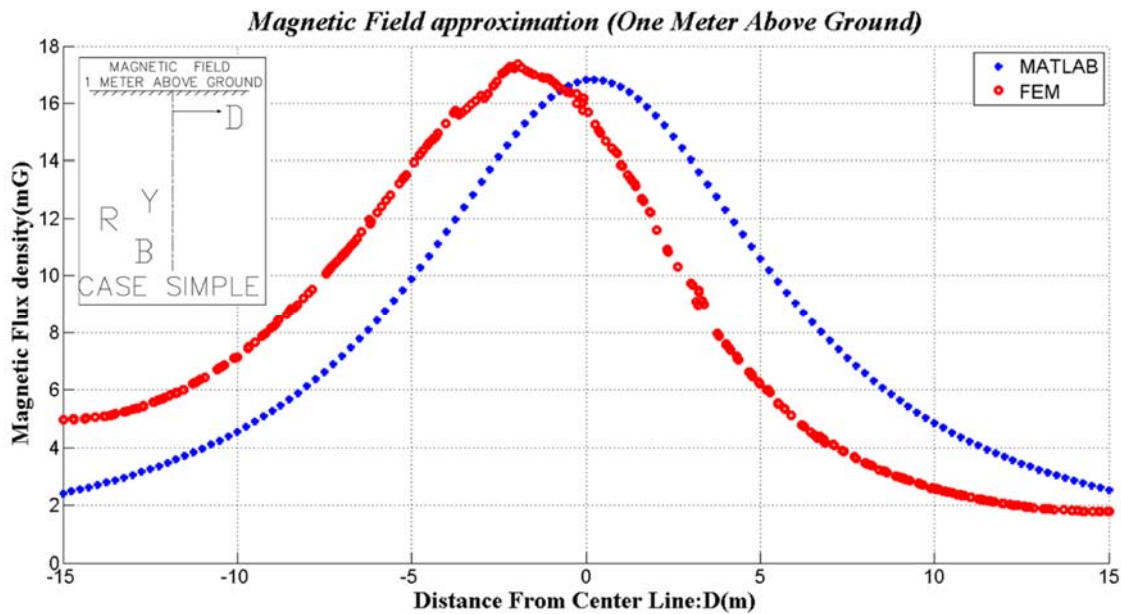


รูปที่ 4.71 แสดงรูปแบบ Case simple

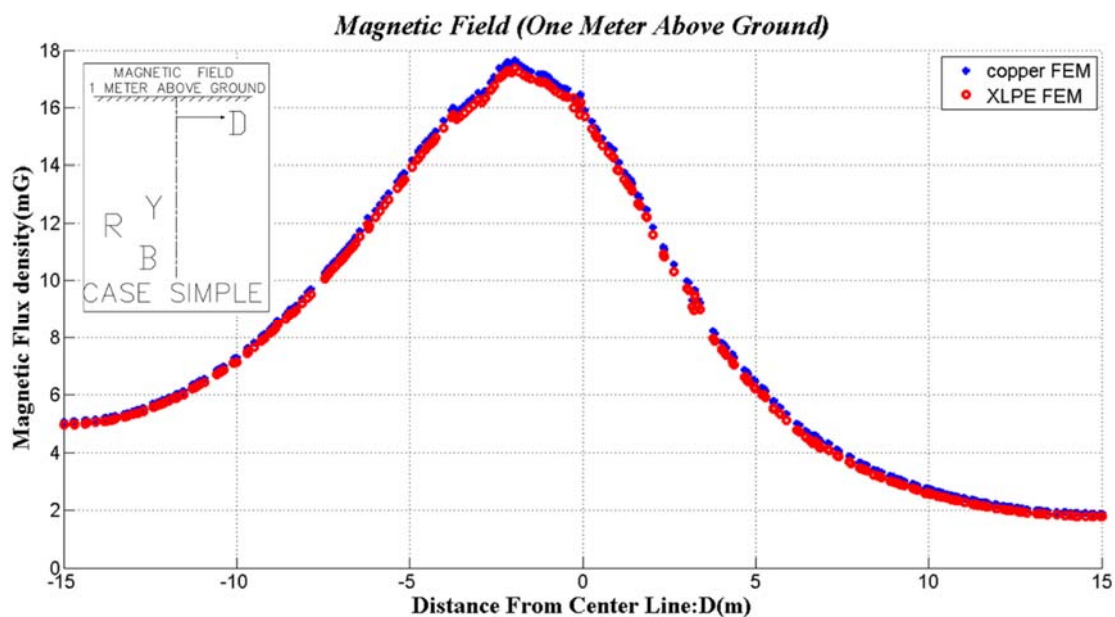
จากรูปที่ 4.71 แสดงรูปแบบของการวางสายส่งเคเบิลใต้ดินกรณี Case simple ซึ่งเป็นการวางสายส่งเคเบิลใต้ดิน ไม่คิดผลของดิน และท่อคอนกรีต คิดเป็นตัวนำทองแดงที่ลอยอยู่ในอากาศ



รูปที่ 4.72 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กของสายตัวนำทองแดงเปลือยระหว่างโปรแกรม MATLAB และโปรแกรม FEM



รูปที่ 4.73 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กของสายตัวนำทองแดงเปลือยในโปรแกรม MATLAB และค่าสนามแม่เหล็กของสายตัวนำหุ้มฉนวน XLPE ในโปรแกรม FEM

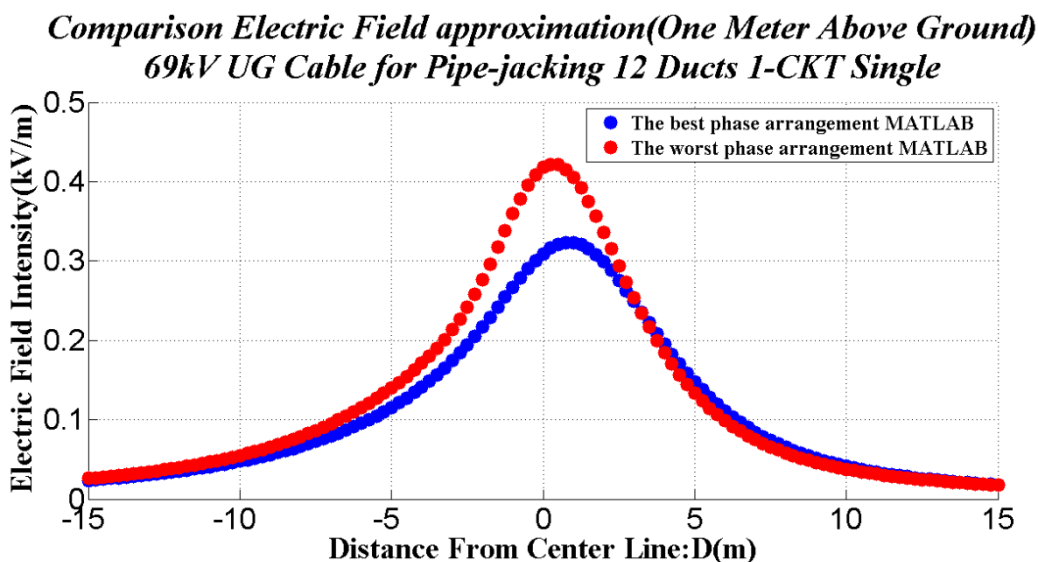


รูปที่ 4.74 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กของสายส่งตัวนำทองแดงเปลือยและสายตัวนำหุ้มฉนวน XLPE ในโปรแกรม FEM

จากกราฟรูปที่ 4.72-4.74 แสดงให้เห็นว่าค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากโปรแกรม MATLAB สายตัวนำทองแดงเปลือยและสนามแม่เหล็กที่ได้จากโปรแกรม FEM โดยพิจารณาเงื่อนไขสายตัวนำทองแดงเปลือยและสายตัวนำหุ้มฉนวน XLPE เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันค่าที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกัน

4.7 ผลการเปรียบเทียบสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินของรูปแบบ Pipe-Jacking ในโปรแกรม MATLAB ที่แรงดัน 69kV

4.7.1 12 ท่อ 1-CKT.Single

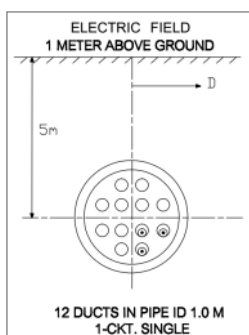


รูปที่ 4.75 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT.Single

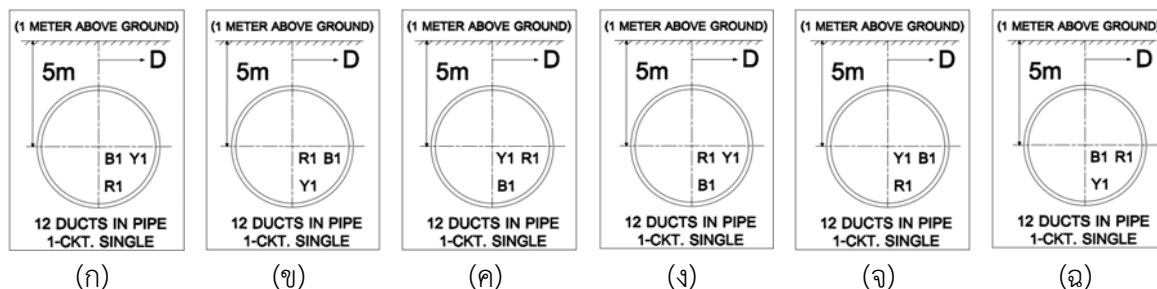
จากรูปที่ 4.75 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด 0.4178 kV/m คือ และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.3095 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT.Single โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.7.1.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



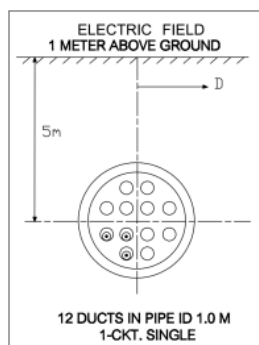
รูปที่ 4.76 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



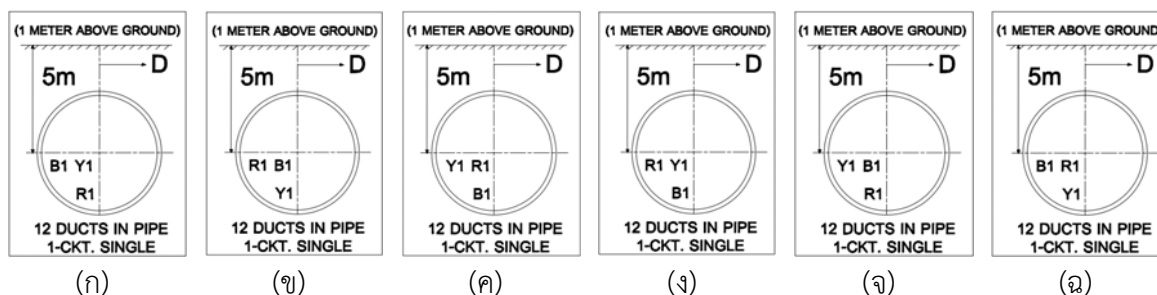
- รูปที่ 4.76ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 1
- รูปที่ 4.76ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 2
- รูปที่ 4.76ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 3
- รูปที่ 4.76ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 4
- รูปที่ 4.76จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 5
- รูปที่ 4.76ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 6

จากรูปที่ 4.76ก-4.76ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.77 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



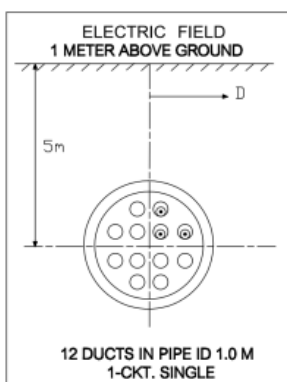
รูปที่ 4.77ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 1

- รูปที่ 4.77ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 2
- รูปที่ 4.77ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 3
- รูปที่ 4.77ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 4
- รูปที่ 4.77จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 5
- รูปที่ 4.77ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 6

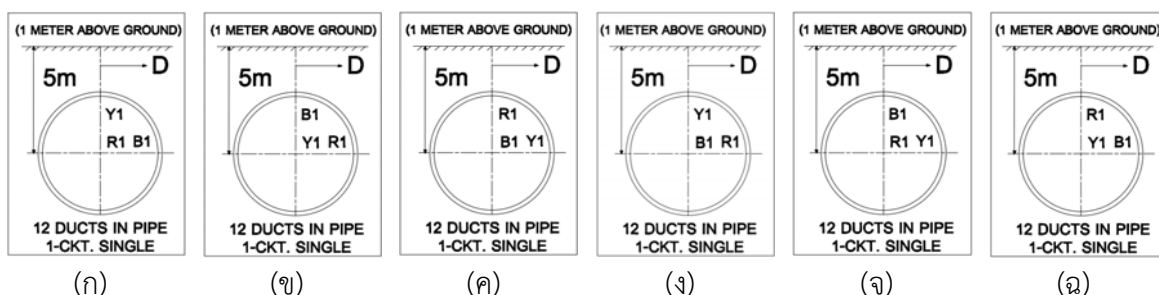
จากรูปที่ 4.77ก-4.77ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.7.1.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.78 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

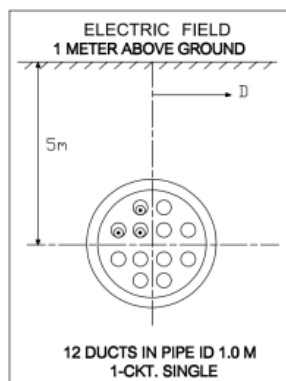


- รูปที่ 4.78ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 1
- รูปที่ 4.78ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 2
- รูปที่ 4.78ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 3
- รูปที่ 4.78ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 4
- รูปที่ 4.78จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 5

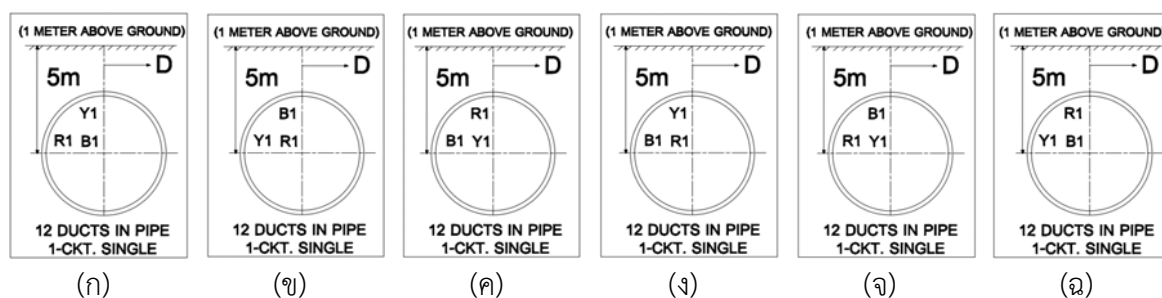
รูปที่ 4.78ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 6

จากรูปที่ 4.78ก-4.78ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.79 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



รูปที่ 4.79ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 1

รูปที่ 4.79ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 2

รูปที่ 4.79ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 3

รูปที่ 4.79ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 4

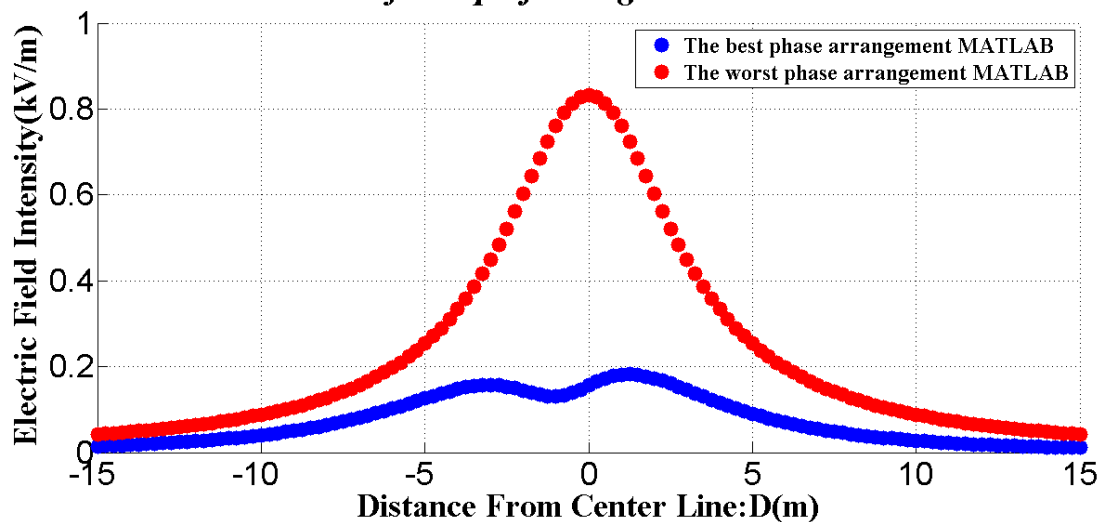
รูปที่ 4.79จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 5

รูปที่ 4.79ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 6

จากรูปที่ 4.79ก-4.79ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.7.2 12 ท่อ 1-CKT.Bundled

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
69kV UG Cable for Pipe-jacking 12 Ducts 1-CKT Bundled**

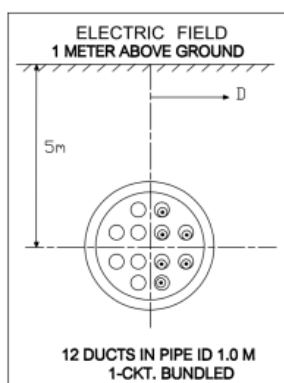


รูปที่ 4.80 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled

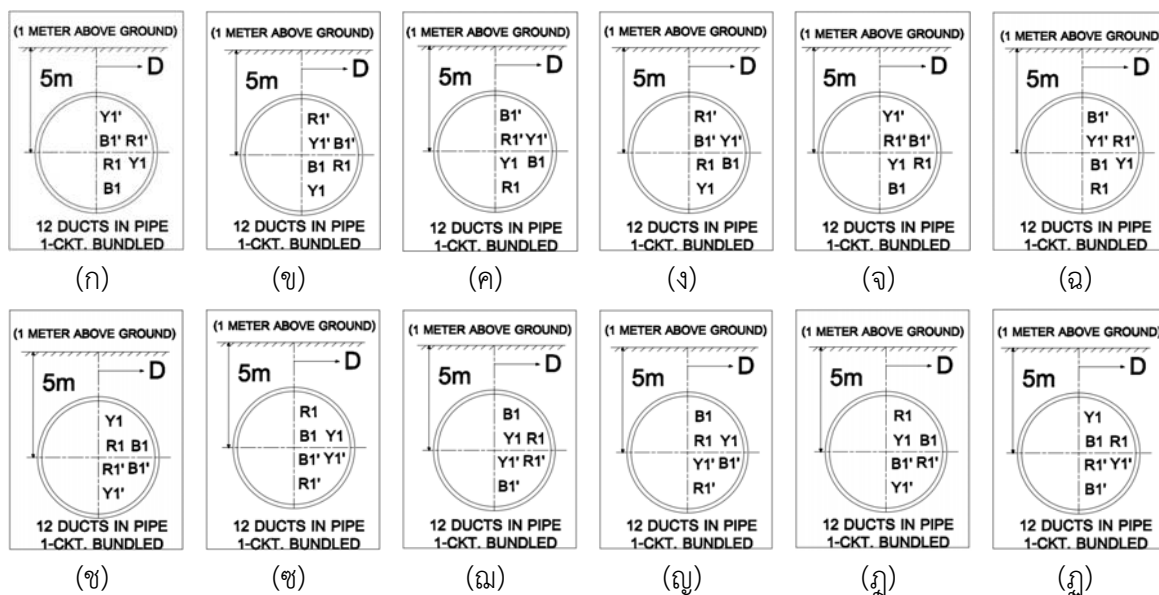
จากรูปที่ 4.80 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 0.8325 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.1561 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.7.2.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



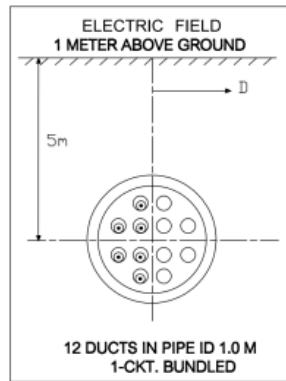
รูปที่ 4.81 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



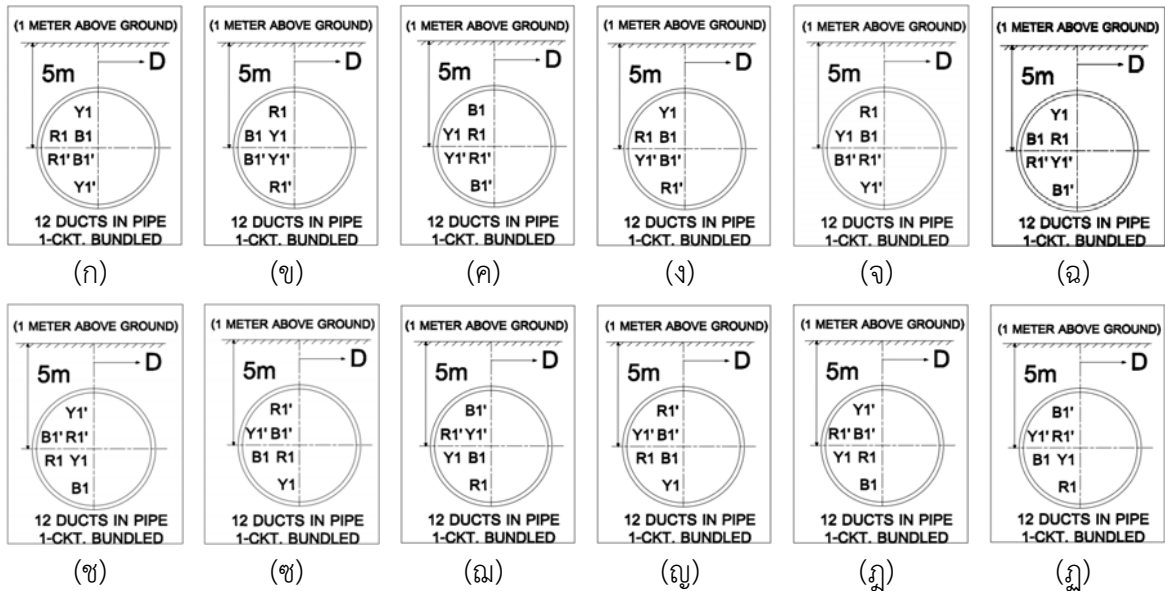
- รูปที่ 4.81ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.81ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.81ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.81ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4
- รูปที่ 4.81จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5
- รูปที่ 4.81ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6
- รูปที่ 4.81ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 1
- รูปที่ 4.81ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.81ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 3
- รูปที่ 4.81ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.81ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.81ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 6

จากรูปที่ 4.81ก-4.81ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.82 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



- รูปที่ 4.82ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.82ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.82ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.82ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4
- รูปที่ 4.82จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5
- รูปที่ 4.82ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6
- รูปที่ 4.82ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 1
- รูปที่ 4.82ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 2
- รูปที่ 4.82ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 3
- รูปที่ 4.82ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 4

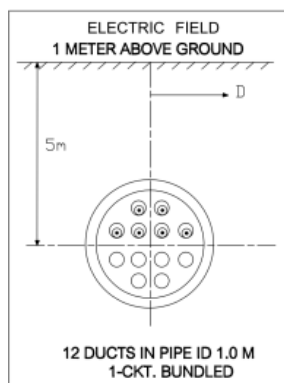
รูปที่ 4.82ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 5

รูปที่ 4.82ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 6

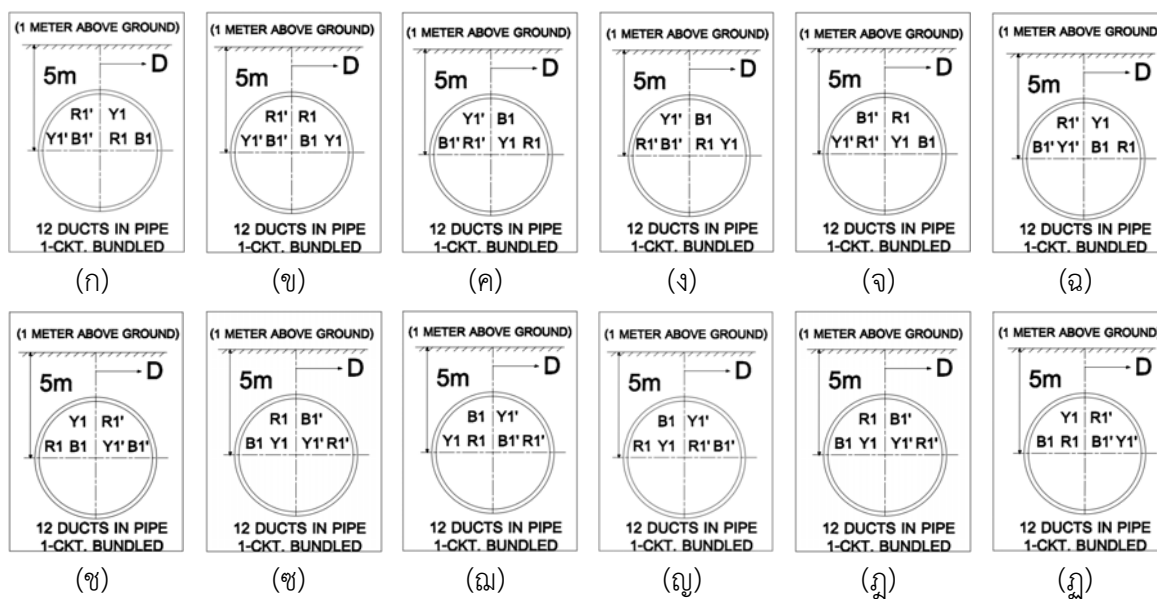
จากรูปที่ 4.82ก-4.82ข แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.4.2.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.83 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



รูปที่ 4.83ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 1

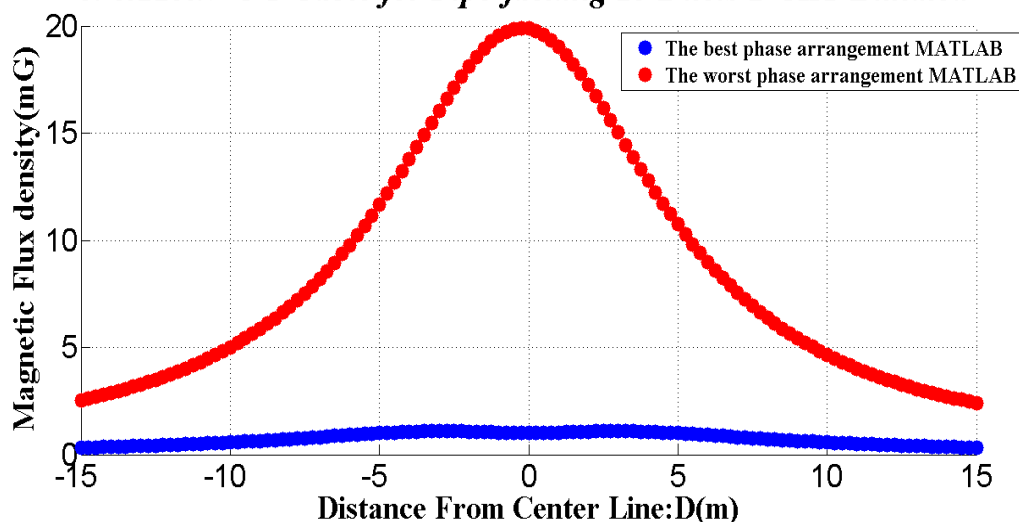
รูปที่ 4.83ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 2

- รูปที่ 4.83ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 3
 รูปที่ 4.83ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 4
 รูปที่ 4.83จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 5
 รูปที่ 4.83ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 6
 รูปที่ 4.83ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 1
 รูปที่ 4.83ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 2
 รูปที่ 4.83ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 3
 รูปที่ 4.83ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 4
 รูปที่ 4.83ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 5
 รูปที่ 4.83ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 6

จากรูปที่ 4.83ก-4.83ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.7.3 15 ท่อ 1-CKT.Bundled

**Comparison Magnetic Field approximation(One Meter Above Ground)
 69&115kV UG Cable for Pipe-jacking 15 Ducts 1-CKT Bundled**

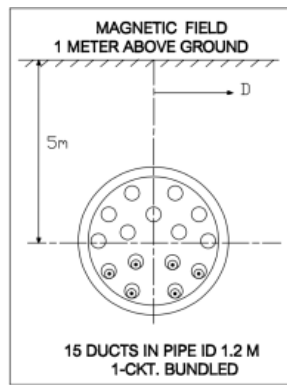


รูปที่ 4.84 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled

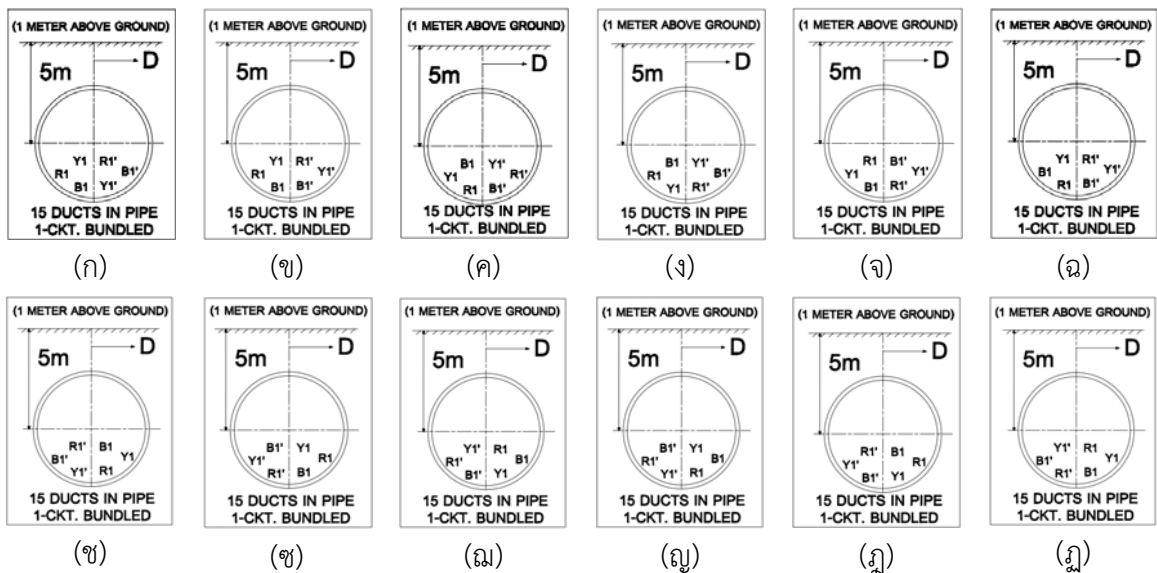
จากรูปที่ 4.84 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ ค่าสูงสุดคือ 19.88 mG และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 1.008 mG ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.4.3.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.85 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



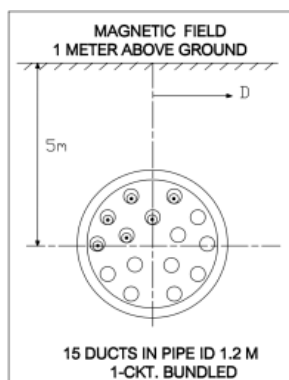
- รูปที่ 4.85ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.85ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.85ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.85ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.85จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 5

- รูปที่ 4.85ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 6
 รูปที่ 4.85ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 1
 รูปที่ 4.85ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 2
 รูปที่ 4.85ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 3
 รูปที่ 4.85ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 4
 รูปที่ 4.85ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 5
 รูปที่ 4.85ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 6

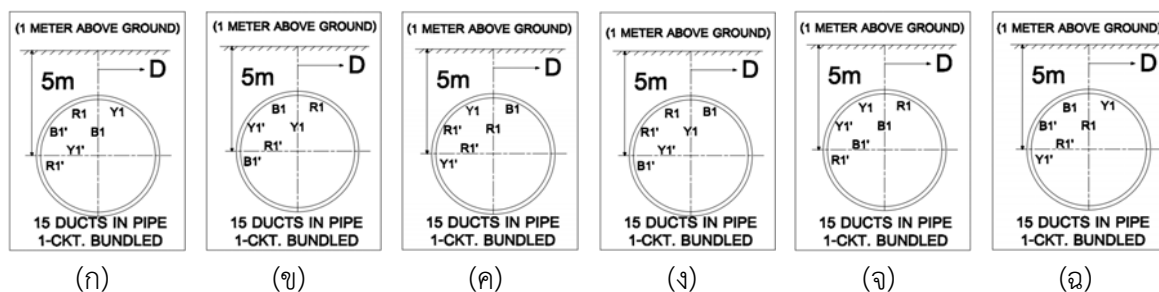
จากรูปที่ 4.85ก-4.85ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

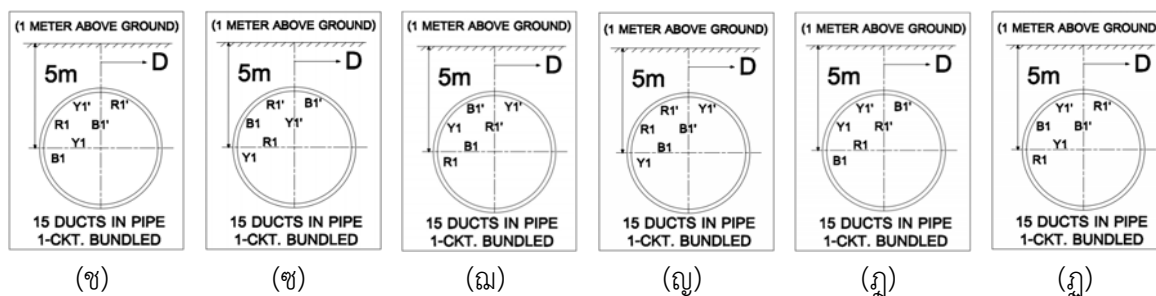
4.4.3.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.86 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

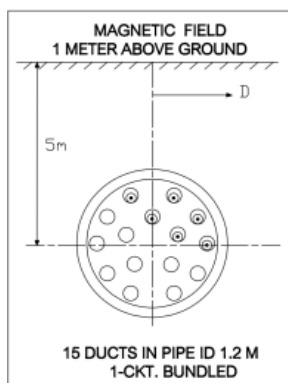




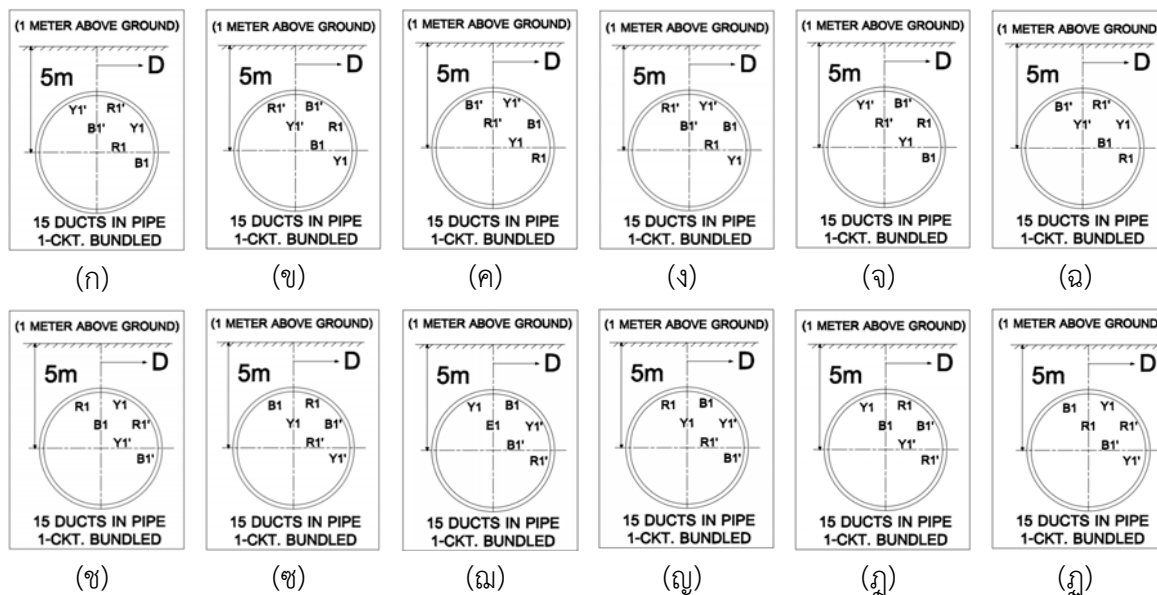
- รูปที่ 4.86ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 1
- รูปที่ 4.86ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.86ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 3
- รูปที่ 4.86ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 4
- รูปที่ 4.86จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 5
- รูปที่ 4.86ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 6
- รูปที่ 4.86ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 1
- รูปที่ 4.86ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 2
- รูปที่ 4.86ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 3
- รูปที่ 4.86ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 4
- รูปที่ 4.86ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 5
- รูปที่ 4.86ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 6

จากรูปที่ 4.86ก-4.86ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.87 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

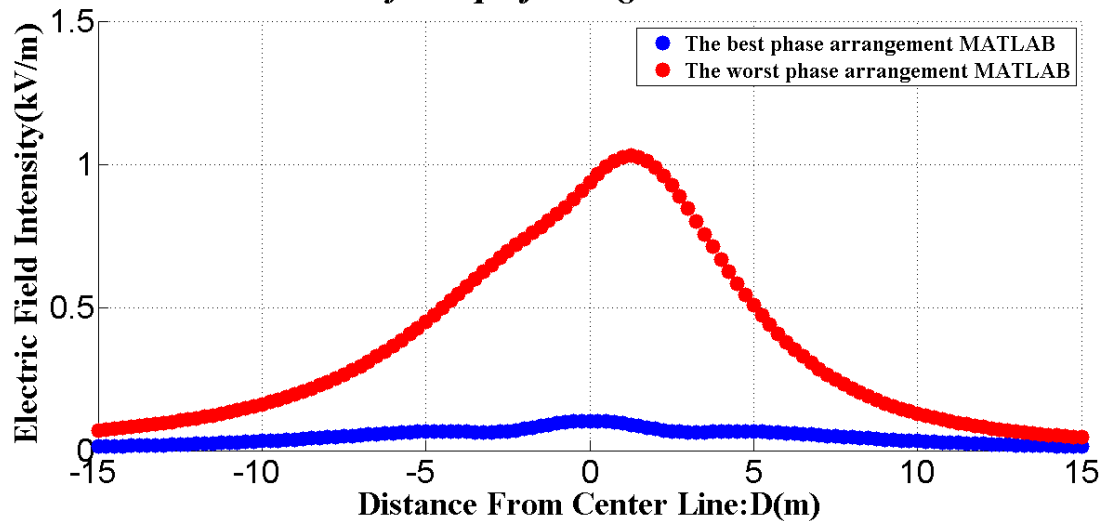


รูปที่ 4.87ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
 รูปที่ 4.87ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
 รูปที่ 4.87ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
 รูปที่ 4.87ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4
 รูปที่ 4.87จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5
 รูปที่ 4.87ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6
 รูปที่ 4.87ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 1
 รูปที่ 4.87ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 2
 รูปที่ 4.87ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 3
 รูปที่ 4.87ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 4
 รูปที่ 4.87ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 5
 รูปที่ 4.87ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 6

จากรูปที่ 4.87ก-4.87ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.7.4 15 ท่อ 2-CKT.Bundled

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
69kV UG Cable for Pipe-jacking 15 Ducts 2-CKT Bundled**

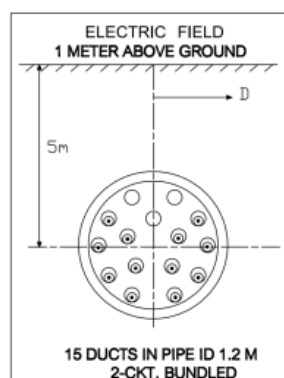


รูปที่ 4.88 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled

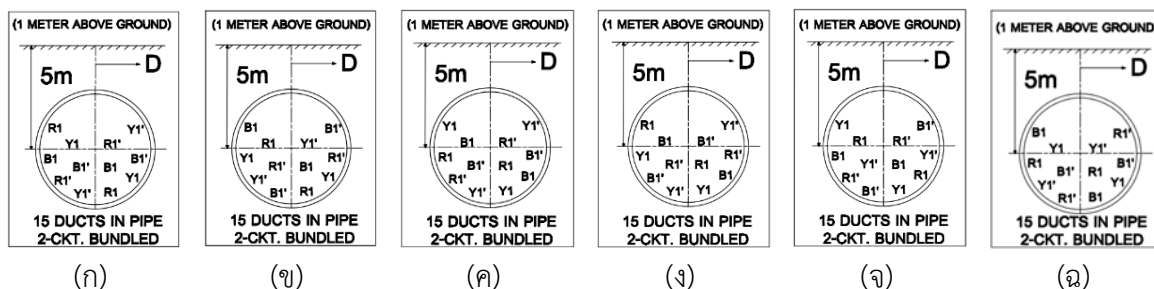
จากรูปที่ 4.88 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 0.9374 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.1036 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.7.2.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.89 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

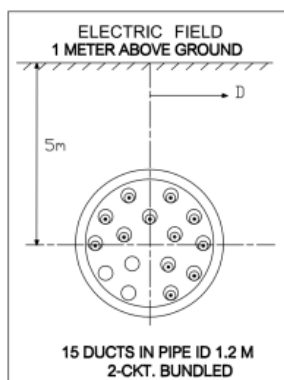


- รูปที่ 4.89ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.89ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.89ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.89ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.89จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.89ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 6

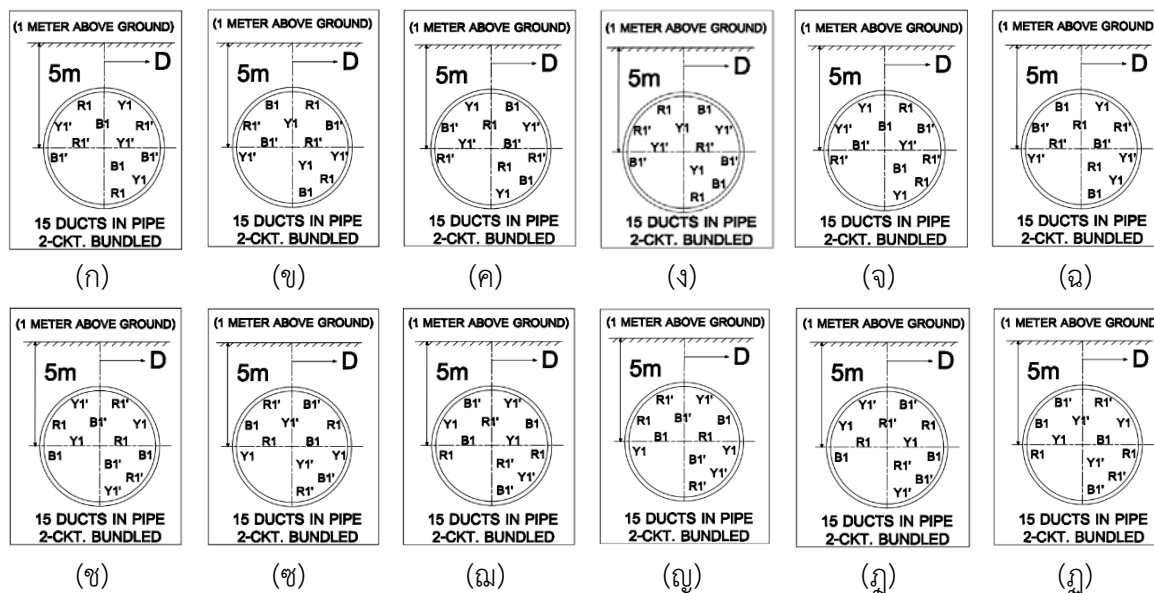
จากรูปที่ 4.89ก-4.89ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.7.2.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.90 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

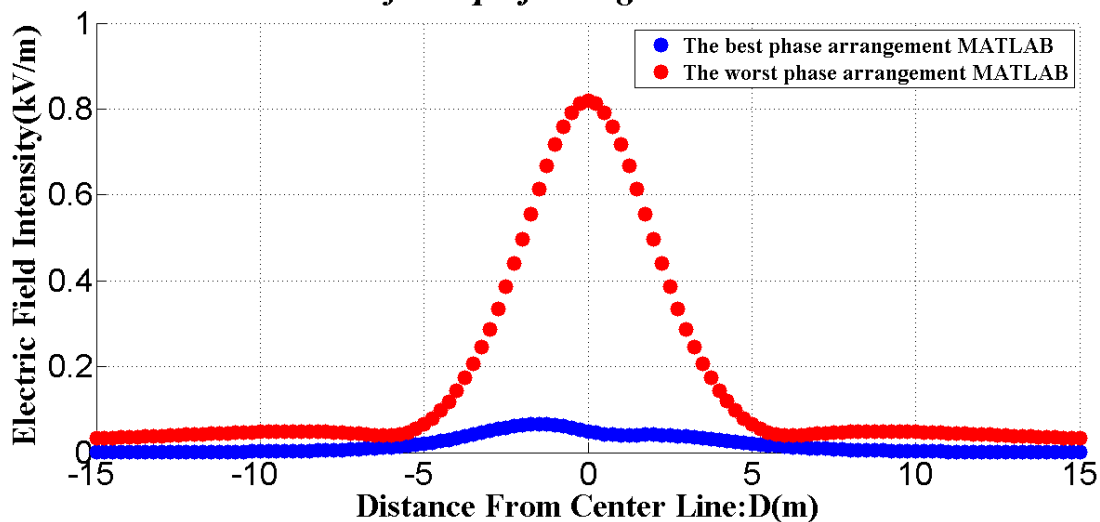


- รูปที่ 4.90ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.90ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.90ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.90ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4
- รูปที่ 4.90จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5
- รูปที่ 4.90ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6
- รูปที่ 4.90ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 1
- รูปที่ 4.90ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 2
- รูปที่ 4.90ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 3
- รูปที่ 4.90ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 4
- รูปที่ 4.90ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 5
- รูปที่ 4.90ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 6

จากรูปที่ 4.90ก-4.90ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundle ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.7.5 18 ท่อ 1-CKT.Bundled

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
69kV UG Cable for Pipe-jacking 18 Ducts 1-CKT Bundled**

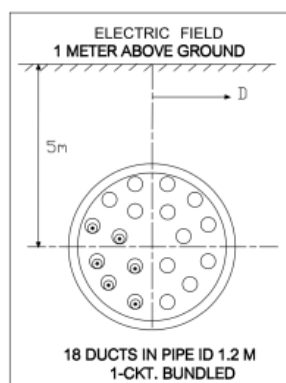


รูปที่ 4.91 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled

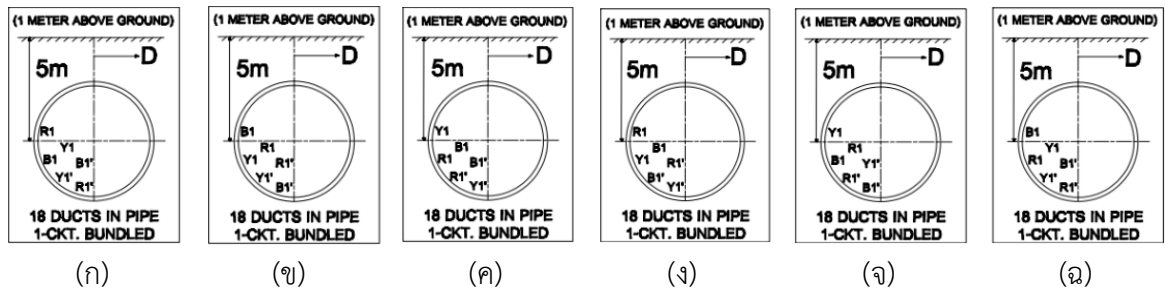
จากรูปที่ 4.91 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 0.8187 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.04952 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.7.5.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



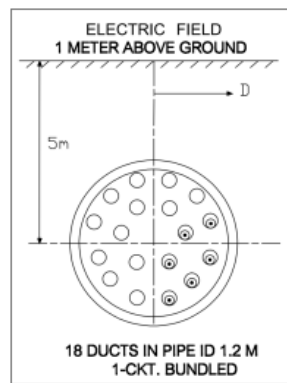
รูปที่ 4.92 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



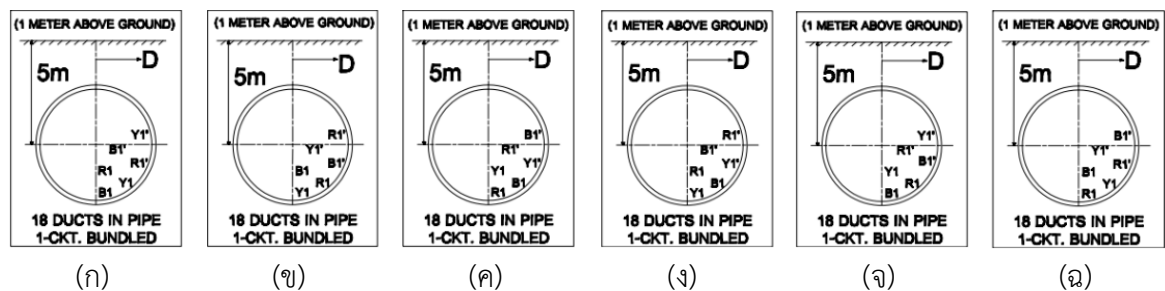
รูปที่ 4.92ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 1
 รูปที่ 4.92ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 2
 รูปที่ 4.92ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 3
 รูปที่ 4.92ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 4
 รูปที่ 4.92จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 5
 รูปที่ 4.92ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 6

จากรูปที่ 4.92ก-4.92ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.93 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

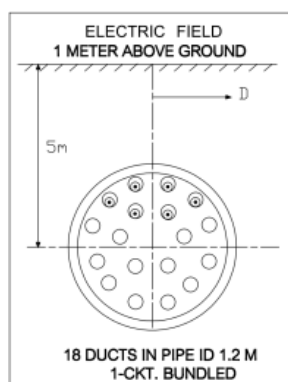


- รูปที่ 4.93ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 1
- รูปที่ 4.93ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 2
- รูปที่ 4.93ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 3
- รูปที่ 4.93ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 4
- รูปที่ 4.93จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 5
- รูปที่ 4.93ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 6

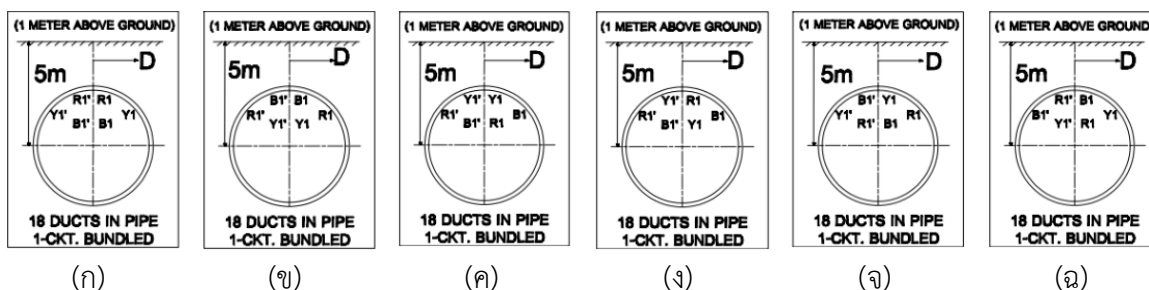
จากรูปที่ 4.93ก-4.93ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.7.5.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.94 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



- รูปที่ 4.94ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.94ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.94ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.94ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4

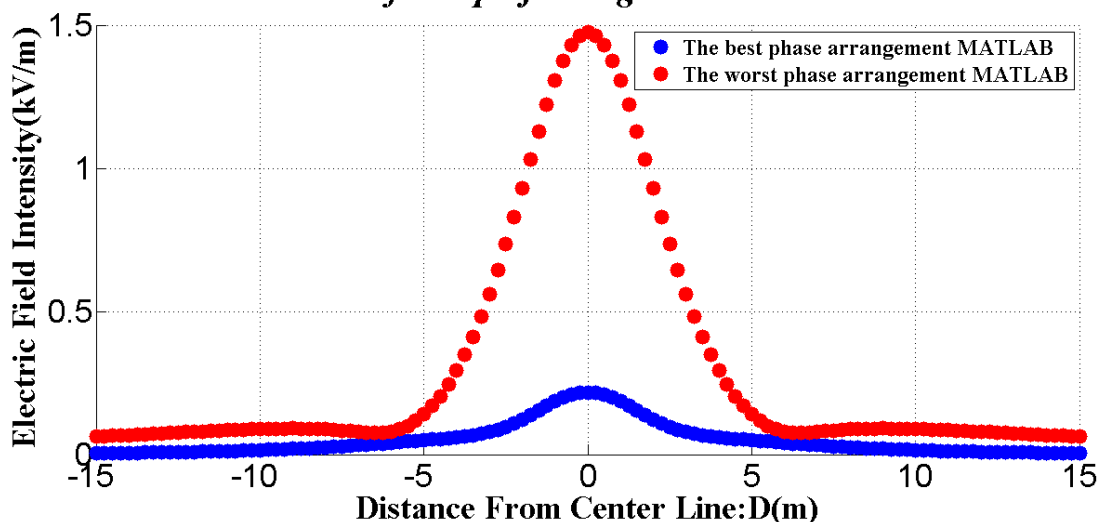
รูปที่ 4.94จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5

รูปที่ 4.94ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6

จากรูปที่ 4.94ก-4.94ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundle ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.7.6 18 ท่อ 2-CKT.Bundled

Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground) 69kV UG Cable for Pipe-jacking 18 Ducts 2-CKT Bundled

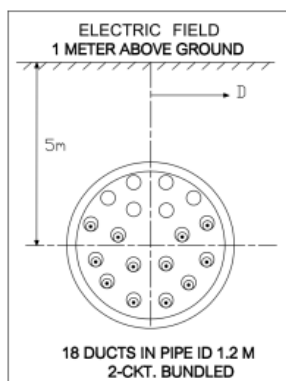


รูปที่ 4.95 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled

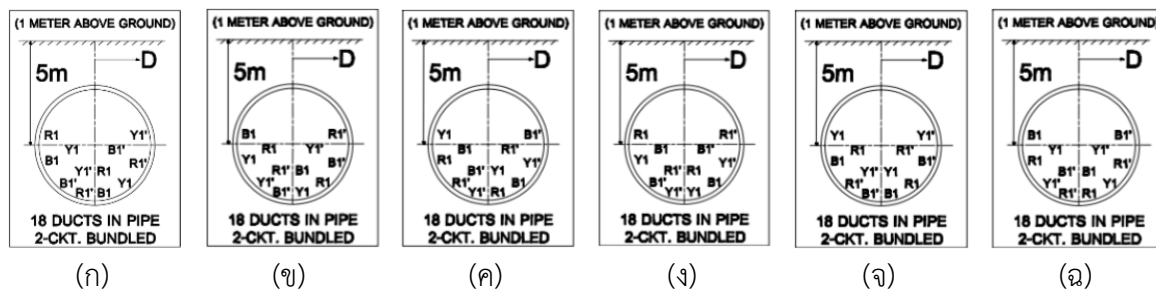
จากรูปที่ 4.95 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 474 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.2167 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.7.6.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.96 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

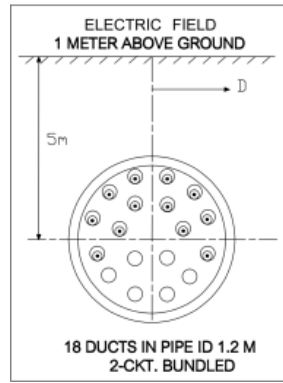


- รูปที่ 4.96ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 1
- รูปที่ 4.96ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 2
- รูปที่ 4.96ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 3
- รูปที่ 4.96ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 4
- รูปที่ 4.96จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 5
- รูปที่ 4.96ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 6

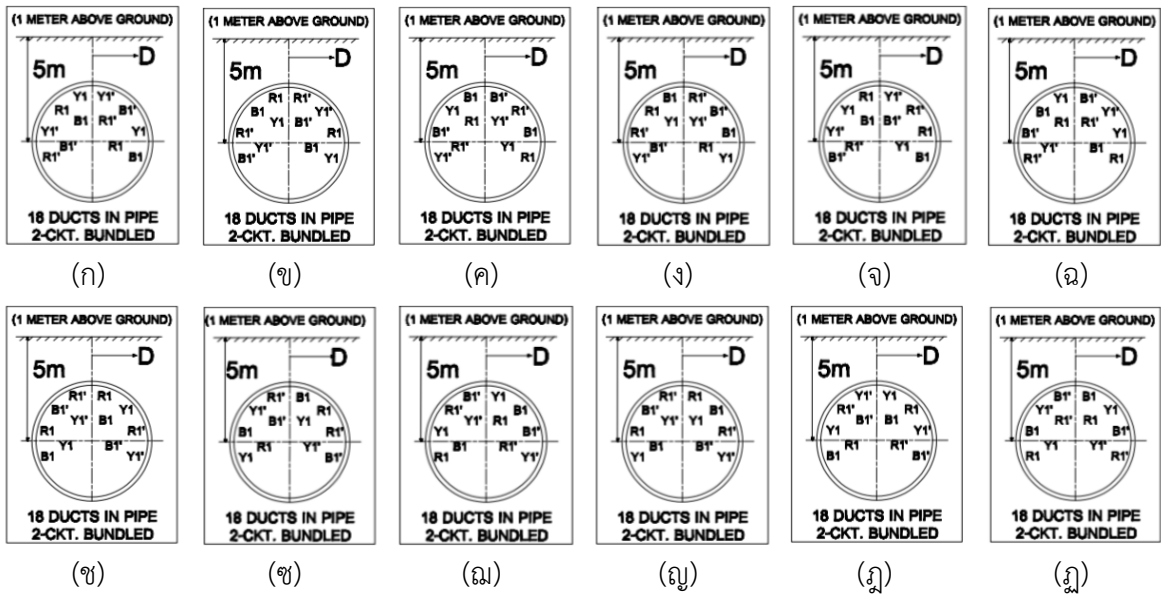
จากรูปที่ 4.96ก-4.96ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.7.6.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.97 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



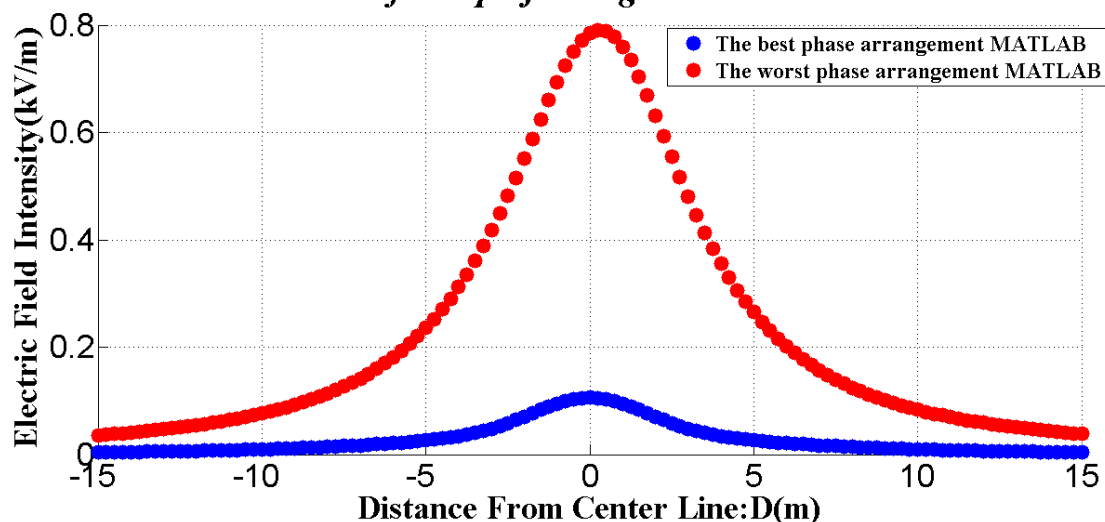
- รูปที่ 4.97ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.97ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.97ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.97ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4
- รูปที่ 4.97จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5
- รูปที่ 4.97ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6
- รูปที่ 4.97ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 1

รูปที่ 4.97ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 2
 รูปที่ 4.97ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 3
 รูปที่ 4.97ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 4
 รูปที่ 4.97ด การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 5
 รูปที่ 4.97ถ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 6

จากรูปที่ 4.97ก-4.97ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundle ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.7.7 21 ท่อ 1-CKT.Bundled

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
 69kV UG Cable for Pipe-jacking 21 Ducts 1-CKT Bundled**

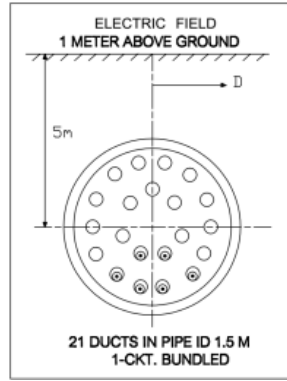


รูปที่ 4.98 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled

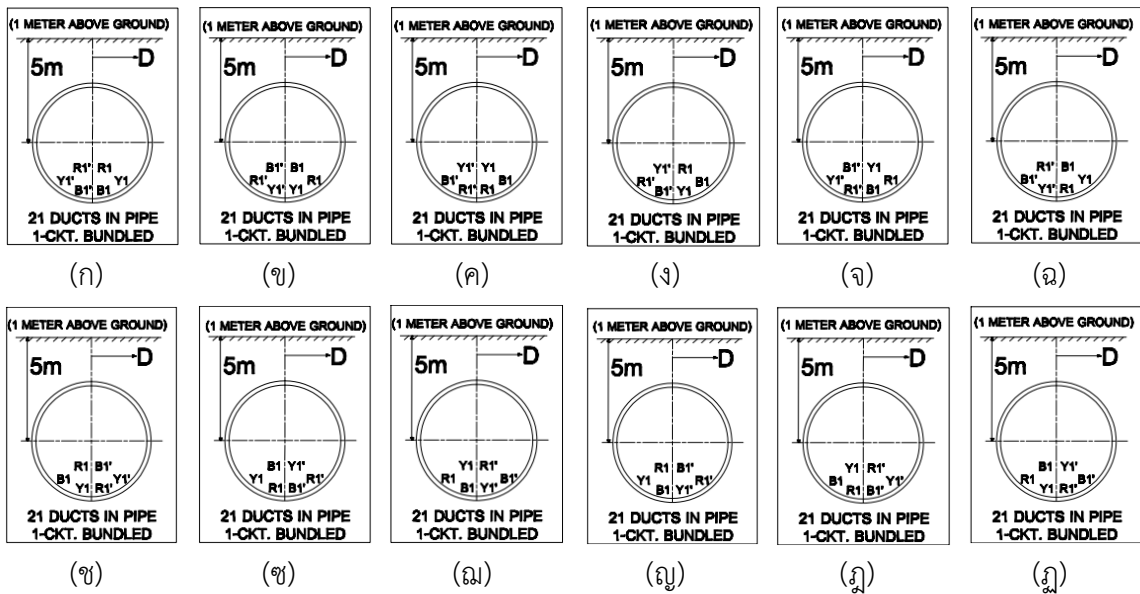
จากรูปที่ 4.98 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 0.7849 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.106 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.7.7.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.99 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



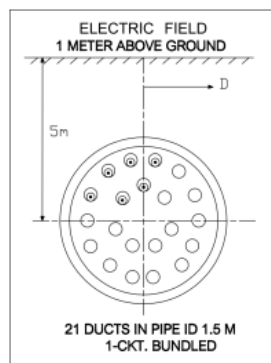
- รูปที่ 4.99ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.99ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.99ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.99ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4
- รูปที่ 4.99จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5
- รูปที่ 4.99ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6
- รูปที่ 4.99ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 1

- รูปที่ 4.99ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 2
- รูปที่ 4.99ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 3
- รูปที่ 4.99ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 4
- รูปที่ 4.99ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 5
- รูปที่ 4.99ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 6

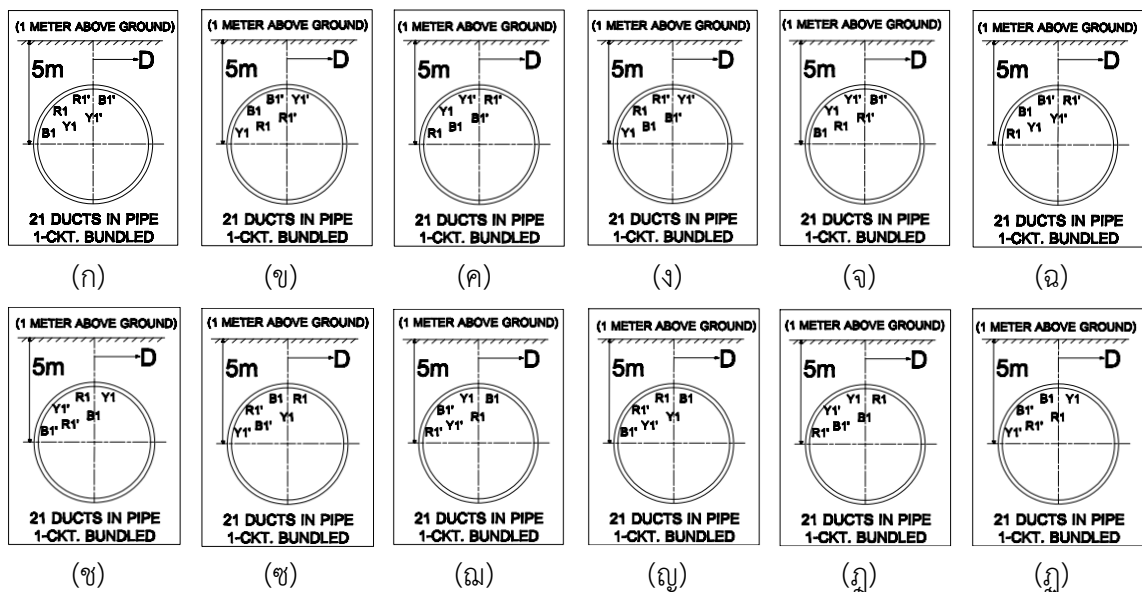
จากรูปที่ 4.99ก-4.99ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.7.7.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



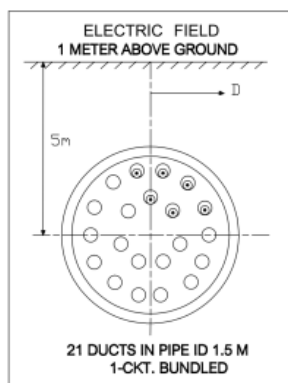
รูปที่ 4.100 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



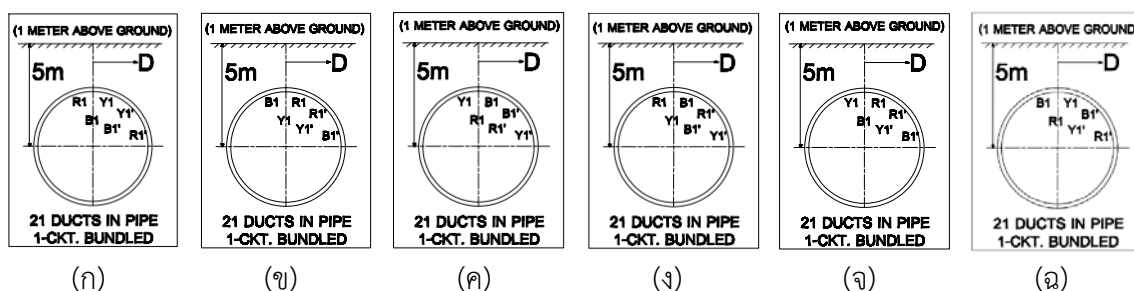
- รูปที่ 4.100ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.100ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.100ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.100ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4
- รูปที่ 4.100จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5
- รูปที่ 4.100ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6
- รูปที่ 4.100ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 1
- รูปที่ 4.100ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 2
- รูปที่ 4.100ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 3
- รูปที่ 4.100ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 4
- รูปที่ 4.100ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 5
- รูปที่ 4.100ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 6

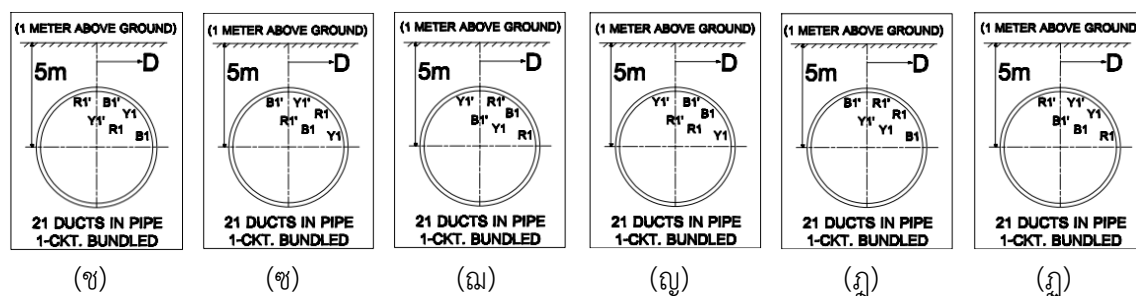
จากรูปที่ 4.100ก-4.100ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.101 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

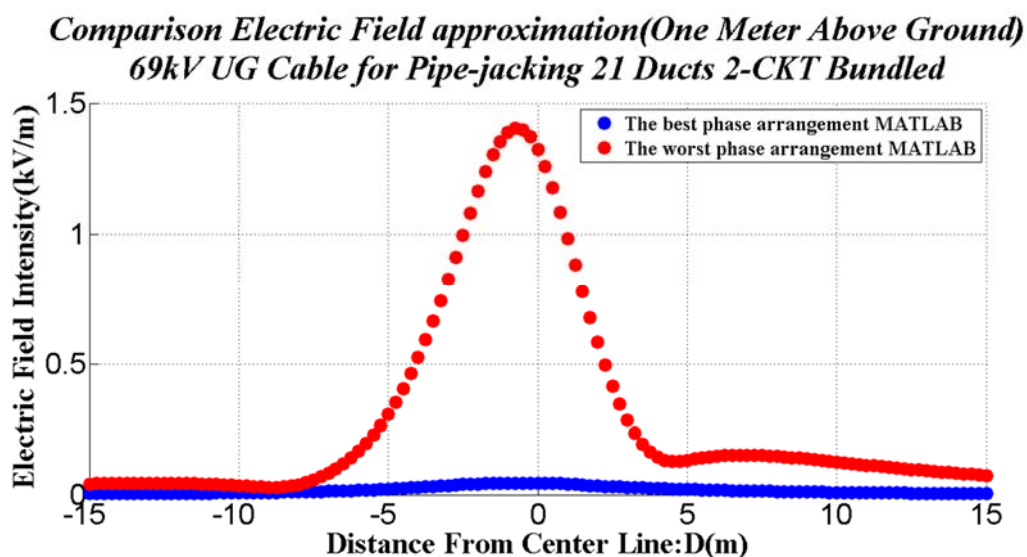




- รูปที่ 4.101ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 1
 รูปที่ 4.101ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 2
 รูปที่ 4.101ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 3
 รูปที่ 4.101ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 4
 รูปที่ 4.101จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 5
 รูปที่ 4.101ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 6
 รูปที่ 4.101ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 1
 รูปที่ 4.101ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 2
 รูปที่ 4.101ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 3
 รูปที่ 4.101ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 4
 รูปที่ 4.101ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 5
 รูปที่ 4.101ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 6

จากรูปที่ 4.101ก-4.101ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่า
 สนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.7.8 21 ท่อ 2-CKT.Bundled

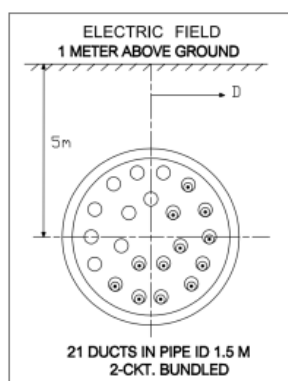


รูปที่ 4.102 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled

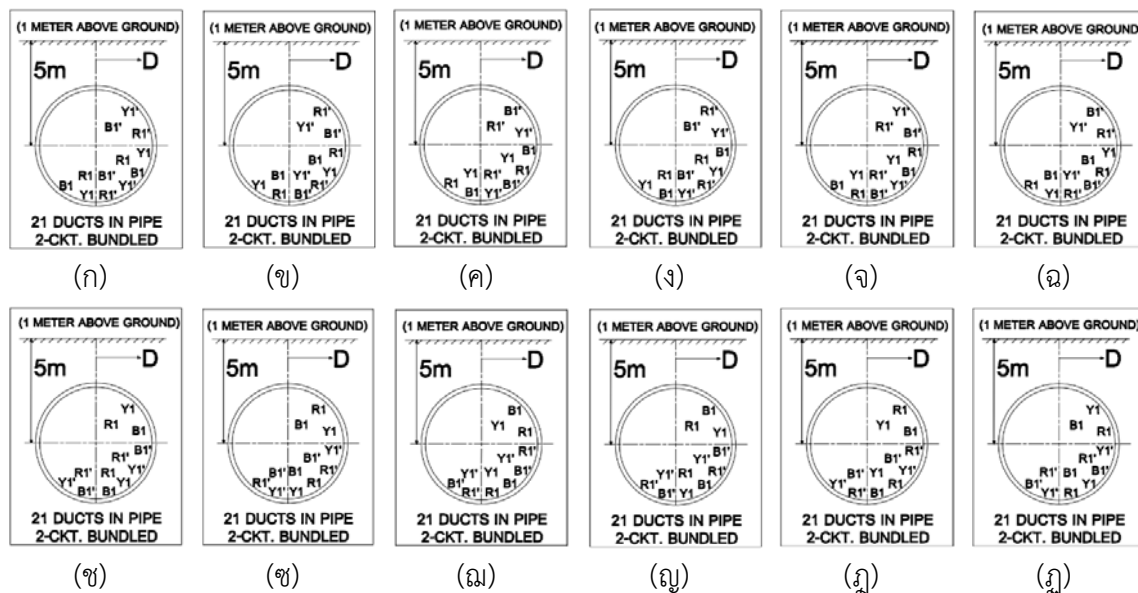
จากรูปที่ 4.102 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 1.337 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.04519 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.7.8.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.103 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

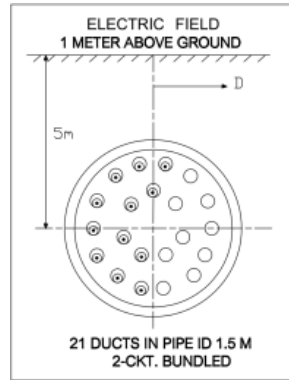


- รูปที่ 4.103ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 1
- รูปที่ 4.103ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 2
- รูปที่ 4.103ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 3
- รูปที่ 4.103ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 4
- รูปที่ 4.103จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 5
- รูปที่ 4.103ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 6
- รูปที่ 4.103ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 1
- รูปที่ 4.103ฐ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 2
- รูปที่ 4.103ฒ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 3
- รูปที่ 4.103ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 4
- รูปที่ 4.103ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 5
- รูปที่ 4.103ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 6

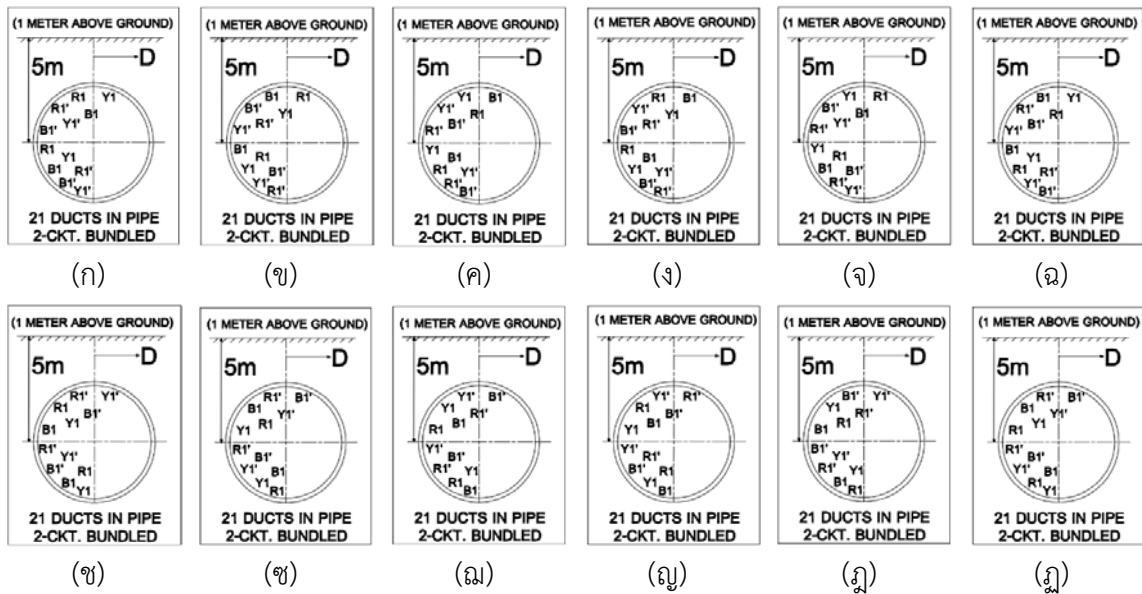
จากรูปที่ 4.103ก-4.103ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.7.8.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.104 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



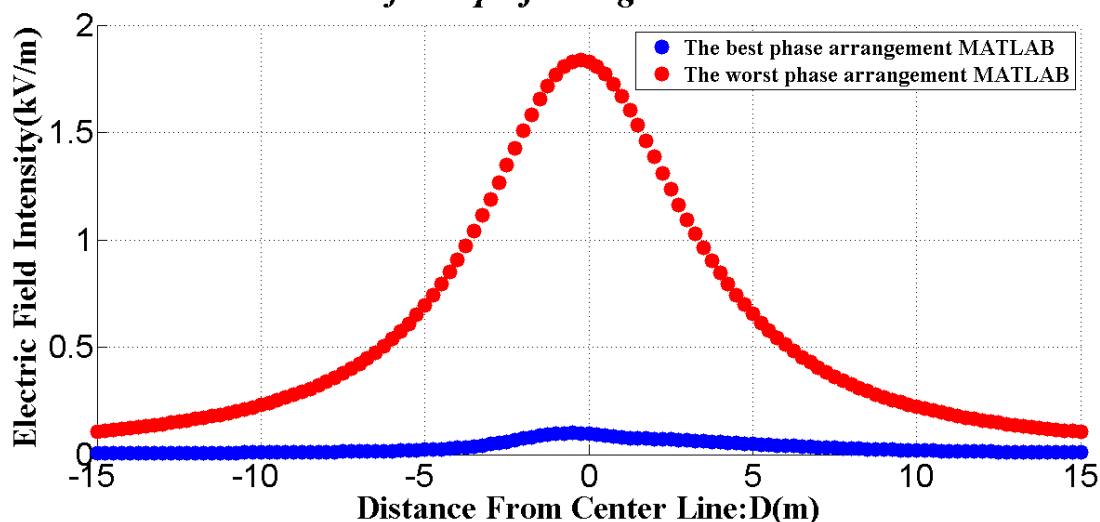
- รูปที่ 4.104ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 1
- รูปที่ 4.104ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.104ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 3
- รูปที่ 4.104ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 4
- รูปที่ 4.104จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 5
- รูปที่ 4.104ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 6
- รูปที่ 4.104ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 1

- รูปที่ 4.104ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 2
 รูปที่ 4.104ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 3
 รูปที่ 4.104ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 4
 รูปที่ 4.104ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 5
 รูปที่ 4.104ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 6

จากรูปที่ 4.104ก-4.104ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.7.9 21 ท่อ 3-CKT.Bundled

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
69kV UG Cable for Pipe-jacking 21 Ducts 3-CKT Bundled**

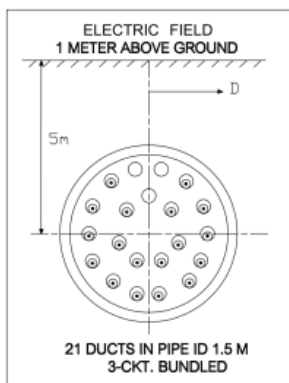


รูปที่ 4.105 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled

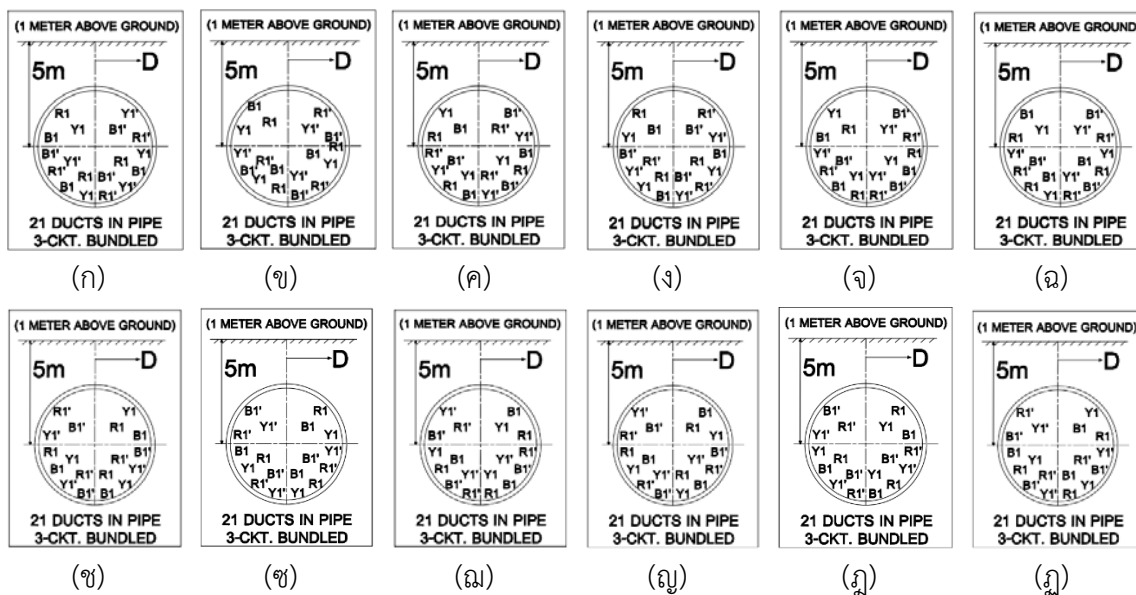
จากรูปที่ 4.105 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 1.831 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.09589 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.7.9.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.106 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



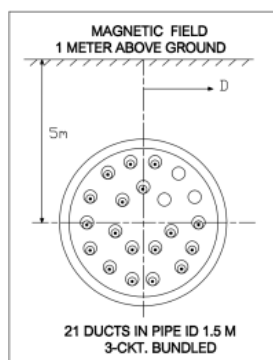
- รูปที่ 4.106ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.106ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.106ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.106ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.106จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.106ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 6
- รูปที่ 4.106ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 1

- รูปที่ 4.106ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 2
- รูปที่ 4.106ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 3
- รูปที่ 4.106ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 4
- รูปที่ 4.106ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 5
- รูปที่ 4.106ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 6

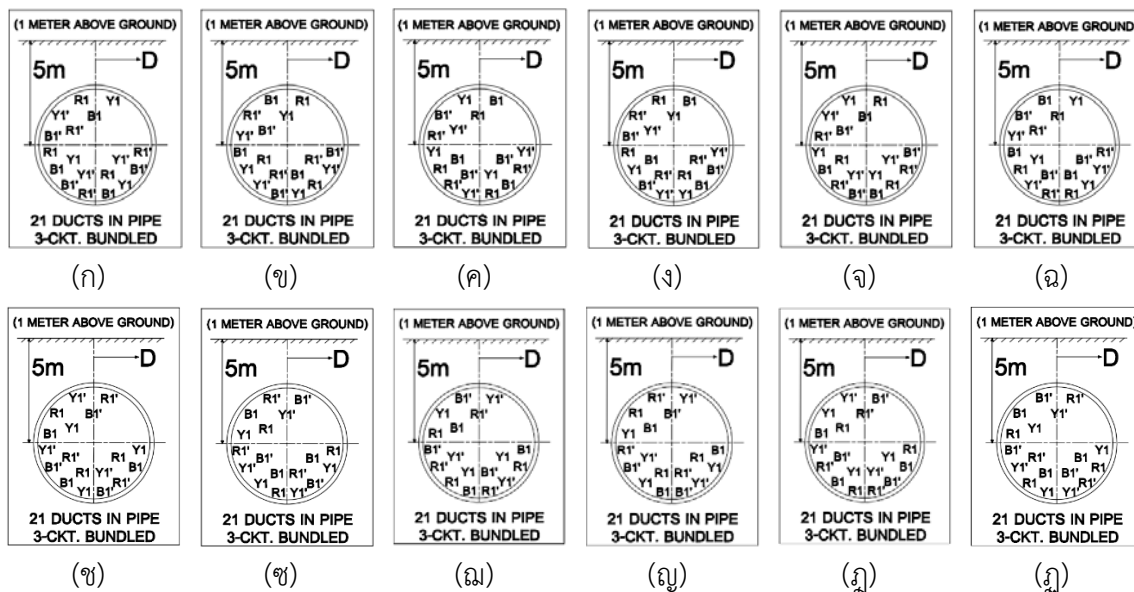
จากรูปที่ 4.106ก-4.106ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.7.9.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.107 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

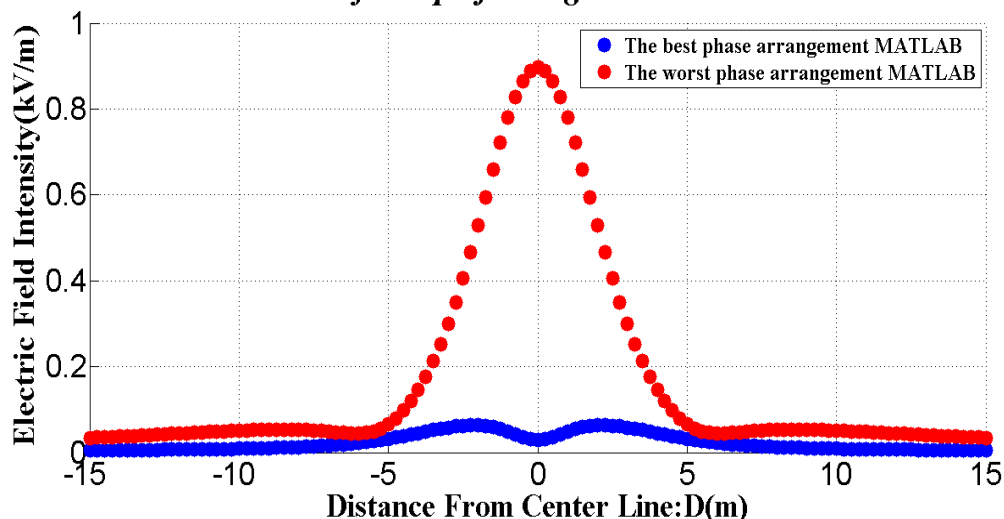


- รูปที่ 4.107ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 1
 รูปที่ 4.107ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 2
 รูปที่ 4.107ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 3
 รูปที่ 4.107ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 4
 รูปที่ 4.107จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 5
 รูปที่ 4.107ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 6
 รูปที่ 4.107ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 1
 รูปที่ 4.107ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 2
 รูปที่ 4.107ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 3
 รูปที่ 4.107ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 4
 รูปที่ 4.107ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 5
 รูปที่ 4.107ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 6

จากรูปที่ 4.107ก-4.107ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.7.10 24 ท่อ 1-CKT.Bundled

Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground) 69kV UG Cable for Pipe-jacking 24 Ducts 1-CKT Bundled

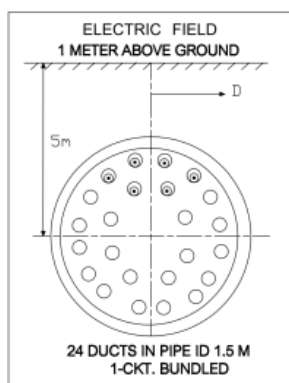


รูปที่ 4.108 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled

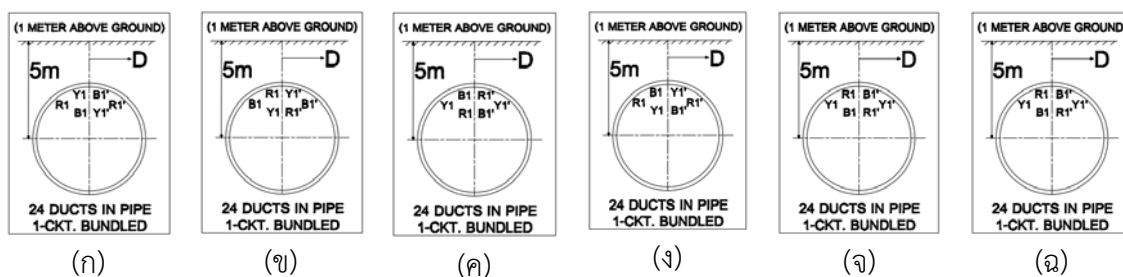
จากรูปที่ 4.108 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 0.8968 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.02985 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.7.10.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.109 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



รูปที่ 4.109ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 1

รูปที่ 4.109ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 2

รูปที่ 4.109ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 3

รูปที่ 4.109ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 4

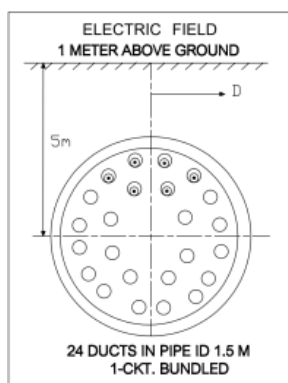
รูปที่ 4.109จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 5

รูปที่ 4.109ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 6

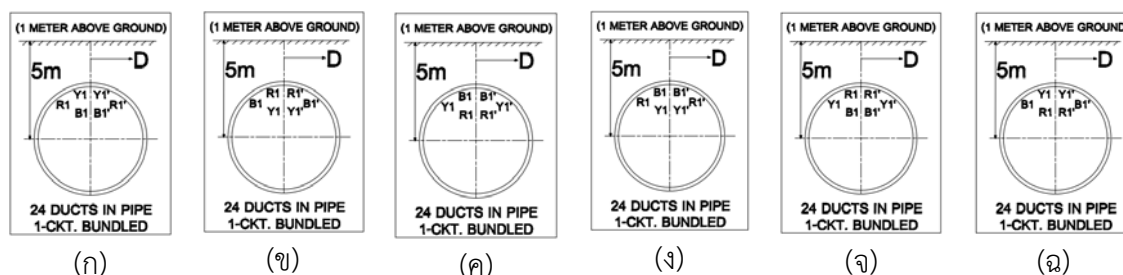
จากรูปที่ 4.109ก-4.109ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.7.10.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.110 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

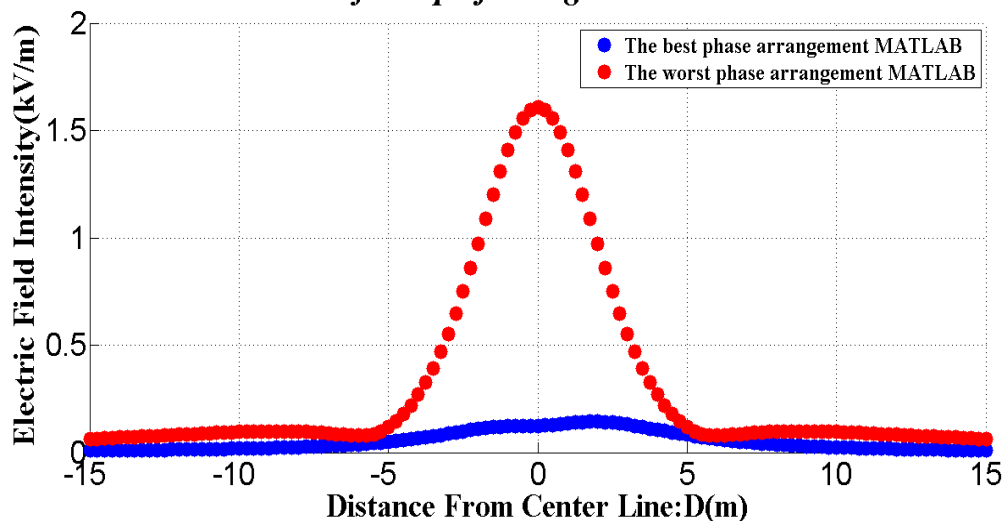


รูปที่ 4.110ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 1
 รูปที่ 4.110ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 2
 รูปที่ 4.110ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 3
 รูปที่ 4.110ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 4
 รูปที่ 4.110จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 5
 รูปที่ 4.110ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 6

จากรูปที่ 4.110ก-4.110ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.7.11 24 ท่อ 2-CKT.Bundled

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
69kV UG Cable for Pipe-jacking 24 Ducts 2-CKT Bundled**

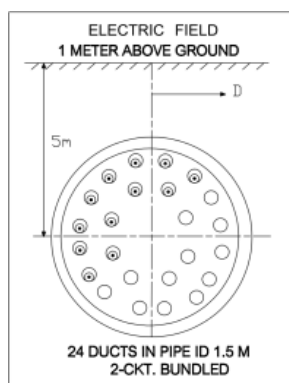


รูปที่ 4.111 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled

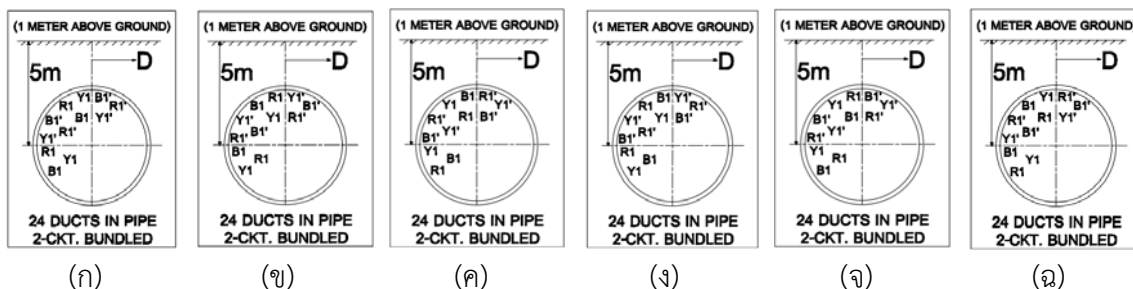
จากรูปที่ 4.111 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 1.61 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.1259 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.7.11.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.112 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

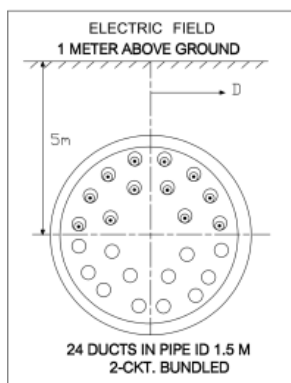


- รูปที่ 4.112ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case13-Type 1
- รูปที่ 4.112ขการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case13-Type 2
- รูปที่ 4.112ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case13-Type 3
- รูปที่ 4.112ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case13-Type 4
- รูปที่ 4.112จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case13-Type 5
- รูปที่ 4.112ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case13-Type 6

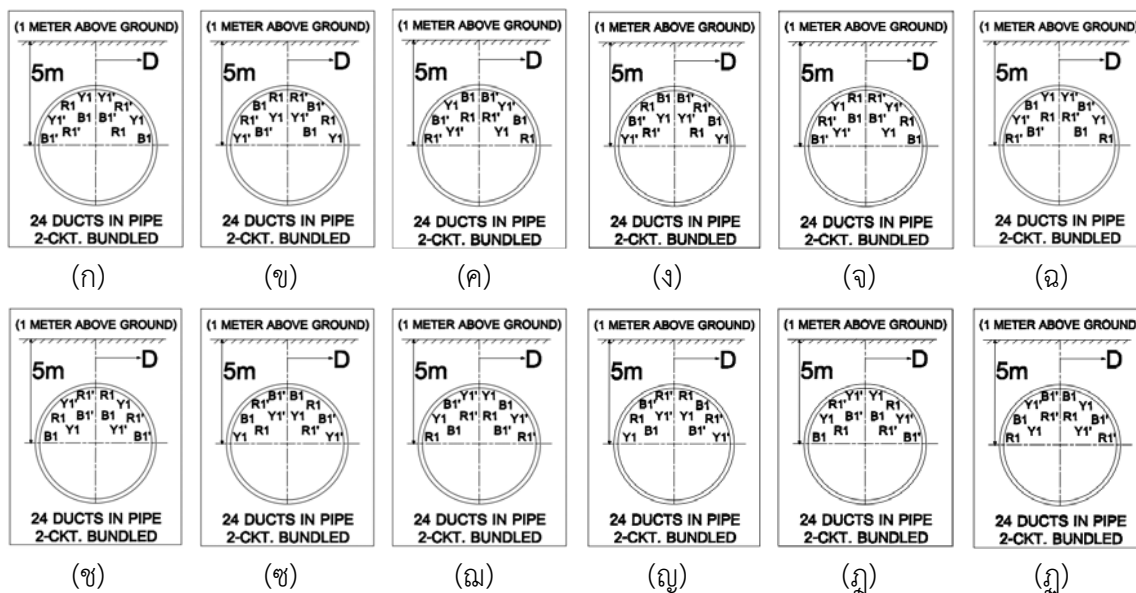
จากรูปที่ 4.112ก-4.112ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.7.11.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.113 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

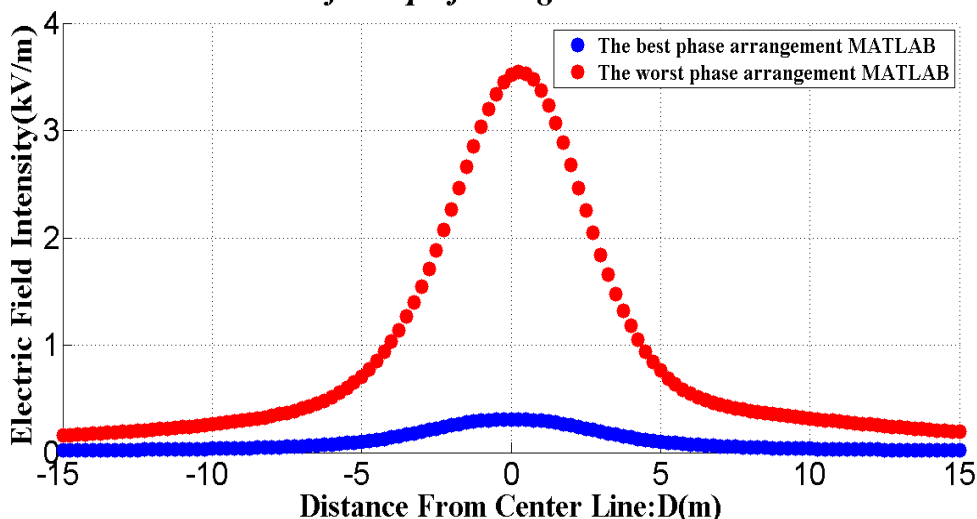


- รูปที่ 4.113ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 1
- รูปที่ 4.113ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.113ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 3
- รูปที่ 4.113ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 4
- รูปที่ 4.113จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 5
- รูปที่ 4.113ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 6
- รูปที่ 4.113ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 1
- รูปที่ 4.113ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 2
- รูปที่ 4.113ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 3
- รูปที่ 4.113ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 4
- รูปที่ 4.113ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 5
- รูปที่ 4.113ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 6

จากรูปที่ 4.113ก-4.113ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.7.12 24 ท่อ 3-CKT.Bundled

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
69kV UG Cable for Pipe-jacking 24 Ducts 3-CKT Bundled**

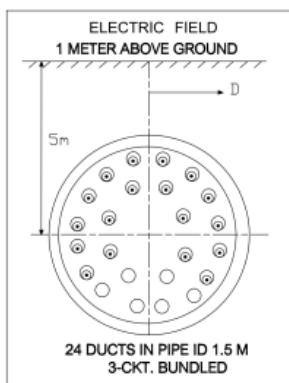


รูปที่ 4.114 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled

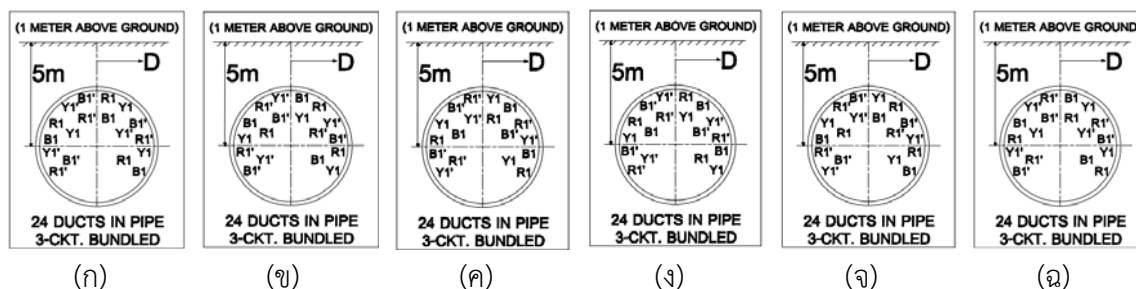
จากรูปที่ 4.112 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 3.519 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.3101 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.7.12.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.115 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

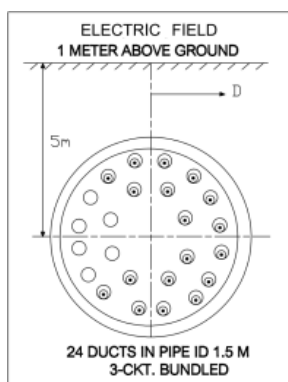


- รูปที่ 4.115ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 1
- รูปที่ 4.115ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.115ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 3
- รูปที่ 4.115ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.115จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.115ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 6

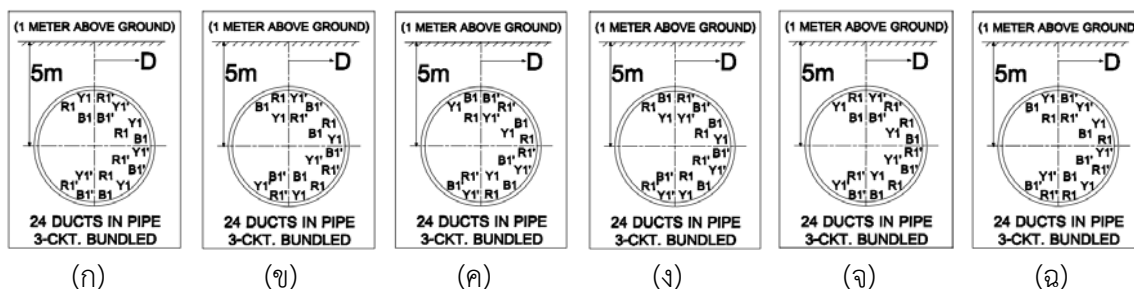
จากรูปที่ 4.115ก-4.115ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.7.12.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.116 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



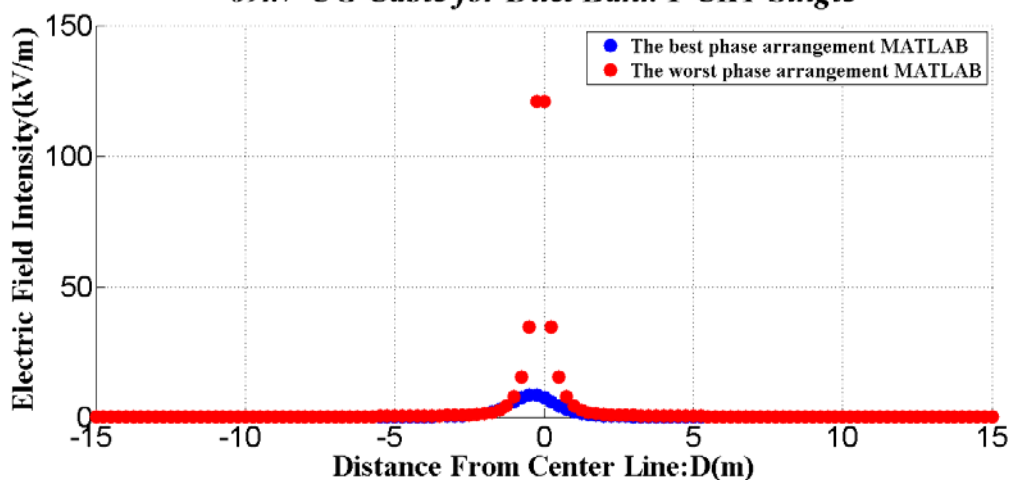
- รูปที่ 4.116ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 1
- รูปที่ 4.116ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 2
- รูปที่ 4.116ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 3
- รูปที่ 4.116ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 4
- รูปที่ 4.116จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 5
- รูปที่ 4.116ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 6

จากรูปที่ 4.116ก-4.116ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.8 ผลการเปรียบเทียบสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินของรูปแบบ Duct Bank (4×6) ในโปรแกรม MATLAB ที่แรงดัน 69kV

4.8.1 Duct Bank 1-CKT.Single

*Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
69kV UG Cable for Duct Bank 1-CKT Single*

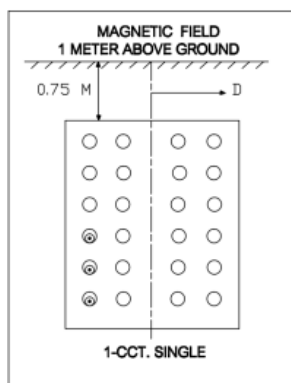


รูปที่ 4.117 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 1-CKT.Single

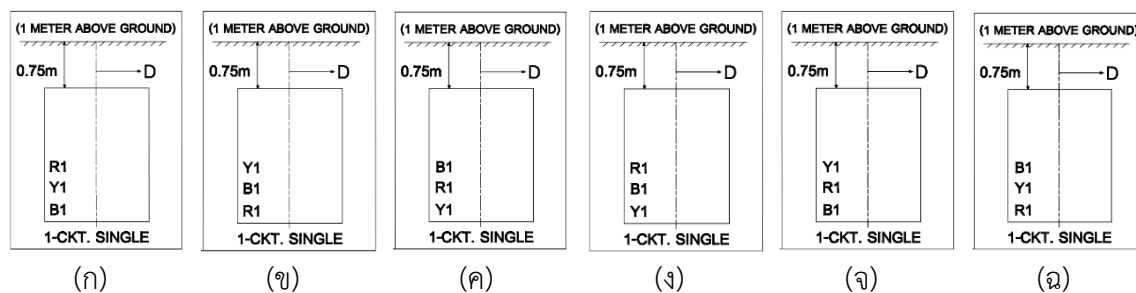
จากรูปที่ 4.117 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 120.8 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 7.534 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.8.1.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.118 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



รูปที่ 4.118ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 1

รูปที่ 4.118ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 2

รูปที่ 4.118ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 3

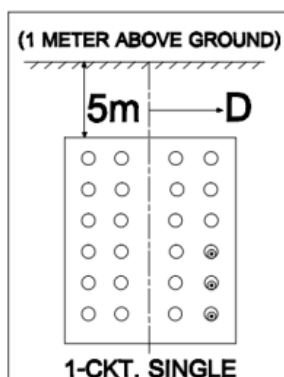
รูปที่ 4.118ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 4

รูปที่ 4.118จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 5

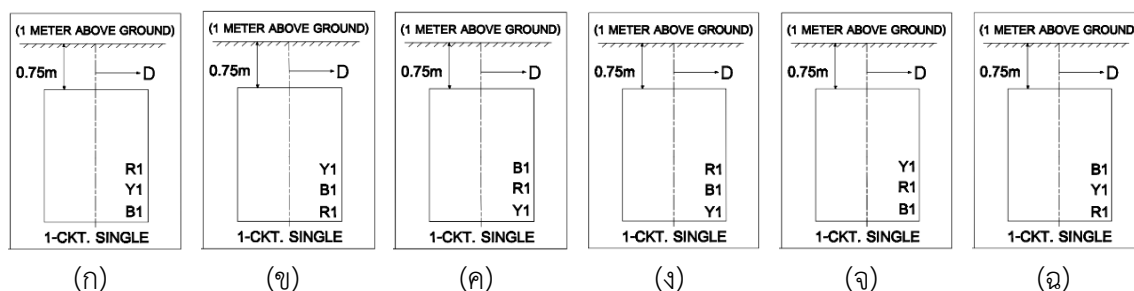
รูปที่ 4.118ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 6

จากรูปที่ 4.118ก-4.118ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.119 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่า
สนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



รูปที่ 4.119ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 1

รูปที่ 4.119ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 2

รูปที่ 4.119ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 3

รูปที่ 4.119ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 4

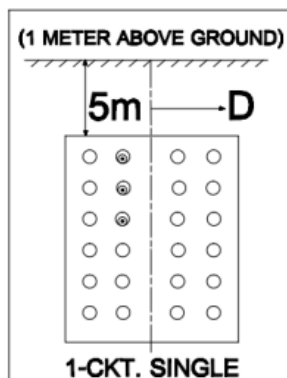
รูปที่ 4.119จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 5

รูปที่ 4.119ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 6

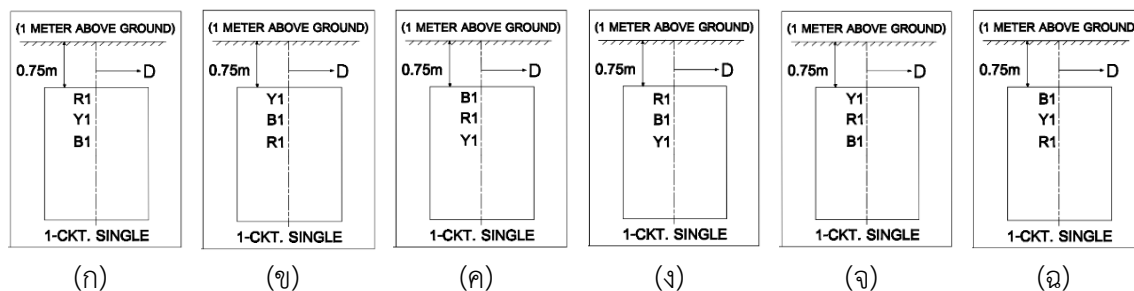
จากรูปที่ 4.119ก-4.119ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่า
สนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.8.1.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.120 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



รูปที่ 4.120ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 1

รูปที่ 4.120ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 2

รูปที่ 4.120ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 3

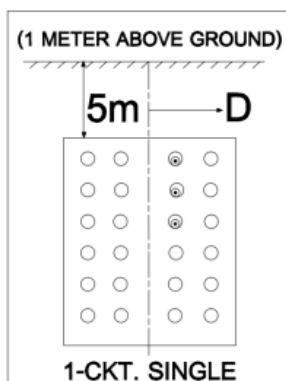
รูปที่ 4.120ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 4

รูปที่ 4.120จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 5

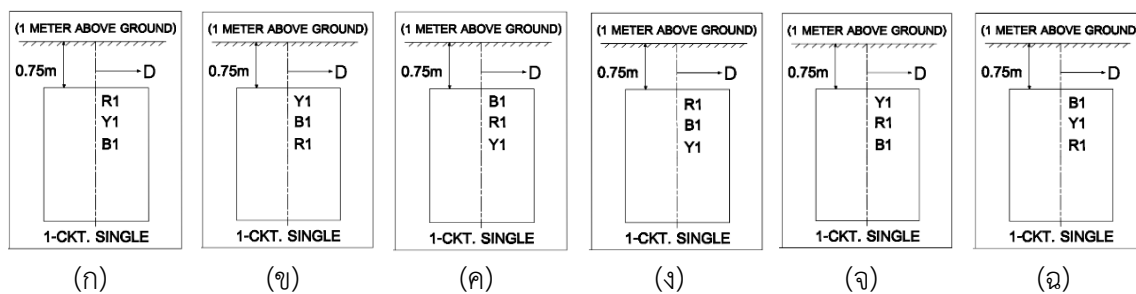
รูปที่ 4.120ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 6

จากรูปที่ 4.120ก-4.120ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.121 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

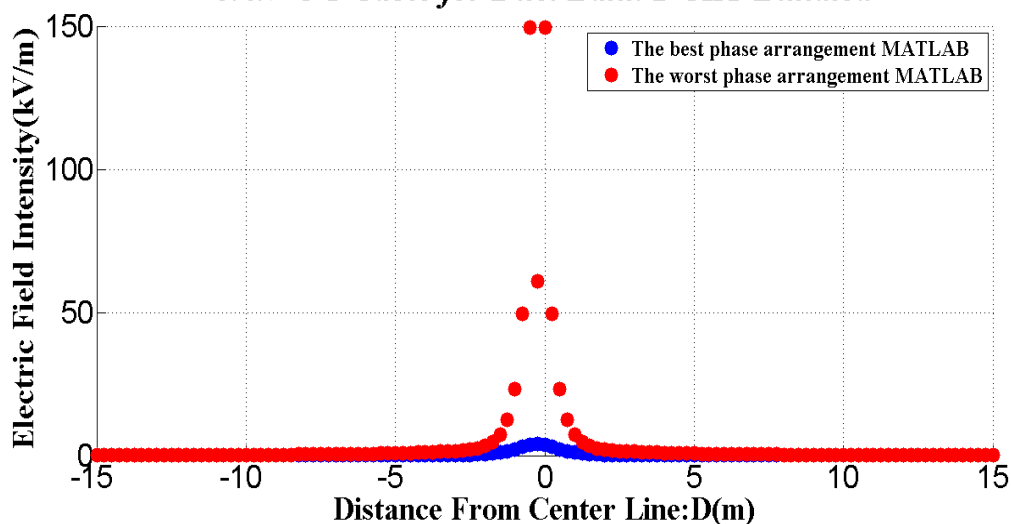


- รูปที่ 4.121ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 1
- รูปที่ 4.121ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 2
- รูปที่ 4.121ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 3
- รูปที่ 4.121ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 4
- รูปที่ 4.121จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 5
- รูปที่ 4.121ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 6

จากรูปที่ 4.121ก-4.121ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.8.2 Duct Bank 1-CKT.Bundled

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
69kV UG Cable for Duct Bank 1-CKT Bundled**

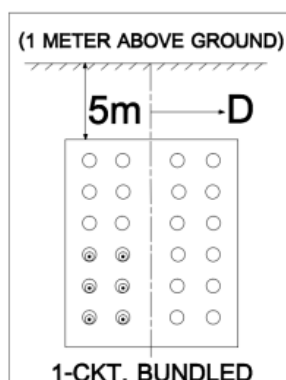


รูปที่ 4.122 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 1-CKT.Bundled

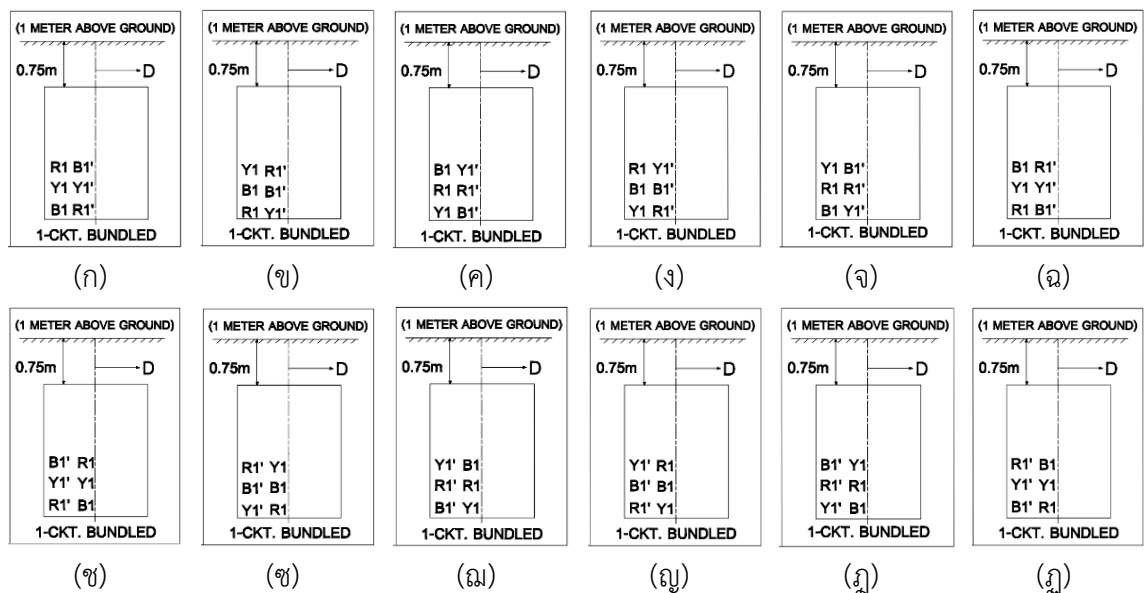
จากรูปที่ 4.122 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 149.7 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 3.71 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.8.2.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



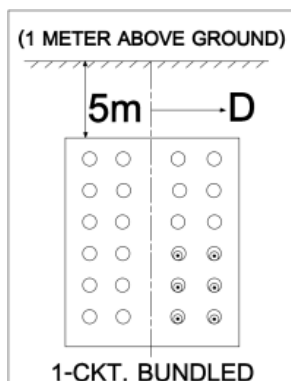
รูปที่ 4.123 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4×6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



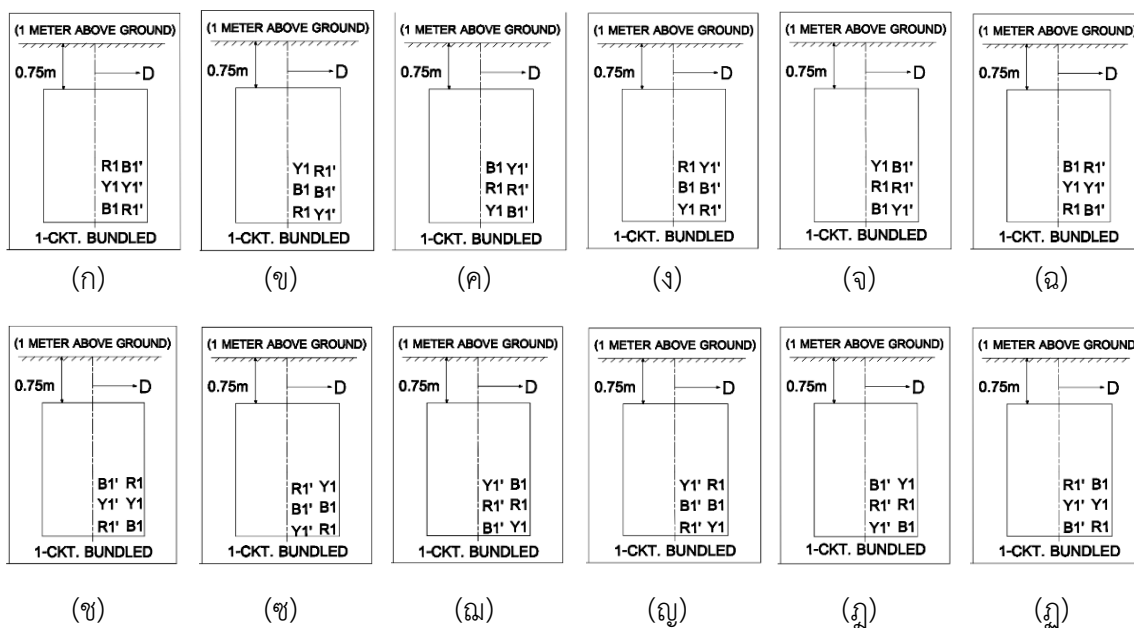
- รูปที่ 4.123ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.123ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.123ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.123ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.123จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.123ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 6
- รูปที่ 4.123ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 1
- รูปที่ 4.123ฐ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.123ฒ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 3
- รูปที่ 4.123ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.123ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.123ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 6

จากรูปที่ 4.123ก-4.123ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.124 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



รูปที่ 4.124ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 1

รูปที่ 4.124ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 2

รูปที่ 4.124ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 3

รูปที่ 4.124ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 4

รูปที่ 4.124จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 5

รูปที่ 4.124ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 6

รูปที่ 4.124ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 1

รูปที่ 4.124ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 2

รูปที่ 4.124ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 3

รูปที่ 4.124ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 4

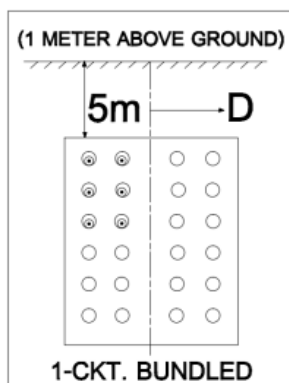
รูปที่ 4.124ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 5

รูปที่ 4.124ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 6

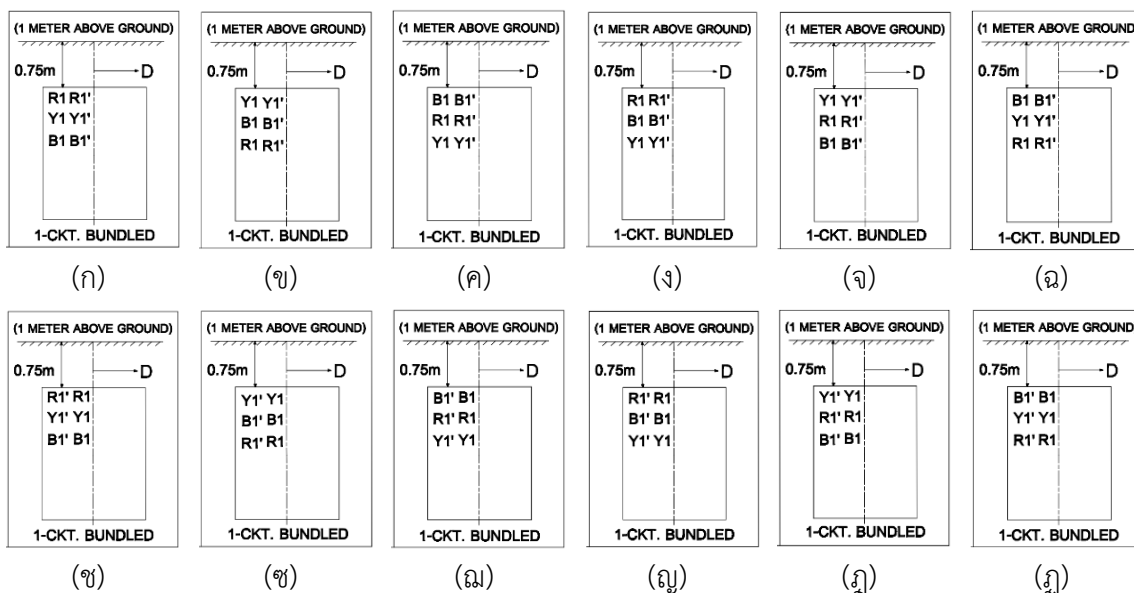
จากรูปที่ 4.124ก-4.124ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.8.2.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



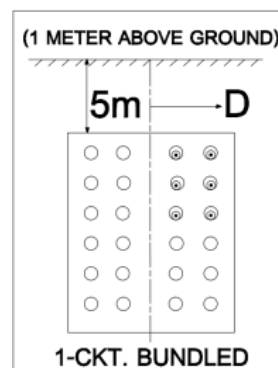
รูปที่ 4.125 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



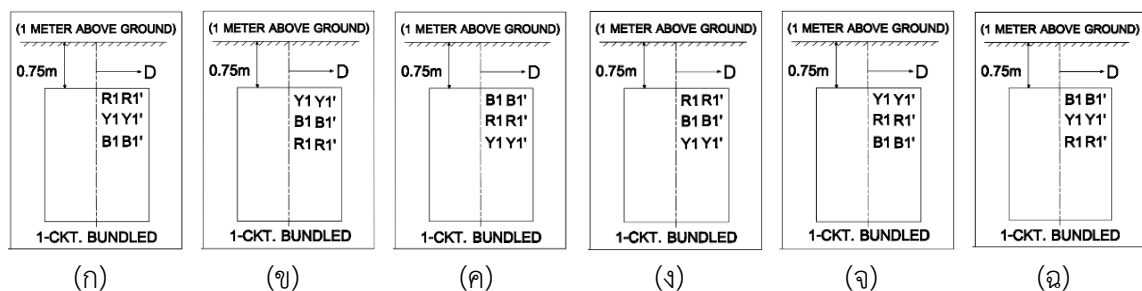
- รูปที่ 4.125ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 1
 รูปที่ 4.125ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 2
 รูปที่ 4.125ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 3
 รูปที่ 4.125ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 4
 รูปที่ 4.125จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 5
 รูปที่ 4.125ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 6
 รูปที่ 4.125ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 1
 รูปที่ 4.125ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 2
 รูปที่ 4.125ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 3
 รูปที่ 4.125ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 4
 รูปที่ 4.125ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 5
 รูปที่ 4.125ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 6

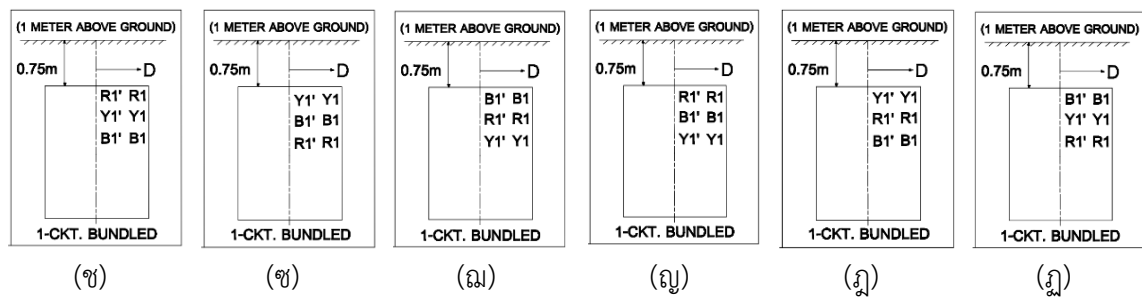
จากรูปที่ 4.125ก-4.125ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.126 แสดงการจัดวางสายตัวนำตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่ไฟฟ้ามากที่สุด



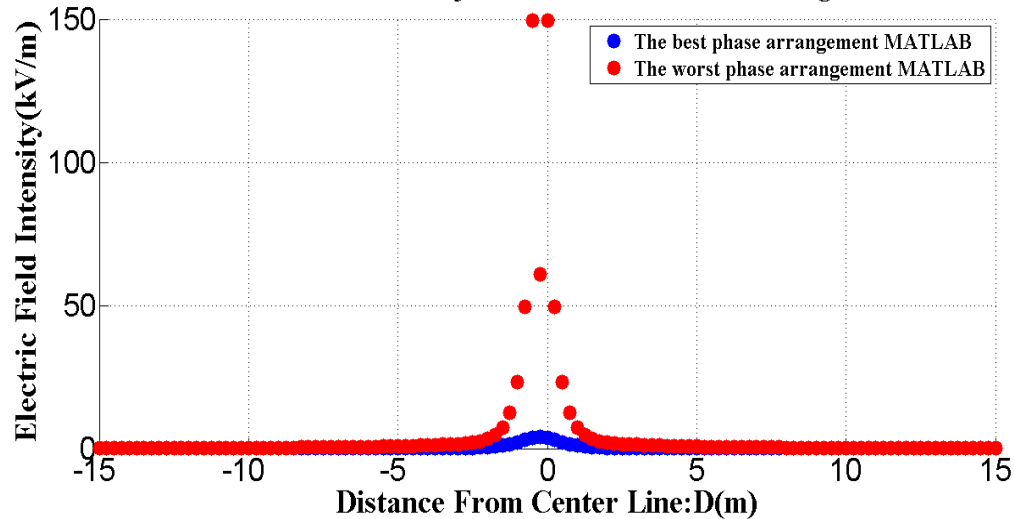


- รูปที่ 4.126ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 1
 รูปที่ 4.126ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 2
 รูปที่ 4.126ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 3
 รูปที่ 4.126ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 4
 รูปที่ 4.126จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 5
 รูปที่ 4.126ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 6
 รูปที่ 4.126ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 1
 รูปที่ 4.126ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 2
 รูปที่ 4.126ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 3
 รูปที่ 4.126ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 4
 รูปที่ 4.126ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 5
 รูปที่ 4.126ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 6

จากรูปที่ 4.126ก-4.126ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.8.3 Duct Bank 2-CKT.Single

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
69kV UG Cable for Duct Bank 2-CKT Single**

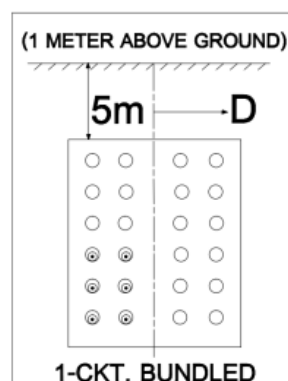


รูปที่ 4.127 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Single

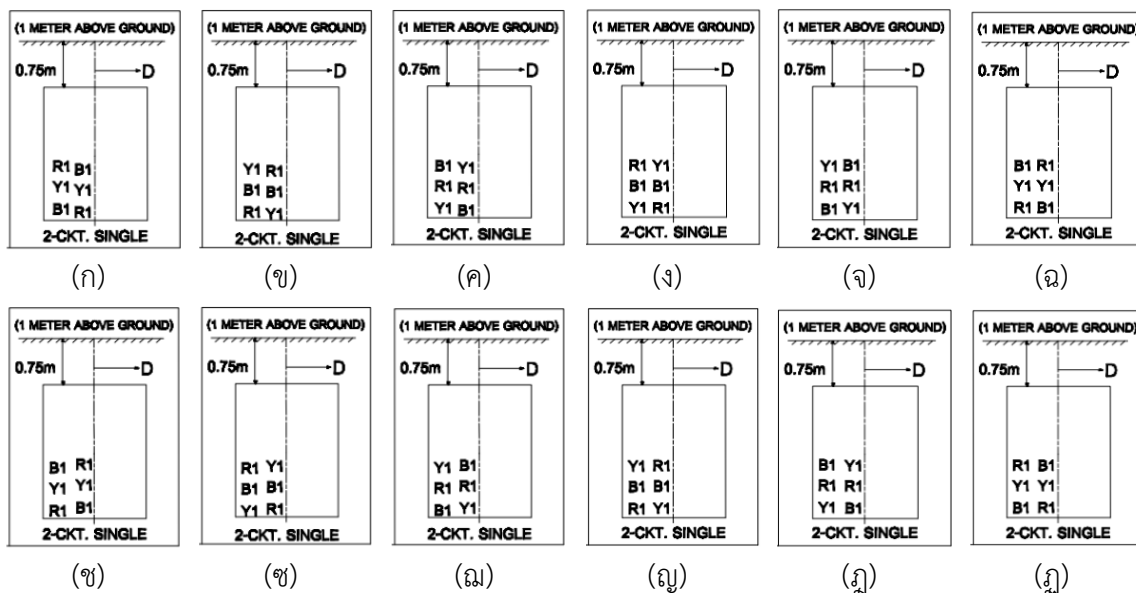
จากรูปที่ 4.127 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 149.7 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 3.71 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Single โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.8.3.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



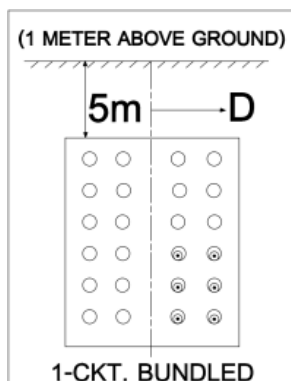
รูปที่ 4.128 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



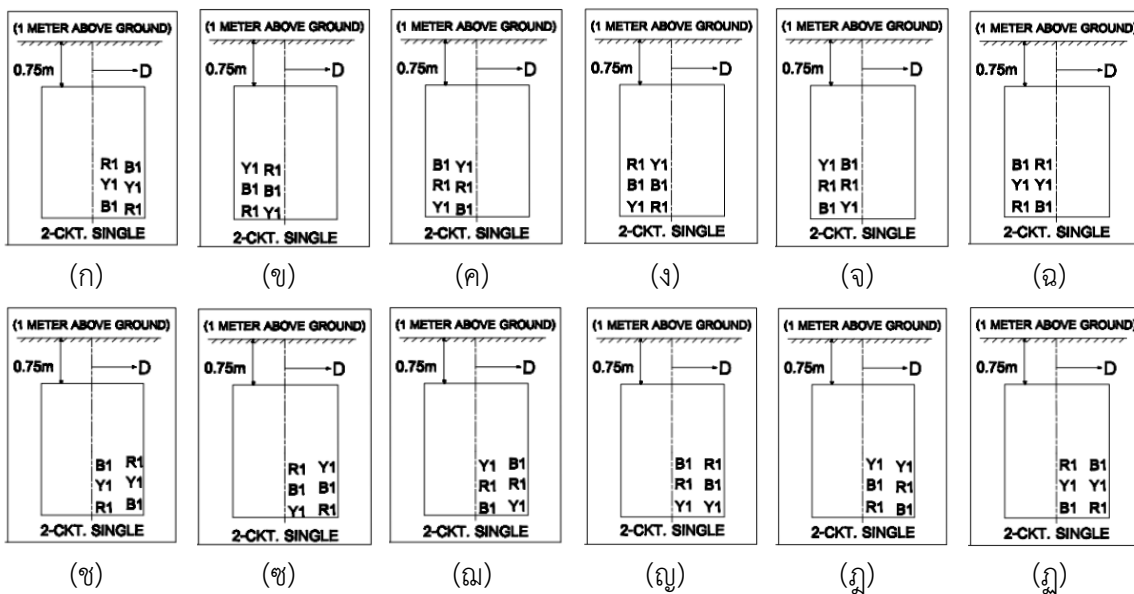
- รูปที่ 4.128ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.128ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.128ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.128ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.128จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.128ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 6
- รูปที่ 4.128ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 1
- รูปที่ 4.128ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 2
- รูปที่ 4.128ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 3
- รูปที่ 4.128ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 4
- รูปที่ 4.128ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 5
- รูปที่ 4.128ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 6

จากรูปที่ 4.128ก-4.128ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.129 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



- รูปที่ 4.129ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 1
- รูปที่ 4.129ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.129ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 3
- รูปที่ 4.129ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 4
- รูปที่ 4.129จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 5
- รูปที่ 4.129ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 6
- รูปที่ 4.129ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.129ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.129ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 3

รูปที่ 4.129ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 4

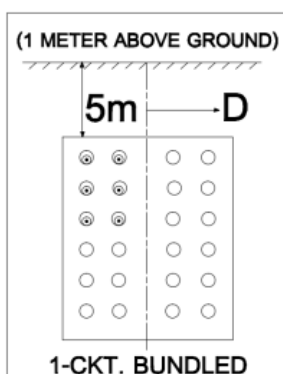
รูปที่ 4.129ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 5

รูปที่ 4.129ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 6

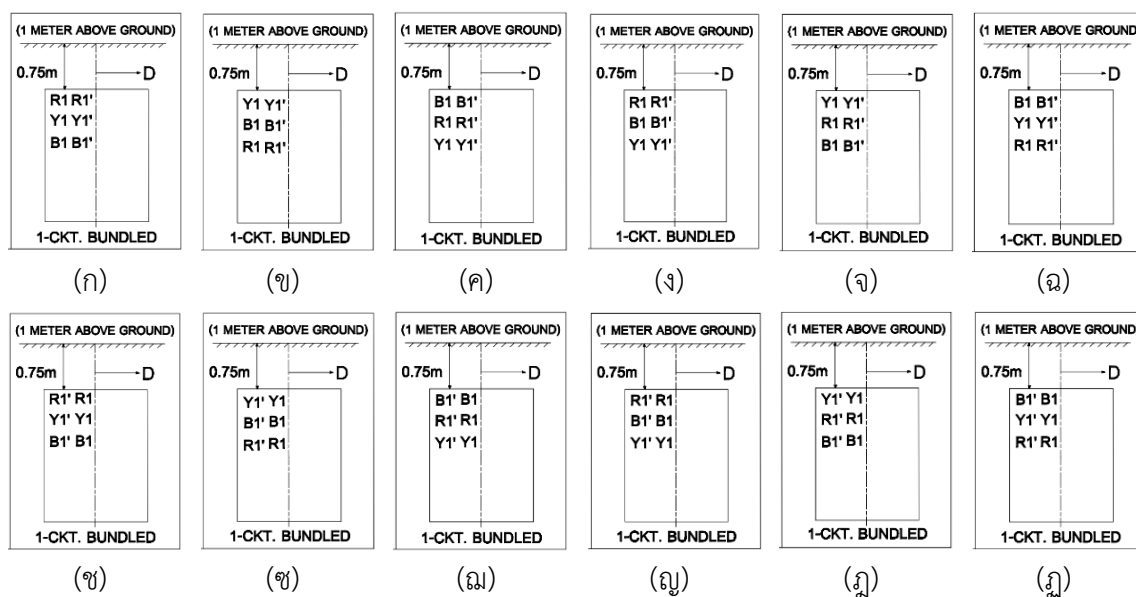
จากรูปที่ 4.129ก-4.129ค แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.8.3.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



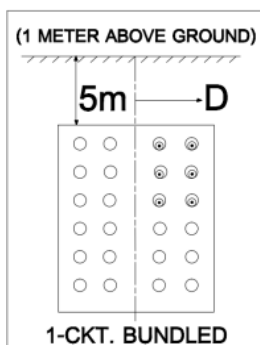
รูปที่ 4.130 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



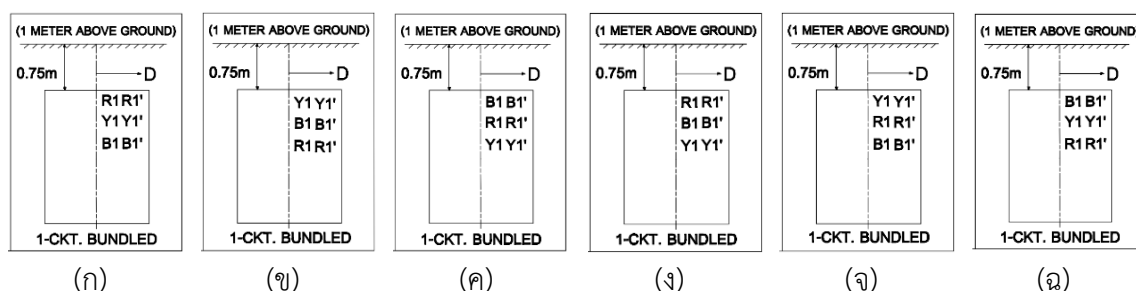
- รูปที่ 4.130ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 1
- รูปที่ 4.130ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.130ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 3
- รูปที่ 4.130ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 4
- รูปที่ 4.130จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 5
- รูปที่ 4.130ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 6
- รูปที่ 4.130ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 1
- รูปที่ 4.130ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 2
- รูปที่ 4.130ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 3
- รูปที่ 4.130ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 4
- รูปที่ 4.130ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 5
- รูปที่ 4.130ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 6

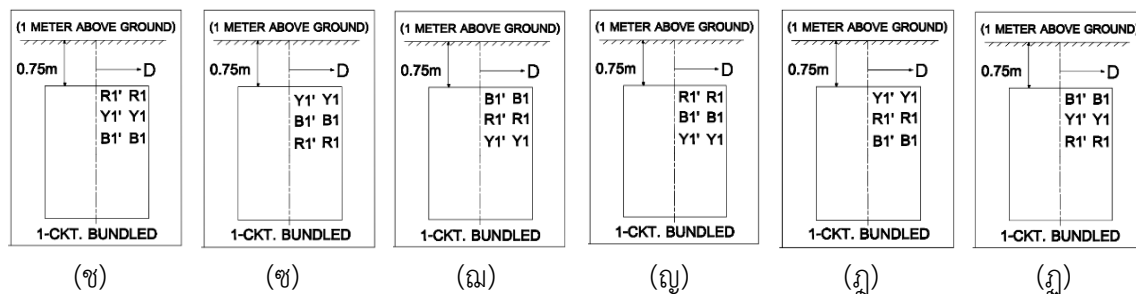
จากรูปที่ 4.130ก-4.130ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.131 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



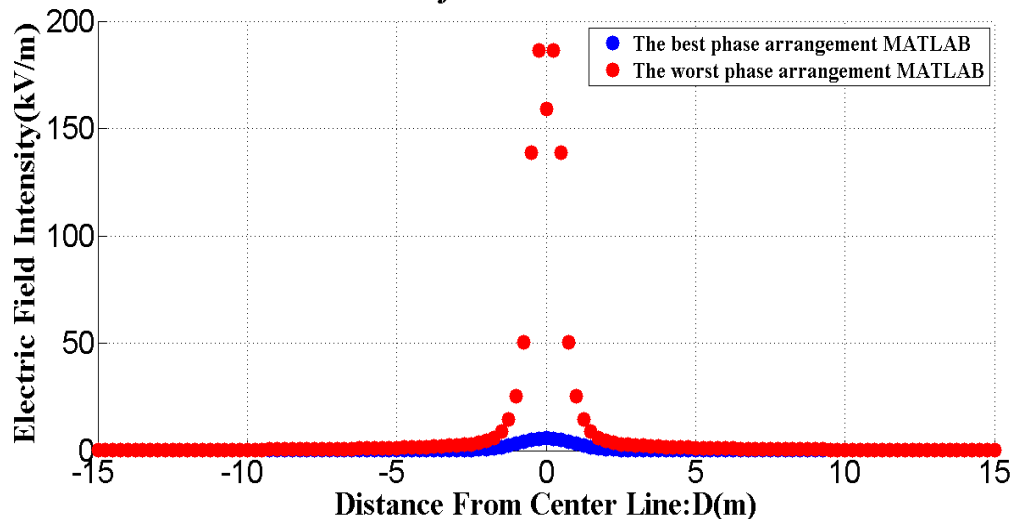


- รูปที่ 4.132ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.132ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.131ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.131ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 4
- รูปที่ 4.131จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 5
- รูปที่ 4.131ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 6
- รูปที่ 4.131ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 1
- รูปที่ 4.131ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 2
- รูปที่ 4.131ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 3
- รูปที่ 4.131ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 4
- รูปที่ 4.131ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 5
- รูปที่ 4.131ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 6

จากรูปที่ 4.131ก-4.131ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.8.4 Duct Bank 2-CKT.Bundled

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
69kV UG Cable for Duct Bank 2-CKT Bundled**

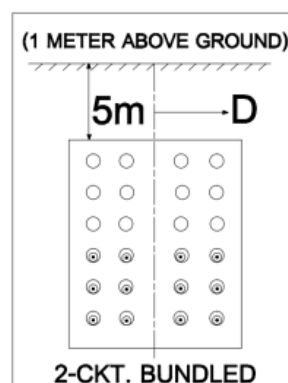


รูปที่ 4.132 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Bundled

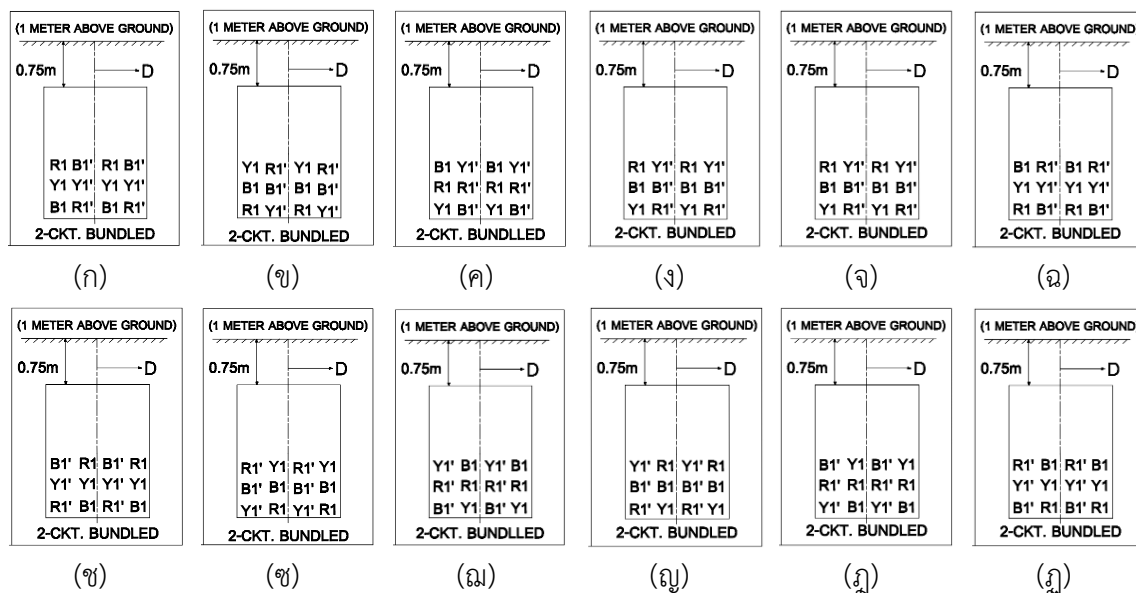
จากรูปที่ 4.132 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 159.2 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 5.632 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.8.4.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.133 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

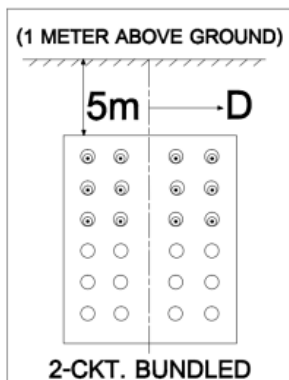


- รูปที่ 4.133ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.133ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.133ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.133ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.133จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.133ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 6
- รูปที่ 4.133ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 1
- รูปที่ 4.133ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.133ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 3
- รูปที่ 4.133ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.133ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.133ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 6

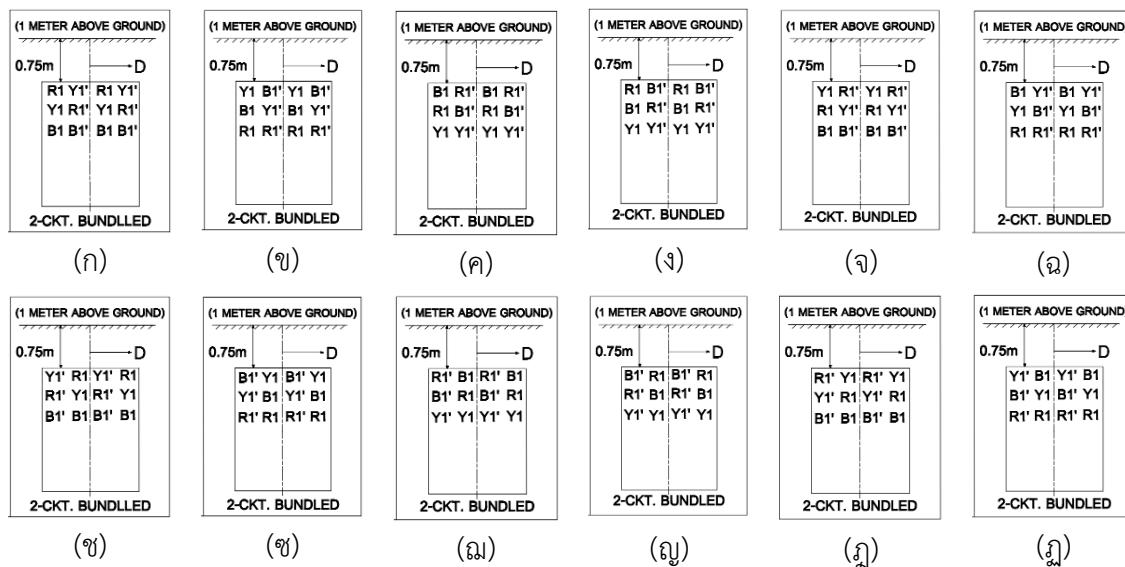
จากรูปที่ 4.133ก-4.133ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.8.4.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.134 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



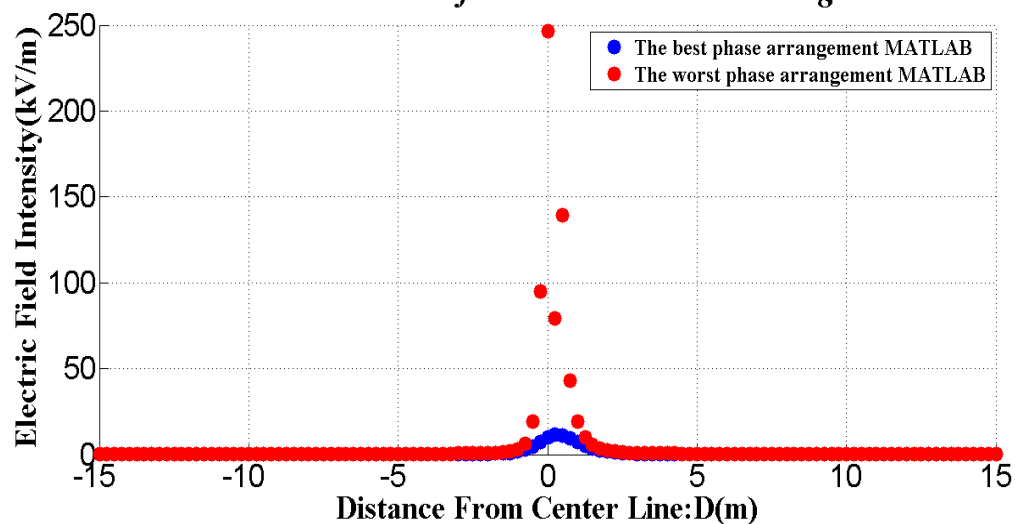
- รูปที่ 4.134ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 1
- รูปที่ 4.134ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.134ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 3
- รูปที่ 4.134ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 4
- รูปที่ 4.134จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 5
- รูปที่ 4.134ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 6
- รูปที่ 4.134ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 1

- รูปที่ 4.134ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case7-Type 2
 รูปที่ 4.134ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case7-Type 3
 รูปที่ 4.134ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case7-Type 4
 รูปที่ 4.134ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case7-Type 5
 รูปที่ 4.134ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case7-Type 6

จากรูปที่ 4.134ก-4.134ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.8.5 Duct Bank 3-CKT.Single

Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground) 69kV UG Cable for Duct Bank 3-CKT Single

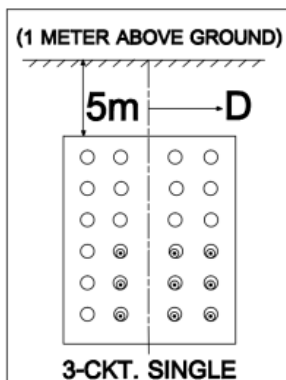


- รูปที่ 4.135 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 3-CKT.Single

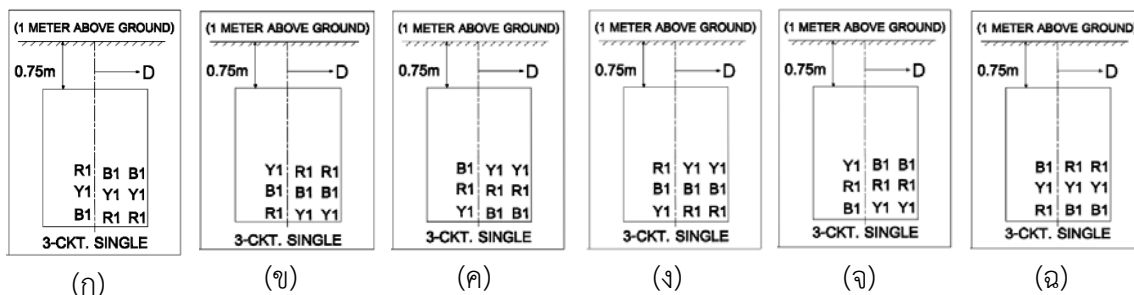
จากรูปที่ 4.135 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 246.4 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 10.12 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 3-CKT.Single โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.5.5.1 รูปร่างการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.136 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4×6 3-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

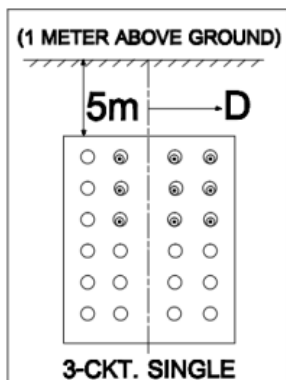


- รูปที่ 4.136ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 1
- รูปที่ 4.136ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 2
- รูปที่ 4.136ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 3
- รูปที่ 4.136ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 4
- รูปที่ 4.136จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 5
- รูปที่ 4.136ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case2-Type 6

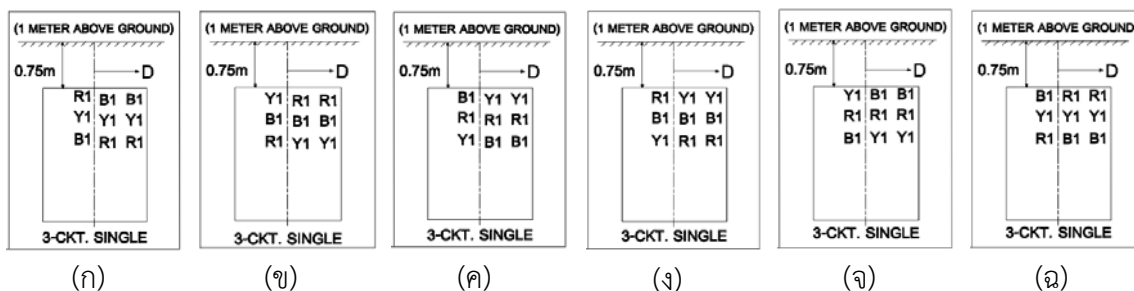
จากรูปที่ 4.136ก-4.136ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.8.5.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.137 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ ท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

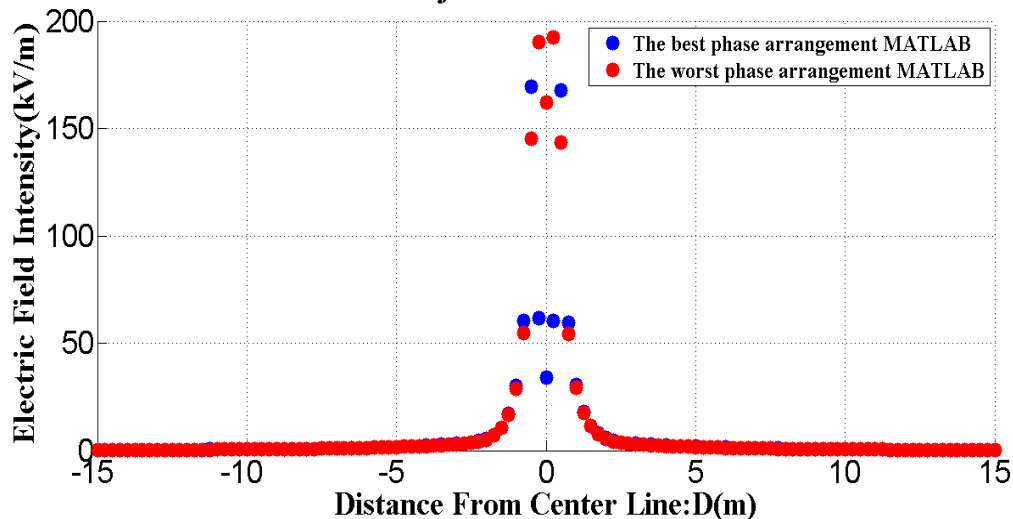


- รูปที่ 4.137ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 1
- รูปที่ 4.137ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 2
- รูปที่ 4.137ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 3
- รูปที่ 4.137ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 4
- รูปที่ 4.137จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 5
- รูปที่ 4.137ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 6

จากรูปที่ 4.137ก-4.137ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.8.6 Duct Bank 3-CKT.Bundled

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
69kV UG Cable for Duct Bank 3-CKT Bundled**

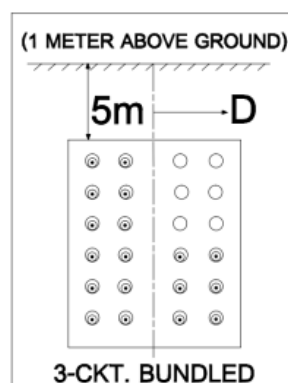


รูปที่ 4.138 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 3-CKT.Bundled

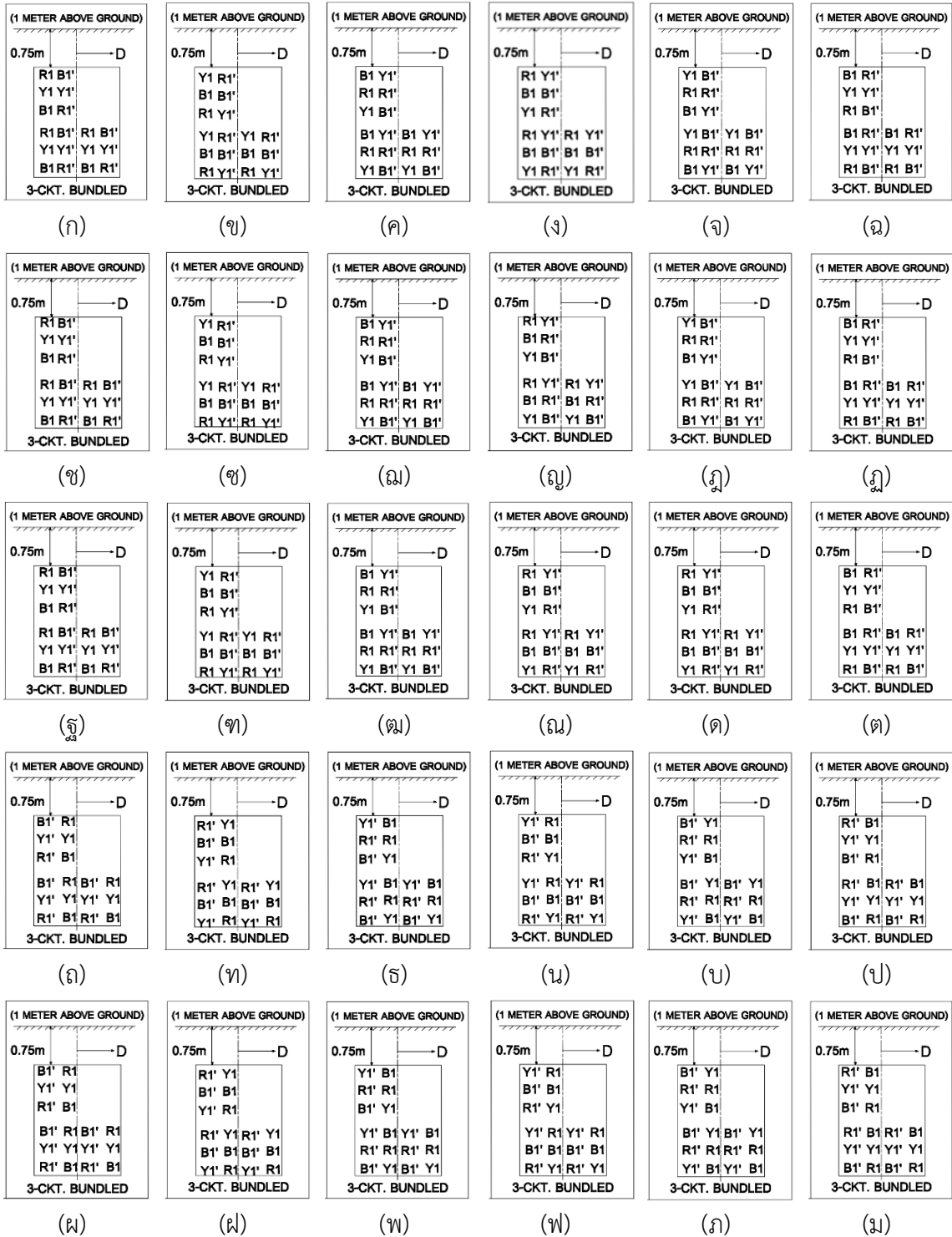
จากรูปที่ 4.138 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 162.1 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 34.15 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 3-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.8.6.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 3 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1

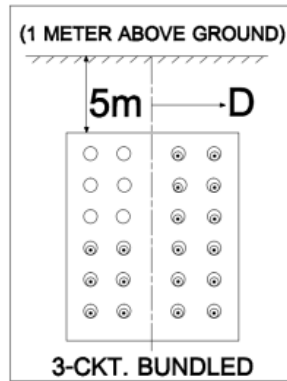


รูปที่ 4.139 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4×6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

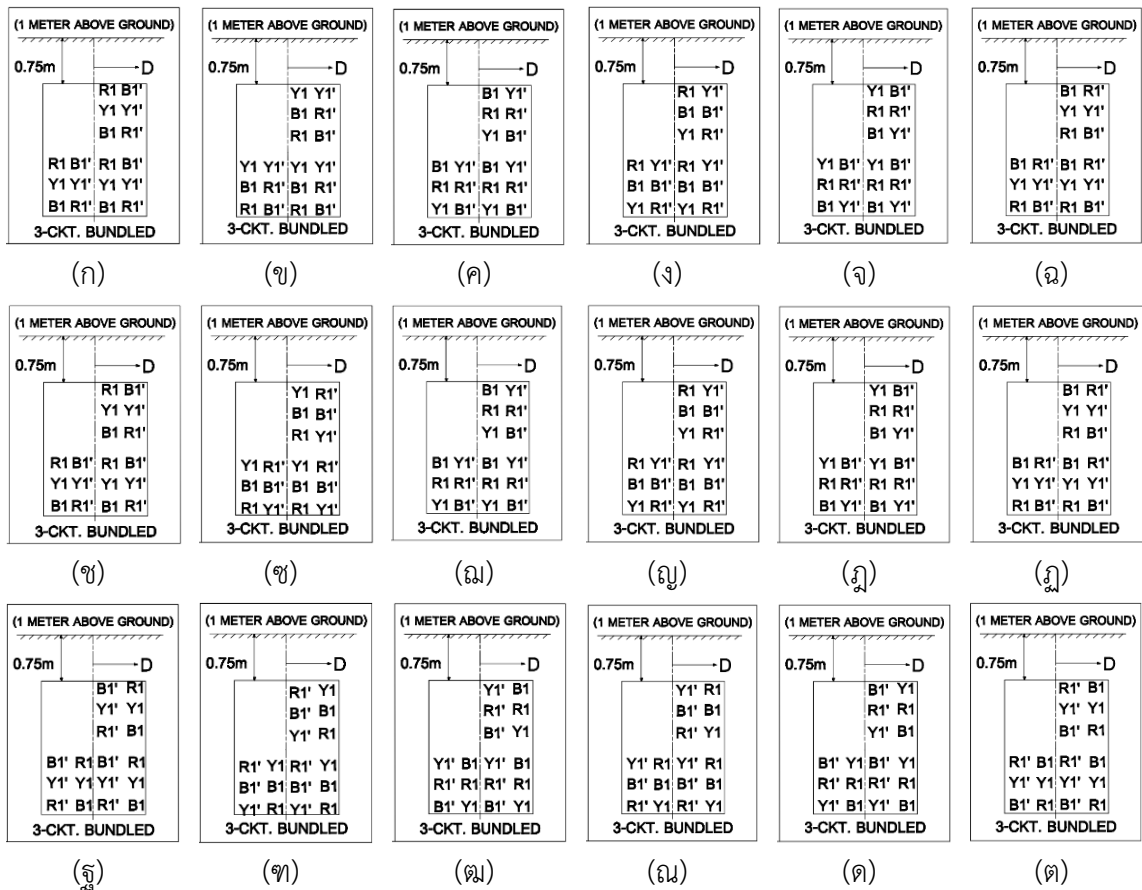


- รูปที่ 4.139ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.139ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.139ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.139ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 4

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



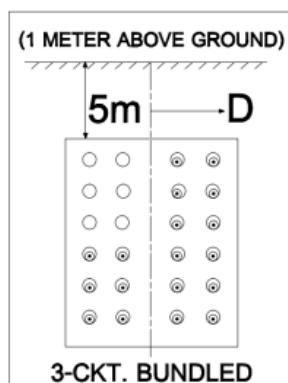
รูปที่ 4.140 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



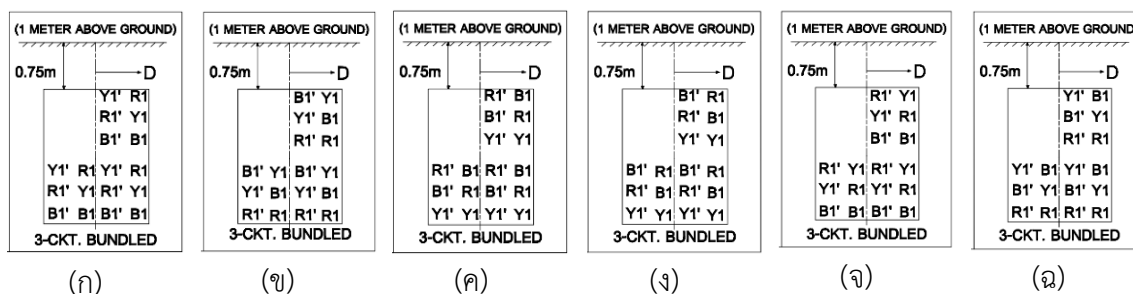
- รูปที่ 4.140น การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case9-Type 4
- รูปที่ 4.140บ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case9-Type 5
- รูปที่ 4.140ป การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case9-Type 6
- รูปที่ 4.140ผ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case13-Type 1
- รูปที่ 4.140ฝ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case13-Type 2
- รูปที่ 4.140พ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case13-Type 3
- รูปที่ 4.140ฟ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case13-Type 4
- รูปที่ 4.140ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case13-Type 5
- รูปที่ 4.140ม การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case13-Type 6

จากรูปที่ 4.140ก-4.140ม แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(3) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 3



รูปที่ 4.141 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



รูปที่ 4.140ก แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 1

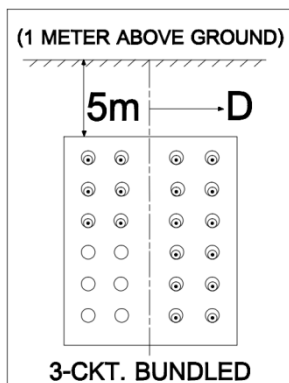
รูปที่ 4.140ข แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 2

รูปที่ 4.140ค แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 3
 รูปที่ 4.140ง แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 4
 รูปที่ 4.140จ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 5
 รูปที่ 4.140ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 6

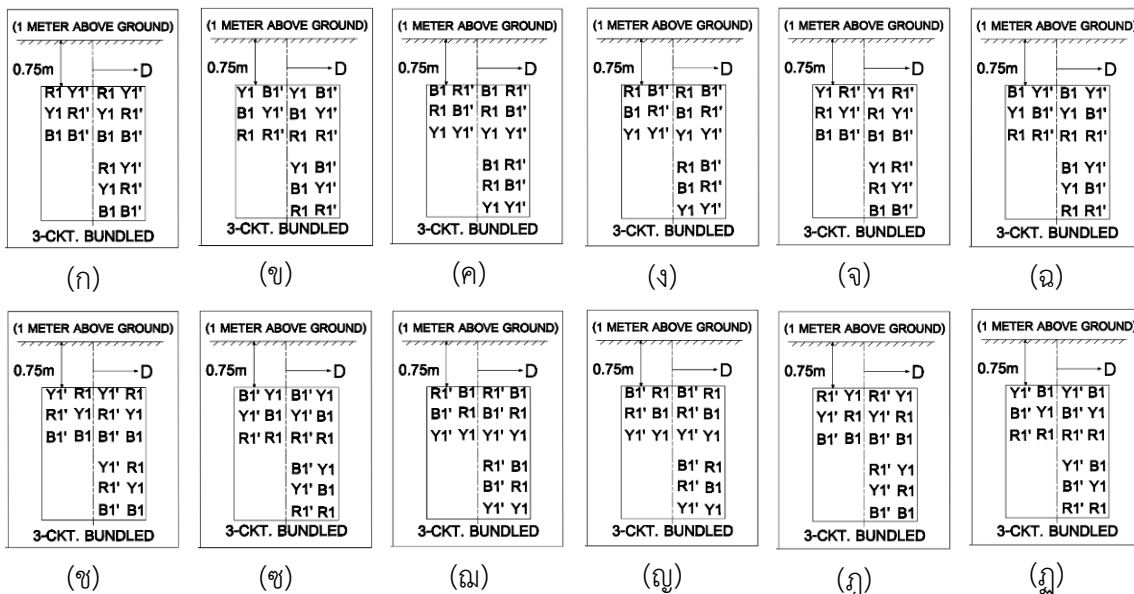
จากรูปที่ 4.140ก-4.140ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่า
 สนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.8.6.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด
 ประกอบด้วย 3 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



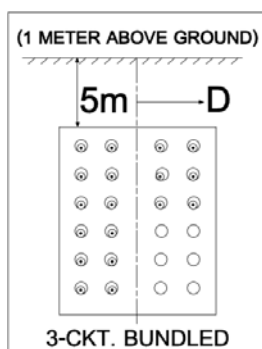
รูปที่ 4.142 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่า
 สนามไฟฟ้ามากที่สุด



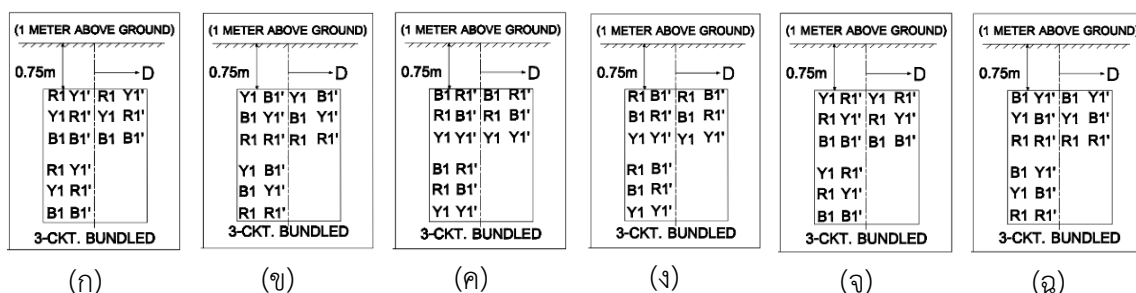
- รูปที่ 4.142ก แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 1
- รูปที่ 4.142ข แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.142ค แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 3
- รูปที่ 4.142ง แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 4
- รูปที่ 4.142จ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 5
- รูปที่ 4.142ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 6
- รูปที่ 4.142ช แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 1
- รูปที่ 4.142ซ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 2
- รูปที่ 4.142ฌ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 3
- รูปที่ 4.142ญ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 4
- รูปที่ 4.142ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 5
- รูปที่ 4.142ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 6

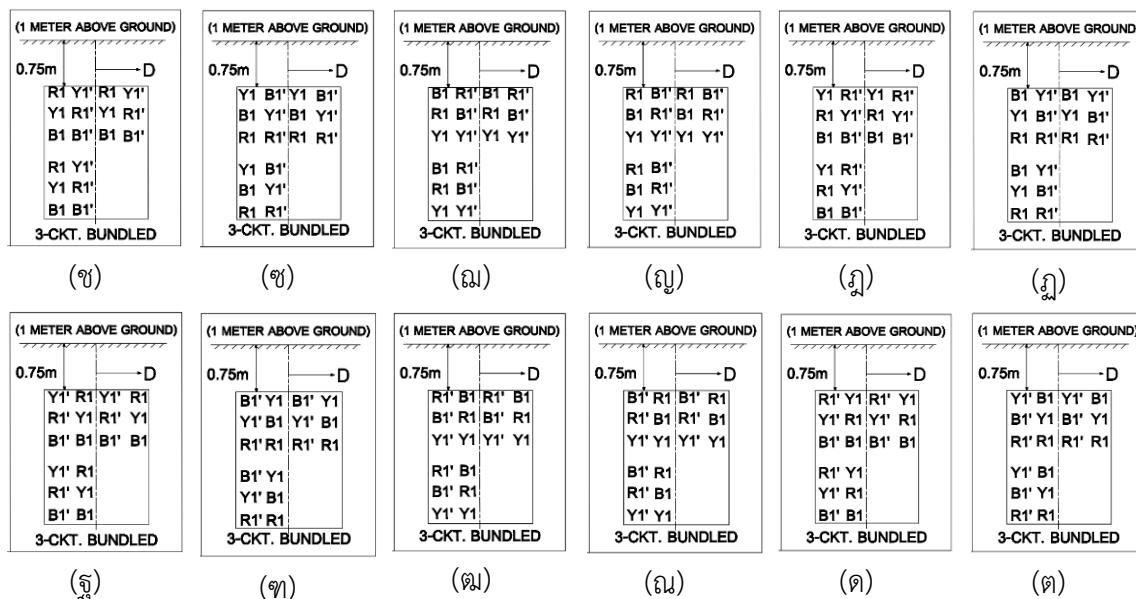
จากรูปที่ 4.142ก-4.142ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.143 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

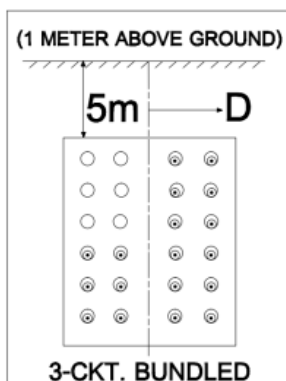




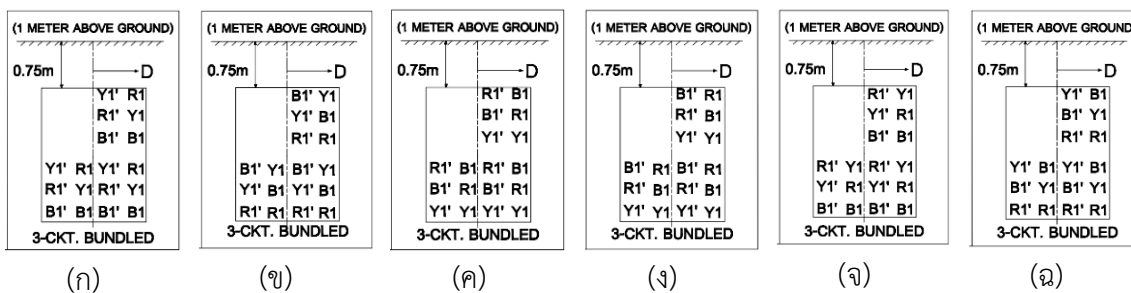
- รูปที่ 4.143ก แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.143ข แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.143ค แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.143ง แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 4
- รูปที่ 4.143จ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 5
- รูปที่ 4.143ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 6
- รูปที่ 4.143ช แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 1
- รูปที่ 4.143ซ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 2
- รูปที่ 4.143ฅ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 3
- รูปที่ 4.143ญ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 4
- รูปที่ 4.143ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 5
- รูปที่ 4.143ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 6
- รูปที่ 4.143ฐ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case12-Type 1
- รูปที่ 4.143ฑ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case12-Type 2
- รูปที่ 4.143ฒ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case12-Type 3
- รูปที่ 4.143ณ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case12-Type 4
- รูปที่ 4.143ด แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case12-Type 5
- รูปที่ 4.143ต แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case12-Type 6

จากรูปที่ 4.143ก-4.143ต แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(3) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 3



รูปที่ 4.144 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

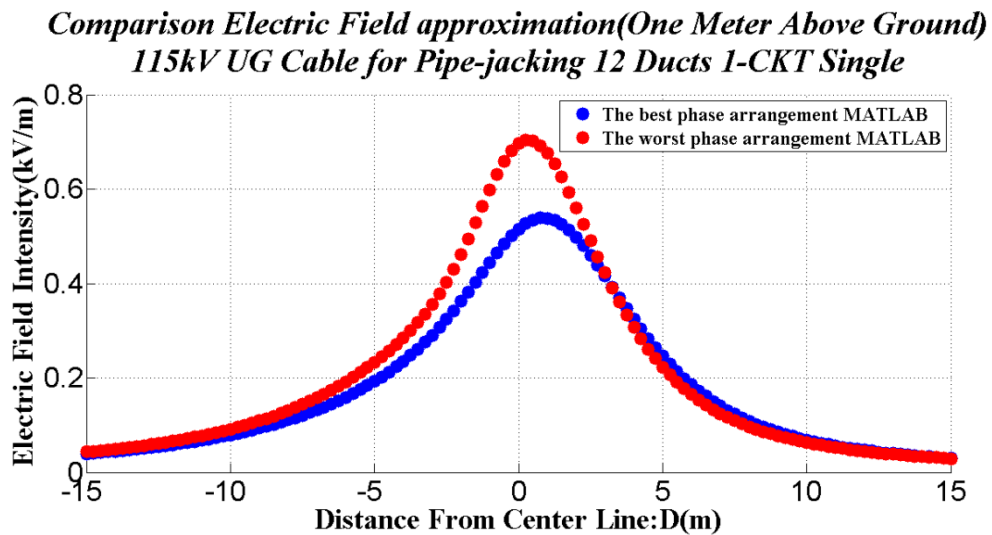


รูปที่ 4.144ก แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 1
 รูปที่ 4.144ข แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 2
 รูปที่ 4.144ค แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 3
 รูปที่ 4.144ง แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 4
 รูปที่ 4.144จ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 5
 รูปที่ 4.144ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 6

จากรูปที่ 4.144ก-4.144ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.9 ผลการเปรียบเทียบสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินของรูปแบบ Pipe-Jacking ในโปรแกรม MATLAB ที่แรงดัน 115kV

4.9.1 12 ท่อ 1-CKT.Single

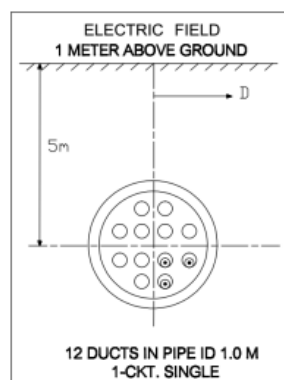


รูปที่ 4.145 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT.Single

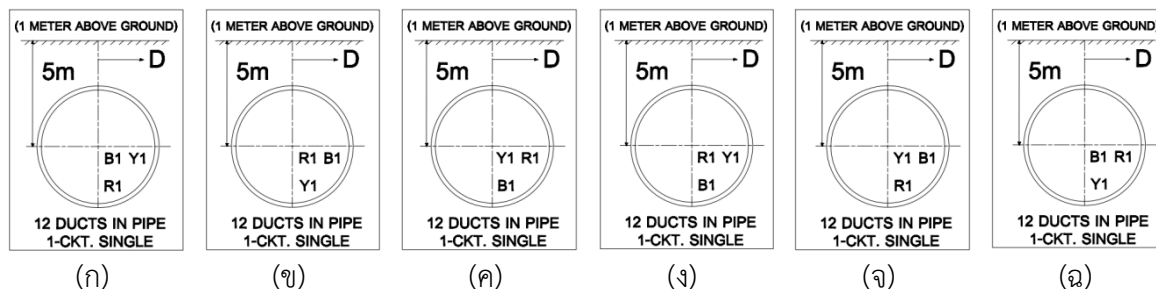
จากรูปที่ 4.145 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด 0.6963 kV/m คือ และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.5158 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT.Single โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.9.1.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



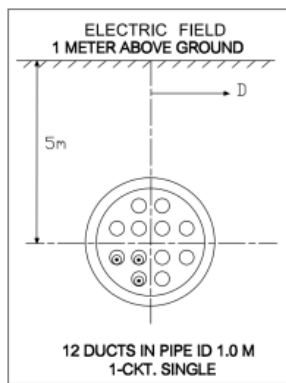
รูปที่ 4.146 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



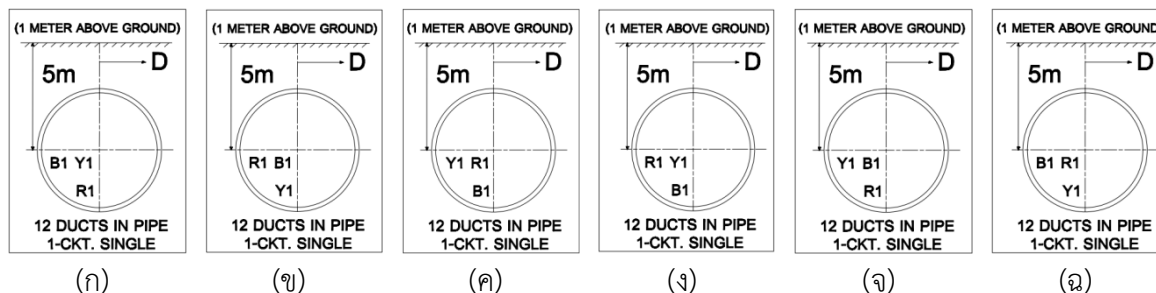
- รูปที่ 4.146ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 1
- รูปที่ 4.146ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 2
- รูปที่ 4.146ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 3
- รูปที่ 4.146ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 4
- รูปที่ 4.146จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 5
- รูปที่ 4.146ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 6

จากรูปที่ 4.146ก-4.146ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.147 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

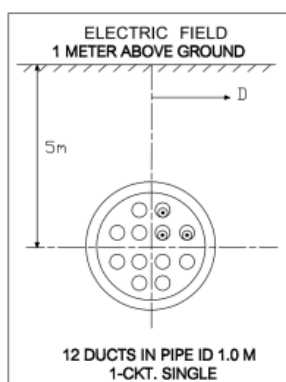


- รูปที่ 4.147ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 1
- รูปที่ 4.147ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 2
- รูปที่ 4.147ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 3
- รูปที่ 4.147ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 4
- รูปที่ 4.147จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 5
- รูปที่ 4.147ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 6

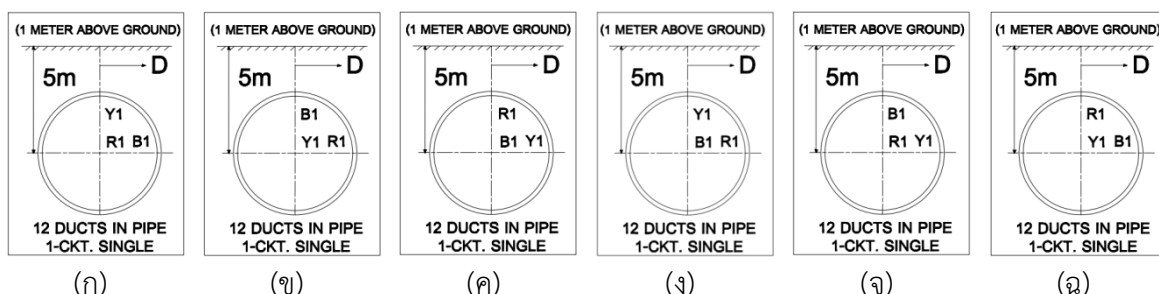
จากรูปที่ 4.147ก-4.147ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.9.1.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.148 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

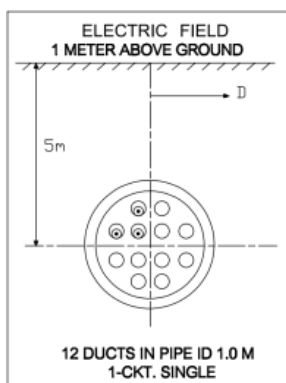


- รูปที่ 4.148ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 1
- รูปที่ 4.148ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 2
- รูปที่ 4.148ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 3
- รูปที่ 4.148ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 4

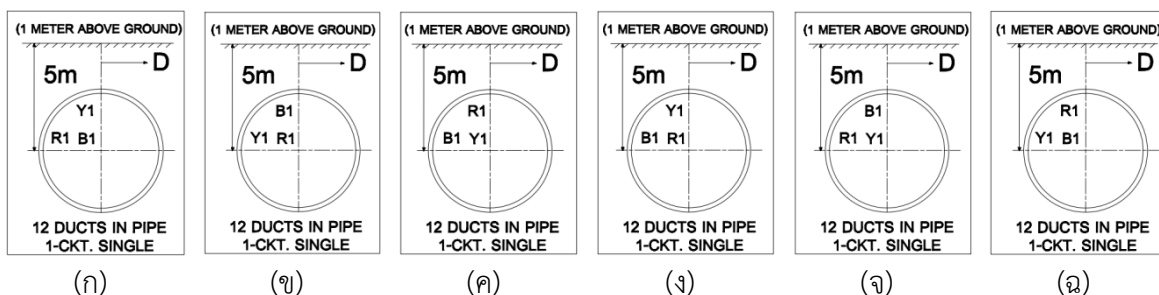
รูปที่ 4.148จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 5
 รูปที่ 4.148ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 6

จากรูปที่ 4.148ก-4.148ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.149 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

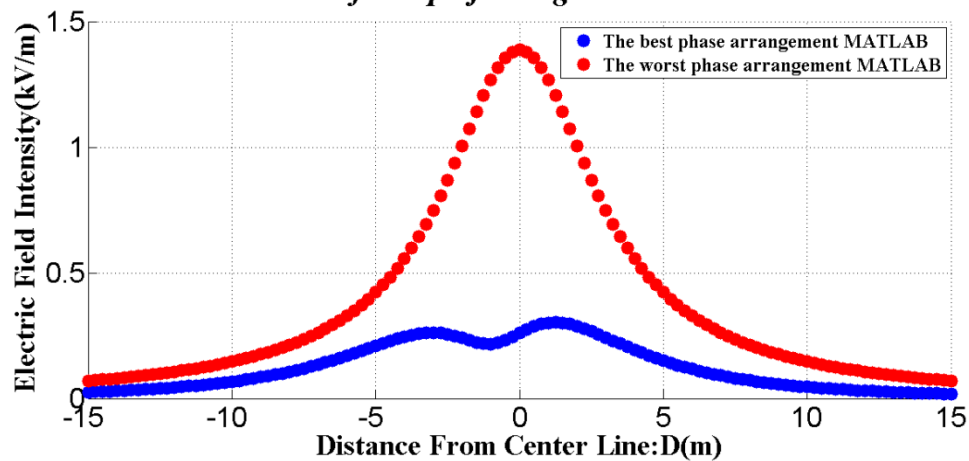


รูปที่ 4.149ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 1
 รูปที่ 4.149ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 2
 รูปที่ 4.149ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 3
 รูปที่ 4.149ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 4
 รูปที่ 4.149จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 5
 รูปที่ 4.149ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single รูปแบบ Type 6

จากรูปที่ 4.149ก-4.149ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.9.2 12 ท่อ 1-CKT.Bundled

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
115kV UG Cable for Pipe-jacking 12 Ducts 1-CKT Bundled**

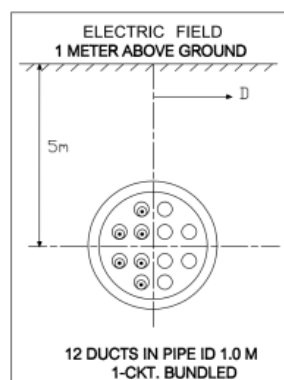


รูปที่ 4.150 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled

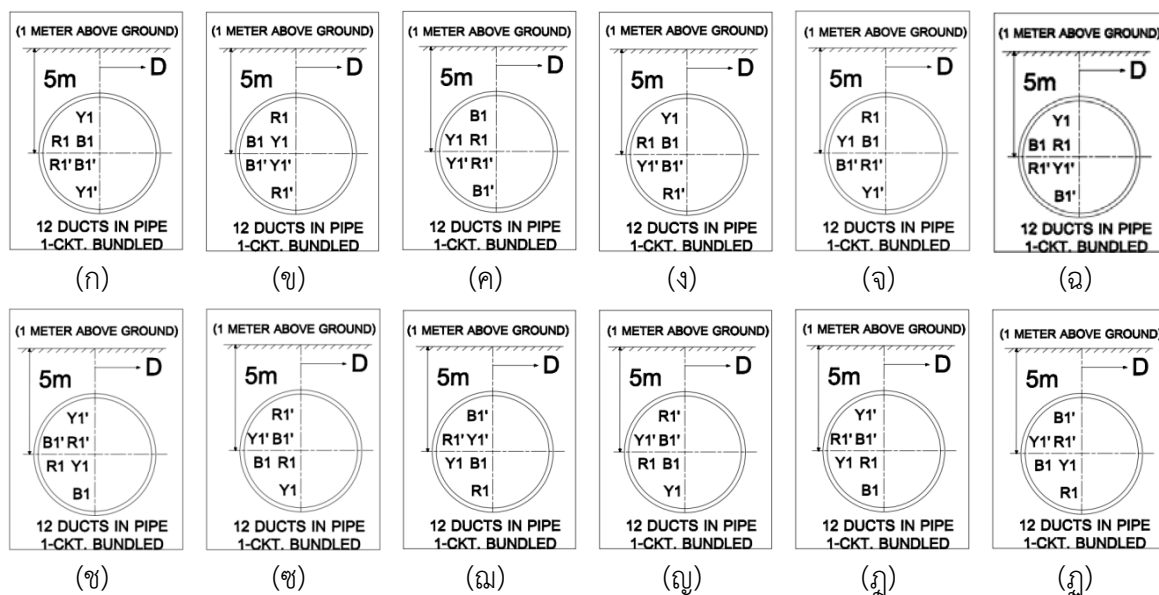
จากรูปที่ 4.150 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 1.387 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.2602 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.9.2.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.151 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

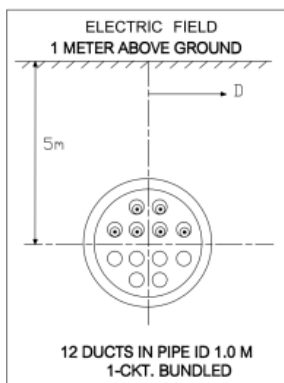


- รูปที่ 4.151ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 1
- รูปที่ 4.151ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 2
- รูปที่ 4.151ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 3
- รูปที่ 4.151ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 4
- รูปที่ 4.151จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 5
- รูปที่ 4.151ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 6
- รูปที่ 4.151ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 1
- รูปที่ 4.151ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 2
- รูปที่ 4.151ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 3
- รูปที่ 4.151ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 4
- รูปที่ 4.151ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 5
- รูปที่ 4.151ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 6

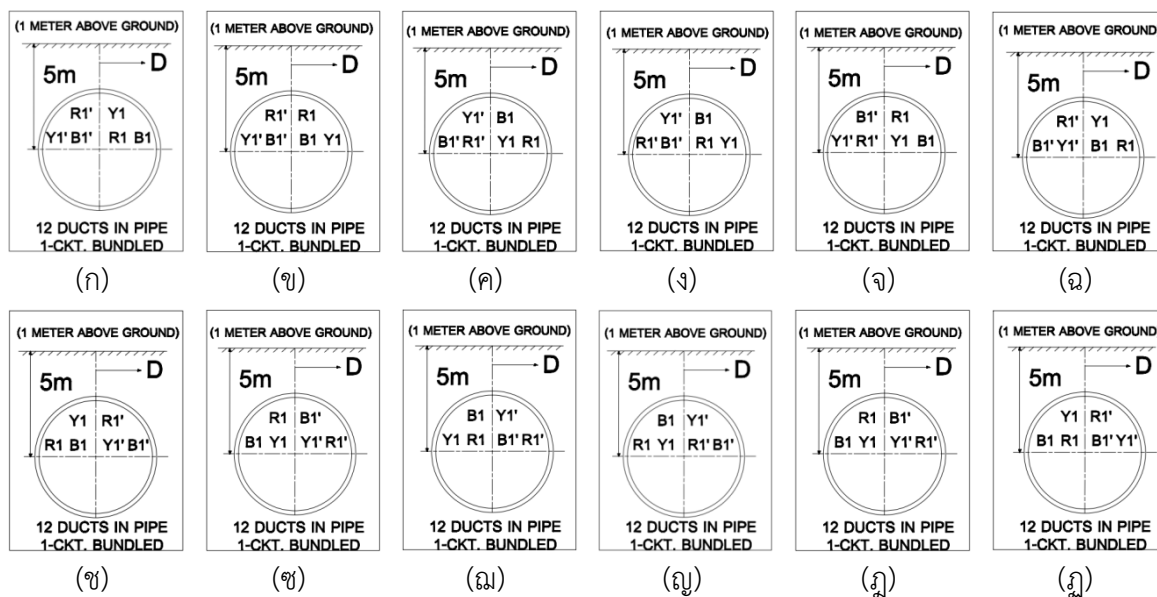
จากรูปที่ 4.151ก-4.151ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.9.2.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.152 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

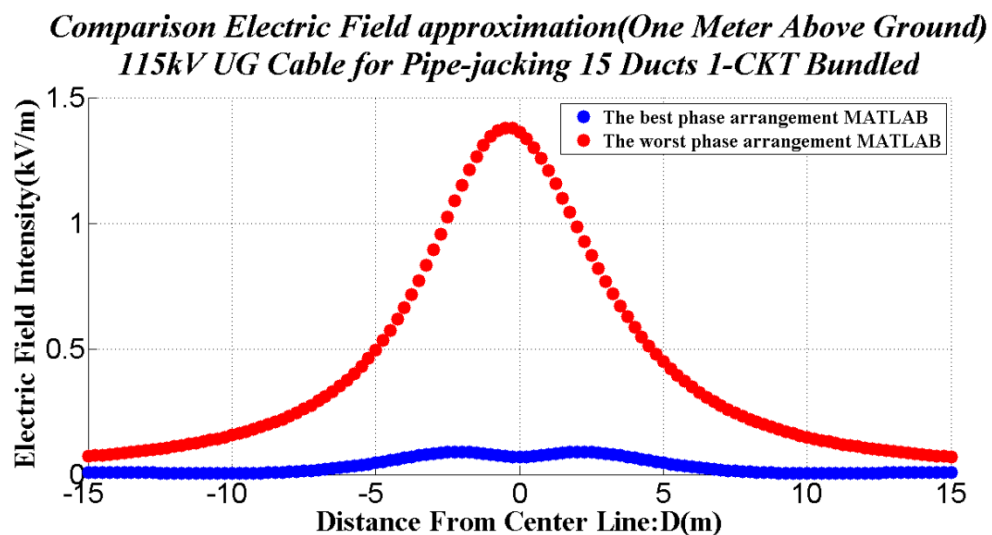


- รูปที่ 4.152ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 1
- รูปที่ 4.152ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.152ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 3
- รูปที่ 4.152ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 4
- รูปที่ 4.152จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 5
- รูปที่ 4.152ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 6
- รูปที่ 4.152ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 1

- รูปที่ 4.152ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 2
 รูปที่ 4.152ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 3
 รูปที่ 4.152ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 4
 รูปที่ 4.152ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 5
 รูปที่ 4.152ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 6

จากรูปที่ 4.152ก-4.152ก แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 12 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.9.3 15 ท่อ 1-CKT.Bundled

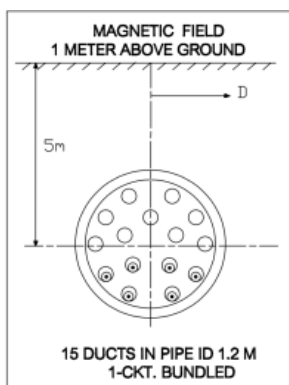


รูปที่ 4.153 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled

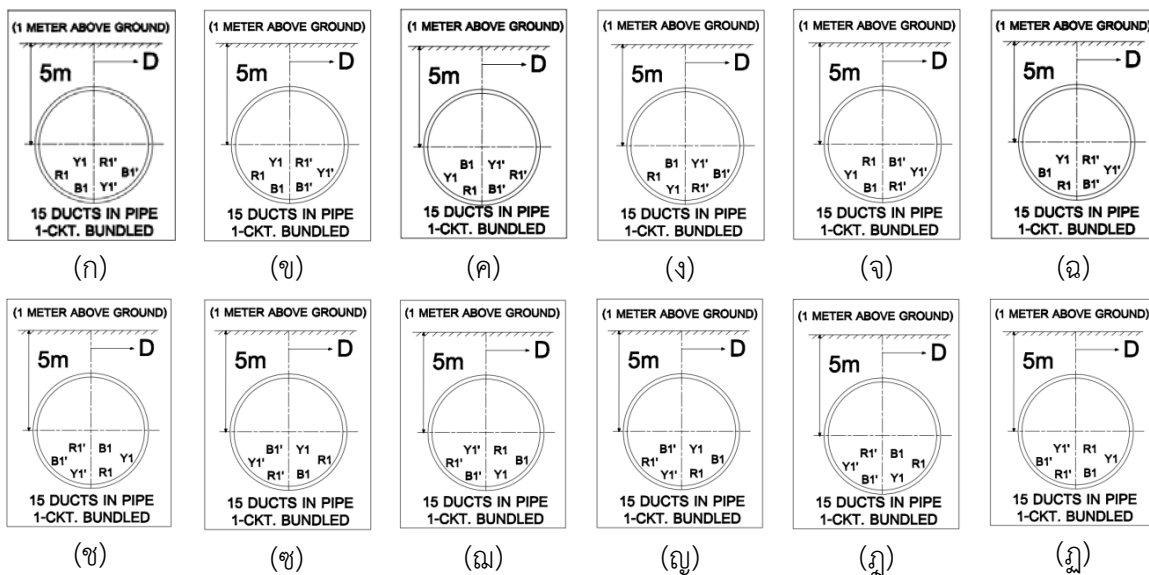
จากรูปที่ 4.153 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ ค่าสูงสุดคือ 1.363 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.06986 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.9.3.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.154 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



- รูปที่ 4.154ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.154ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.154ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.154ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.154จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.154ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 6
- รูปที่ 4.154ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 1
- รูปที่ 4.154ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 2

รูปที่ 4.154ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 3

รูปที่ 4.154ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 4

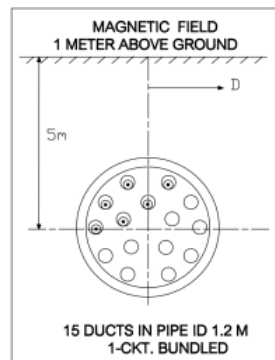
รูปที่ 4.154ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 5

รูปที่ 4.154ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 6

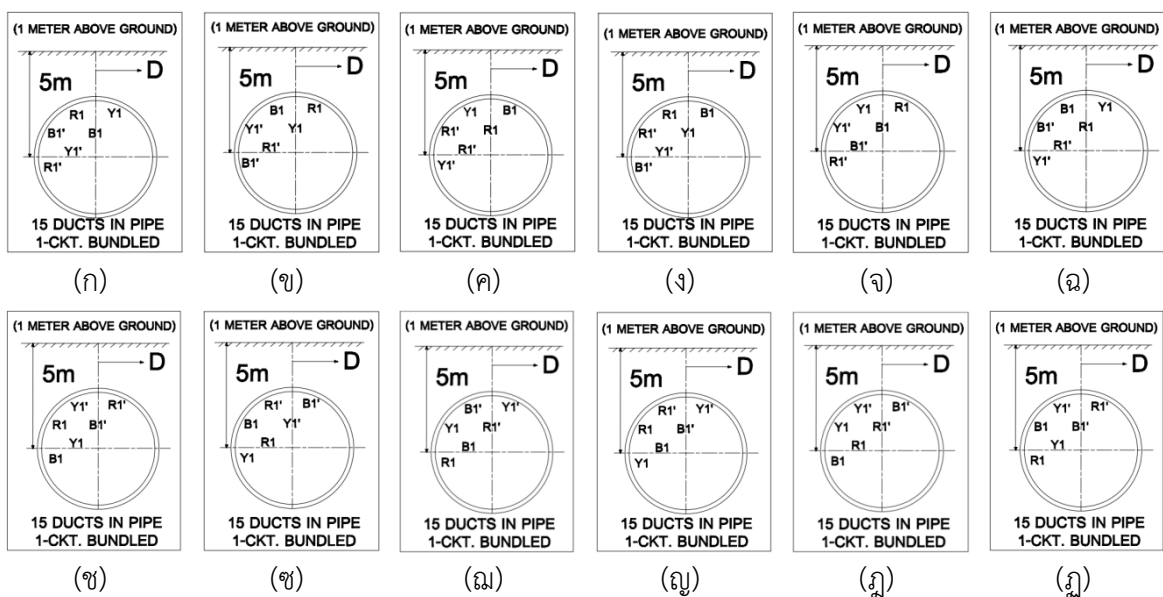
จากรูปที่ 4.154ก-4.154ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.9.3.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



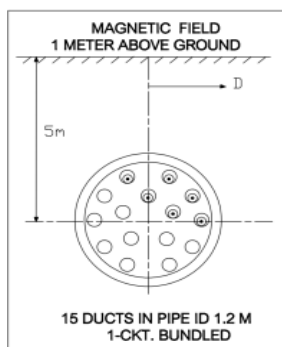
รูปที่ 4.155 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



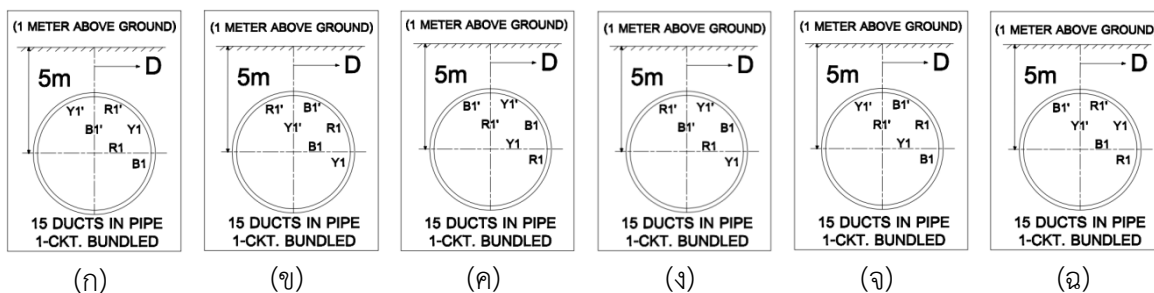
- รูปที่ 4.155ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 1
- รูปที่ 4.155ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.155ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 3
- รูปที่ 4.155ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 4
- รูปที่ 4.155จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 5
- รูปที่ 4.155ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 6
- รูปที่ 4.155ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 1
- รูปที่ 4.155ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 2
- รูปที่ 4.155ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 3
- รูปที่ 4.155ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 4
- รูปที่ 4.155ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 5
- รูปที่ 4.155ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 6

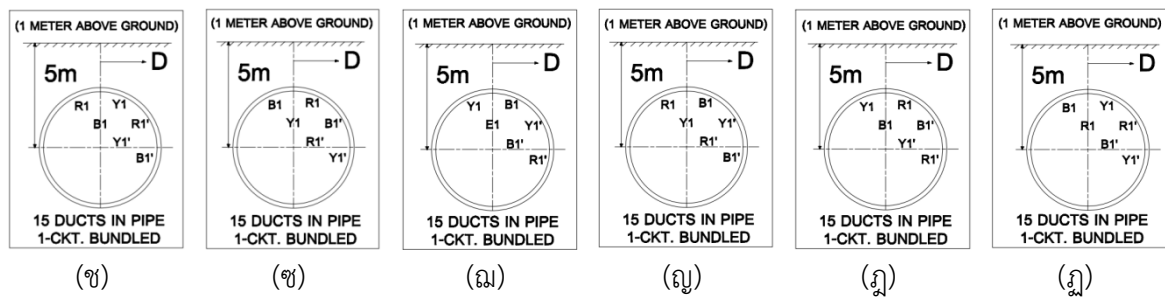
จากรูปที่ 4.155ก-4.155ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.156 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

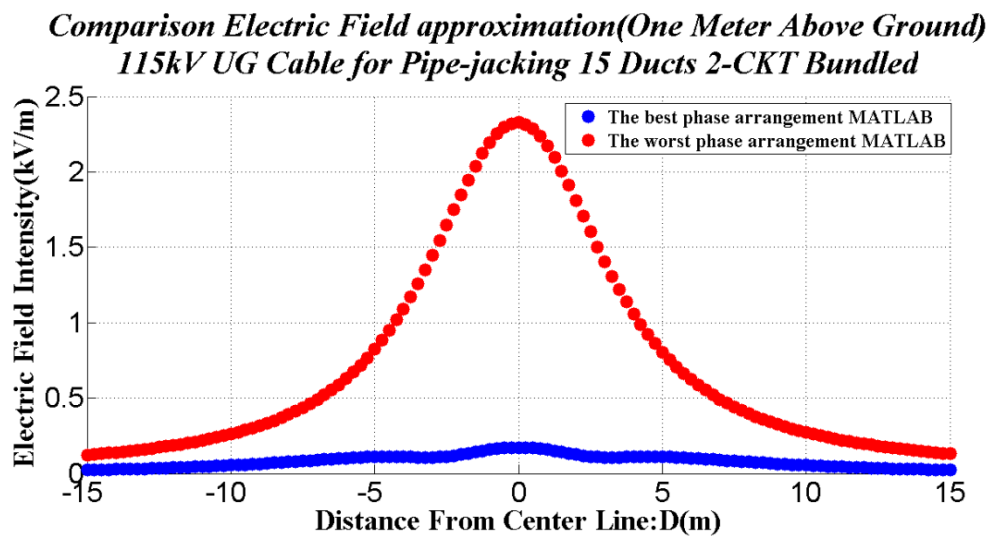




- รูปที่ 4.156ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
 รูปที่ 4.156ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
 รูปที่ 4.156ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
 รูปที่ 4.156ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4
 รูปที่ 4.156จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5
 รูปที่ 4.156ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6
 รูปที่ 4.156ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 1
 รูปที่ 4.156ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 2
 รูปที่ 4.156ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 3
 รูปที่ 4.156ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 4
 รูปที่ 4.156ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 5
 รูปที่ 4.156ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 6

จากรูปที่ 4.156ก-4.156ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.9.4 15 ท่อ 2-CKT.Bundled

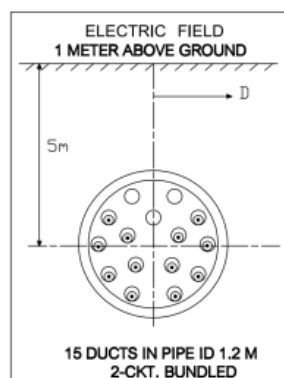


รูปที่ 4.157 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled

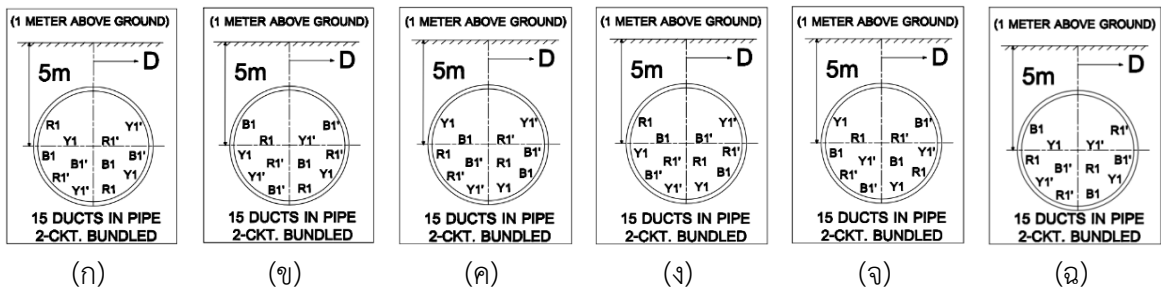
จากรูปที่ 4.157 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 2.328 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.1727 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.9.4.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.158 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

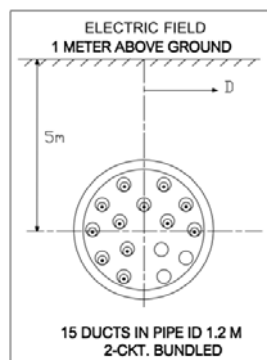


- รูปที่ 4.158ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.158ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.158ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.158ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.158จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.158ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 6

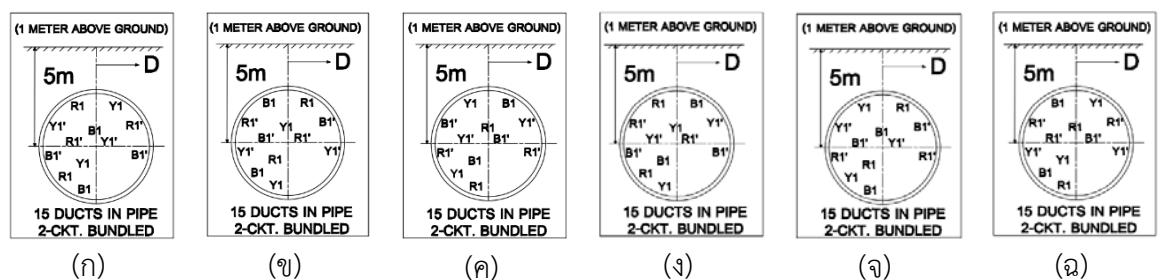
จากรูปที่ 4.158ก-4.158ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.9.4.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



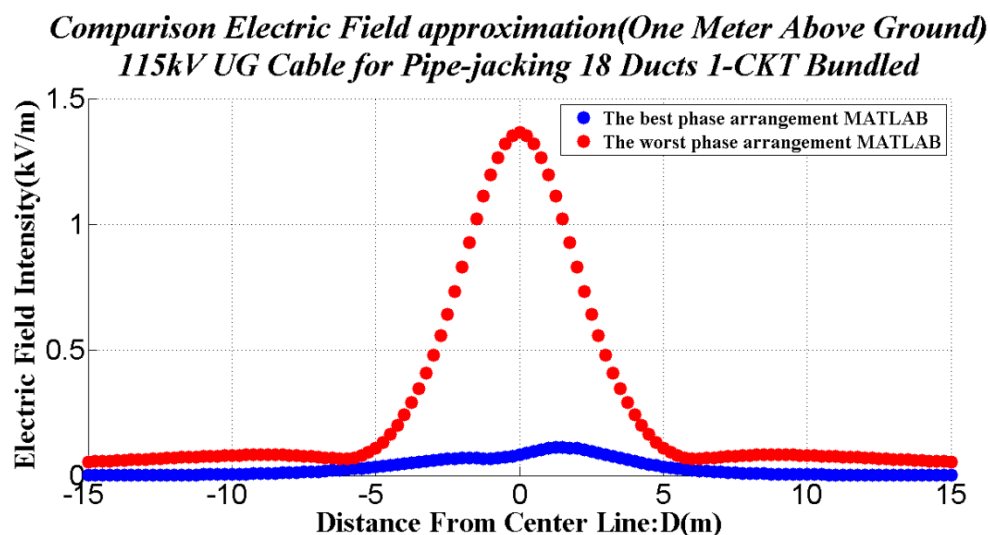
รูปที่ 4.159 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



- รูปที่ 4.159ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 1
 รูปที่ 4.159ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 2
 รูปที่ 4.159ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 3
 รูปที่ 4.159ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 4
 รูปที่ 4.159จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 5
 รูปที่ 4.159ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 6

จากรูปที่ 4.159ก-4.159ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 15 ท่อ 1-CKT.Bundle ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.9.5 18 ท่อ 1-CKT.Bundled

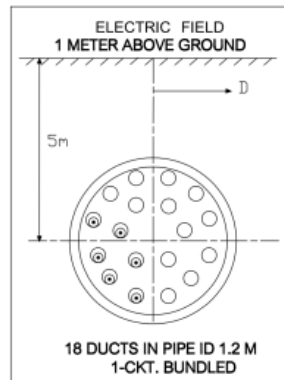


รูปที่ 4.160 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled

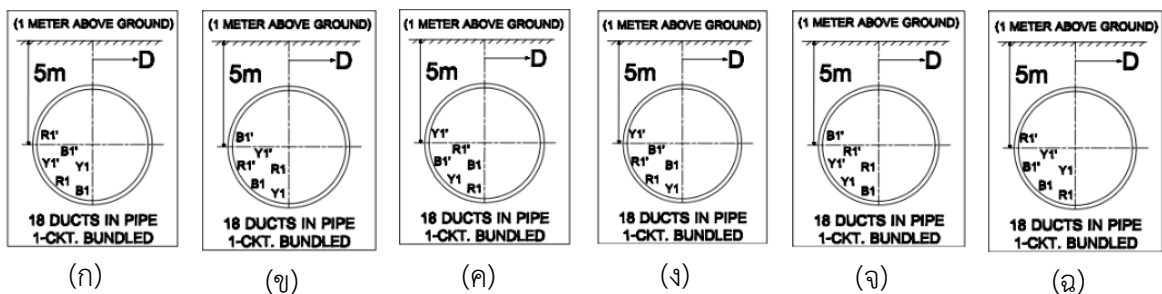
จากรูปที่ 4.160 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 1.364 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.0825 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.9.5.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



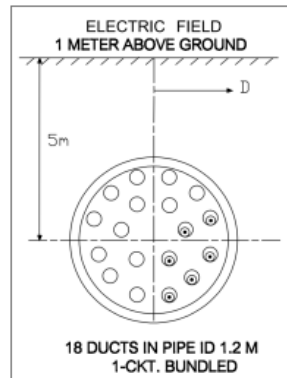
รูปที่ 4.161 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



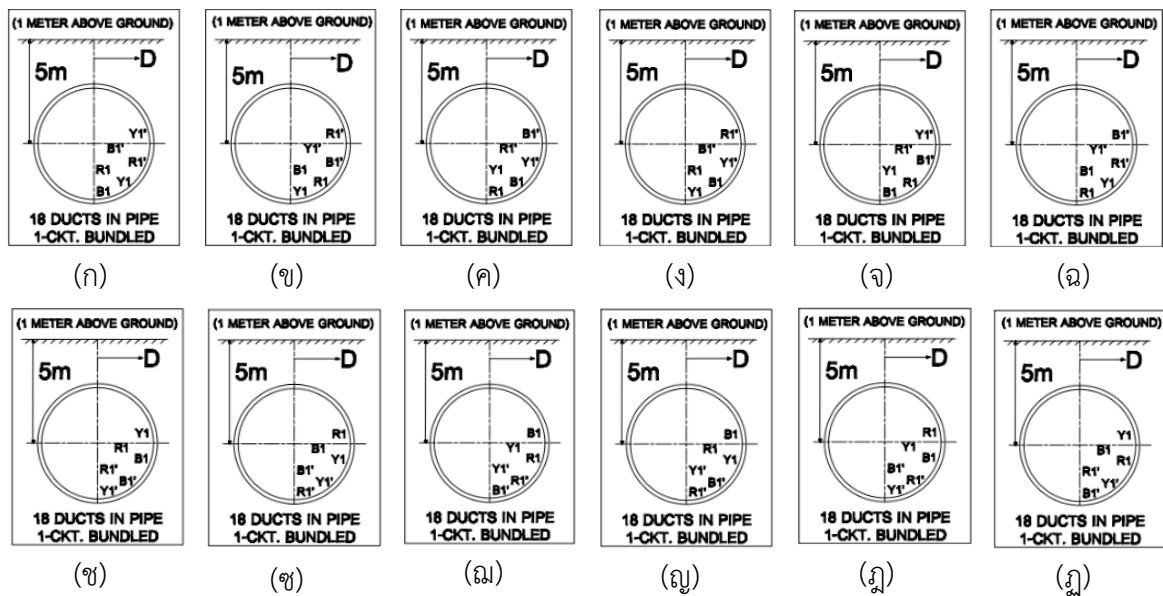
รูปที่ 4.161ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 1
 รูปที่ 4.161ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 2
 รูปที่ 4.161ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 3
 รูปที่ 4.161ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 4
 รูปที่ 4.161จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 5
 รูปที่ 4.161ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 6

จากรูปที่ 4.161ก-4.161ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.162 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



- รูปที่ 4.162ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 1
- รูปที่ 4.162ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 2
- รูปที่ 4.162ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 3
- รูปที่ 4.162ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 4
- รูปที่ 4.162จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 5
- รูปที่ 4.162ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 6
- รูปที่ 4.162ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 1
- รูปที่ 4.162ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 2
- รูปที่ 4.162ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 3

รูปที่ 4.162ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 4

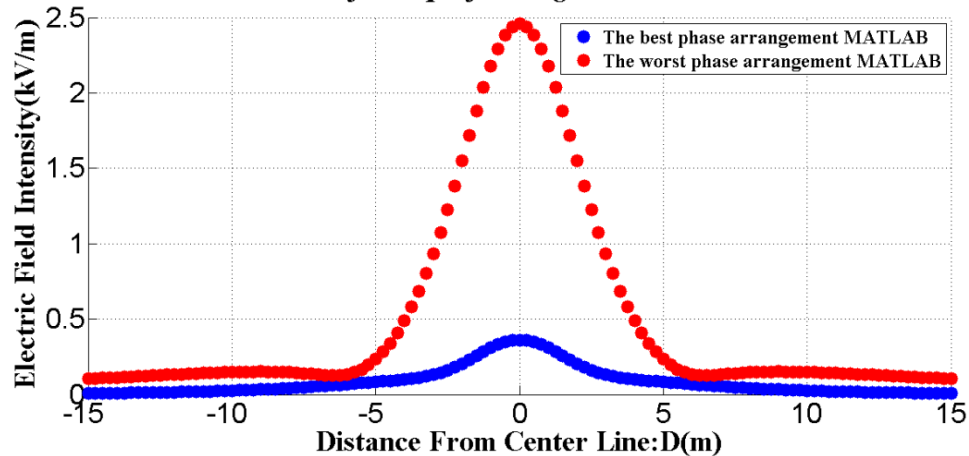
รูปที่ 4.162ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 5

รูปที่ 4.162ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 6

จากรูปที่ 4.162ก-4.162ค แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.9.6 18 ท่อ 2-CKT.Bundled

*Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
115kV UG Cable for Pipe-jacking 18 Ducts 2-CKT Bundled*

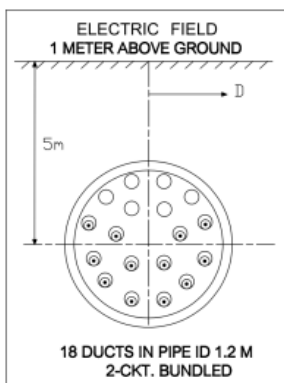


รูปที่ 4.163 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled

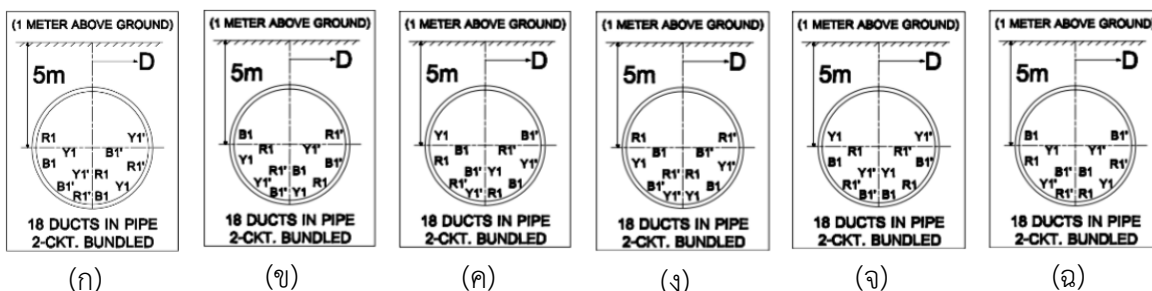
จากรูปที่ 4.163 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 2.457kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.3611kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.9.6.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.164 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

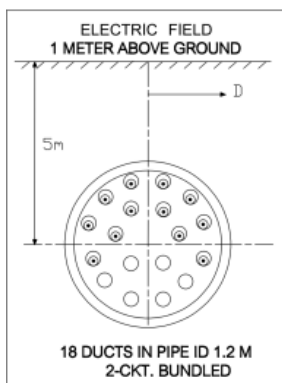


- รูปที่ 4.164ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.164ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.164ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.164ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.164จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.164ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 6

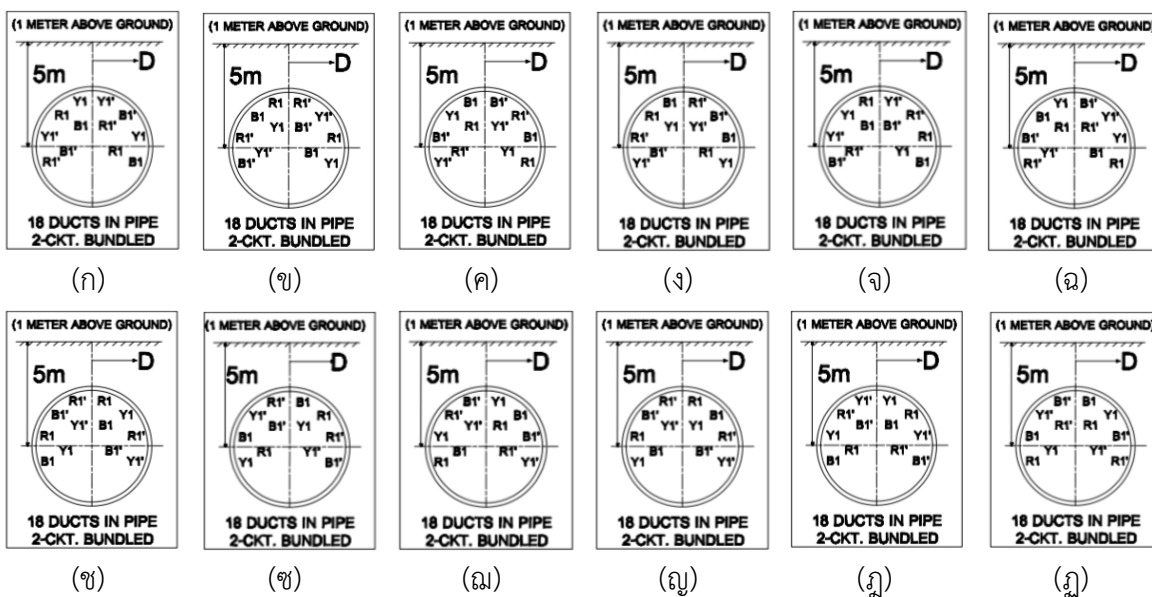
จากรูปที่ 4.164ก-4.164ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.9.6.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.165 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

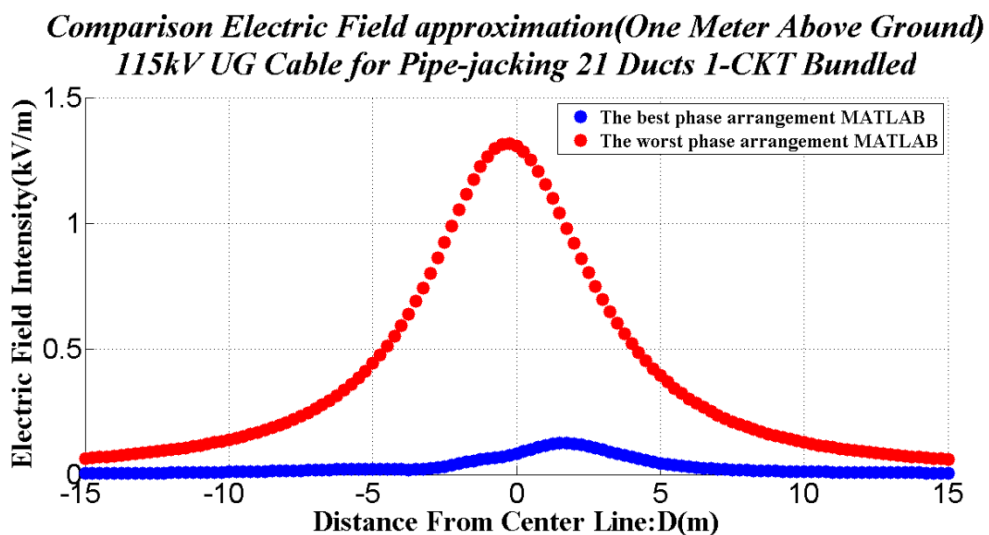


- รูปที่ 4.165ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.165ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.165ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.165ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4
- รูปที่ 4.165จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5
- รูปที่ 4.165ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6
- รูปที่ 4.165ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 1

- รูปที่ 4.165ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 2
 รูปที่ 4.165ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 3
 รูปที่ 4.165ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 4
 รูปที่ 4.165ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 5
 รูปที่ 4.165จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 6

จากรูปที่ 4.165ก-4.165จ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 18 ท่อ 2-CKT.Bundle ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบ Type มีค่าเท่ากัน

4.9.7 21 ท่อ 1-CKT.Bundled

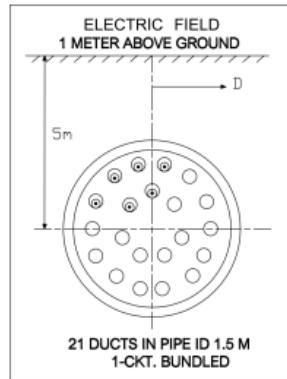


รูปที่ 4.166 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 21 ท่อ1-CKT.Bundled

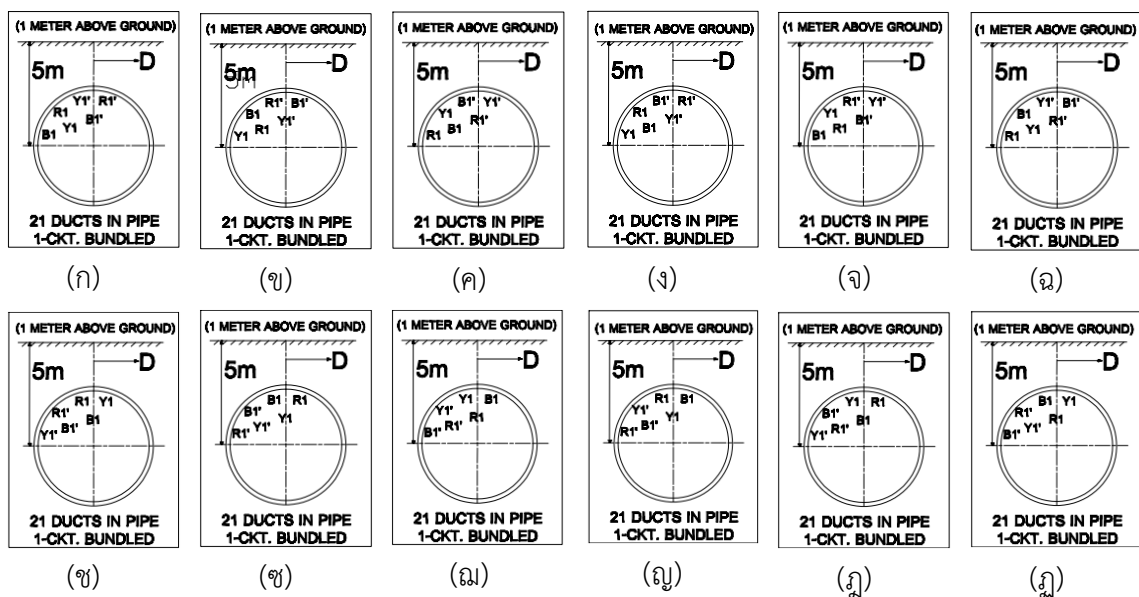
จากรูปที่ 4.166 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 1.308 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.0812 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 21 ท่อ1-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.9.7.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.167 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

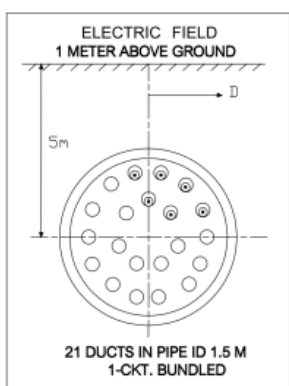


- รูปที่ 4.167ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.167ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.167ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.167ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4
- รูปที่ 4.167จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5
- รูปที่ 4.167ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6
- รูปที่ 4.167ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 1
- รูปที่ 4.167ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 2

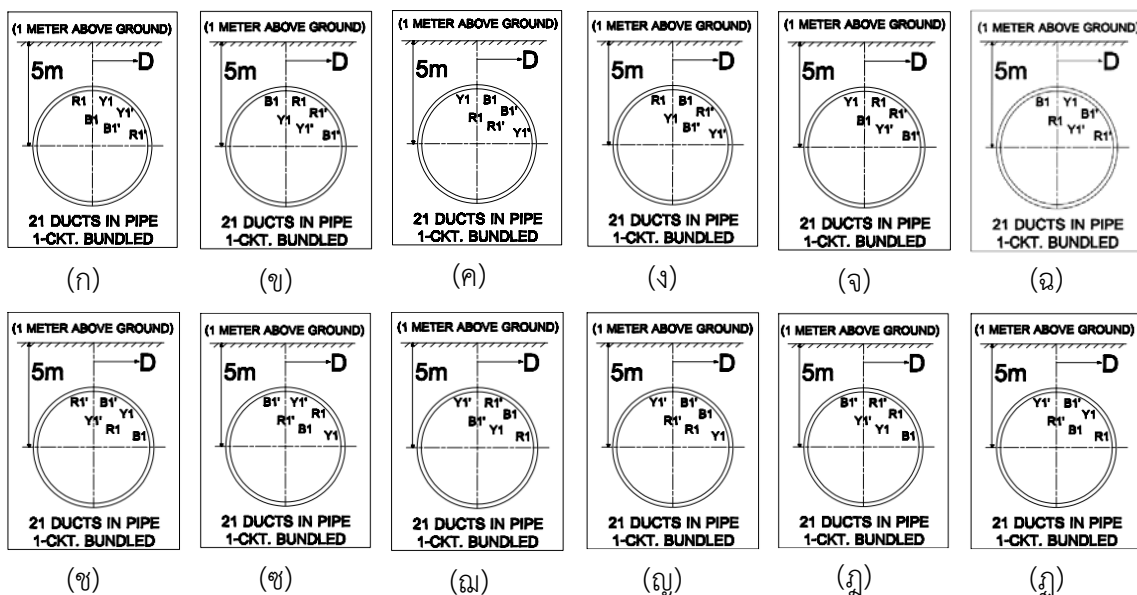
- รูปที่ 4.167ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 3
- รูปที่ 4.167ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 4
- รูปที่ 4.167ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 5
- รูปที่ 4.167ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 6

จากรูปที่ 4.167ก-4.167ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.168 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



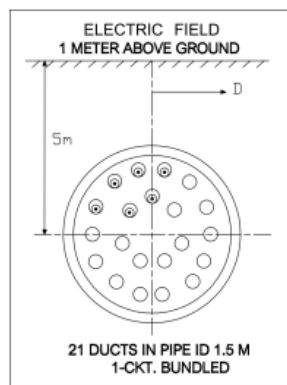
- รูปที่ 4.168ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 1
- รูปที่ 4.168ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.168ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 3

- รูปที่ 4.168ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.168จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.168ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 6
- รูปที่ 4.168ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 1
- รูปที่ 4.168ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 2
- รูปที่ 4.168ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 3
- รูปที่ 4.168ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 4
- รูปที่ 4.168ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 5
- รูปที่ 4.168ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 6

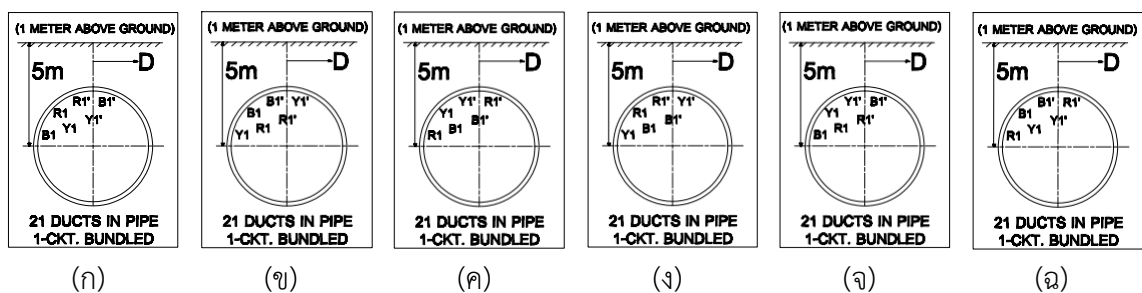
จากรูปที่ 4.168ก-4.168ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

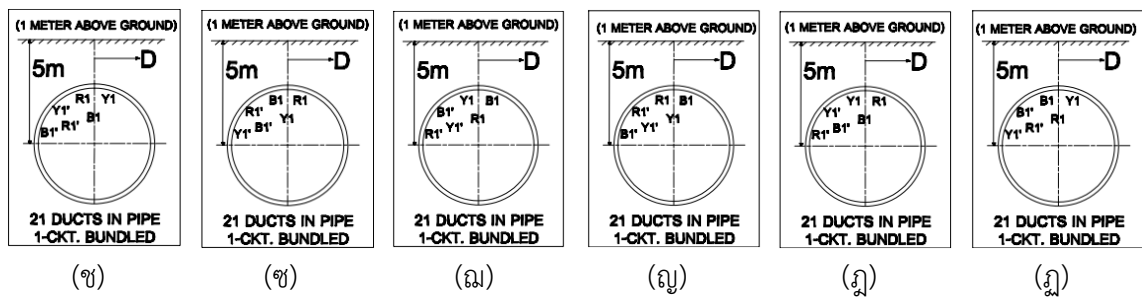
4.9.7.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.169 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

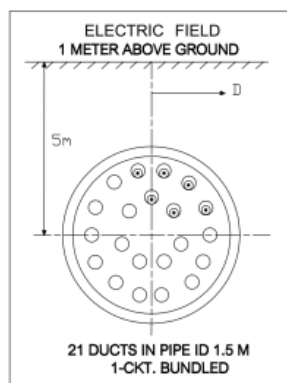




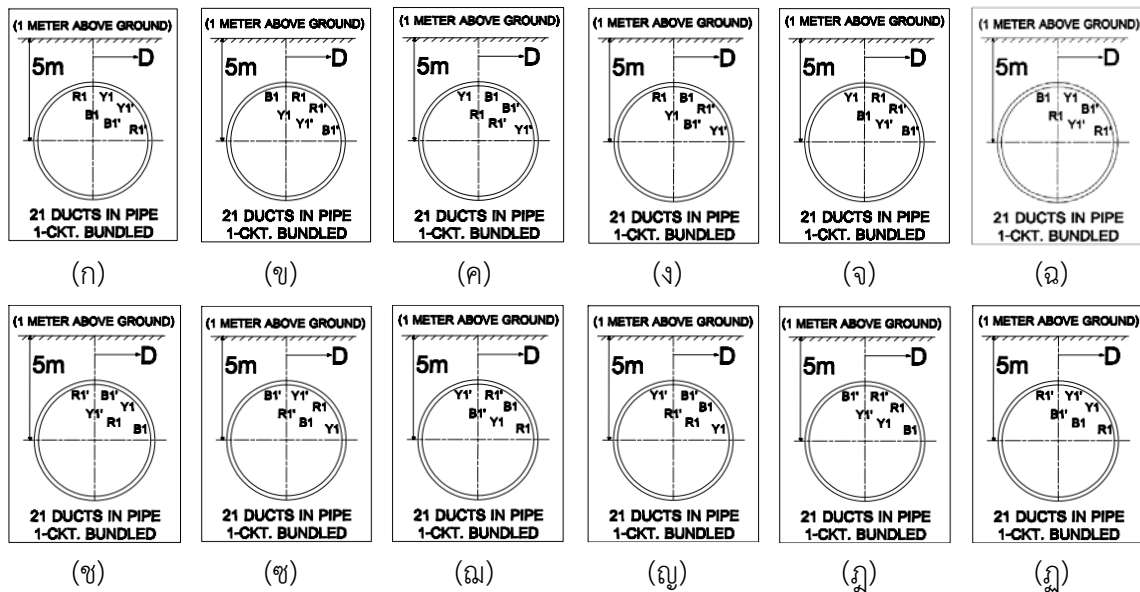
- รูปที่ 4.169ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.169ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.169ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 3
- รูปที่ 4.169ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 4
- รูปที่ 4.169จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 5
- รูปที่ 4.169ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case4-Type 6
- รูปที่ 4.169ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 1
- รูปที่ 4.169ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 2
- รูปที่ 4.169ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 3
- รูปที่ 4.169ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 4
- รูปที่ 4.169ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 5
- รูปที่ 4.169ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 6

จากรูปที่ 4.169ก-4.169ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



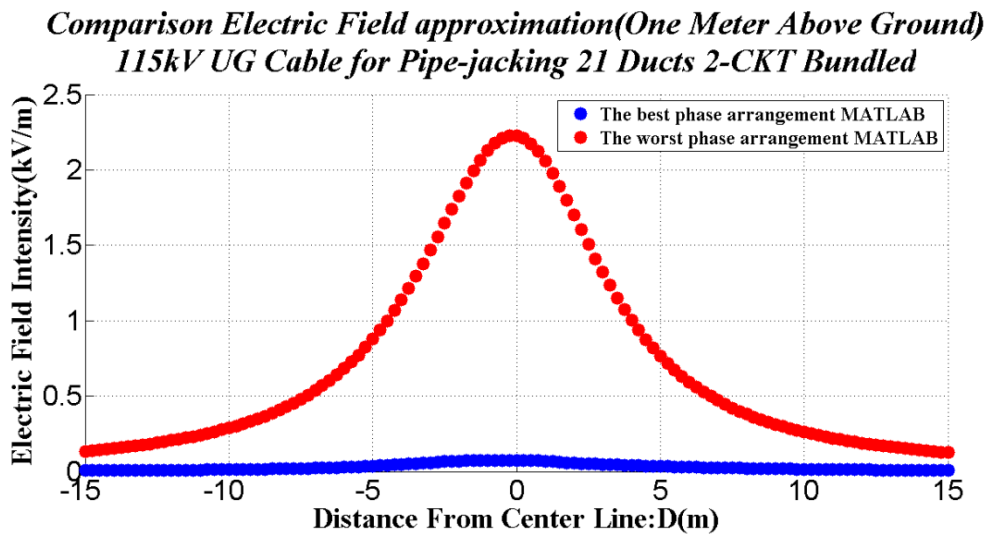
รูปที่ 4.170 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



- รูปที่ 4.170ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 1
 รูปที่ 4.170ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 2
 รูปที่ 4.170ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 3
 รูปที่ 4.170ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 4
 รูปที่ 4.170จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 5
 รูปที่ 4.170ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 6
 รูปที่ 4.170ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 1
 รูปที่ 4.170ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 2
 รูปที่ 4.170ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 3
 รูปที่ 4.170ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 4
 รูปที่ 4.170ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case10-Type 5
 รูปที่ 4.170ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case9-Type 6

จากรูปที่ 4.170ก-4.170ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.9.8 21 ท่อ 2-CKT.Bundled

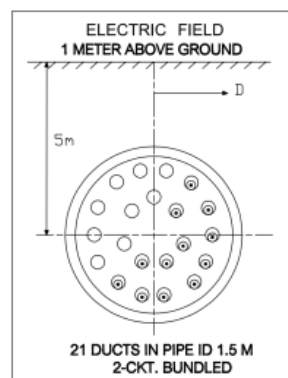


รูปที่ 4.171 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled

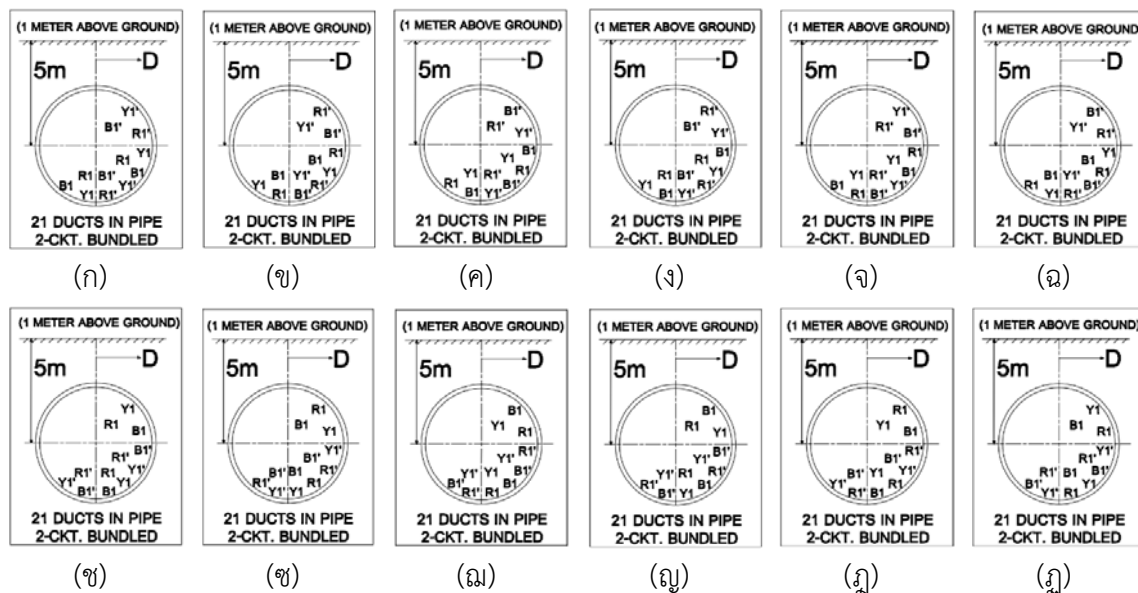
จากรูปที่ 4.171 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 2.229 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.0753 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.9.8.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.172 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

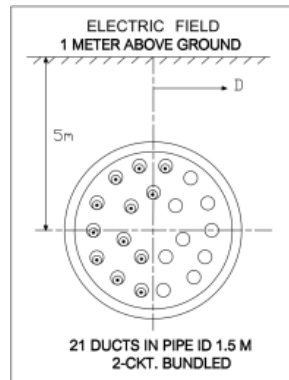


- รูปที่ 4.172ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 1
- รูปที่ 4.172ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 2
- รูปที่ 4.172ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 3
- รูปที่ 4.172ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 4
- รูปที่ 4.172จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 5
- รูปที่ 4.172ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case7-Type 6
- รูปที่ 4.172ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 1
- รูปที่ 4.172ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 2
- รูปที่ 4.172ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 3
- รูปที่ 4.172ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 4
- รูปที่ 4.172ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 5
- รูปที่ 4.172ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 6

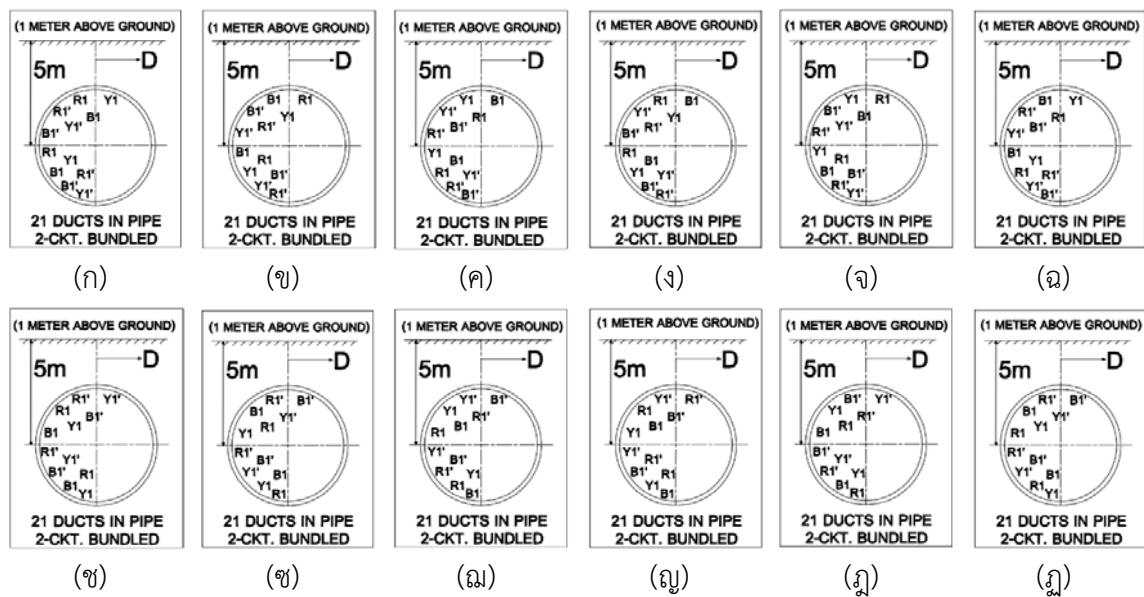
จากรูปที่ 4.172ก-4.172ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.9.8.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.173 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



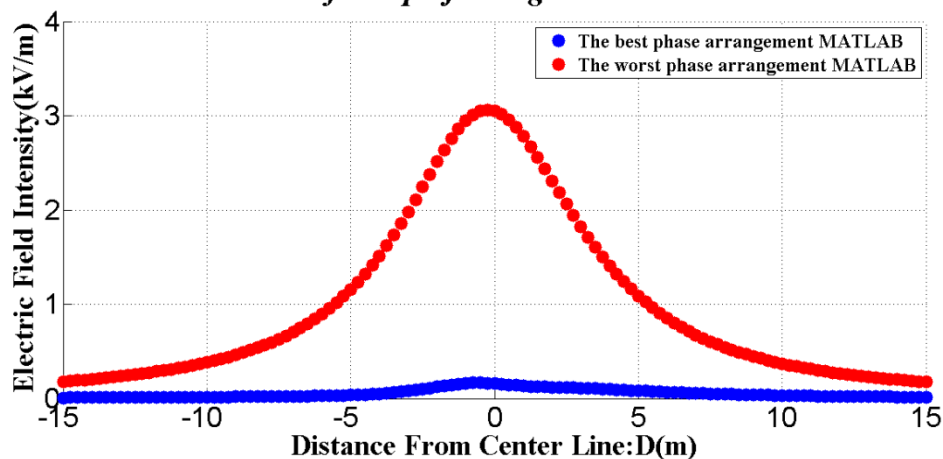
- รูปที่ 4.173ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 1
- รูปที่ 4.173ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.173ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 3
- รูปที่ 4.173ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 4
- รูปที่ 4.173จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 5
- รูปที่ 4.173ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case3-Type 6
- รูปที่ 4.173ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 1

- รูปที่ 4.173ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 2
 รูปที่ 4.173ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 3
 รูปที่ 4.173ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 4
 รูปที่ 4.173ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 5
 รูปที่ 4.173ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 6

จากรูปที่ 4.173ก-4.173ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด โดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.9.9 21 ท่อ 3-CKT.Bundled

*Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
 115kV UG Cable for Pipe-jacking 21 Ducts 3-CKT Bundled*

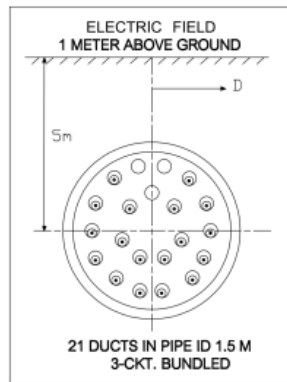


รูปที่ 4.174 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled

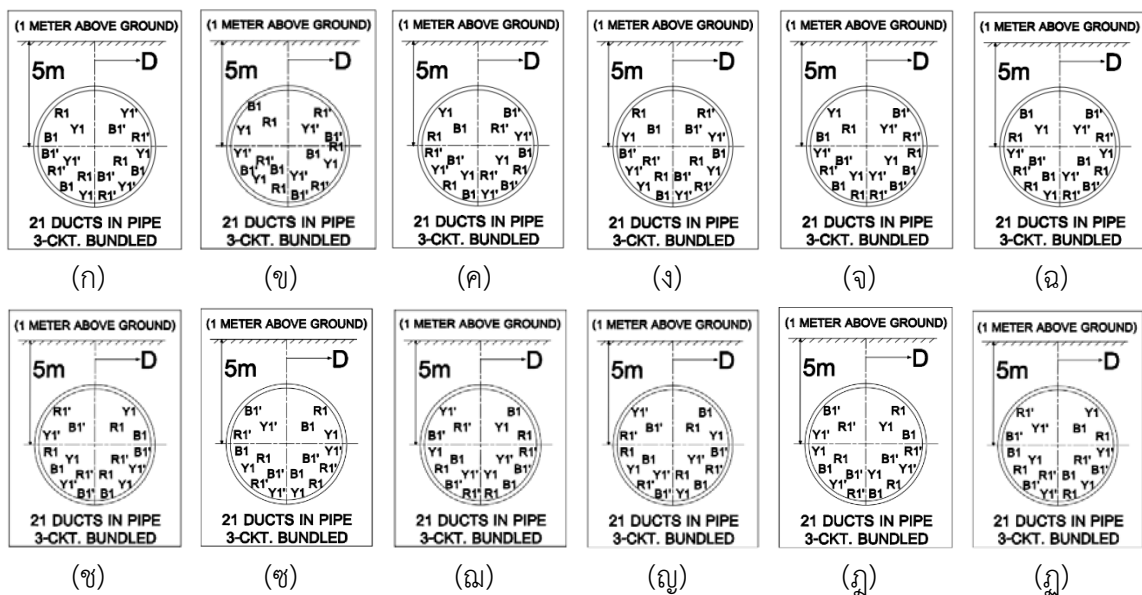
จากรูปที่ 4.174 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 3.052 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.1598 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.9.9.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.175 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



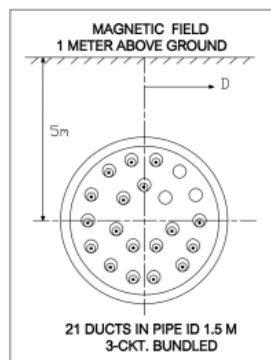
- รูปที่ 4.175ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.175ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.175ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.175ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.175จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.175ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case1-Type 6
- รูปที่ 4.175ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 1

- รูปที่ 4.175ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 2
- รูปที่ 4.175ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 3
- รูปที่ 4.175ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 4
- รูปที่ 4.175ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 5
- รูปที่ 4.175ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case8-Type 6

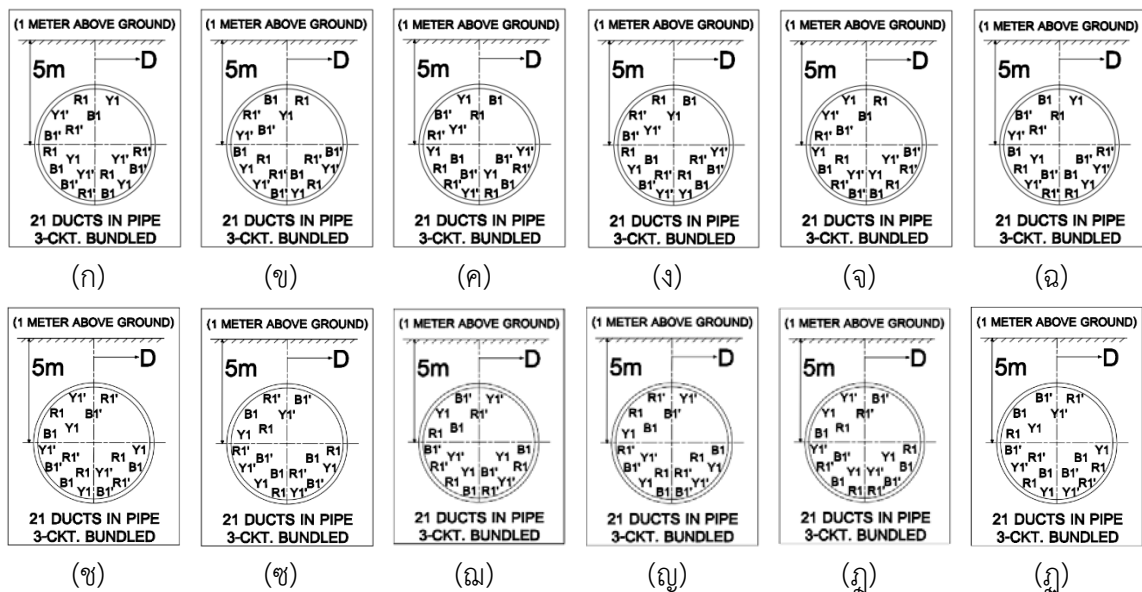
จากรูปที่ 4.175ก-4.175ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.9.9.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



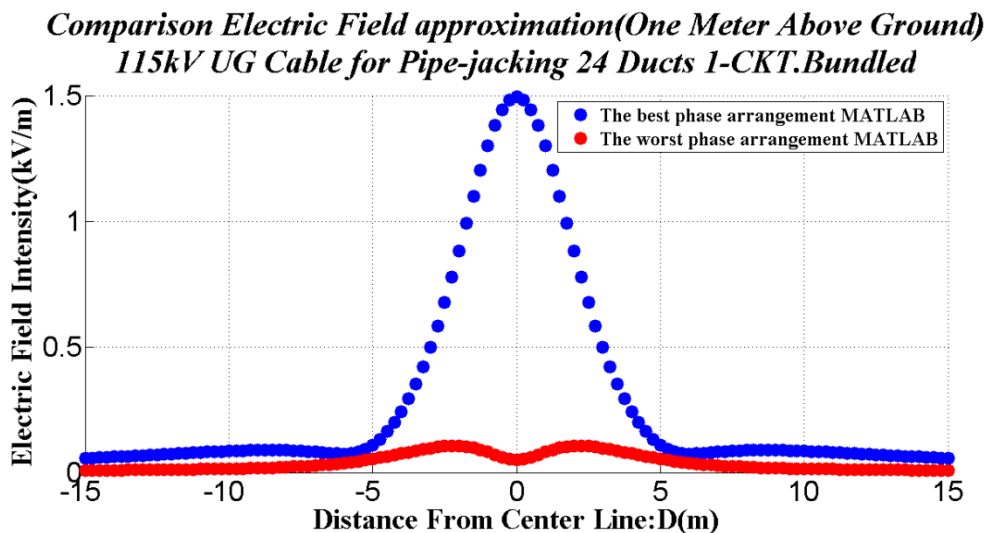
รูปที่ 4.176 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



- รูปที่ 4.176ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 1
 รูปที่ 4.176ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 2
 รูปที่ 4.176ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 3
 รูปที่ 4.176ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 4
 รูปที่ 4.176จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 5
 รูปที่ 4.176ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case2-Type 6
 รูปที่ 4.176ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 1
 รูปที่ 4.176ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 2
 รูปที่ 4.176ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 3
 รูปที่ 4.176ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 4
 รูปที่ 4.176ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 5
 รูปที่ 4.176ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case14-Type 6

จากรูปที่ 4.176ก-4.176ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.9.10 24 ท่อ 1-CKT.Bundled

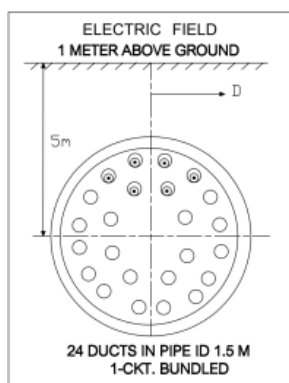


รูปที่ 4.177 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled

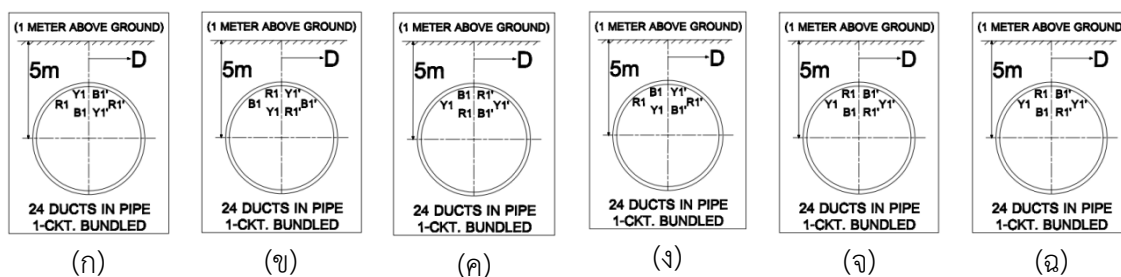
จากรูปที่ 4.177 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 1.495 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.04975 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.9.10.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.178 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



รูปที่ 4.178ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 1

รูปที่ 4.178ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 2

รูปที่ 4.178ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 3

รูปที่ 4.178ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 4

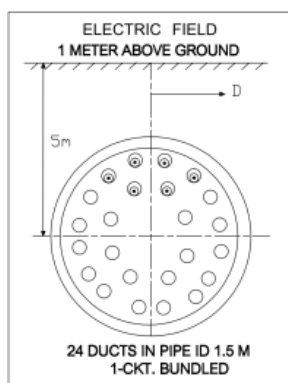
รูปที่ 4.178จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 5

รูปที่ 4.178ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 6

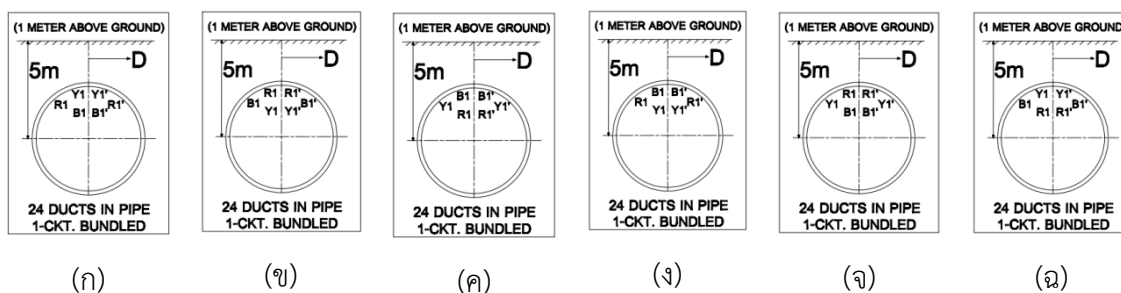
จากรูปที่ 4.178ก-4.178ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.9.10.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.179 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

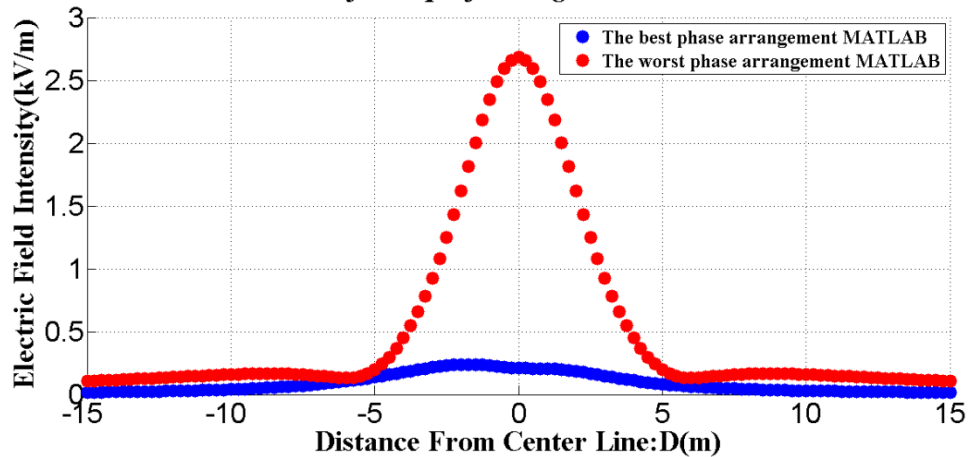


รูปที่ 4.179ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 1
 รูปที่ 4.179ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 2
 รูปที่ 4.179ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 3
 รูปที่ 4.179ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 4
 รูปที่ 4.179จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 5
 รูปที่ 4.179ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 6

จากรูปที่ 4.179ก-4.179ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.9.11 24 ท่อ 2-CKT.Bundled

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
115kV UG Cable for Pipe-jacking 24 Ducts 2-CKT.Bundled**

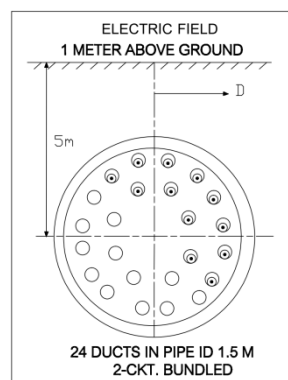


รูปที่ 4.180 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled

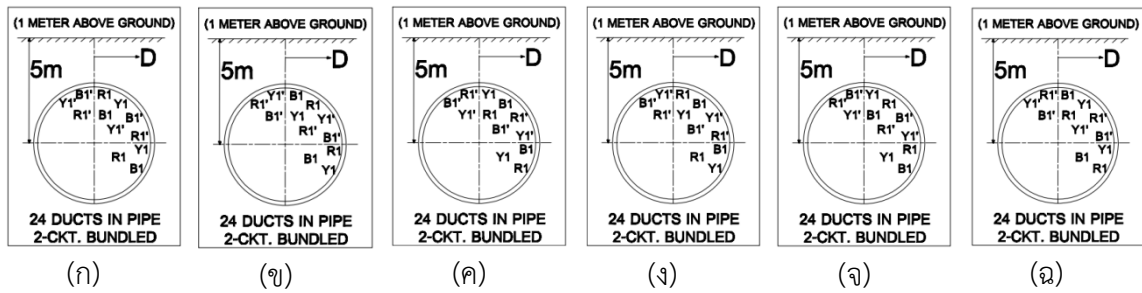
จากรูปที่ 4.180 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 2.683 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.2098 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.9.11.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.181 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

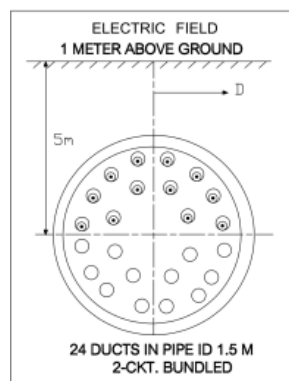


- รูปที่ 4.181ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 1
- รูปที่ 4.181ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 2
- รูปที่ 4.181ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 3
- รูปที่ 4.181ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 4
- รูปที่ 4.181จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 5
- รูปที่ 4.181ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case6-Type 6

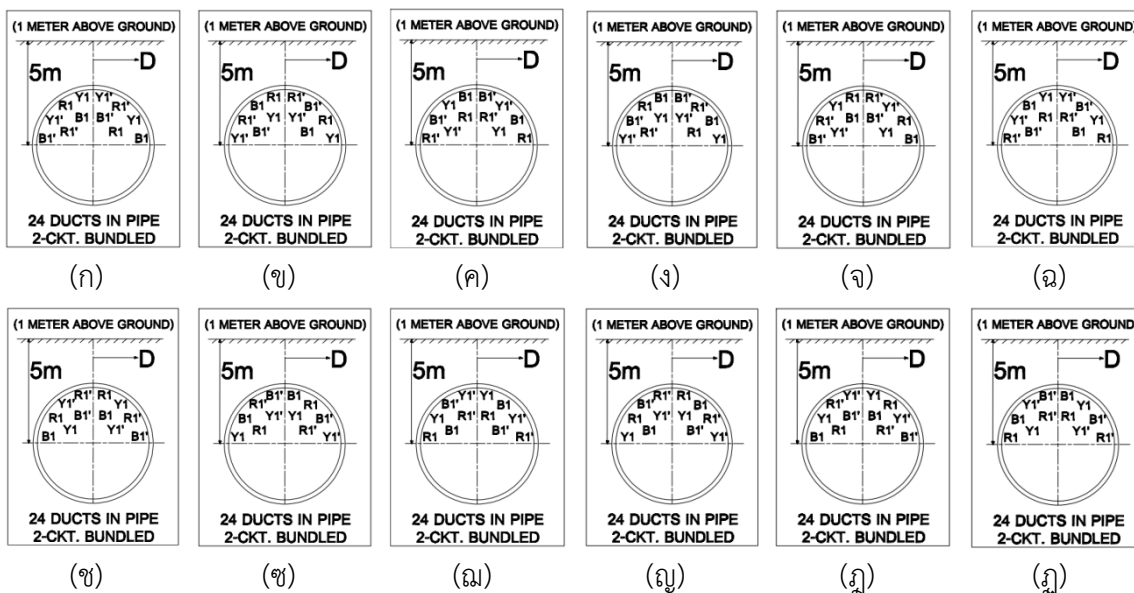
จากรูปที่ 4.181ก-4.181ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.9.11.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.182 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

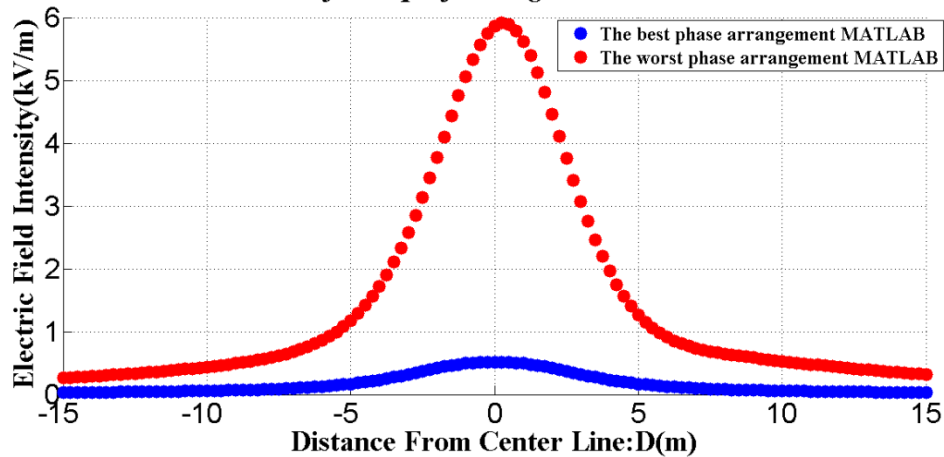


- รูปที่ 4.182ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 1
- รูปที่ 4.182ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.182ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 3
- รูปที่ 4.182ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.182จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.182ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 6
- รูปที่ 4.182ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 1
- รูปที่ 4.182ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 2
- รูปที่ 4.182ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 3
- รูปที่ 4.182ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 4
- รูปที่ 4.182ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 5
- รูปที่ 4.182ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled รูปแบบ Case12-Type 6

จากรูปที่ 4.182ก-4.182ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.9.12 24 ท่อ 3-CKT.Bundled

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
115kV UG Cable for Pipe-jacking 24 Ducts 3-CKT.Bundled**

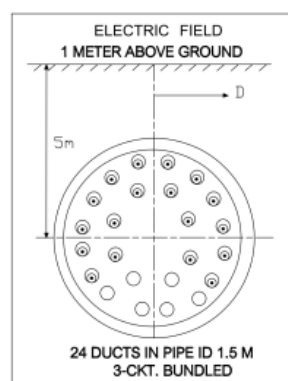


รูปที่ 4.183 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled

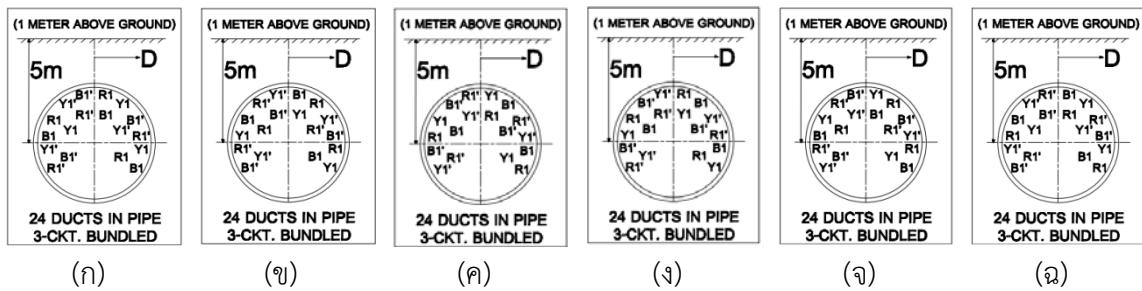
จากรูปที่ 4.183 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 5.865 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 0.5168 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.9.12.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.184 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 21 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

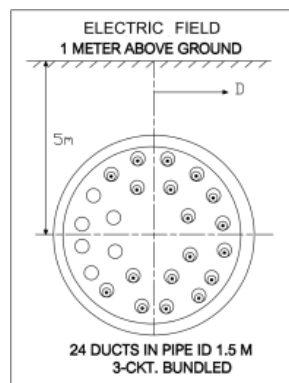


- รูปที่ 4.184ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 1
- รูปที่ 4.184ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.184ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 3
- รูปที่ 4.184ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.184จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.184ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case5-Type 6

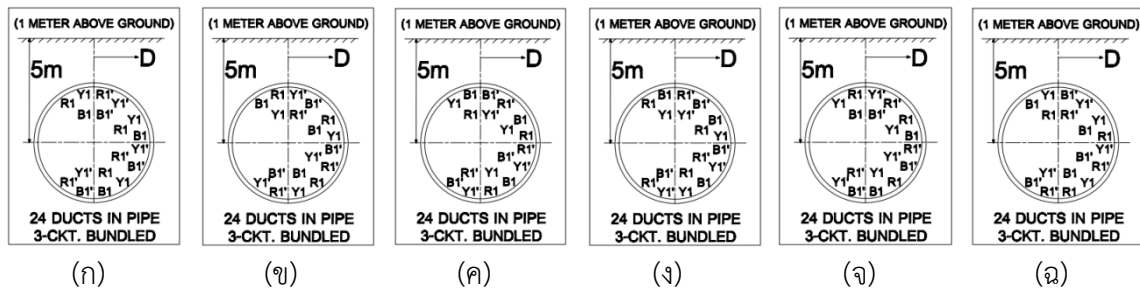
จากรูปที่ 4.184ก-4.184ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.912.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.185 แสดงการจัดวางสายตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



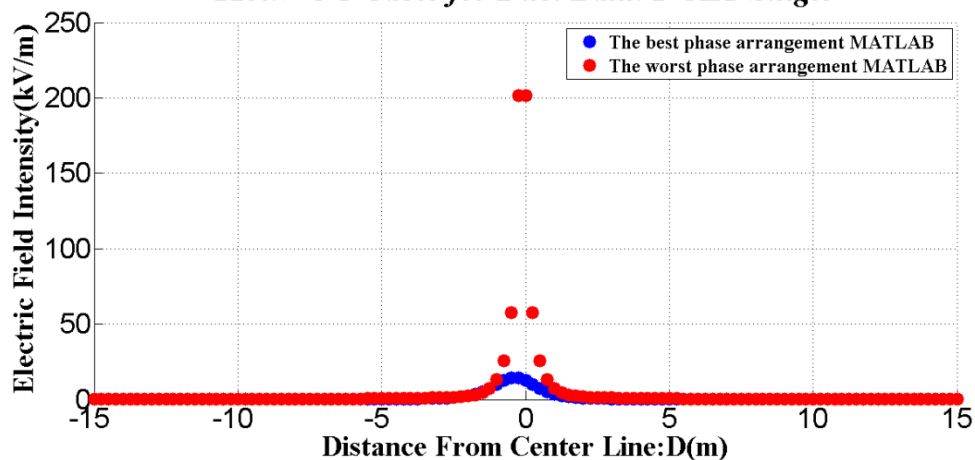
- รูปที่ 4.185ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 1
 รูปที่ 4.185ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 2
 รูปที่ 4.185ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 3
 รูปที่ 4.185ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 4
 รูปที่ 4.185จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 5
 รูปที่ 4.185ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled รูปแบบ Case11-Type 6

จากรูปที่ 4.185ก-4.185ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ 24 ท่อ 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.10 ผลการเปรียบเทียบสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินของรูปแบบ Duct Bank (4×6) ในโปรแกรม MATLAB ที่แรงดัน 115kV

4.10.1 Duct Bank 1-CKT.Single

*Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
 115kV UG Cable for Duct Bank 1-CKT Single*

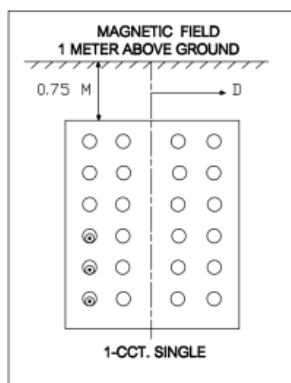


รูปที่ 4.186 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 1-CKT.Single

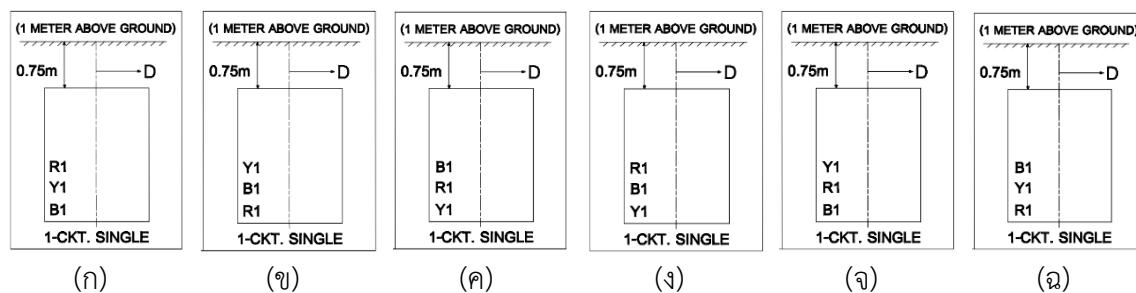
จากรูปที่ 4.182 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 201.3 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 12.56 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำDuct bank ขนาด 4×6 1-CKT.Single โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.10.1.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



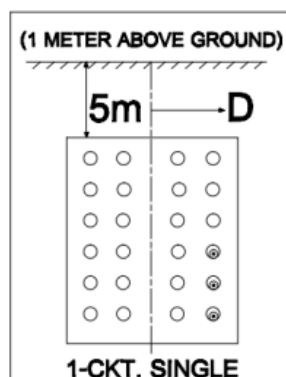
รูปที่ 4.187 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4×6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



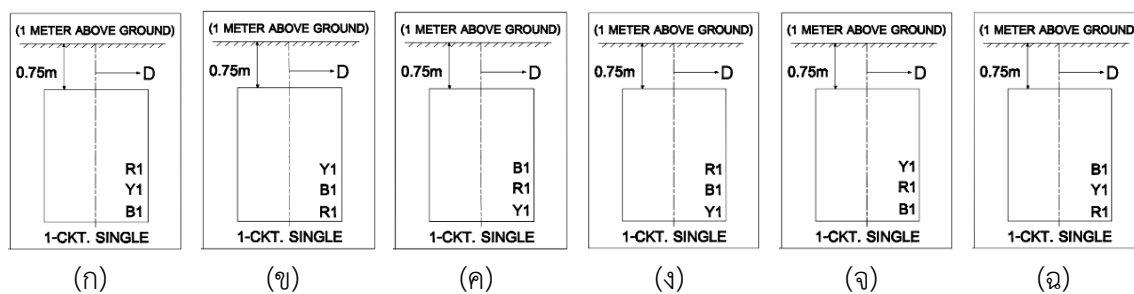
- รูปที่ 4.187ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.187ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.187ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.187ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.187จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.187ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case1-Type 6

จากรูปที่ 4.187ก-4.187ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.188 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่า
สนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



รูปที่ 4.188ก แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 1

รูปที่ 4.188ข แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 2

รูปที่ 4.188ค แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 3

รูปที่ 4.188ง แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 4

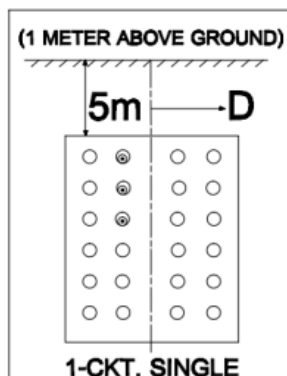
รูปที่ 4.188จ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 5

รูปที่ 4.188ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 6

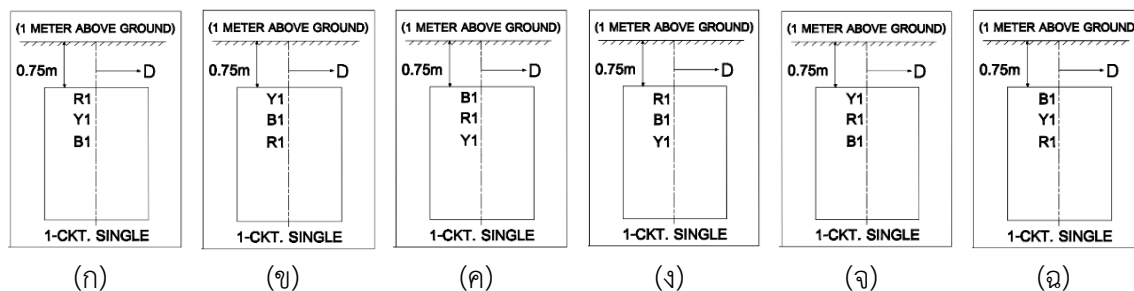
จากรูปที่ 4.188ก-4.188ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่า
สนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.10.1.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.189 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



รูปที่ 4.189ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 1

รูปที่ 4.189ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 2

รูปที่ 4.189ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 3

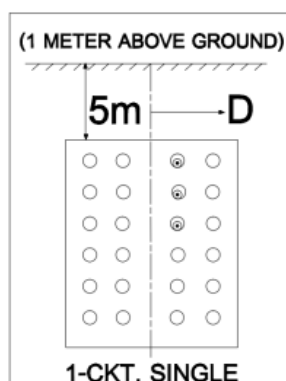
รูปที่ 4.189ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 4

รูปที่ 4.189จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 5

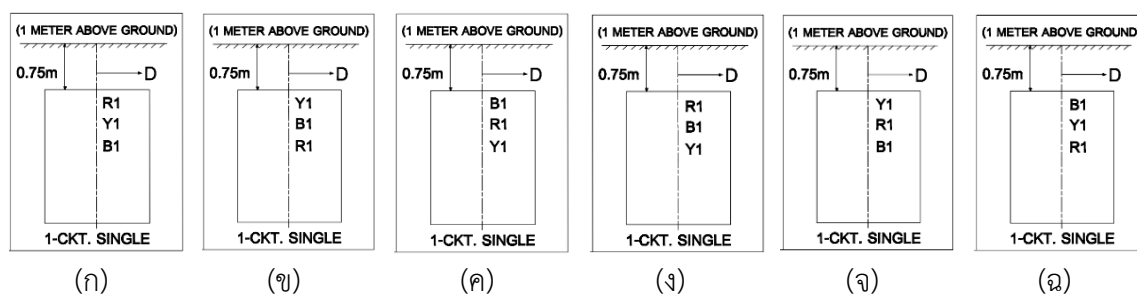
รูปที่ 4.189ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 6

จากรูปที่ 4.185ก-4.185ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.190 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

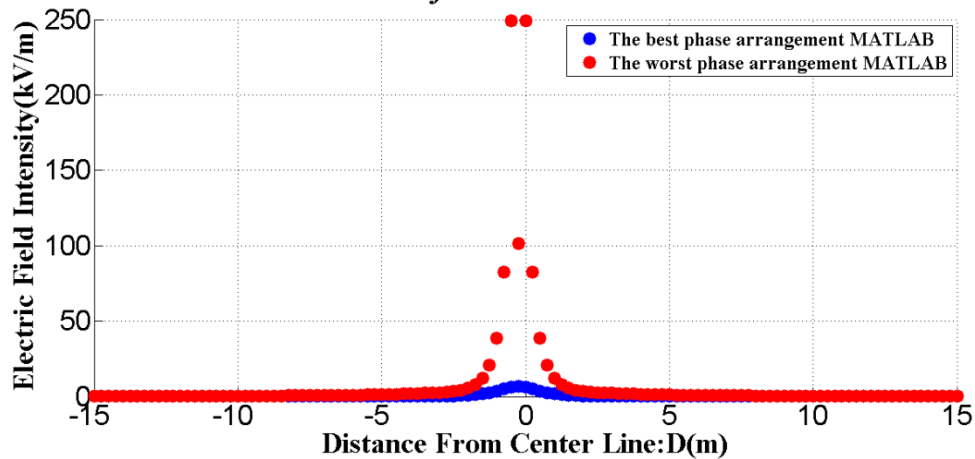


- รูปที่ 4.190ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 1
 รูปที่ 4.190ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 2
 รูปที่ 4.190ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 3
 รูปที่ 4.190ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 4
 รูปที่ 4.190จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 5
 รูปที่ 4.190ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 6

จากรูปที่ 4.190ก-4.190ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.10.2 Duct Bank 1-CKT.Bundled

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
115kV UG Cable for Duct Bank 1-CKT Bundled**

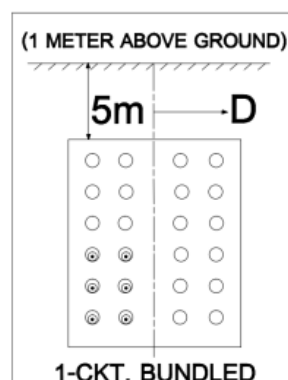


รูปที่ 4.191 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 1-CKT.Bundled

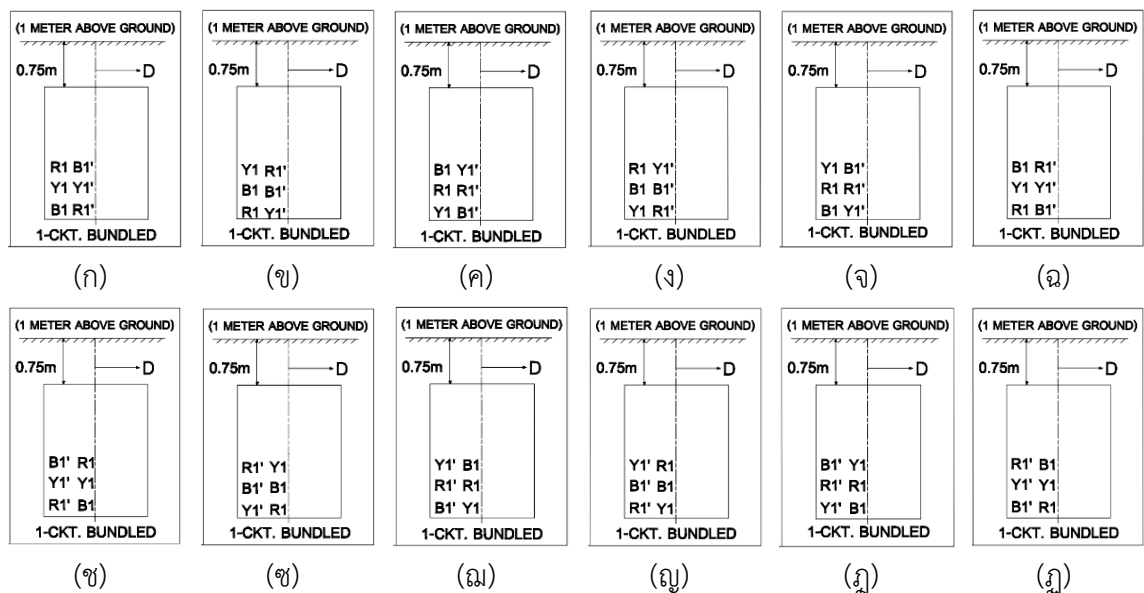
จากรูปที่ 4.191 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 249.5 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 6.184 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.10.2.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



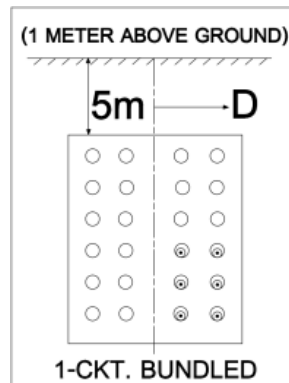
รูปที่ 4.192 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4×6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



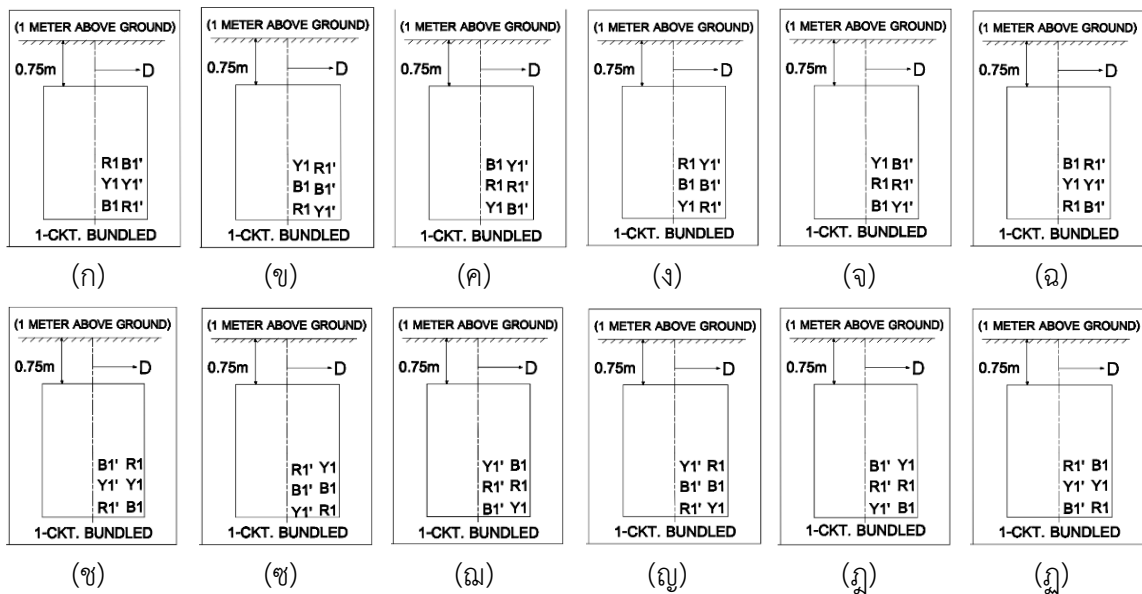
- รูปที่ 4.192ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.192ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.192ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.192ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.192จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.192ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 6
- รูปที่ 4.192ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 1
- รูปที่ 4.192ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.192ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 3
- รูปที่ 4.192ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.192ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.192ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 6

จากรูปที่ 4.192ก-4.192ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.193 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



- รูปที่ 4.193ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 1
- รูปที่ 4.193ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 2
- รูปที่ 4.193ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 3
- รูปที่ 4.193ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 4
- รูปที่ 4.193จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 5
- รูปที่ 4.193ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 6
- รูปที่ 4.193ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 1
- รูปที่ 4.193ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 2
- รูปที่ 4.193ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 3

รูปที่ 4.193ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 4

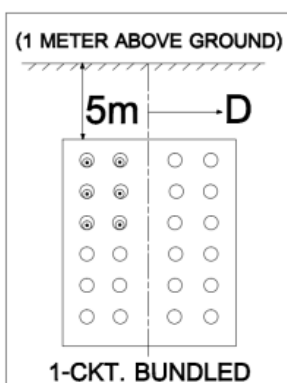
รูปที่ 4.193ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 5

รูปที่ 4.193ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 6

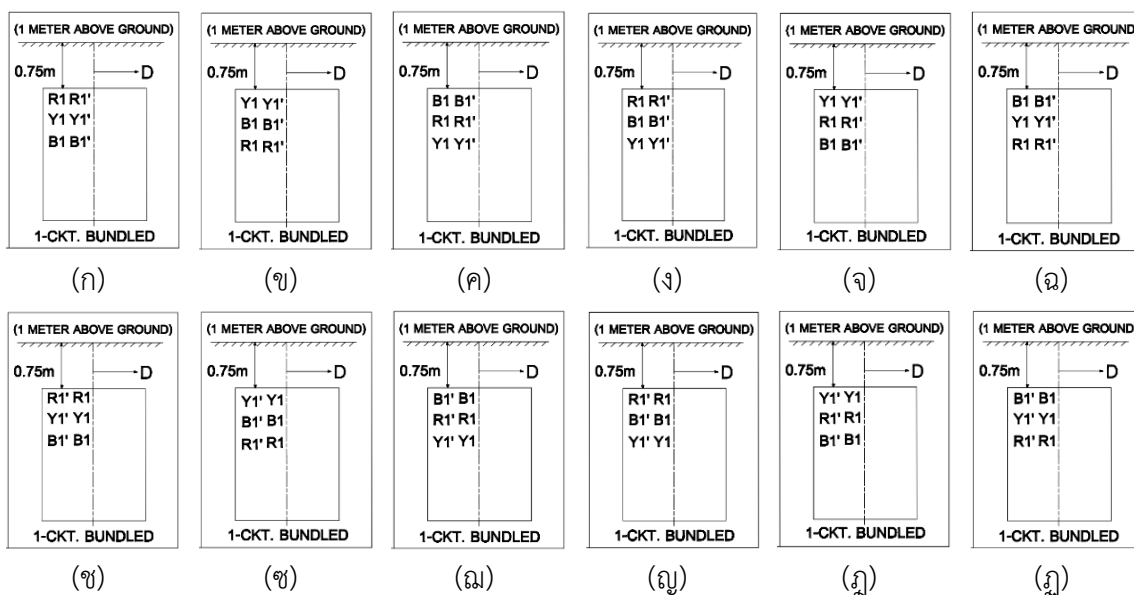
จากรูปที่ 4.193ก-4.193ค แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.10.2.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.194 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

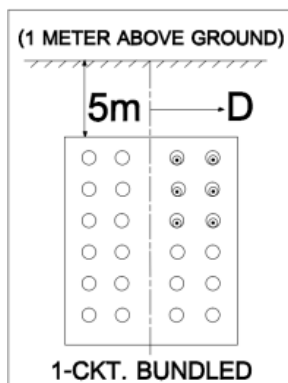


รูปที่ 4.190ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 1

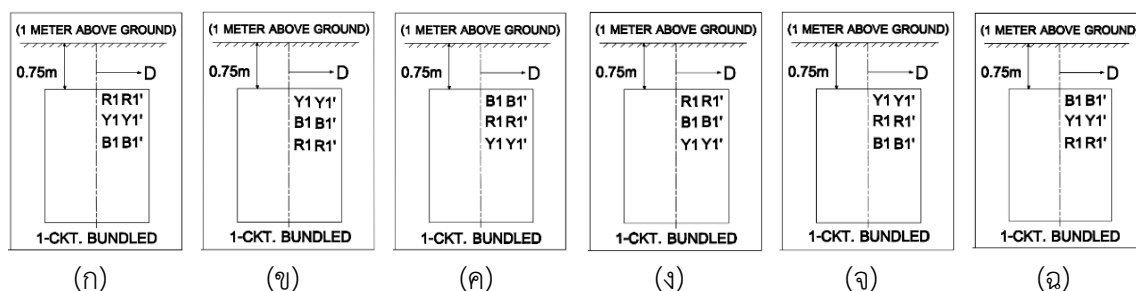
- รูปที่ 4.194ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.194ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 3
- รูปที่ 4.194ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 4
- รูปที่ 4.194จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 5
- รูปที่ 4.194ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 6
- รูปที่ 4.194ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 1
- รูปที่ 4.194ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 2
- รูปที่ 4.194ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 3
- รูปที่ 4.194ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 4
- รูปที่ 4.194ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 5
- รูปที่ 4.194ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 6

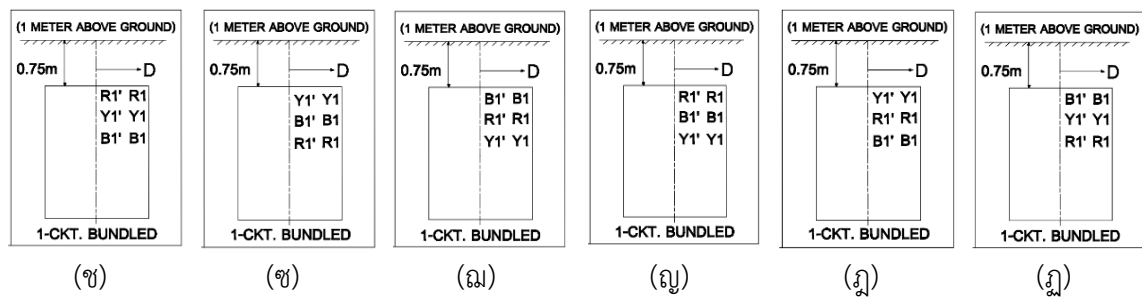
จากรูปที่ 4.194ก-4.194ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.195 แสดงการจัดวางสายตัวนำตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 1-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามแม่ไฟฟ้ามากที่สุด



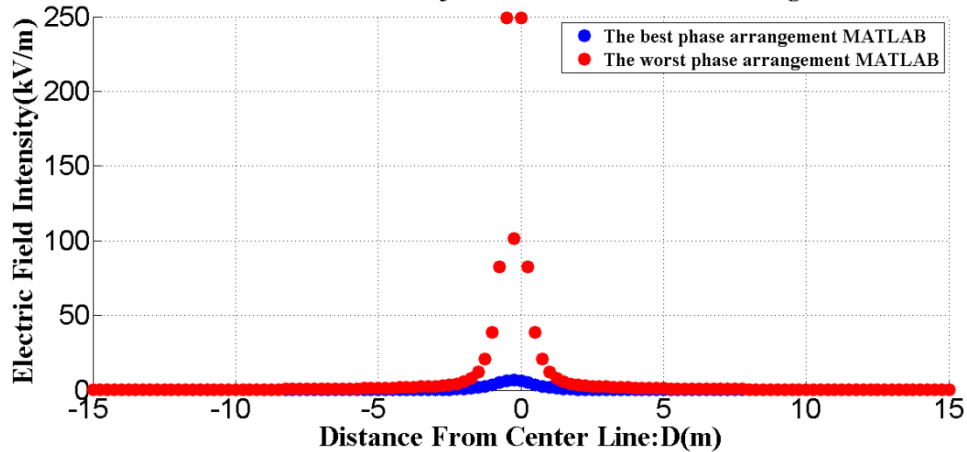


- รูปที่ 4.195ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 1
 รูปที่ 4.195ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 2
 รูปที่ 4.195ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 3
 รูปที่ 4.195ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 4
 รูปที่ 4.195จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 5
 รูปที่ 4.195ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 6
 รูปที่ 4.195ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 1
 รูปที่ 4.195ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 2
 รูปที่ 4.195ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 3
 รูปที่ 4.195ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 4
 รูปที่ 4.195ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 5
 รูปที่ 4.195ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 6

จากรูปที่ 4.195ก-4.195ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่า
 สนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.10.3 Duct Bank 2-CKT.Single

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
115kV UG Cable for Duct Bank 2-CKT Single**

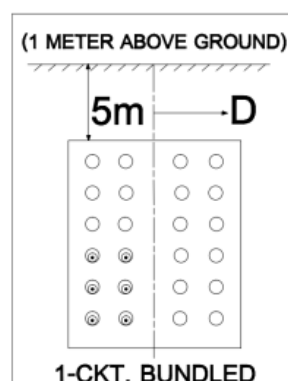


รูปที่ 4.196 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Single

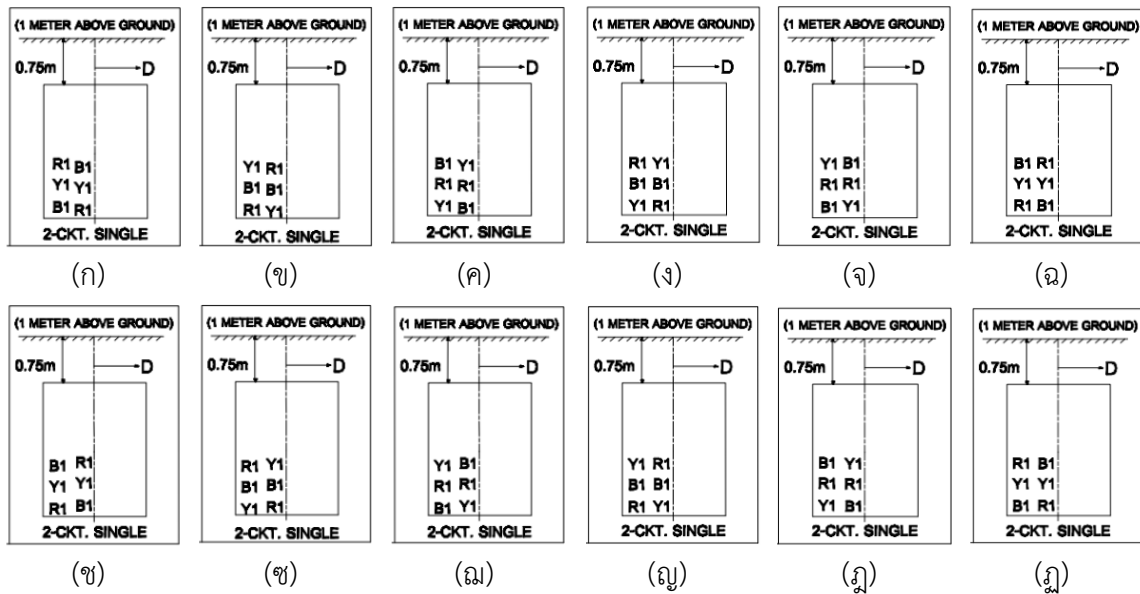
จากรูปที่ 4.196 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 249.5 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 6.184 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Single โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.10.3.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



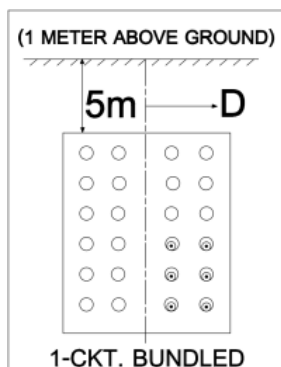
รูปที่ 4.197 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



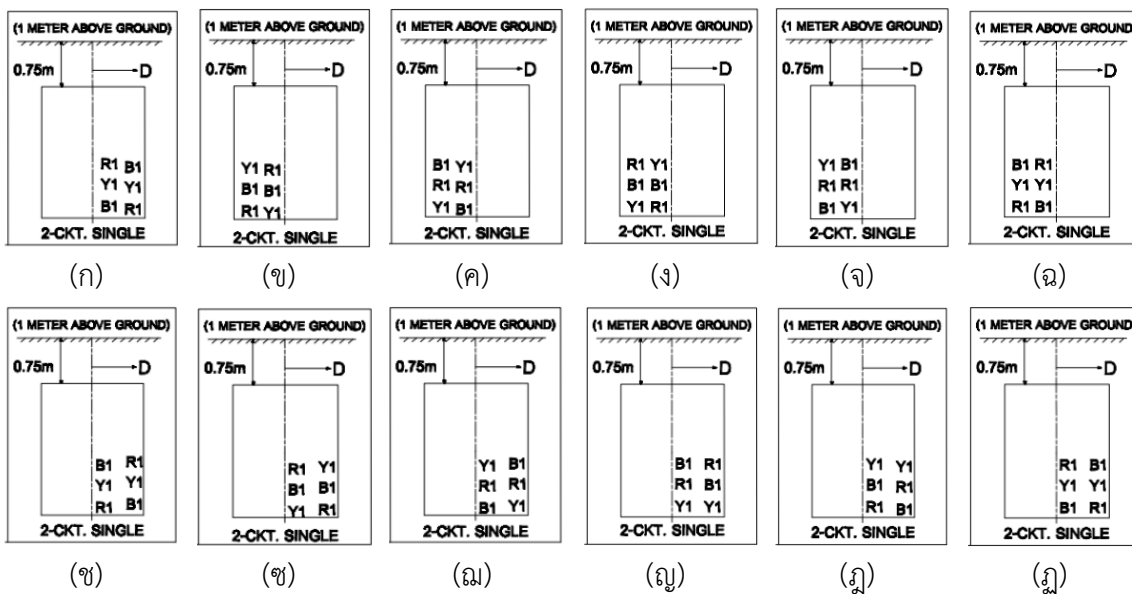
- รูปที่ 4.197ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 1
 รูปที่ 4.197ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 2
 รูปที่ 4.197ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 3
 รูปที่ 4.197ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 4
 รูปที่ 4.197จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 5
 รูปที่ 4.197ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 6
 รูปที่ 4.197ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 1
 รูปที่ 4.197ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 2
 รูปที่ 4.197ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 3
 รูปที่ 4.197ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 4
 รูปที่ 4.197ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 5
 รูปที่ 4.197ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 6

จากรูปที่ 4.197ก-4.197ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.198 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



- รูปที่ 4.198ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 1
- รูปที่ 4.198ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.198ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 3
- รูปที่ 4.198ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 4
- รูปที่ 4.198จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 5
- รูปที่ 4.198ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 6
- รูปที่ 4.198ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 1
- รูปที่ 4.198ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 2
- รูปที่ 4.198ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 3

รูปที่ 4.198ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 4

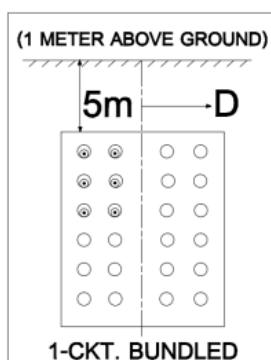
รูปที่ 4.198ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 5

รูปที่ 4.198ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 6

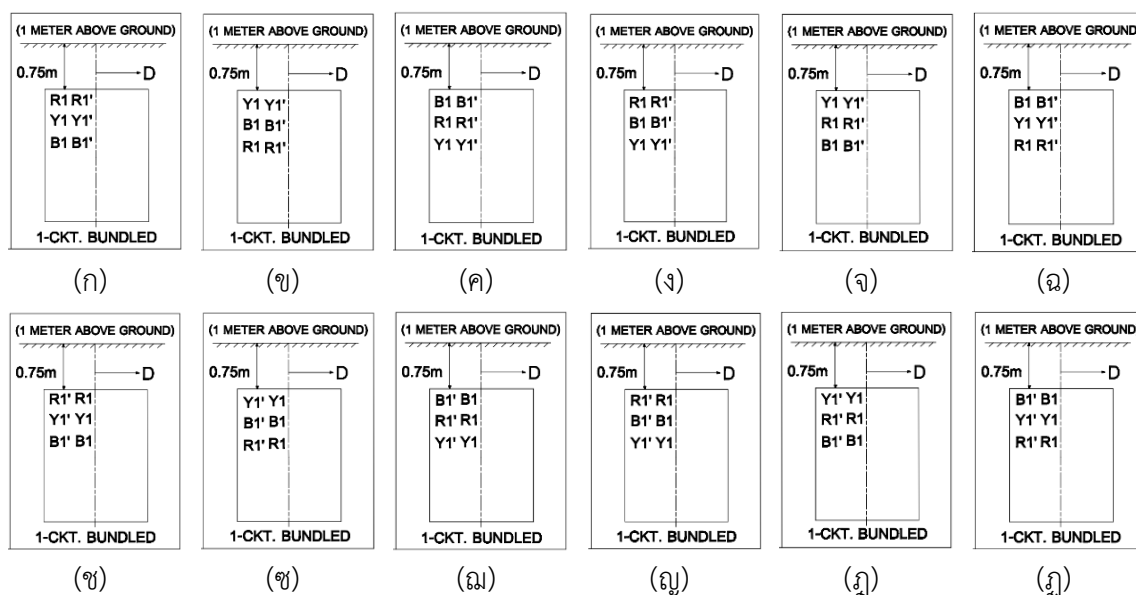
จากรูปที่ 4.198ก-4.198ค แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.10.3.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



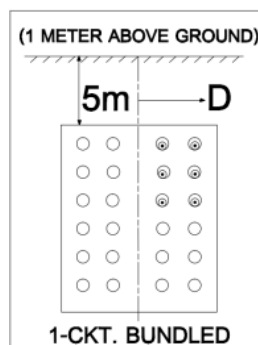
รูปที่ 4.199 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



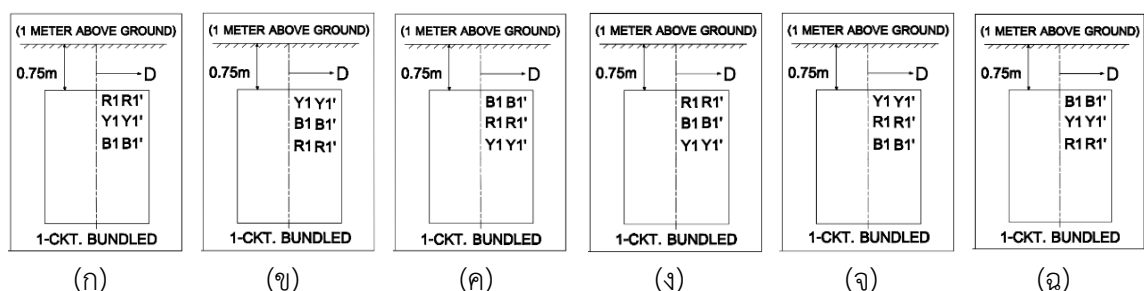
- รูปที่ 4.199ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 1
- รูปที่ 4.199ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.199ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 3
- รูปที่ 4.199ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.199จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.199ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 6
- รูปที่ 4.199ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 1
- รูปที่ 4.199ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 2
- รูปที่ 4.199ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 3
- รูปที่ 4.199ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 4
- รูปที่ 4.199ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 5
- รูปที่ 4.199ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 6

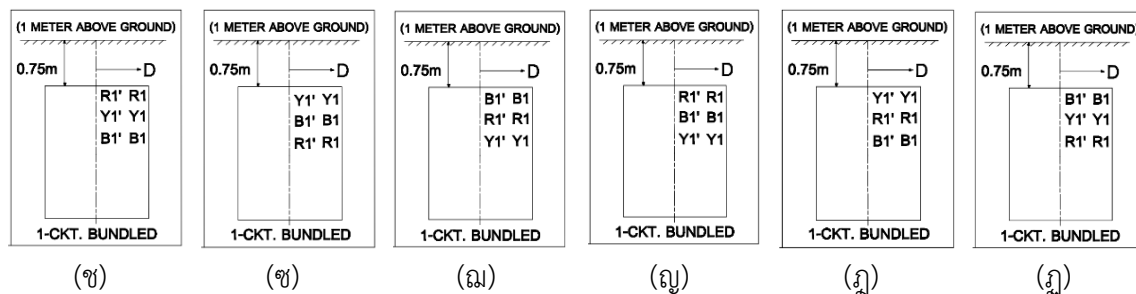
จากรูปที่ 4.199ก-4.199ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.200 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



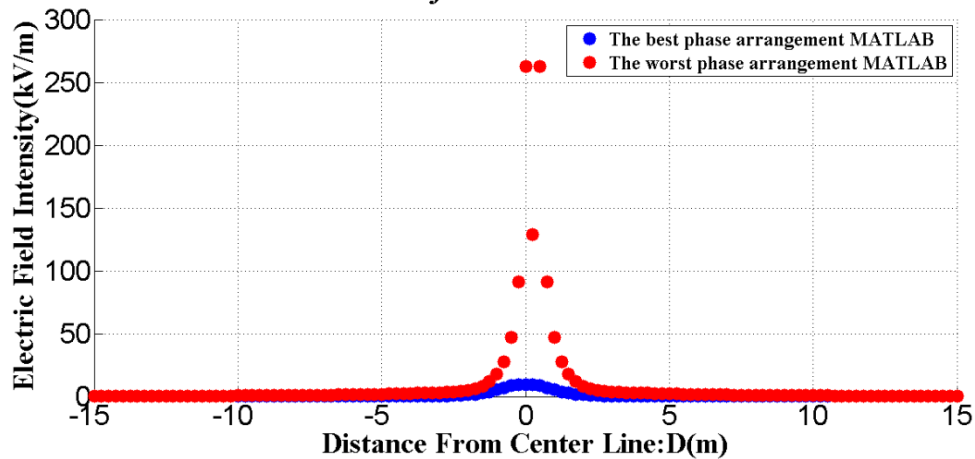


- รูปที่ 4.200ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 1
- รูปที่ 4.200ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 2
- รูปที่ 4.200ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 3
- รูปที่ 4.200ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 4
- รูปที่ 4.200จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 5
- รูปที่ 4.200ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case7-Type 6
- รูปที่ 4.200ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 1
- รูปที่ 4.200ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 2
- รูปที่ 4.200ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 3
- รูปที่ 4.200ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 4
- รูปที่ 4.200ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 5
- รูปที่ 4.200ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case8-Type 6

จากรูปที่ 4.200ก-4.200ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.10.4 Duct Bank 2-CKT.Bundled

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
115kV UG Cable for Duct Bank 2-CKT Bundled**

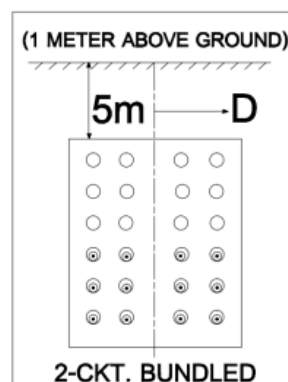


รูปที่ 4.201 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำDuct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Bundled

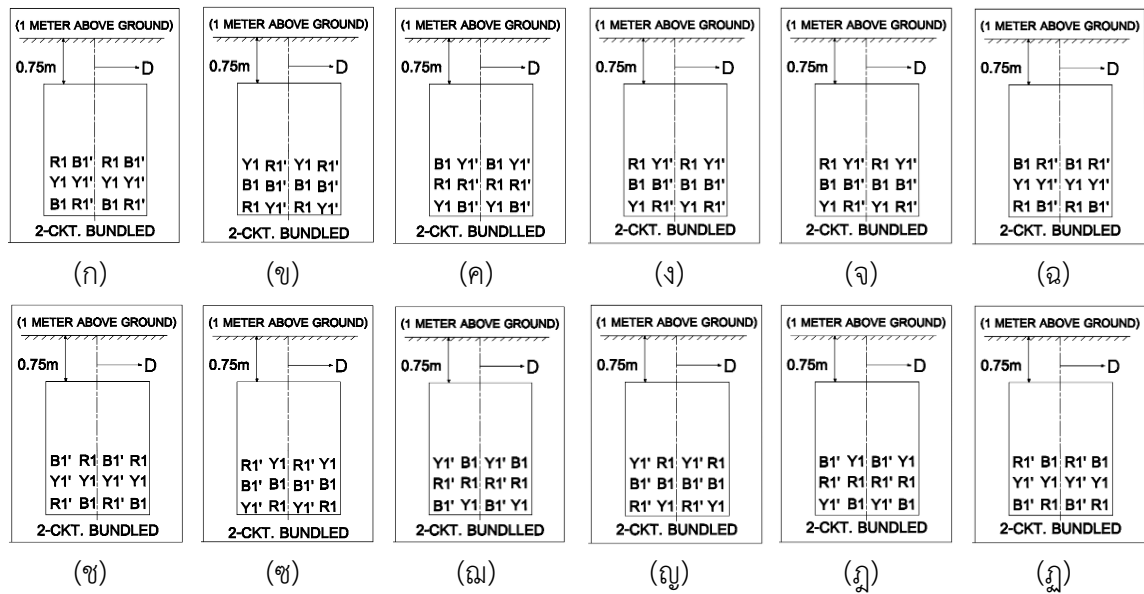
จากรูปที่ 4.201 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 263 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 9.386 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.10.4.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.202 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4×6 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

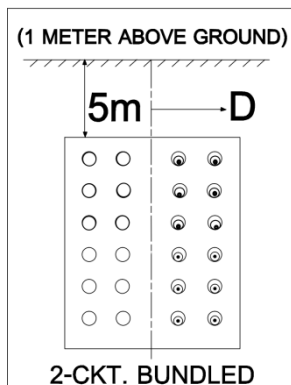


- รูปที่ 4.202ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 1
- รูปที่ 4.202ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 2
- รูปที่ 4.202ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 3
- รูปที่ 4.202ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 4
- รูปที่ 4.202จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 5
- รูปที่ 4.202ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case1-Type 6
- รูปที่ 4.202ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 1
- รูปที่ 4.202ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 2
- รูปที่ 4.202ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 3
- รูปที่ 4.202ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 4
- รูปที่ 4.202ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 5
- รูปที่ 4.202ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case5-Type 6

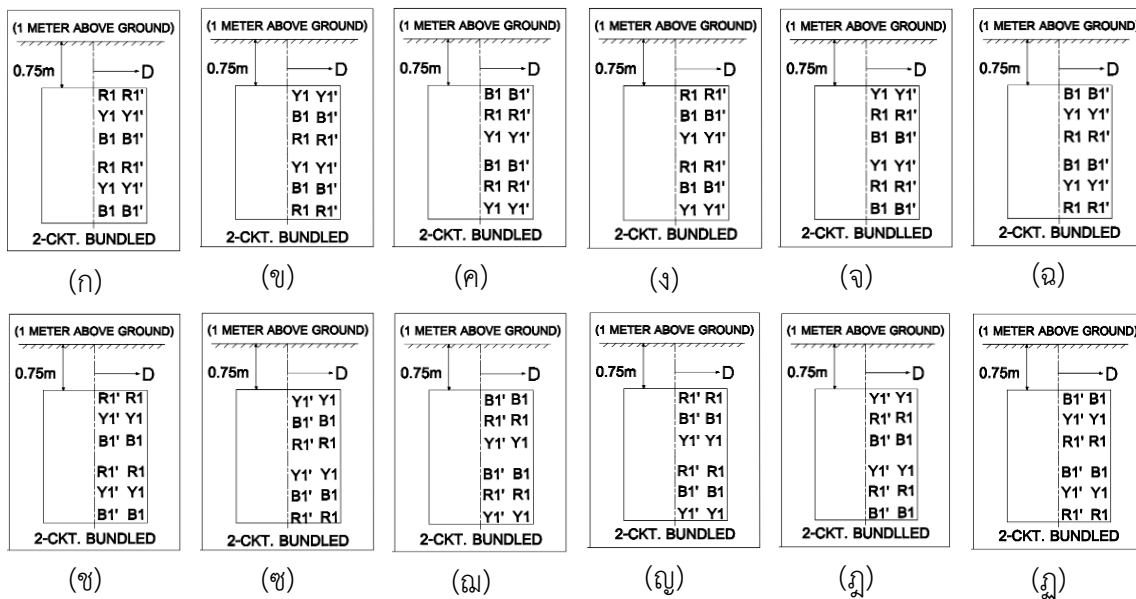
จากรูปที่ 4.202ก-4.202ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.10.4.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 2 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.203 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



รูปที่ 4.203ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 1

รูปที่ 4.203ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 2

รูปที่ 4.203ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 3

รูปที่ 4.203ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 4

รูปที่ 4.203จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 5

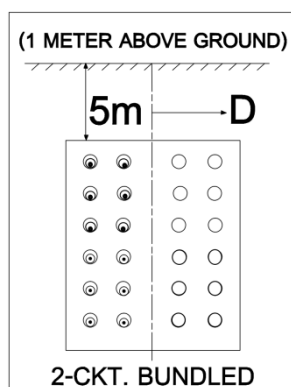
รูปที่ 4.203ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 6

รูปที่ 4.203ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 1

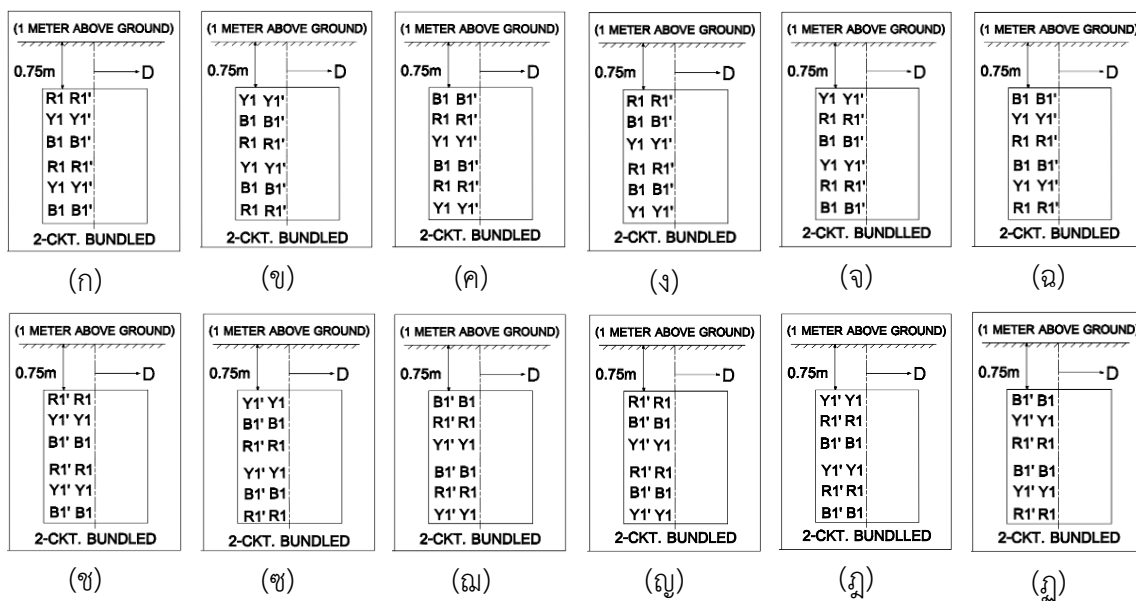
- รูปที่ 4.203ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 2
- รูปที่ 4.203ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 3
- รูปที่ 4.203ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 4
- รูปที่ 4.203ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 5
- รูปที่ 4.203ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 6

จากรูปที่ 4.203ก-4.203ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.204 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 2-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

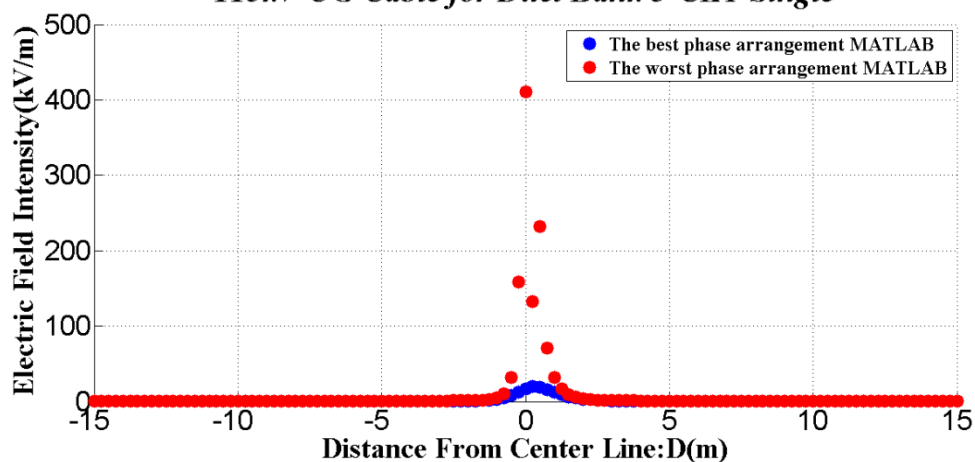


- รูปที่ 4.204ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case4-Type 1
 รูปที่ 4.204ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case4-Type 2
 รูปที่ 4.204ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case4-Type 3
 รูปที่ 4.204ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case4-Type 4
 รูปที่ 4.204จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case4-Type 5
 รูปที่ 4.204ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case4-Type 6
 รูปที่ 4.204ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case8-Type 1
 รูปที่ 4.204ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case8-Type 2
 รูปที่ 4.204ฅ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case8-Type 3
 รูปที่ 4.204ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case8-Type 4
 รูปที่ 4.204ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case8-Type 5
 รูปที่ 4.204ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case8-Type 6

จากรูปที่ 4.204ก-4.204ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.10.5 Duct Bank 3-CKT.Single

*Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
 115kV UG Cable for Duct Bank 3-CKT Single*

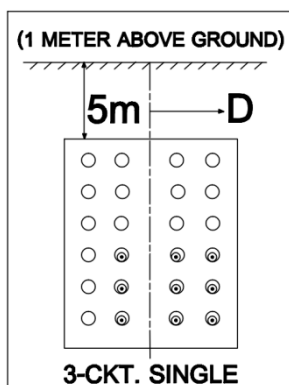


รูปที่ 4.205 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 3-CKT.Single

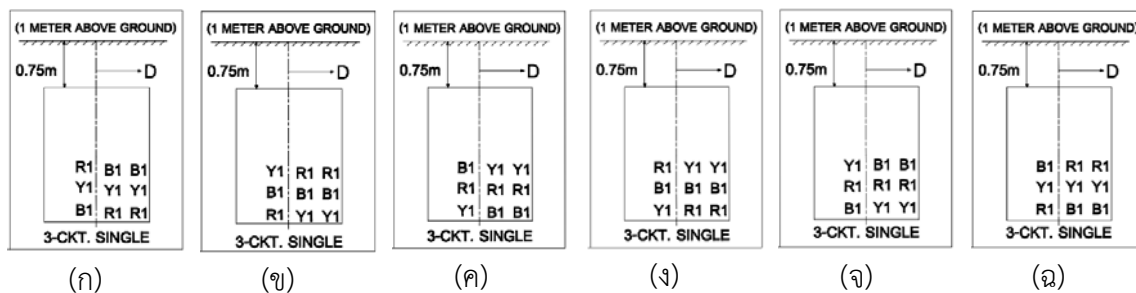
จากรูปที่ 4.205 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 410.6 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 16.87 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.10.5.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยที่สุดประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.206 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



รูปที่ 4.206ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 1

รูปที่ 4.206ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 2

รูปที่ 4.206ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 3

รูปที่ 4.206ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 4

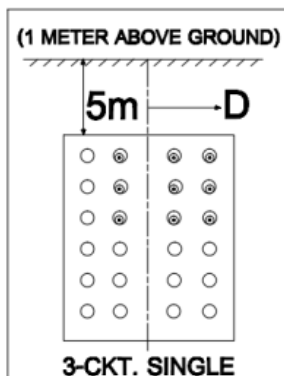
รูปที่ 4.206จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 5

รูปที่ 4.206ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case2-Type 6

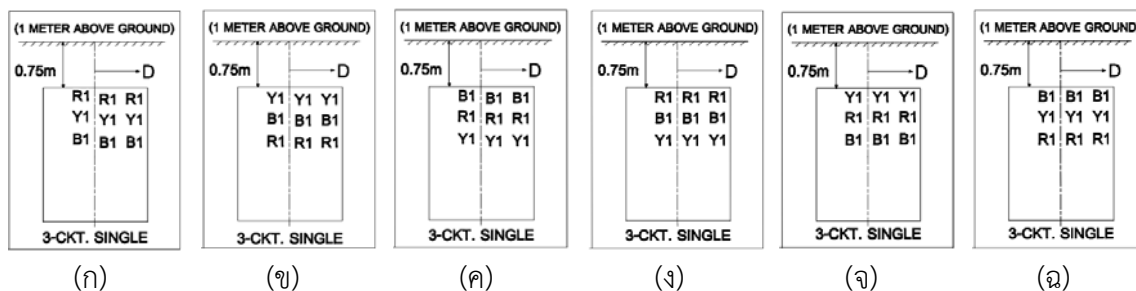
จากรูปที่ 4.206ก-4.206ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.10.5.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 1 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



รูปที่ 4.207 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Single ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด

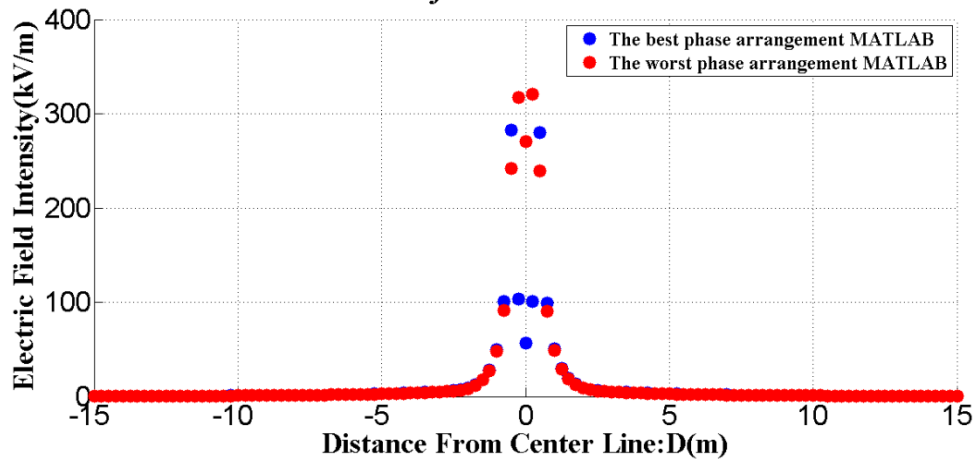


- รูปที่ 4.207ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 1
- รูปที่ 4.207ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 2
- รูปที่ 4.207ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 3
- รูปที่ 4.207ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 4
- รูปที่ 4.207จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 5
- รูปที่ 4.207ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case6-Type 6

จากรูปที่ 4.207ก-4.207ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.10.6 Duct Bank 3-CKT.Bundled

**Comparison Electric Field approximation(One Meter Above Ground)
115kV UG Cable for Duct Bank 3-CKT Bundled**

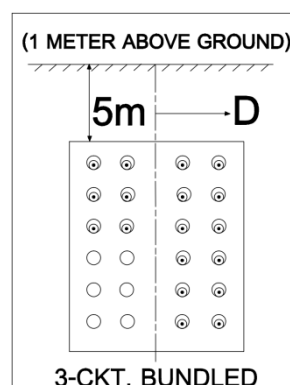


รูปที่ 4.208 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดและค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 3-CKT.Bundled

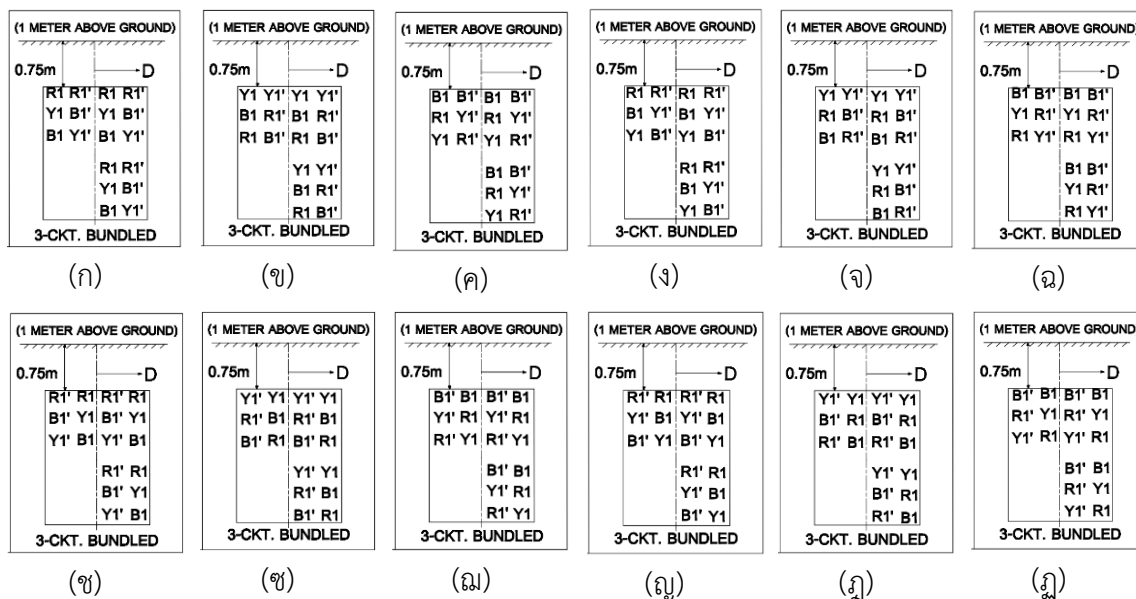
จากรูปที่ 4.208 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด คือ 162.1 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 34.15 kV/m ของการจัดเรียงเฟสตัวนำ Duct bank ขนาด 4×6 3-CKT.Bundled โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

4.10.6.1 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดประกอบด้วย 3 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

(1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



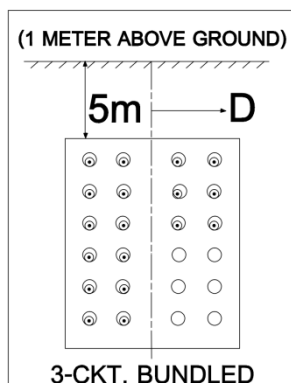
รูปที่ 4.209 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4×6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



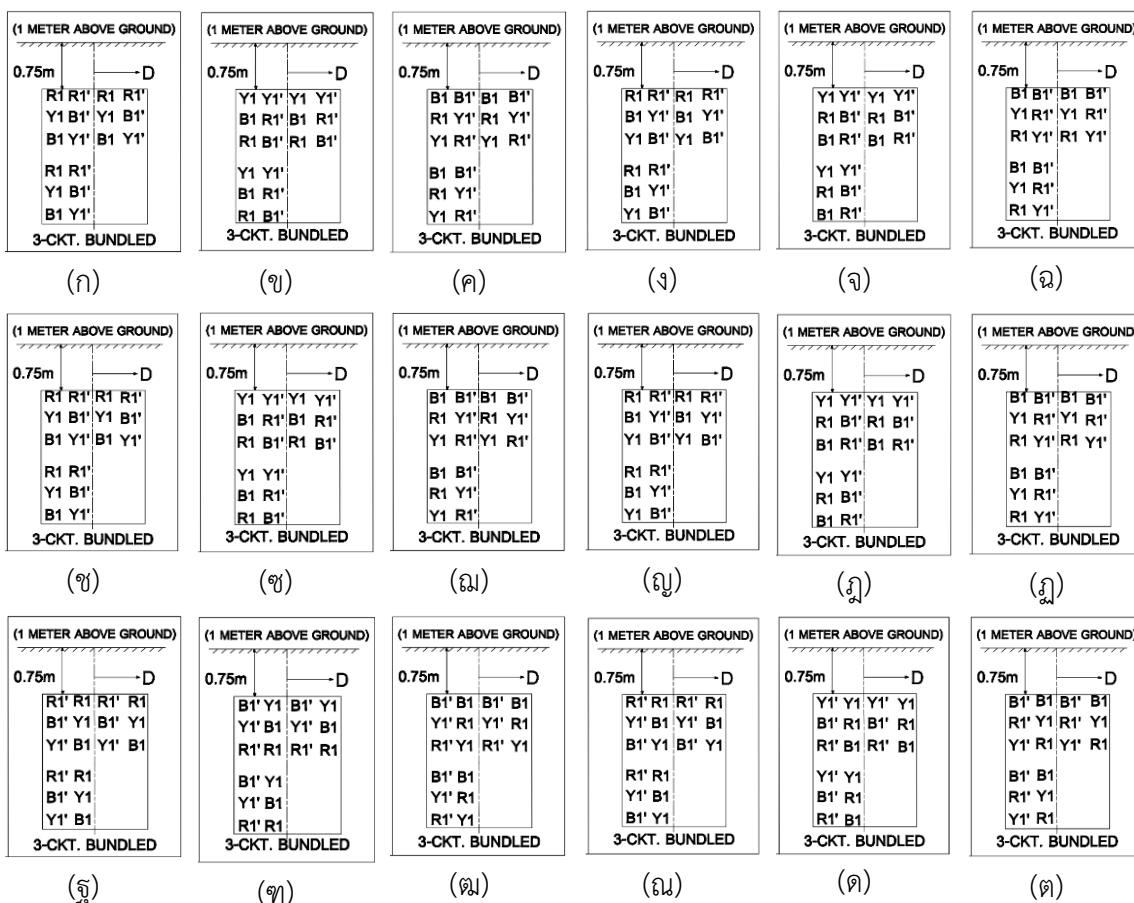
- รูปที่ 4.209ก แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 1
- รูปที่ 4.209ข แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 2
- รูปที่ 4.209ค แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 3
- รูปที่ 4.209ง แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 4
- รูปที่ 4.209จ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 5
- รูปที่ 4.209ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 6
- รูปที่ 4.209ช แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 1
- รูปที่ 4.209ซ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 2
- รูปที่ 4.209ฌ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 3
- รูปที่ 4.209ญ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 4
- รูปที่ 4.209ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 5
- รูปที่ 4.209ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 6

จากรูปที่ 4.209ก-4.209ฏ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.210 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด



รูปที่ 4.210ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 1

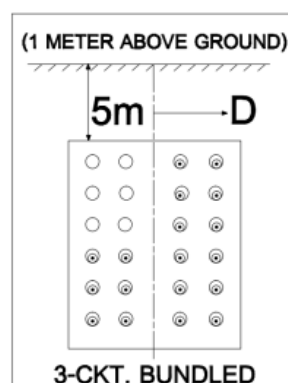
รูปที่ 4.210ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 2

รูปที่ 4.210ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 3

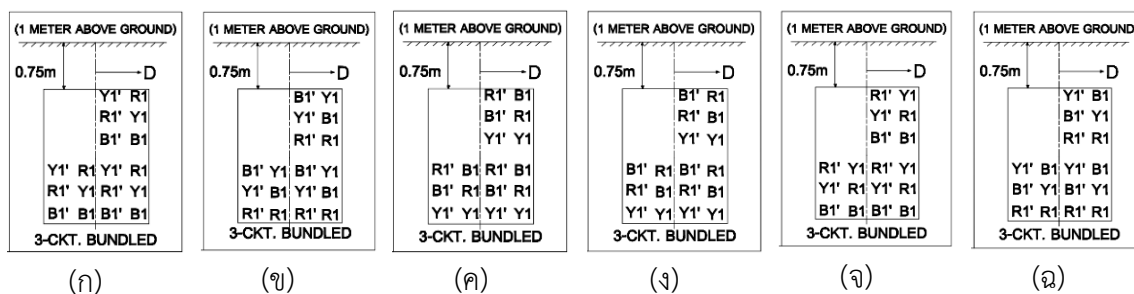
- รูปที่ 4.210ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case4-Type 4
 รูปที่ 4.210จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case4-Type 5
 รูปที่ 4.210ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case4-Type 6
 รูปที่ 4.210ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case6-Type 1
 รูปที่ 4.210ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case6-Type 2
 รูปที่ 4.210ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case6-Type 3
 รูปที่ 4.210ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case6-Type 4
 รูปที่ 4.210ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case6-Type 5
 รูปที่ 4.210ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case6-Type 6
 รูปที่ 4.210ฐ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case12-Type 1
 รูปที่ 4.210ฑ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case12-Type 2
 รูปที่ 4.210ฒ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case12-Type 3
 รูปที่ 4.210ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case12-Type 4
 รูปที่ 4.210ด การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case12-Type 5
 รูปที่ 4.210ต การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case12-Type 6

จากรูปที่ 4.210ก-4.210ต แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(3) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 3



รูปที่ 4.211 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4×6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุด

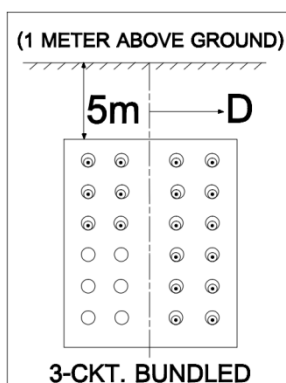


- รูปที่ 4.211ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 1
- รูปที่ 4.211ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 2
- รูปที่ 4.211ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 3
- รูปที่ 4.211ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 4
- รูปที่ 4.211จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 5
- รูปที่ 4.211ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 6

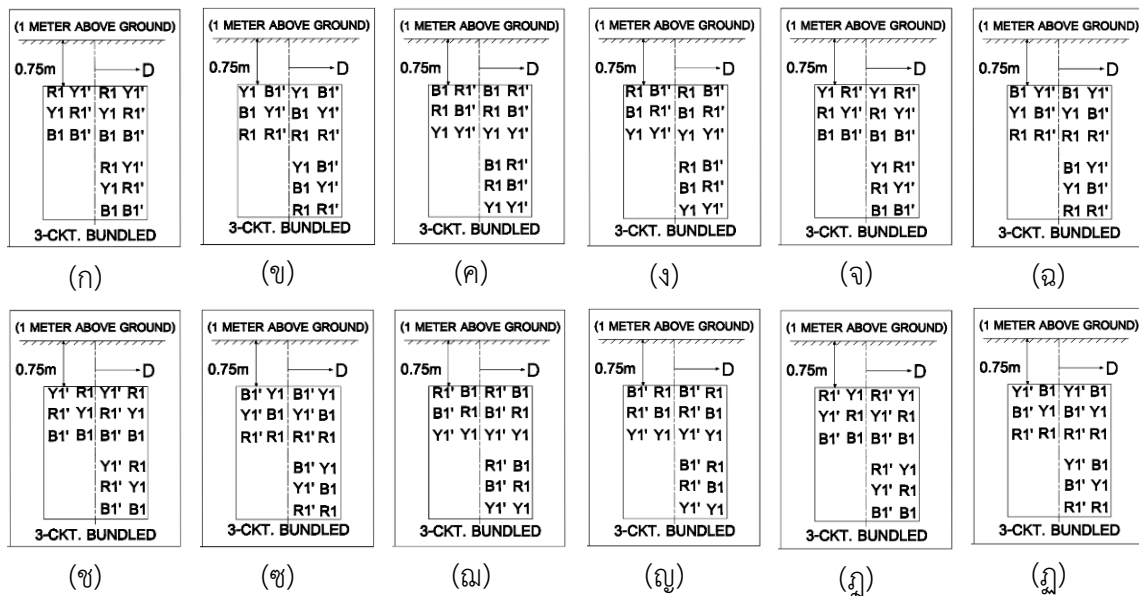
จากรูปที่ 4.211ก-4.211ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.10.6.2 รูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด ประกอบด้วย 3 การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำดังนี้

- (1) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 1



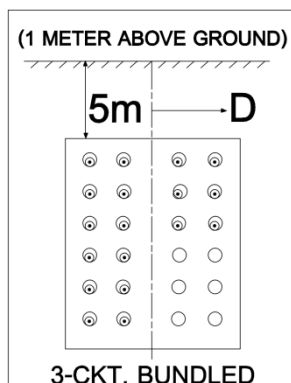
รูปที่ 4.212 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



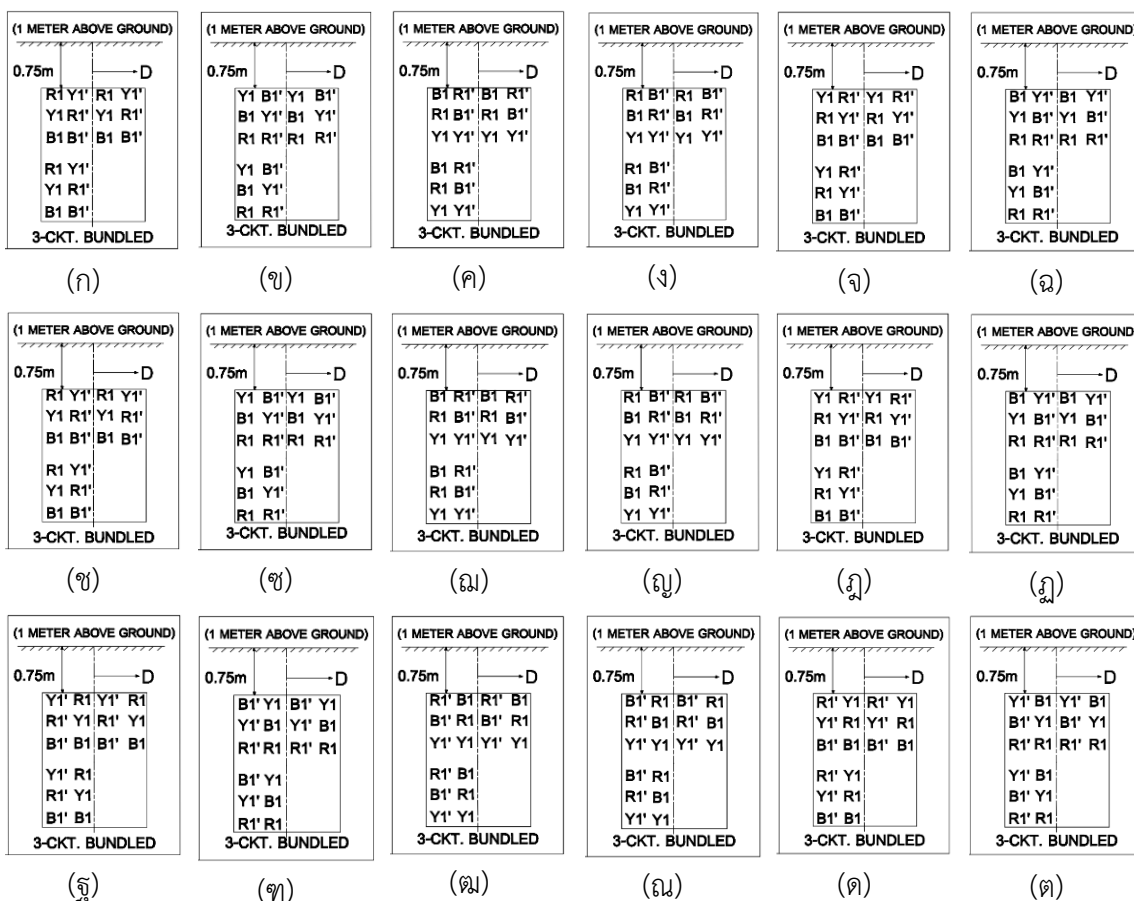
- รูปที่ 4.212ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 1
 รูปที่ 4.212ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 2
 รูปที่ 4.212ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 3
 รูปที่ 4.212ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 4
 รูปที่ 4.212จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 5
 รูปที่ 4.212ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case3-Type 6
 รูปที่ 4.212ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 1
 รูปที่ 4.212ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 2
 รูปที่ 4.212ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 3
 รูปที่ 4.212ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 4
 รูปที่ 4.212ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 5
 รูปที่ 4.212ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case11-Type 6

จากรูปที่ 4.212ก-4.212ฎ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(2) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 2



รูปที่ 4.213 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4x6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



รูปที่ 4.213ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 1

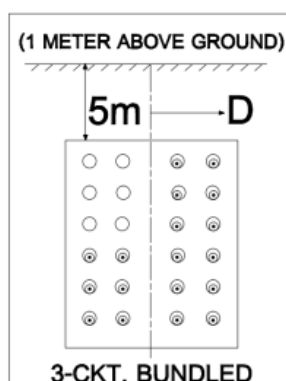
รูปที่ 4.213ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 2

รูปที่ 4.213ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case4-Type 3

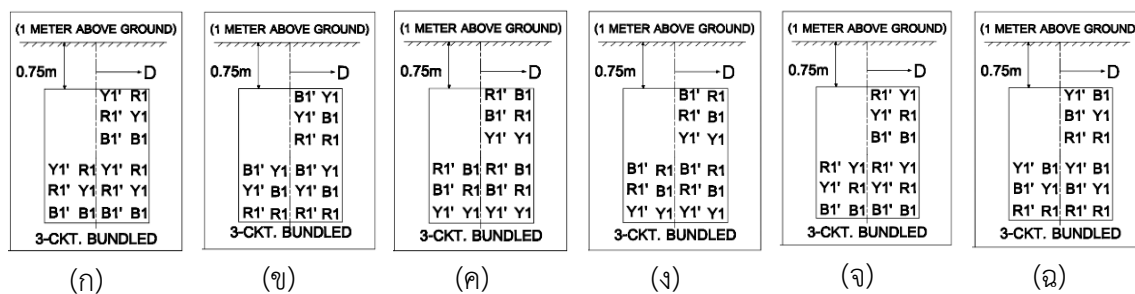
- รูปที่ 4.213ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case4-Type 4
 รูปที่ 4.213จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case4-Type 5
 รูปที่ 4.213ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case4-Type 6
 รูปที่ 4.213ช การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case6-Type 1
 รูปที่ 4.213ซ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case6-Type 2
 รูปที่ 4.213ฌ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case6-Type 3
 รูปที่ 4.213ญ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case6-Type 4
 รูปที่ 4.213ฎ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case6-Type 5
 รูปที่ 4.213ฏ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case6-Type 6
 รูปที่ 4.213ฐ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case12-Type 1
 รูปที่ 4.213ฑ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case12-Type 2
 รูปที่ 4.213ฒ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case12-Type 3
 รูปที่ 4.213ณ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case12-Type 4
 รูปที่ 4.213ด การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case12-Type 5
 รูปที่ 4.213ต การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 รูปแบบ Case12-Type 6

จากรูปที่ 4.213ก-4.213ต แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4×6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

(3) การจัดวางสายตัวนำและจัดเรียงเฟสตัวนำแบบที่ 3



รูปที่ 4.214 แสดงการจัดวางสายตัวนำของท่อ Duct bank ขนาด 4×6 3-CKT.Bundled ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุด



รูปที่ 4.214ก การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 1

รูปที่ 4.214ข การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 2

รูปที่ 4.214ค การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 3

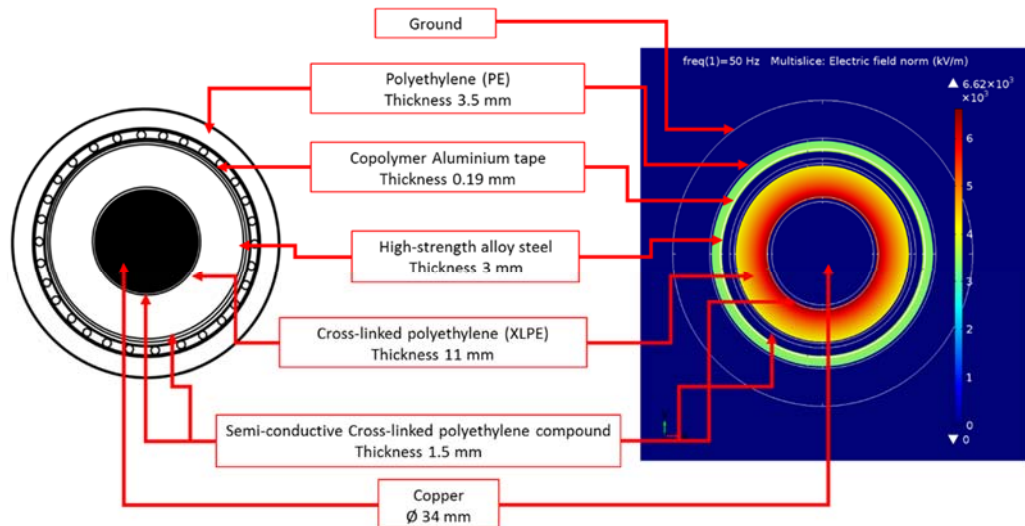
รูปที่ 4.214ง การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 4

รูปที่ 4.214จ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 5

รูปที่ 4.214ฉ การจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 รูปแบบ Case14-Type 6

จากรูปที่ 4.214ก-4.214ฉ แสดงการจัดเรียงเฟสตัวนำของ Duct bank ขนาด 4x6 ที่ให้ค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดโดยค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากัน

4.11 ผลการทดลองหาค่าสนามไฟฟ้าที่ประกอบด้วยโครงสร้างของสายส่งเคเบิลใต้ดิน ฉนวนหุ้ม XLPE ด้วยโปรแกรม FEM



รูปที่ 4.215 โครงสร้างสายส่งเคเบิลใต้ดินฉนวนหุ้ม XLPE ของการไฟฟ้านครหลวง และผลการทดลองสนามไฟฟ้าที่ประกอบด้วยโครงสร้างฉนวนหุ้ม XLPE ด้วยโปรแกรม FEM

จากรูปที่ 4.215 รูปทางด้านซ้ายคือโครงสร้างสายส่งเคเบิลใต้ดินฉนวนหุ้ม XLPE ของการไฟฟ้านครหลวง ส่วนทางด้านขวาคือ ผลการทดลองสนามไฟฟ้าที่ประกอบด้วยโครงสร้างฉนวนหุ้ม XLPE ด้วยโปรแกรม FEM แสดงให้เห็นว่าสนามไฟฟ้าในแต่ละชั้นของฉนวนหุ้ม XLPE มีค่าต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัสดุแต่ละชั้นของโครงสร้างฉนวนหุ้ม XLPE ชั้นที่เป็นวัสดุ Copper, Semi-conductive Cross linked polyethylene compound และ High-strength alloy steel มีค่าสนามไฟฟ้าน้อยมากหรือไม่มีค่าสนามไฟฟ้าเลยในชั้นนั้นๆ ส่วนชั้นที่เป็นวัสดุ XLPE เป็นชั้นที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าสูงที่สุด อย่างไรก็ตามผลการทดลองในรูปที่ 208 จะเห็นได้ว่าไม่มีค่าสนามไฟฟ้าผ่านออกมาจากสายส่งเคเบิลใต้ดินที่มีฉนวนหุ้ม XLPE ได้เลย

4.12 ผลการทดลองค่าสนามแม่เหล็กของสายส่งเคเบิลใต้ดินของรูปแบบ Pipe-Jacking และ Duct Bank ที่แรงดัน 69 และ 115 kV

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 12 ท่อ ที่แรงดัน 69 และ 115 kV

| รูปแบบ | ค่าสนามแม่เหล็ก (mG) | | | |
|---------------------------|-----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.0 เมตร (12 ท่อ) | 1-CKT ตัวนำเดี่ยว 1-CKT.Single | | 1-วงจร ตัวนำคอบ 1-CKT.Bundled | |
| Type 1 | 16.81 | 16.81 | 15.72 | 3.889 |
| Type 2 | 16.81 | 16.81 | 17.32 | 5.584 |
| Type 3 | 19.52 | 19.52 | 18.91 | 7.247 |
| Type 4 | 19.52 | 19.52 | 17.32 | 5.584 |
| Type 5 | - | - | 17.32 | 5.584 |
| Type 6 | - | - | 18.91 | 7.247 |
| Type 7 | - | - | 17.32 | 5.584 |
| Type 8 | - | - | 15.72 | 3.889 |

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 15 ท่อ ที่แรงดัน 69 และ 115 kV

| รูปแบบ | ค่าสนามแม่เหล็ก (mG) | | | |
|---------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.2 เมตร (15 ท่อ) | 1-วงจร ตัวนำคอบ 1-CKT.Bundled | | 2-วงจร ตัวนำคอบ 2-CKT.Bundled | |
| Type 1 | 15.34 | 1.008 | 11.75 | 1.431 |
| Type 2 | 16.94 | 2.41 | 14.02 | 5.562 |
| Type 3 | 19.88 | 4.315 | 14.11 | 7.735 |
| Type 4 | 19.88 | 4.315 | 14.11 | 7.735 |
| Type 5 | 16.94 | 2.41 | 15.25 | 7.093 |
| Type 6 | 16.94 | 2.41 | 13.95 | 6.084 |
| Type 7 | 19.88 | 4.315 | 15.25 | 7.093 |

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 15 ท่อ
ที่แรงดัน 69 และ 115 kV (ต่อ)

| รูปแบบ | ค่าสนามแม่เหล็ก (mG) | | | |
|---------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.2 เมตร (15 ท่อ) | 1-วงจร ตัวนำควบ 1-CKT.Bundled | | 2-วงจร ตัวนำควบ 2-CKT.Bundled | |
| Type 8 | 19.88 | 4.315 | 14.11 | 7.735 |
| Type 9 | 16.94 | 2.41 | 17.16 | 7.341 |
| Type 10 | 15.34 | 1.008 | 14.02 | 5.562 |

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 18 ท่อ
ที่แรงดัน 69 และ 115 kV

| รูปแบบ | ค่าสนามแม่เหล็ก (mG) | | | |
|---------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.2 เมตร (18 ท่อ) | 1-วงจร ตัวนำควบ 1-CKT.Bundled | | 2-วงจร ตัวนำควบ 2-CKT.Bundled | |
| Type 1 | 14.36 | 1.204 | 14.94 | 0.8646 |
| Type 2 | 14.98 | 1.265 | 15.27 | 0.8363 |
| Type 3 | 16.8 | 1.395 | 16.25 | 0.6954 |
| Type 4 | 18.2 | 1.464 | 16.65 | 0.5604 |
| Type 5 | 16.8 | 1.395 | 16.25 | 0.6955 |
| Type 6 | 14.98 | 1.266 | 15.27 | 0.8363 |
| Type 7 | 14.98 | 1.266 | 15.27 | 0.8363 |
| Type 8 | 16.8 | 1.395 | 13.34 | 6.453 |
| Type 9 | 18.2 | 1.464 | 16.65 | 0.5604 |
| Type 10 | 16.8 | 1.395 | 16.25 | 0.695 |
| Type 11 | 14.98 | 1.266 | 15.27 | 0.8363 |
| Type 12 | 14.36 | 1.204 | 12.56 | 5.826 |

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 21 ท่อ
ที่แรงดัน 69 และ 115 kV

| รูปแบบ | ค่าสนามแม่เหล็ก (mG) | | | | | |
|------------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.5 เมตร (21 ท่อ) | 1-วงจร ตัวนำควบ 1-CKT.Bundled | | 2-วงจร ตัวนำควบ 2-CKT.Bundled | | 3-วงจร ตัวนำควบ 3-CKT.Bundled | |
| Type 1 | 14.67 | 2.297 | 13.89 | 6.03 | 12.31 | 0.8476 |
| Type 2 | 15.34 | 2.245 | 15.48 | 2.043 | 15.33 | 4.092 |
| Type 3 | 16.97 | 1.9 | 16.69 | 1.474 | 13.15 | 5.982 |
| Type 4 | 18.31 | 0.9039 | 14.8 | 8.205 | 13.38 | 5.663 |
| Type 5 | 18.31 | 0.9039 | 14.8 | 8.205 | 14.91 | 6.582 |
| Type 6 | 16.97 | 1.9 | 15.62 | 6.921 | 12.89 | 6.51 |
| Type 7 | 15.34 | 2.245 | 10.58 | 0.6733 | 13.6 | 4.16 |
| Type 8 | 15.34 | 2.245 | 10.58 | 0.6733 | 12.31 | 0.8471 |
| Type 9 | 16.97 | 1.9 | 15.62 | 6.921 | 13.6 | 4.16 |
| Type 10 | 18.31 | 0.9039 | 14.8 | 8.205 | 12.89 | 6.51 |
| Type 11 | 18.31 | 0.9039 | 14.8 | 8.205 | 14.91 | 6.582 |
| Type 12 | 16.97 | 1.9 | 16.69 | 1.474 | 13.38 | 5.663 |
| Type 13 | 15.34 | 2.245 | 15.48 | 2.043 | 13.15 | 5.982 |
| Type 14 | 14.67 | 2.297 | 13.89 | 6.03 | 15.33 | 4.092 |

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 24 ท่อ
ที่แรงดัน 69 และ 115 kV

| รูปแบบ | ค่าสนามแม่เหล็ก (mG) | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.5 เมตร (24 ท่อ) | 1-วงจร ตัวนำควบ 1-CKT.Bundled | | 2-วงจร ตัวนำควบ 2-CKT.Bundled | | 3-วงจร ตัวนำควบ 3-CKT.Bundled | |
| Type 1 | 15.02 | 3.05 | 14.03 | 2.938 | 14.06 | 4.853 |
| Type 2 | 14.43 | 3.069 | 13.77 | 5.685 | 14.91 | 6.931 |
| Type 3 | 14.95 | 2.973 | 15.46 | 5.75 | 15.46 | 5.843 |
| Type 4 | 16.6 | 2.841 | 16.19 | 1.775 | 15.88 | 3.177 |
| Type 5 | 18.37 | 2.064 | 18.12 | 1.493 | 16.64 | 1.681 |
| Type 6 | 19.13 | 1.143 | 17.53 | 1.837 | 15.88 | 3.177 |
| Type 7 | 18.37 | 2.064 | 15.46 | 5.75 | 15.46 | 5.841 |
| Type 8 | 16.82 | 3.104 | 13.77 | 5.685 | 14.91 | 6.931 |
| Type 9 | 16.6 | 2.841 | 13.89 | 5.674 | 14.17 | 6.112 |
| Type 10 | 18.37 | 2.064 | 15.46 | 5.75 | 14.91 | 6.931 |
| Type 11 | 19.13 | 1.149 | 17.67 | 1.966 | 15.52 | 7.682 |
| Type 12 | 18.37 | 2.064 | 18.12 | 1.493 | 15.88 | 3.177 |
| Type 13 | 16.6 | 2.841 | 17.54 | 1.833 | 17.2 | 6.054 |
| Type 14 | 15.02 | 3.05 | 15.43 | 5.738 | 15.88 | 3.177 |
| Type 15 | 14.43 | 3.069 | 13.77 | 5.685 | 15.46 | 5.841 |
| Type 16 | 15.02 | 3.051 | 14.01 | 2.902 | 14.9 | 6.935 |

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Duct bank (4x6) ที่แรงดัน 69 และ 115 kV

| รูปแบบ | ค่าสนามแม่เหล็ก (mG) | | | | | |
|-----------------|----------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| Duct bank (4x6) | รูปแบบที่ 1 | | รูปแบบที่ 2 | | รูปแบบที่ 3 | |
| Type 1 | 91.81 | 91.81 | 92.12 | 8.695 | 92.12 | 8.695 |
| Type 2 | 93.05 | 93.05 | 92.12 | 8.695 | 92.12 | 8.695 |
| Type 3 | 93.05 | 93.05 | 161.2 | 20.16 | 92.12 | 8.695 |
| Type 4 | 91.81 | 91.81 | 161.2 | 20.16 | 92.12 | 8.695 |
| Type 5 | 160.2 | 160.2 | 92.12 | 8.695 | 161.2 | 20.16 |
| Type 6 | 164 | 164 | 92.12 | 8.695 | 161.2 | 20.16 |
| Type 7 | 164 | 164 | 161.2 | 20.16 | 161.2 | 20.16 |
| Type 8 | 160.2 | 160.2 | 161.2 | 20.16 | 161.2 | 20.16 |
| Duct bank (4x6) | รูปแบบที่ 4 | | รูปแบบที่ 5 | | รูปแบบที่ 6 | |
| Type 1 | 90.89 | 8.434 | 91.81 | 33.23 | 113.6 | 12.18 |
| Type 2 | 126.6 | 14.42 | 91.81 | 32.47 | 113.6 | 12.18 |
| Type 3 | 157.4 | 19.1 | 111.4 | 51.06 | 135.3 | 15.56 |
| Type 4 | 126.6 | 14.42 | 135.5 | 81.39 | 135.3 | 15.56 |
| Type 5 | 90.89 | 8.434 | 160.2 | 61.24 | 113.6 | 12.18 |
| Type 6 | 126.6 | 14.42 | 160.2 | 59.01 | 135.3 | 15.56 |
| Type 7 | 157.4 | 19.1 | 135.5 | 27.28 | 113.6 | 12.18 |
| Type 8 | 126.6 | 14.42 | 111.4 | 29.39 | 113.6 | 12.18 |
| Type 9 | - | - | - | - | 113.6 | 12.18 |
| Type 10 | - | - | - | - | 113.6 | 12.18 |
| Type 11 | - | - | - | - | 135.3 | 15.56 |
| Type 12 | - | - | - | - | 135.3 | 15.56 |
| Type 13 | - | - | - | - | 113.6 | 12.18 |
| Type 14 | - | - | - | - | 113.6 | 12.18 |
| Type 15 | - | - | - | - | 113.6 | 12.18 |
| Type 16 | - | - | - | - | 113.6 | 12.18 |

4.13 ผลการทดลองหาค่าสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินของรูปแบบ Pipe-Jacking และ Duct Bank ที่แรงดัน 69 และ 115 kV

4.13.1 ค่าสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินที่แรงดัน 69kV

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 12 ท่อ ที่แรงดัน 69kV

| รูปแบบ | ค่าสนามไฟฟ้า (kV/m) | | | |
|---------------------------|------------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.0 เมตร (12 ท่อ) | 1-วงจร ตัวนำเดี่ยว 1-CKT.Single | | 1-วงจร ตัวนำควบ 1-CKT.Bundled | |
| Type 1 | 0.3095 | 0.3095 | 0.6003 | 0.1885 |
| Type 2 | 0.3095 | 0.3095 | 0.6701 | 0.1561 |
| Type 3 | 0.4178 | 0.4178 | 0.8325 | 0.3993 |
| Type 4 | 0.4178 | 0.4178 | 0.6701 | 0.1561 |
| Type 5 | - | - | 0.6701 | 0.1561 |
| Type 6 | - | - | 0.8325 | 0.3993 |
| Type 7 | - | - | 0.6701 | 0.1561 |
| Type 8 | - | - | 0.6003 | 0.1885 |

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 15 ท่อ ที่แรงดัน 69kV

| รูปแบบ | ค่าสนามไฟฟ้า (kV/m) | | | |
|---------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.2 เมตร (15 ท่อ) | 1-วงจร ตัวนำควบ 1-CKT.Bundled | | 2-วงจร ตัวนำควบ 2-CKT.Bundled | |
| Type 1 | 0.5979 | 0.04192 | 0.4471 | 0.1036 |
| Type 2 | 0.7166 | 0.1298 | 0.8668 | 0.5544 |
| Type 3 | 0.8176 | 0.1763 | 0.9074 | 0.4816 |
| Type 4 | 0.8176 | 0.1763 | 0.9374 | 0.4816 |
| Type 5 | 0.7166 | 0.1298 | 1.037 | 0.6945 |
| Type 6 | 0.7166 | 0.1298 | 0.9082 | 0.6054 |

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 15 ท่อ ที่แรงดัน 69kV (ต่อ)

| รูปแบบ | ค่าสนามไฟฟ้า (kV/m) | | | |
|---------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.2 เมตร (15 ท่อ) | 1-วงจร ตัวนำควบ 1-CKT.Bundled | | 2-วงจร ตัวนำควบ 1-CKT.Bundled | |
| Type 7 | 0.8176 | 0.1763 | 1.037 | 0.6945 |
| Type 8 | 0.8176 | 0.1763 | 0.9374 | 0.4816 |
| Type 9 | 0.7166 | 0.1298 | 1.397 | 0.5822 |
| Type 10 | 0.5979 | 0.04192 | 0.8668 | |

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 18 ท่อ ที่แรงดัน 69kV

| รูปแบบ | ค่าสนามไฟฟ้า (kV/m) | | | |
|---------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.2 เมตร (18 ท่อ) | 1-วงจร ตัวนำควบ 1-CKT.Bundled | | 2-วงจร ตัวนำควบ 2-CKT.Bundled | |
| Type 1 | 0.5827 | 0.06776 | 1.239 | 0.2167 |
| Type 2 | 0.6125 | 0.04952 | 1.34 | 0.3006 |
| Type 3 | 0.7307 | 0.09203 | 1.448 | 0.2576 |
| Type 4 | 0.8187 | 0.08814 | 1.474 | 0.2277 |
| Type 5 | 0.7307 | 0.09203 | 1.448 | 0.2576 |
| Type 6 | 0.6125 | 0.04952 | 1.34 | 0.3006 |
| Type 7 | 0.6125 | 0.04952 | 1.34 | 0.3006 |
| Type 8 | 0.7307 | 0.09203 | 0.828 | 0.3071 |
| Type 9 | 0.8186 | 0.08806 | 1.474 | 0.2277 |
| Type 10 | 0.7307 | 0.09203 | 1.448 | 0.2576 |
| Type 11 | 0.6125 | 0.04952 | 1.448 | 0.2576 |
| Type 12 | 0.5827 | 0.06776 | 1.2 | 0.324 |

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 21 ท่อ
ที่แรงดัน 69kV

| รูปแบบ | ค่าสนามไฟฟ้า (kV/m) | | | | | |
|------------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.5 เมตร (21 ท่อ) | 1-วงจร ตัวนำคอบ 1-CKT.Bundled | | 2-วงจร ตัวนำคอบ 2-CKT.Bundled | | 3-วงจร ตัวนำคอบ 3-CKT.Bundled | |
| Type 1 | 0.5669 | 0.106 | 1.047 | 0.3521 | 1.498 | 0.09589 |
| Type 2 | 0.5732 | 0.0827 | 1.214 | 0.2106 | 1.831 | 0.4712 |
| Type 3 | 0.685 | 0.1165 | 1.337 | 0.11 | 1.605 | 0.7141 |
| Type 4 | 0.7849 | 0.1165 | 1.243 | 0.6702 | 1.647 | 0.6432 |
| Type 5 | 0.7849 | 0.1165 | 1.243 | 0.6702 | 1.803 | 0.7877 |
| Type 6 | 0.685 | 0.1165 | 1.261 | 0.5323 | 1.583 | 0.6436 |
| Type 7 | 0.5732 | 0.0827 | 0.8864 | 0.04519 | 1.625 | 0.4803 |
| Type 8 | 0.5732 | 0.0827 | 0.8864 | 0.04519 | 1.498 | 0.09589 |
| Type 9 | 0.685 | 0.1165 | 1.261 | 0.5323 | 1.625 | 0.4803 |
| Type 10 | 0.7849 | 0.1165 | 1.243 | 0.6702 | 1.583 | 0.6436 |
| Type 11 | 0.7849 | 0.1165 | 1.243 | 0.6701 | 1.803 | 0.7876 |
| Type 12 | 0.685 | 0.1165 | 1.337 | 0.11 | 1.647 | 0.6432 |
| Type 13 | 0.572 | 0.0827 | 1.214 | 0.2106 | 1.605 | 0.7141 |
| Type 14 | 0.5669 | 0.106 | 1.047 | 0.3521 | 1.831 | 0.4712 |

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 24 ท่อ
ที่แรงดัน 69kV

| รูปแบบ | ค่าสนามไฟฟ้า (kV/m) | | | | | |
|------------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.5 เมตร (24 ท่อ) | 1-วงจร ตัวนำควบ 1-CKT.Bundled | | 2-วงจร ตัวนำควบ 1-CKT.Bundled | | 3-วงจร ตัวนำควบ 1-CKT.Bundled | |
| Type 1 | 0.5587 | 0.1145 | 1.026 | 0.2166 | 1.592 | 0.5907 |
| Type 2 | 0.5577 | 0.1403 | 1.028 | 0.4213 | 1.723 | 0.7452 |
| Type 3 | 0.5584 | 0.1131 | 1.23 | 0.4483 | 1.852 | 0.6362 |
| Type 4 | 0.6313 | 0.1132 | 1.419 | 0.2046 | 1.958 | 0.3377 |
| Type 5 | 0.8054 | 0.1196 | 1.61 | 0.1363 | 1.836 | 0.3101 |
| Type 6 | 0.8958 | 0.02985 | 1.512 | 0.1259 | 1.958 | 0.3377 |
| Type 7 | 0.8054 | 0.1196 | 1.23 | 0.4483 | 2.044 | 0.4242 |
| Type 8 | 0.6494 | 0.1322 | 1.028 | 0.4213 | 1.723 | 0.7453 |
| Type 9 | 0.6313 | 0.1132 | 1.047 | 0.4248 | 1.611 | 0.658 |
| Type 10 | 0.8054 | 0.1196 | 1.23 | 0.4483 | 1.586 | 0.7135 |
| Type 11 | 0.8961 | 0.03028 | 1.532 | 0.1447 | 3.519 | 1.37 |
| Type 12 | 0.8054 | 0.1196 | 1.61 | 0.1363 | 1.958 | 0.3377 |
| Type 13 | 0.6313 | 0.1132 | 1.513 | 0.1251 | 2.262 | 0.3716 |
| Type 14 | 0.5587 | 0.1145 | 1.23 | 0.4488 | 1.958 | 0.3377 |
| Type 15 | 0.5577 | 0.1403 | 1.028 | 0.4213 | 1.852 | 0.6359 |
| Type 16 | 0.5588 | 0.1145 | 1.027 | 0.2155 | 1.723 | 0.7463 |

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Duct bank ที่แรงดัน 69kV

| รูปแบบ | ค่าสนามไฟฟ้า (kV/m) | | | | | |
|-----------------|---------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| Duct bank (4x6) | รูปแบบที่ 1 | | รูปแบบที่ 2 | | รูปแบบที่ 3 | |
| Type 1 | 7.534 | 7.534 | 15.98 | 3.71 | 15.98 | 3.71 |
| Type 2 | 8.722 | 8.722 | 15.98 | 3.71 | 15.98 | 3.71 |
| Type 3 | 8.722 | 8.722 | 149.7 | 99.77 | 15.98 | 3.71 |
| Type 4 | 7.534 | 7.534 | 149.7 | 99.77 | 15.98 | 3.71 |
| Type 5 | 34.61 | 34.61 | 15.98 | 3.71 | 149.7 | 99.77 |
| Type 6 | 120.8 | 120.8 | 15.98 | 3.71 | 149.7 | 99.77 |
| Type 7 | 120.8 | 120.8 | 149.7 | 99.77 | 149.7 | 99.77 |
| Type 8 | 34.61 | 34.61 | 149.7 | 99.77 | 149.7 | 99.77 |
| Duct bank (4x6) | รูปแบบที่ 4 | | รูปแบบที่ 5 | | รูปแบบที่ 6 | |
| Type 1 | 29.78 | 5.632 | 23.79 | 11.7 | 156.2 | 96.42 |
| Type 2 | 157.8 | 101 | 23.79 | 10.12 | 156.2 | 96.42 |
| Type 3 | 159.2 | 20.04 | 33.73 | 26.68 | 162.1 | 34.15 |
| Type 4 | 157.8 | 99.78 | 165 | 146.3 | 162.1 | 34.15 |
| Type 5 | 29.78 | 5.632 | 110.1 | 58.74 | 156.2 | 96.42 |
| Type 6 | 157.8 | 99.78 | 246.4 | 57.95 | 162.1 | 34.15 |
| Type 7 | 159.2 | 20.04 | 146.7 | 100.9 | 156.2 | 96.42 |
| Type 8 | 157.8 | 101 | 45.46 | 27.63 | 156.2 | 96.42 |
| Type 9 | - | - | - | - | 156.2 | 96.42 |
| Type 10 | - | - | - | - | 156.2 | 96.42 |
| Type 11 | - | - | - | - | 162.1 | 34.15 |
| Type 12 | - | - | - | - | 162.1 | 34.15 |
| Type 13 | - | - | - | - | 156.2 | 96.42 |
| Type 14 | - | - | - | - | 162.1 | 34.15 |
| Type 15 | - | - | - | - | 156.2 | 96.42 |
| Type 16 | - | - | - | - | 156.2 | 96.42 |

4.13.2 ค่าสนามไฟฟ้าของสายส่งเคเบิลใต้ดินที่แรงดัน 115kV

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 12 ท่อ ที่แรงดัน 115kV

| รูปแบบ | ค่าสนามไฟฟ้า (kV/m) | | | |
|---------------------------|------------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.0 เมตร (12 ท่อ) | 1-วงจร ตัวนำเดี่ยว 1-CKT.Single | | 1-วงจร ตัวนำคอบ 1-CKT.Bundled | |
| Type 1 | 0.5158 | 0.5158 | 1.001 | 0.3141 |
| Type 2 | 0.5158 | 0.5158 | 1.117 | 0.2602 |
| Type 3 | 0.6963 | 0.6963 | 1.387 | 0.6654 |
| Type 4 | 0.6963 | 0.6963 | 1.115 | 0.2163 |
| Type 5 | - | - | 1.117 | 0.2602 |
| Type 6 | - | - | 1.387 | 0.6654 |
| Type 7 | - | - | 1.117 | 0.2602 |
| Type 8 | - | - | 1.001 | 0.3141 |

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 15 ท่อ ที่แรงดัน 115kV

| รูปแบบ | ค่าสนามไฟฟ้า (kV/m) | | | |
|---------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.2 เมตร (15 ท่อ) | 1-วงจร ตัวนำคอบ 1-CKT.Bundled | | 2-วงจร ตัวนำคอบ 2-CKT.Bundled | |
| Type 1 | 0.9965 | 0.06986 | 0.7451 | 0.1727 |
| Type 2 | 1.194 | 0.2163 | 1.445 | 0.924 |
| Type 3 | 1.363 | 0.2938 | 1.512 | 0.8027 |
| Type 4 | 1.363 | 0.2938 | 1.562 | 0.8586 |
| Type 5 | 1.194 | 0.2163 | 1.729 | 1.157 |
| Type 6 | 1.194 | 0.2163 | 1.514 | 1.009 |
| Type 7 | 1.363 | 0.2938 | 1.729 | 1.157 |
| Type 8 | 1.363 | 0.2938 | 1.562 | 0.8586 |

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 15 ท่อ ที่แรงดัน 115kV (ต่อ)

| รูปแบบ | ค่าสนามไฟฟ้า (kV/m) | | | |
|---------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.2 เมตร (15 ท่อ) | 1-วงจร ตัวนำควบ 1-CKT.Bundled | | 2-วงจร ตัวนำควบ 2-CKT.Bundled | |
| Type 9 | 1.194 | 0.2163 | 2.328 | 0.9704 |
| Type 10 | 0.9965 | 0.06986 | 1.445 | 0.924 |

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 18 ท่อ ที่แรงดัน 115kV

| รูปแบบ | ค่าสนามไฟฟ้า (kV/m) | | | |
|---------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.2 เมตร (18 ท่อ) | 1-วงจร ตัวนำควบ 1-CKT.Bundled | | 2-วงจร ตัวนำควบ 2-CKT.Bundled | |
| Type 1 | 0.9711 | 0.1129 | 2.037 | 0.3611 |
| Type 2 | 0.9711 | 0.1129 | 2.233 | 0.501 |
| Type 3 | 1.218 | 0.1534 | 2.414 | 0.4293 |
| Type 4 | 1.364 | 0.1469 | 2.457 | 0.3795 |
| Type 5 | 1.218 | 0.1534 | 2.414 | 0.4294 |
| Type 6 | 1.021 | 0.0826 | 2.233 | 0.501 |
| Type 7 | 1.021 | 0.0826 | 2.233 | 0.501 |
| Type 8 | 1.218 | 0.1534 | 1.38 | 0.5119 |
| Type 9 | 1.364 | 0.1469 | 2.457 | 0.3795 |
| Type 10 | 1.218 | 0.1534 | 2.414 | 0.4294 |
| Type 11 | 1.021 | 0.0826 | 2.233 | 0.501 |
| Type 12 | 0.9711 | 0.1129 | 2.0 | 0.54 |

ตารางที่ 4.16 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 21 ท่อ
ที่แรงดัน 115kV

| รูปแบบ | ค่าสนามไฟฟ้า (kV/m) | | | | | |
|---------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.5 เมตร (21 ท่อ) | 1-วงจร ตัวนำควบ 1-CKT.Bundled | | 2-วงจร ตัวนำควบ 2-CKT.Bundled | | 3-วงจร ตัวนำควบ 3-CKT.Bundled | |
| Type 1 | 0.9448 | 0.1766 | 1.744 | 0.5868 | 2.496 | 0.1598 |
| Type 2 | 0.9553 | 0.1378 | 2.038 | 0.3509 | 3.052 | 0.7853 |
| Type 3 | 1.142 | 0.1942 | 2.229 | 0.1833 | 2.675 | 1.19 |
| Type 4 | 1.308 | 0.0821 | 2.071 | 1.117 | 2.745 | 1.139 |
| Type 5 | 1.308 | 0.0821 | 2.071 | 1.117 | 3.004 | 1.313 |
| Type 6 | 1.142 | 0.1942 | 2.101 | 0.8871 | 2.638 | 1.073 |
| Type 7 | 0.9553 | 0.1378 | 1.477 | 0.0753 | 2.708 | 0.8005 |
| Type 8 | 0.9553 | 0.1378 | 1.477 | 0.0753 | 2.496 | 0.1598 |
| Type 9 | 1.142 | 0.1942 | 2.101 | 0.8871 | 2.708 | 0.8005 |
| Type 10 | 1.308 | 0.0821 | 2.071 | 1.117 | 2.638 | 1.073 |
| Type 11 | 1.308 | 0.0821 | 2.071 | 1.117 | 3.004 | 1.313 |
| Type 12 | 1.142 | 0.1942 | 2.229 | 0.1833 | 2.745 | 1.139 |
| Type 13 | 0.9553 | 0.1378 | 2.038 | 0.351 | 2.674 | 1.19 |
| Type 14 | 0.9448 | 0.1766 | 1.744 | 0.5868 | 3.052 | 0.7853 |

ตารางที่ 4.17 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อ Pipe-jacking 24 ท่อ
ที่แรงดัน 115kV

| รูปแบบ | ค่าสนามไฟฟ้า (kV/m) | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ท่อขนาด 1.5 เมตร (24 ท่อ) | 1-วงจร ตั้วนำควบ 1-CKT.Bundled | | 2-วงจร ตั้วนำควบ 2-CKT.Bundled | | 3-วงจร ตั้วนำควบ 3-CKT.Bundled | |
| Type 1 | 0.9312 | 0.1908 | 1.711 | 0.3611 | 2.653 | 0.9845 |
| Type 2 | 0.9294 | 0.2339 | 1.794 | 0.7022 | 2.871 | 1.242 |
| Type 3 | 0.9306 | 0.1885 | 2.05 | 0.7471 | 3.091 | 1.075 |
| Type 4 | 1.052 | 0.1887 | 2.365 | 0.3409 | 3.264 | 0.5628 |
| Type 5 | 1.342 | 0.1993 | 2.683 | 0.2272 | 3.06 | 0.5168 |
| Type 6 | 1.495 | 0.04975 | 2.521 | 0.2098 | 3.264 | 0.5168 |
| Type 7 | 1.342 | 0.1993 | 2.05 | 0.7471 | 3.407 | 0.707 |
| Type 8 | 1.084 | 0.2258 | 1.713 | 0.7022 | 2.871 | 1.242 |
| Type 9 | 1.052 | 0.1887 | 1.745 | 0.7079 | 2.686 | 1.097 |
| Type 10 | 1.342 | 0.1993 | 2.05 | 0.7471 | 2.649 | 1.204 |
| Type 11 | 1.493 | 0.05046 | 2.553 | 0.2411 | 5.865 | 2.283 |
| Type 12 | 1.341 | 0.1914 | 2.683 | 0.2272 | 3.264 | 0.5628 |
| Type 13 | 1.052 | 0.1887 | 2.523 | 0.2164 | 3.771 | 0.6194 |
| Type 14 | 0.9312 | 0.1908 | 2.05 | 0.748 | 3.264 | 0.5628 |
| Type 15 | 0.9294 | 0.2339 | 1.713 | 0.7022 | 3.087 | 1.06 |
| Type 16 | 0.9313 | 0.1909 | 1.712 | 0.3591 | 2.872 | 1.244 |

ตารางที่ 4.18 ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็กของรูปแบบการจัดเรียงเฟสในท่อDuct bank ที่แรงดัน 69kV

| รูปแบบ | ค่าสนามไฟฟ้า (kV/m) | | | | | |
|-----------------|---------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| Duct bank (4x6) | รูปแบบที่ 1 | | รูปแบบที่ 2 | | รูปแบบที่ 3 | |
| Type 1 | 12.56 | 12.56 | 6.164 | 26.63 | 6.184 | 26.63 |
| Type 2 | 14.54 | 14.54 | 6.164 | 26.63 | 6.184 | 26.63 |
| Type 3 | 14.54 | 14.54 | 166.3 | 249.5 | 6.184 | 26.63 |
| Type 4 | 12.56 | 12.56 | 166.3 | 249.5 | 6.184 | 26.63 |
| Type 5 | 57.68 | 57.68 | 6.164 | 31.11 | 166.3 | 249.5 |
| Type 6 | 201.3 | 201.3 | 6.164 | 26.63 | 166.3 | 249.5 |
| Type 7 | 201.3 | 201.3 | 166.3 | 249.5 | 166.3 | 249.5 |
| Type 8 | 57.68 | 57.68 | 166.3 | 249.5 | 166.3 | 249.5 |
| Duct bank (4x6) | รูปแบบที่ 4 | | รูปแบบที่ 5 | | รูปแบบที่ 6 | |
| Type 1 | 9.386 | 49.64 | 19.51 | 39.65 | 160.7 | 260.3 |
| Type 2 | 168.3 | 263 | 16.87 | 39.65 | 165 | 260.3 |
| Type 3 | 33.41 | 254.7 | 44.46 | 56.21 | 56.92 | 270.1 |
| Type 4 | 168.3 | 263 | 243.9 | 284.4 | 56.92 | 270.1 |
| Type 5 | 9.386 | 49.64 | 97.9 | 134.9 | 165 | 260.3 |
| Type 6 | 33.41 | 254.7 | 96.59 | 410.6 | 56.92 | 270.1 |
| Type 7 | 168.3 | 263 | 168.1 | 244.5 | 165 | 260.3 |
| Type 8 | 168.3 | 263 | 64.68 | 74.21 | 165 | 260.3 |
| Type 9 | - | - | - | - | 165 | 260.3 |
| Type 10 | - | - | - | - | 165 | 260.3 |
| Type 11 | - | - | - | - | 56.92 | 270.1 |
| Type 12 | - | - | - | - | 56.92 | 270.1 |
| Type 13 | - | - | - | - | 165 | 260.3 |
| Type 14 | - | - | - | - | 56.92 | 270.1 |
| Type 15 | - | - | - | - | 160.7 | 260.3 |
| Type 16 | - | - | - | - | 160.7 | 260.3 |

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 จากผลการทดลองการหาค่าสนามแม่เหล็กจากตำแหน่งการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่เหมาะสมที่สุดที่ให้ค่าสนามแม่เหล็กที่ต่ำที่สุด โดยการออกแบบสมการสนามแม่เหล็กทางคณิตศาสตร์จากนั้นนำมาออกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม MATLAB และตรวจสอบความถูกต้องของสมการโดยการเปรียบเทียบกับผลการออกแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม FEM ในเงื่อนไขสายตัวนำทองแดงเปลือย ผลการทดลองของค่าสนามแม่เหล็กที่ได้มีความสอดคล้องกัน แสดงให้เห็นว่าสมการทางคณิตศาสตร์ที่ออกแบบโดยโปรแกรม MATLAB มีความถูกต้อง และเนื่องจากโปรแกรม MATLAB มีข้อจำกัดในการออกแบบจำลองจึงไม่สามารถคิดผลของสิ่งแวดล้อมและวัสดุของสายส่งเคเบิลใต้ดินหุ้มฉนวน XLPE แต่โปรแกรม FEM สามารถคำนวณค่าสนามแม่เหล็กโดยคิดผลจากสิ่งแวดล้อมและวัสดุของสายส่งเคเบิลใต้ดินหุ้มฉนวน XLPE ได้ เมื่อนำค่าสนามแม่เหล็กเปรียบเทียบกับทั้งสองรูปแบบการจำลอง คือ ผลของค่าสนามแม่เหล็กสายตัวนำทองแดงเปลือยจากโปรแกรม MATLAB และผลของค่าสนามแม่เหล็กสายส่งเคเบิลใต้ดินหุ้มฉนวน XLPE จากโปรแกรม FEM ค่าสนามแม่เหล็กมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าสายส่งเคเบิลใต้ดินหุ้มฉนวน XLPE ไม่สามารถลดทอนหรือป้องกันค่าสนามแม่เหล็กที่แผ่ออกจากสายเคเบิลใต้ดินได้

5.1.2 จากผลการทดลองการหาค่าสนามไฟฟ้าจากตำแหน่งการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟสตัวนำที่เหมาะสมที่สุดที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าที่ต่ำที่สุด โดยออกแบบสมการทางคณิตศาสตร์จากนั้นนำมาออกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม MATLAB และตรวจสอบความถูกต้องของสมการโดยการเปรียบเทียบกับกรณีศึกษาขององค์กร WHO ตามเงื่อนไขขององค์กรอนามัยโลก WHO ผลของค่าสนามไฟฟ้ามีความสอดคล้องกัน และเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือมากขึ้น จึงนำมาเปรียบเทียบกับโปรแกรม FEM ผลของค่าสนามไฟฟ้าตามเงื่อนไขขององค์กรอนามัยโลก WHO ผลการทดลองพบว่ามีค่าสอดคล้องกัน แสดงให้เห็นว่าสมการสนามไฟฟ้าที่ได้ออกแบบมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ และผลการทดลองการหาค่าสนามไฟฟ้าทุกรูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟส ค่าสนามไฟฟ้าที่ออกมาจากสายตัวนำทองแดงเปลือยมีค่าต่ำมาก เมื่อเปลี่ยนสายส่งเคเบิลใต้ดินหุ้มฉนวน XLPE สนามไฟฟ้าไม่สามารถผ่านสายเคเบิลใต้ดิน (XLPE) ได้มีค่าต่ำมากลงไปอีก ดังนั้นการศึกษาจึงพิจารณาสนามแม่เหล็กก็เพียงพอ

จากผลการทดลองทุกรูปแบบการจัดวางสายตัวนำและการจัดเรียงเฟส ค่าสนามแม่เหล็กที่ได้ทำการทดลองนั้นมีค่าน้อยกว่า 1000 mG ตามมาตรฐานขององค์กรอนามัยโลก และค่าสนามแม่เหล็กที่ได้

ทำการทดลองนั้นมีค่าน้อยกว่า 5kV/m ตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก ดังนั้นระบบส่งจ่ายแบบเคเบิลใต้ดิน ค่าสนามแม่เหล็กและค่าสนามไฟฟ้าไม่ส่งผลกระทบต่อหรืออันตรายต่อคน

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการที่ผู้ทดลองได้ทำการทดลอง ทำให้มีข้อเสนอแนะที่ให้ไว้ซึ่งผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพและง่ายต่อการจัดทำทดลอง ได้แก่

5.2.1 ในการรันโปรแกรม MATLAB และ FEM ควรศึกษาโปรแกรมคำสั่งต่างๆให้เกิดความเข้าใจ เพื่อง่ายต่อการปฏิบัติงานในการทำการทดลอง

5.2.2 ในการรันโปรแกรม MATLAB เพื่อหาค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าควรศึกษาทฤษฎีและศึกษาสมการที่จะใช้เพื่อความถูกต้องของการทำการทดลอง

5.2.3 ในการรันโปรแกรม FEM ควรศึกษาวัสดุและโครงสร้างของสายตัวนำ XLPE ที่จะใช้ในการทำการทดลองเพื่อความถูกต้องของการทำการทดลอง

5.2.4 ในการอ่านกราฟแสดงผลที่ได้จากการทดลอง ควรศึกษาทฤษฎีและทำความเข้าใจกับเนื้อหาการอ่านกราฟนั้นๆ ให้เข้าใจก่อน

5.2.5 เมื่อผลที่ได้จากการทดลอง เกิดขัดแย้งกับทฤษฎี ควรทำความเข้าใจกับเนื้อหาทฤษฎีนั้นๆ รวมไปถึงศึกษาเพิ่มเติม เพื่อใช้เป็นตัวสนับสนุนและเพื่อรองรับผลที่ได้จากการทดลองต่อไป

เอกสารอ้างอิง

จรินทร์ ทาลากี. การลดค่าสนามแม่เหล็กจากเคเบิลโรเซอร์ 69 และ 115 kV ในระบบของ กฟน.

Magnetic Field Reduction of cable Riser 69 and 115 kV in MEA's system. สืบค้นเมื่อ
วันที่ 11 ตุลาคม 2559 : กองวิจัยและพัฒนา ฝ่ายวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้านครหลวง
ผศ.ดร.วุฒิปท ธาราธิระเศรษฐ์. (2557). สนามแม่เหล็กไฟฟ้า Electromagnetic Fields. พิมพ์ครั้งที่ 1.
กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อักษรสัมพันธ์ (1987) จำกัด.

Ahmad, F. (1996). Magnetic Field Management in Underground Cables (Doctoral
dissertation, KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM & MINERALS).

Cooper, J. H., & Di Carlo, S. (1993). Transmission cable magnetic field management. Final
report (No. EPRI-TR—102003). Electric Power Research Inst., Palo Alto, CA (United
States); Power Technologies, Inc., Wilmerding, PA (United States).

David, K. C. (1983). Field and wave electromagnetics. Addison-Wesley publications.

Djekidel, R., Djilali, M., & Hadjad, C. (2016). ASSESSMENT OF MAGNETIC INDUCTION
EMISSION GENERATED BY AN UNDERGROUND HV CABLE. UNIVERSITY POLITEHNICA
OF BUCHAREST SCIENTIFIC BULLETIN SERIES C-ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMPUTER SCIENCE, 78(3), 179-194.

Kandia, E. (2013). Evaluation of Human Exposure to Magnetic Fields Generated by Electric
Power Systems in Complex Configurations (Doctoral dissertation, alma).

Kocatepe, C., KUMRU, C. F., & Taslak, E. (2014, May). Analysis of magnetic field effects of
underground power cables on human health. In International Symposium on
Sustainable Development. International Burch University.

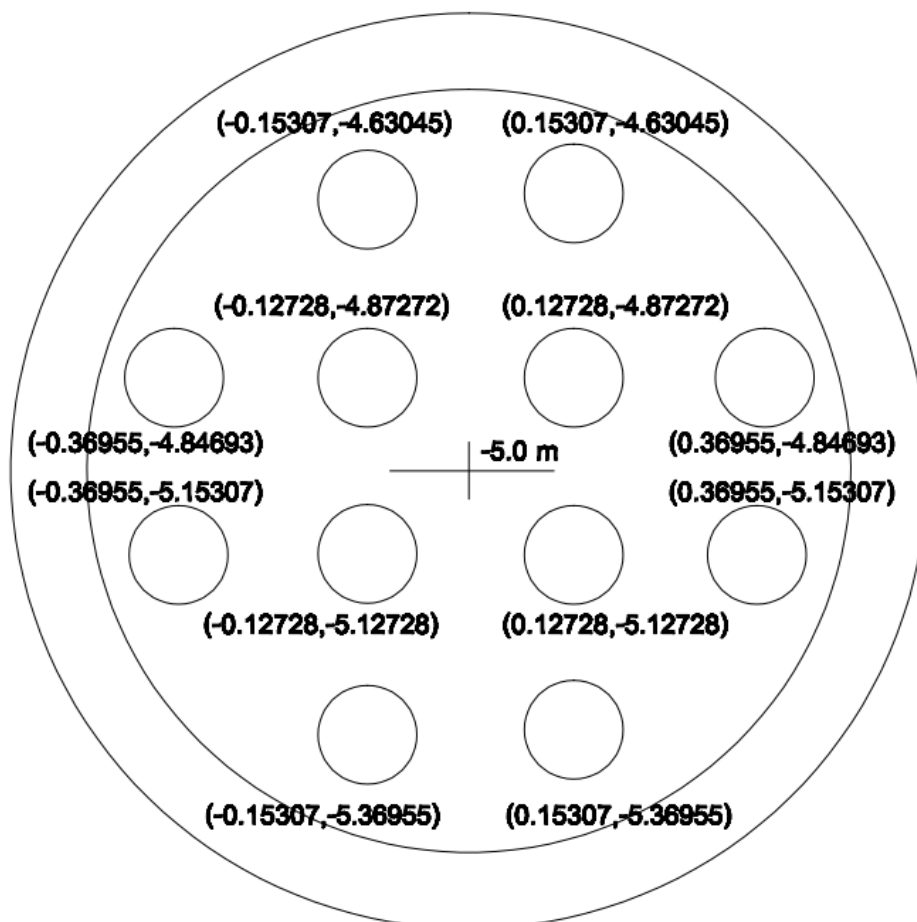
Porretta, R., & Bianchi, F. (2016). Profiles of relative permittivity and electrical
conductivity from unsaturated soil water content models. Annals of Geophysics,
59(3), G0320.

Saadat, H. (1999). Power system analysis. WCB/McGraw-Hill.

- Thajudeen, C., Hoorfar, A., Ahmad, F., & Dogaru, T. (2011). Measured complex permittivity of walls with different hydration levels and the effect on power estimation of TWRI target returns. *Progress In Electromagnetics Research B*, 30, 177-199.
- Zhang, Z. F. (2010). Soil water retention and relative permeability for full range of saturation (No. PNNL-19800). Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), Richland, WA (US).

ภาคผนวก

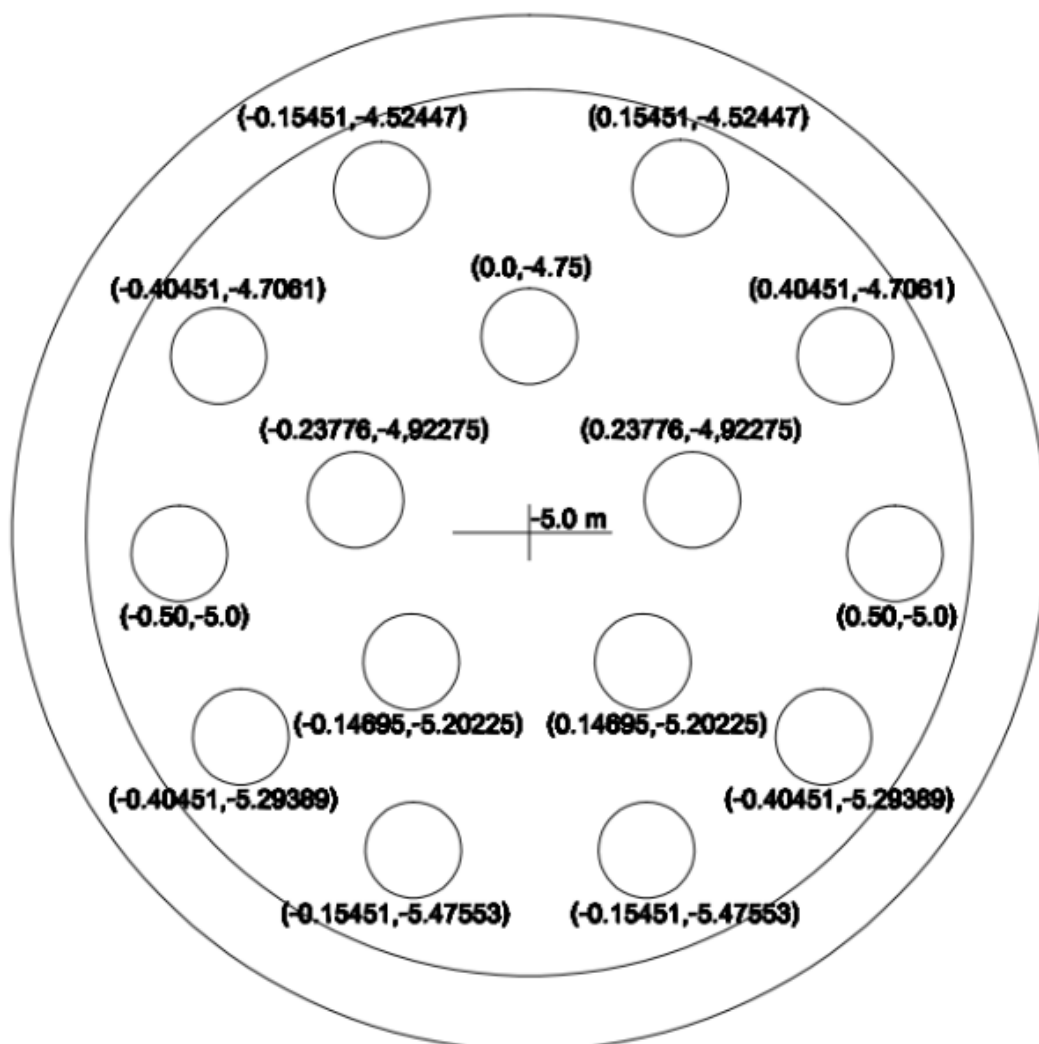
รูปแบบและพิกัดแสดงตำแหน่งของท่อร้อยสายเคเบิลใต้ดินในท่อคอนกรีตขนาด 1.0 เมตร
ที่มีจำนวนท่อ 12 ท่อ บรรจุไว้ ของการไฟฟ้านครหลวง



DUCT CONFIGURATION AND COORDINATION (12 DUCTS IN CONCRETE PIPE ID 1.0 m)

รูปที่ 1 แสดงรูปแบบและพิกัดแสดงตำแหน่งของท่อสายส่งเคเบิลใต้ดินในท่อคอนกรีตขนาด 1 เมตร
ที่มีจำนวนท่อ 12 ท่อบรรจุไว้

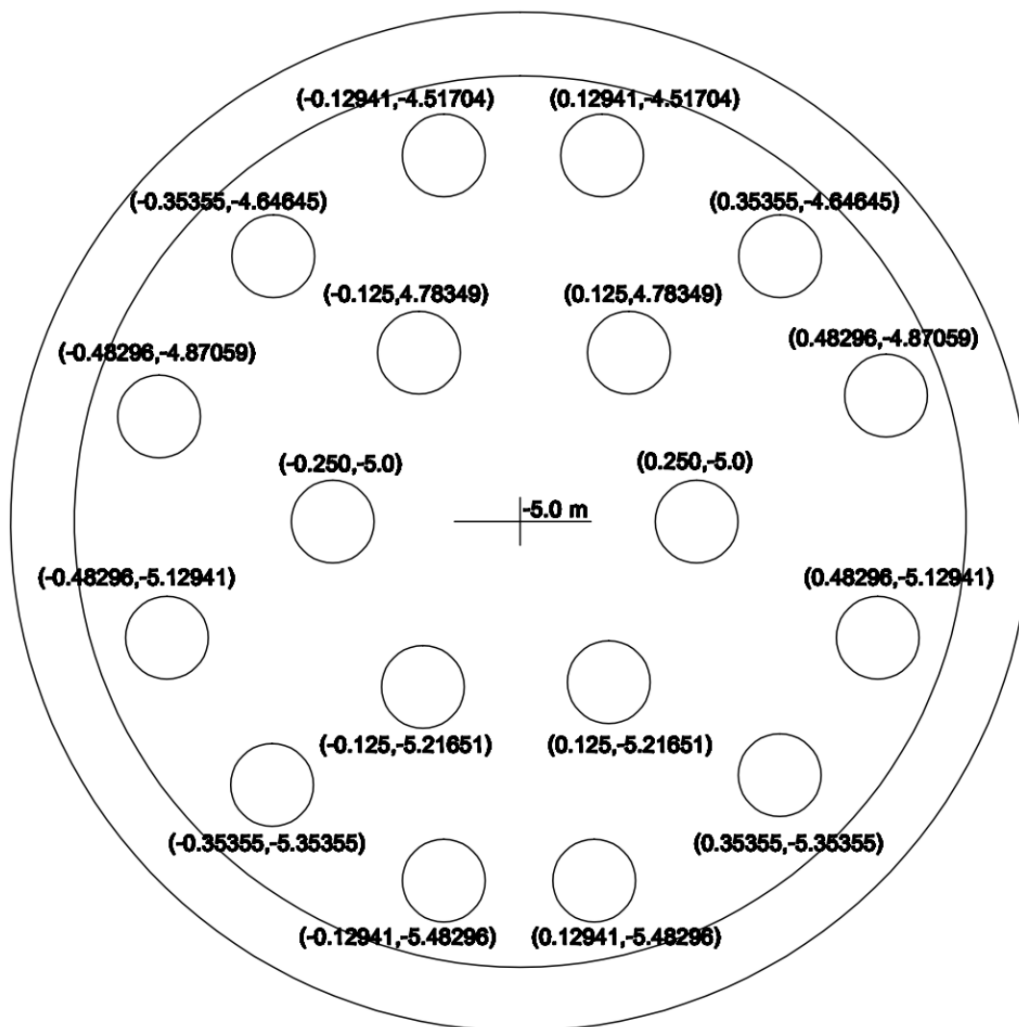
รูปแบบและพิกัดแสดงตำแหน่งของท่อร้อยสายเคเบิลใต้ดินในท่อคอนกรีตขนาด 1.2 เมตร ที่มีจำนวนท่อ 15 ท่อ บรรจุไว้ ของการไฟฟ้านครหลวง



DUCT CONFIGURATION AND COORDINATION (15 DUCTS IN CONCRETE PIPE ID 1.2 m)

รูปที่ 2 รูปแบบและพิกัดแสดงตำแหน่งของท่อร้อยสายส่งเคเบิลใต้ดินในท่อคอนกรีตขนาด 1.2 เมตร ที่มีจำนวนท่อ 15 ท่อบรรจุไว้

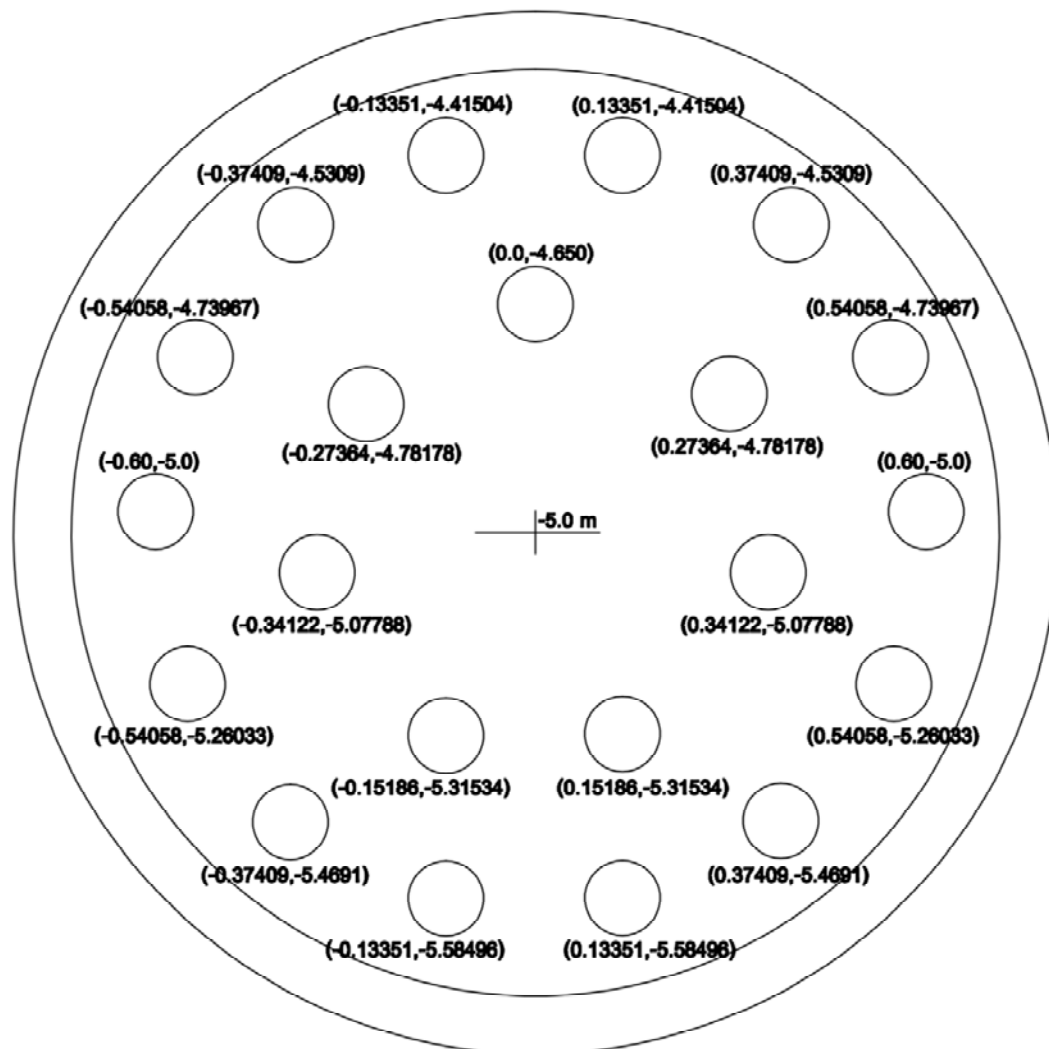
รูปแบบและพิกัดแสดงตำแหน่งของท่อร้อยสายเคเบิลใต้ดินในท่อคอนกรีตขนาด 1.2 เมตร
ที่มีจำนวนท่อ 18 ท่อ บรรจุไว้ ของการไฟฟ้านครหลวง



**DUCT CONFIGURATION AND COORDINATION
(18 DUCTS IN CONCRETE PIPE ID 1.2 m)**

รูปที่ 3 รูปแบบและพิกัดแสดงตำแหน่งของท่อร้อยสายส่งเคเบิลใต้ดินในท่อคอนกรีตขนาด 1.2 เมตร
ที่มีจำนวนท่อ 18 ท่อบรรจุไว้

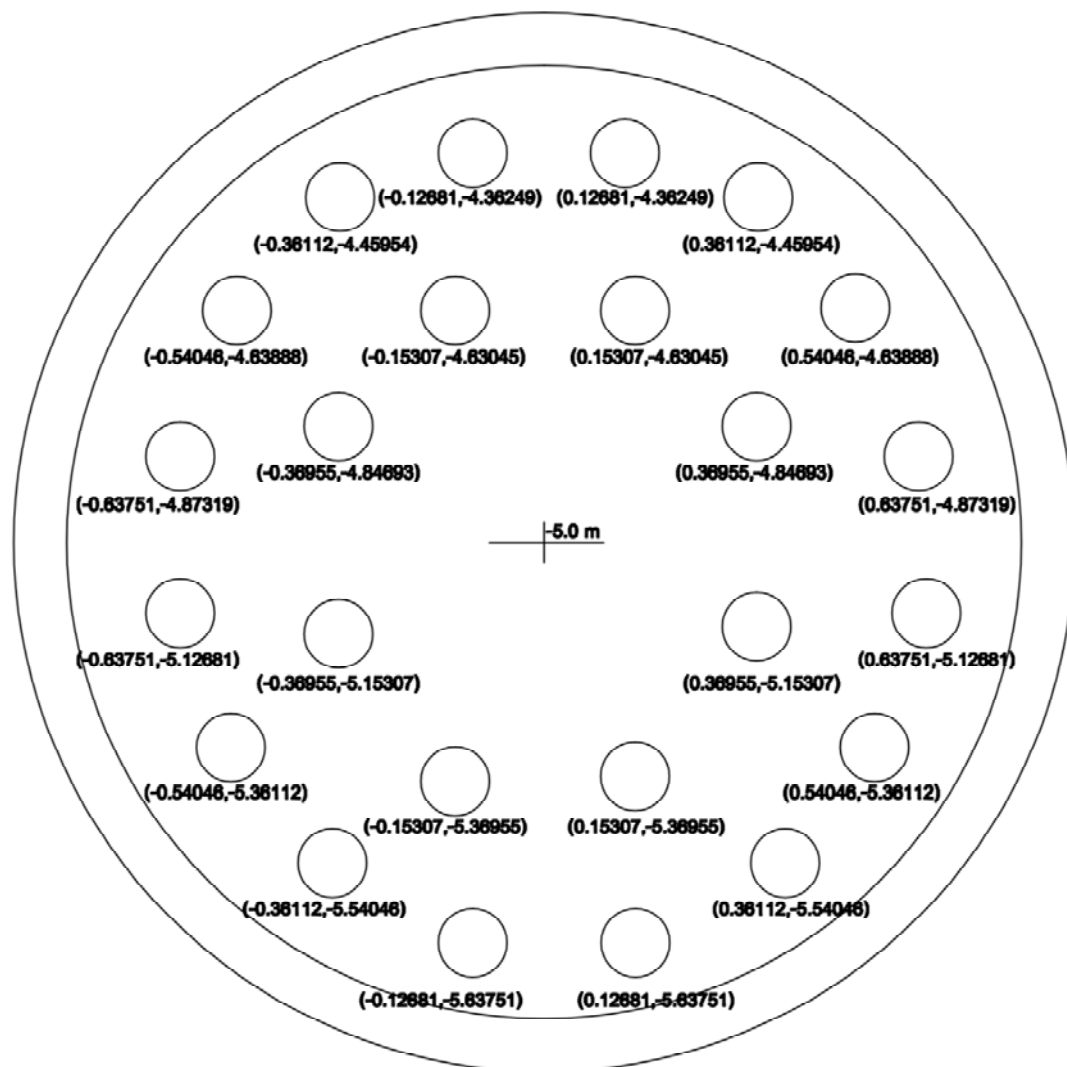
รูปแบบและพิกัดแสดงตำแหน่งของท่อร้อยสายเคเบิลใต้ดินในท่อคอนกรีตขนาด 1.5 เมตร
ที่มีจำนวนท่อ 21 ท่อ บรรจุไว้ ของการไฟฟ้านครหลวง



**DUCT CONFIGURATION AND COORDINATION
(21 DUCTS IN CONCRETE PIPE ID 1.5 m)**

รูปที่ 4 รูปแบบและพิกัดแสดงตำแหน่งของท่อร้อยสายส่งเคเบิลใต้ดินในท่อคอนกรีตขนาด 1.5 เมตร
ที่มีจำนวนท่อ 21 ท่อบรรจุไว้

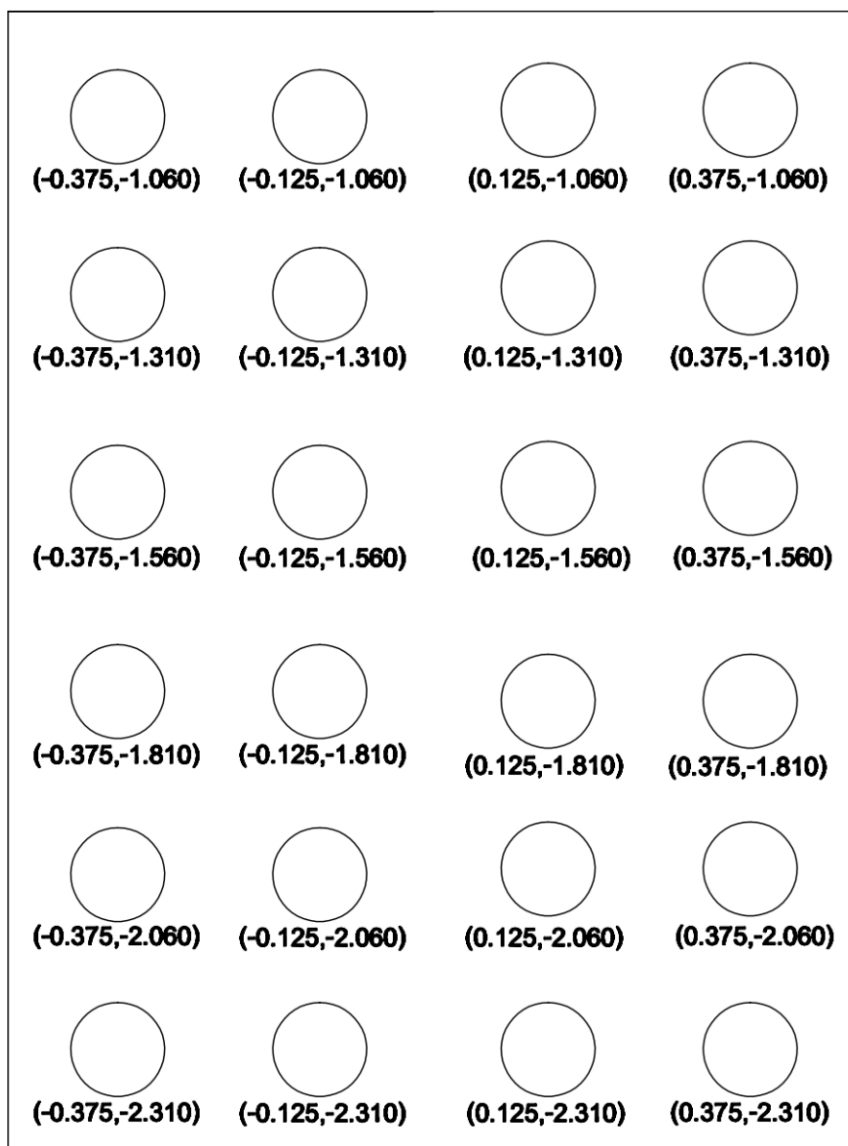
รูปแบบและพิกัดแสดงตำแหน่งของท่อร้อยสายเคเบิลใต้ดินในท่อคอนกรีตขนาด 1.5 เมตร
ที่มีจำนวนท่อ 24 ท่อ บรรจุไว้ ของการไฟฟ้านครหลวง



**DUCT CONFIGURATION AND COORDINATION
(24 DUCTS IN CONCRETE PIPE ID 1.5 m)**

รูปที่ 5 รูปแบบและพิกัดแสดงตำแหน่งของท่อร้อยสายส่งเคเบิลใต้ดินในท่อคอนกรีตขนาด 1.5 เมตร
ที่มีจำนวนท่อ 24 ท่อบรรจุไว้

รูปแบบและพิกัดแสดงตำแหน่งของท่อสายส่งเคเบิลใต้ดินไฟฟ้าใต้ดิน (Duct Bank) ขนาด (4x6)
ของการไฟฟ้านครหลวง



รูปที่ 6 รูปแบบและพิกัดแสดงตำแหน่งของท่อร้อยสายส่งเคเบิลใต้ดินในท่อคอนกรีต Duct Bank ขนาด (4x6)

การแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม MATLAB

```

clc
clear
%Equations by MEA
A=[100 0 -0.125 -1.2165;%R      %change phase Q3
   100 -120 0 -1;%Y
   100 -240 0.125 -1.2165];%B
s=size(A);N=s(1,1);%number of conductors
%Input data of Calculation Line Parameters
x1=-15;%Leftmost coordination (meter)
x2=15;%Rightmost coordination(meter)
xpoint=121;%number of calculation points plus one in x-axis(e.g.101)
y1=1;%Bottommost coordination (meter)
y2=1;%Topmost coordination (meter)
ypoint=71;%number of calculation levels plus one in y-axis (e.g.51)
x=linspace(x1,x2,xpoint);
y=linspace(y1,y2,ypoint);
for m=1:ypoint
    Bxr=zeros(1,xpoint);
    Byr=zeros(1,xpoint);
    Bxi=zeros(1,xpoint);
    Byi=zeros(1,xpoint);
    for n=1:N
        for j=1:xpoint
            Dx=x(j)-A(n,3);
            Dy=A(n,4)-y(1,m);
            D=(Dx)^2+(Dy)^2;
            Bxr(j)=Bxr(j)+((2*A(n,1)*cos(A(n,2)*pi/180)*Dy)/D);
            Byr(j)=Byr(j)+((2*A(n,1)*cos(A(n,2)*pi/180)*Dx)/D);
            Bxi(j)=Bxi(j)+((2*A(n,1)*sin(A(n,2)*pi/180)*Dy)/D);
            Byi(j)=Byi(j)+((2*A(n,1)*sin(A(n,2)*pi/180)*Dx)/D);
        end
    end
end

```

```

b(j)=sqrt((Bxr(j)^2)+(Byr(j)^2)+(Bxi(j)^2)+(Byi(j)^2));

    end
end
B(m,:)=b;
end
m=1;
figure(1)
hold on
plot(x,B(m,:),'b*','LineWidth',7)

legend('\fontsize{24}\fontname{times}\bfMATLAB','\fontsize{24}\fontname{times}\bfFEM');
    set(gca,'fontsize',26)
% Equations by us
mr=1;m0=4*pi;s=0.25;l=100;
yc=1;
d=-1;
d0=(sqrt((s^2)-((s/2)^2)));
d240=(sqrt((s^2)-((s/2)^2)));
l0=l;
l120=l*(-0.5+0.8660254038i);
l240=l*(-0.5-0.866025403i);
Bmax=0;
for x=-15:0.5:15
    rc0=(d-yc-d0)^2+(x+s/2)^2;
    rc120=(d-yc)^2+(x)^2;
    rc240=(d-yc-d240)^2+(x-s/2)^2;


    Bx=(m0*mr)*((l0*(d-yc-d0)/rc0)+(l120*(d-yc)/rc120)+(l240*(d-yc-d240)/rc240))/(2*pi);
    By=((m0*mr)*((l0*(x+s/2)/rc0)+(l120*x/rc120)+(l240*(x-s/2)/rc240)))/(2*pi);
    Brx=real(Bx);

```

```
Bix=imag(Bx);
Bry=real(By);
Biy=imag(By);
B1=sqrt(Brx^2+Bix^2+Bry^2+Biy^2);
hold on
figure(1)
plot(x,B1,'ro','LineWidth',7)
legend('\fontsize{24}\fontname{times}\bfMEA', '\fontsize{24}\fontname{times}\bfProject');
end
xlabel('\fontsize{26}\fontname{times}\bf{Distance From Center Line:D(m)}')
ylabel('\fontsize{26}\fontname{times}\bf{Magnetic Flux density(mG)}')
title({'\fontsize{30}\fontname{times}\bf\it{Magnetic Field approximation(One Meter Above
Ground)}});
grid on;
```

ประวัติย่อผู้ทำโครงการ

ประวัติย่อผู้ทำโครงการ

| | | |
|-----------------------|---|---|
| ชื่อ ชื่อสกุล | นางสาวกนกวรรณ ประทีปศิริ |  |
| วันเดือนปีเกิด | 27 กันยายน 2537 | |
| สถานที่เกิด | เขตดุสิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร | |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน | 91/136 หมู่ 2 ต.บางคูรัด อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี 11110 | |
| หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ | 0920-453-0751 | |
| ประวัติการศึกษา | มัธยมศึกษาปีที่ 6 | |
| | จากโรงเรียนเทพศิรินทร์ นนทบุรี | |
| | กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า | |
| | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ | |

ประวัติย่อผู้ทำโครงการ

ชื่อ ชื่อสกุล

นางสาวณัฐริกา เทียมเสมอ

วันเดือนปีเกิด

19 มกราคม 2538

สถานที่เกิด

อำเภอปรางค์ชัย จังหวัดนครราชสีมา

สถานที่อยู่ปัจจุบัน

54 หมู่ 3 ต.จั่ว อ.ปรางค์ชัย

จ.นครราชสีมา 30150

หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ

091-016-6446

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2556

มัธยมศึกษาปีที่ 6

จากโรงเรียนสุนารีวิทยา นครราชสีมา

พ.ศ. 2560

กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



ประวัติย่อผู้ทำโครงการ

| | |
|-----------------------|--|
| ชื่อ ชื่อสกุล | นางสาวสุธาสินี นุ่นชื่น |
| วันเดือนปีเกิด | 01 มกราคม 2537 |
| สถานที่เกิด | อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน | 83/1 หมู่ 1 ต.โคกเคียน อ.เมือง จ.นราธิวาส 96000 |
| หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ | 083-007-3452 |
| ประวัติการศึกษา | |
| พ.ศ. 2555 | มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนนราธิวาส |
| พ.ศ. 2560 | กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |

