

- วิธีคำนวณหาฟังก์ชันความเสียหายในส่วนของสายไฟฟ้า

ไฟดับชั่วคราว

$$\begin{aligned}
 \text{วัตถุดิบเสียหาย} &= \{500 \text{ เมตร} + (100 \text{ เมตร} \times 7 \text{ เครื่อง})\} \times 191 \text{ บาท} \\
 &= 229,200 \text{ บาท} \\
 \text{ค่าความเสียโอกาส} &= (150 \text{ เมตร} \times 30 \text{ นาที}) \times 191 \text{ บาท} \\
 &= 859,500 \text{ บาท} \\
 \text{จะได้ความเสียหาย} &= 229,200 + 859,500 \\
 &= 1,088,700 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

ไฟดับนาน

$$\begin{aligned}
 \text{วัตถุดิบเสียหาย} &= \{500 \text{ เมตร} + (100 \text{ เมตร} \times 7 \text{ เครื่อง})\} \times 191 \text{ บาท} \\
 &= 229,200 \text{ บาท} \\
 \text{ค่าความเสียโอกาส} &= \{(9000 \text{ เมตร} \times 0.5 \text{ ชั่วโมง}) \times 191 \text{ บาท}\} + \\
 &\quad (9000 \text{ เมตร} \times 191 \text{ บาท})t \\
 &= 859,500 + 1,719,000t \text{ บาท} \\
 \text{จะได้ความเสียหาย} &= (229,200 + 859,500) + 1,719,000t \\
 &= 1,088,700 + 1,719,000t
 \end{aligned}$$

ดังนั้นฟังก์ชันความเสียหายที่ได้ คือ

$$Y(t) = 1,088,700 + (229,200 + 1,719,000t)x$$

โดย

$$\begin{aligned}
 Y(t) &\text{ คือ ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับ} \\
 t &\text{ คือ เวลาที่ไฟดับ หน่วยเป็นชั่วโมง} \\
 x &= \begin{cases} 0 & ; \text{กรณีไฟดับชั่วคราว} \\ 1 & ; \text{กรณีไฟดับนาน} \end{cases}
 \end{aligned}$$



รูปที่ 56 กระบวนการผลิตสายโทรศัพท์ 100 - 300 คู่สาย ของบริษัทอีตาชีบางกอกเคเบิ้ล จำกัด

กรณีไฟดับชั่วคราวมีผลกระทบ ดังนี้

เครื่องจักรหยุดทำงานทุกเครื่อง

เสียโอกาสในการผลิต 1 ชั่วโมง ในการรื้อยลวดและเริ่มเดินเครื่องใหม่

ในกระบวนการ JACKING Process สิ้นค้าเสียหาย 10,000 เมตร

กรณีไฟดับนานมีผลกระทบ ดังนี้

เครื่องจักรหยุดทำงานทุกเครื่อง

เสียโอกาสในการผลิต 1 ชั่วโมง ในการรื้อยลวดและเริ่มเดินเครื่องใหม่

ในกระบวนการ JACKING Process สิ้นค้าเสียหาย 10,000 เมตร

มีผลกระทบที่เวลาไฟดับตั้งแต่ 1 นาทีขึ้นไป

- วิธีคำนวณหาฟังก์ชันความเสียหายส่วนสายโทรศัพท์

ไฟดับชั่วคราว

วัตถุดิบเสียหาย = 10,000 เมตร×330 บาท

= 3,300,000 บาท

ค่าความเสียโอกาส = (90,000 เมตร×1 ชั่วโมง) ×330 บาท

= 29,700,000 บาท

จะได้ความเสียหาย = 3,300,000+29,700,000

= 33,000,000 บาท

ไฟดับนาน

วัตถุดิบเสียหาย = 10,000 เมตร×330 บาท

= 3,300,000 บาท

ค่าความเสียโอกาส = {(90,000 เมตร×1 ชั่วโมง) ×330 บาท} +

(90,000 เมตร×330 บาท)t

= 29,700,000+29,700,000t

จะได้ความเสียหาย = (3,300,000+29,700,000) +29,700,000t

= 33,000,000+29,700,000t

ดังนั้นฟังก์ชันความเสียหายที่ได้ คือ

$$Y(t) = 33,000,000 + (3,300,000 + 29,700,000t)x$$

โดย

$Y(t)$ คือ ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับ

t คือ เวลาที่ไฟดับ หน่วยเป็นชั่วโมง

$$x = \begin{cases} 0 & ; \text{กรณีไฟดับชั่วคราว} \\ 1 & ; \text{กรณีไฟดับนาน} \end{cases}$$

เพราะฉะนั้นฟังก์ชันความเสียหายรวมทั้งบริษัท คือ

$$\begin{aligned} Y(t) &= \{1,088,700 + (229,200 + 1,719,000t)x\} + 33,000,000 + \\ &\quad (3,300,000 + 29,700,000t)x \\ &= 34,088,700 + (3,529,200 + 31,419,000t)x \end{aligned}$$

โดย

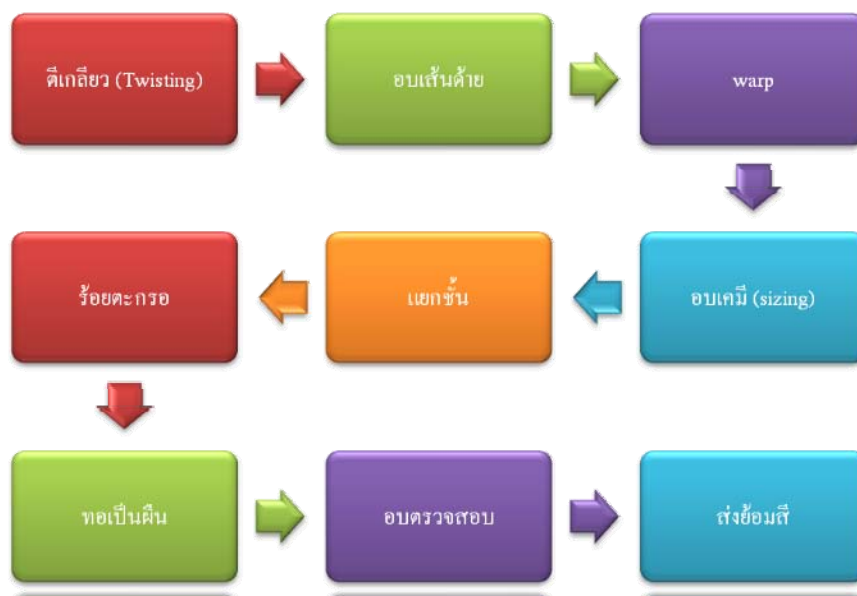
$$\begin{aligned} Y(t) &\text{ คือ ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับ} \\ t &\text{ คือ เวลาที่ไฟดับ หน่วยเป็นชั่วโมง} \\ x &= \begin{cases} 0 & ; \text{กรณีไฟดับชั่วคราว} \\ 1 & ; \text{กรณีไฟดับนาน} \end{cases} \end{aligned}$$

ตารางที่ 27 ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับของบริษัทอิตาชิบางกอกเคเบิล จำกัด

ช่วงเวลาที่ไฟดับ(นาทีก)	มูลค่าความเสียหาย(บาท/ครั้ง)
<1	34,088,700
1	38,141,550
5	40,236,150
10	42,854,400
15	45,472,650
30	53,327,400
60	69,036,900

(3) บริษัท ไทยนำสิริอินเตอร์เท็กซ์ จำกัด

ที่ตั้ง : 75 ม.5 ต.บางสมัคร อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา
 ผลิตภัณฑ์ : การทอผ้าด้วยเส้นใยฝ้ายและเส้นใยประดิษฐ์
 จำนวนพนักงาน : 480 คน
 เวลาเปิดดำเนินการ : วันจันทร์ถึงวันเสาร์ มี 3กะ
 อัตราการผลิตในเวลากลางวันเท่ากับกลางคืน



รูปที่ 57 กระบวนการผลิตสินค้าของบริษัท ไทยนำสิริอินเตอร์เท็กซ์ จำกัด

กรณีไฟดับชั่วขณะมีผลกระทบ ดังนี้

เครื่องจักรหยุดทำงานทุกเครื่อง

เสียโอกาสในการผลิต 1 ชั่วโมง ในการต่อด้ายใหม่

เสียค่าน้ำมันดีเซลในการเปิดเยนเรเตอร์ เนื่องจากต้องเปิดระบบแสงสว่างภายในโรงงานค่าน้ำมันดีเซลประมาณ 27 บาทต่อลิตร โดยใช้ครั้งละประมาณ 1 ลิตร

กรณีไฟดับนานมีผลกระทบ ดังนี้

เครื่องจักรหยุดทำงานทุกเครื่อง เสียโอกาสในการผลิต 1 ชั่วโมง ในการต่อด้ายใหม่

เสียค่าน้ำมันดีเซลในการเปิดเครื่อง Generator เนื่องจากต้องเปิดระบบแสงสว่างภายในโรงงานค่าน้ำมันดีเซลประมาณ 27 บาทต่อลิตร โดยใช้ครั้งละประมาณ 1 ลิตร

มีผลกระทบที่เวลาไฟดับตั้งแต่ 5 นาทีขึ้นไป

อัตราการผลิตสินค้าของบริษัท : 47,448 หลาต่อวัน

ราคาขายสินค้าเฉลี่ยของบริษัท : 150 บาทต่อหลา

- วิธีคำนวณหาฟังก์ชันความเสียหาย

ไฟดับชั่วขณะ

ค่าน้ำมันดีเซล = 27 บาทต่อลิตร

ค่าความเสียโอกาส = (47,448 หลา/ 24 ชั่วโมง) × 150 บาท

= 296,550 บาท

$$\begin{aligned}
 \text{จะได้ความเสียหาย} &= 27+296,550 \\
 &= 296,577 \quad \text{บาท} \\
 \text{ไฟดับนาน} & \\
 \text{ค่าน้ำมันดีเซล} &= 27 \quad \text{บาทต่อลิตร} \\
 \text{ค่าความเสียโอกาส} &= \{(47,448 \text{ หลา/ } 24 \text{ ชั่วโมง}) \times 150 \text{ บาท}\} + \\
 &\quad \{(47,448 \text{ หลา/ } 24 \text{ ชั่วโมง}) \times 150 \text{ บาท}\}t \\
 &= 296,550+296,550t \\
 \text{จะได้ความเสียหาย} &= 296,577+296,550t \\
 \text{ดังนั้นฟังก์ชันความเสียหายที่ได้ คือ} & \\
 Y(t) &= 296,577+(296,550t)x \\
 \text{โดย} & \\
 Y(t) &\text{ คือ ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับ} \\
 t &\text{ คือ เวลาที่ไฟดับ หน่วยเป็นชั่วโมง} \\
 x &= \begin{cases} 0 & ; \text{กรณีไฟดับชั่วคราว} \\ 1 & ; \text{กรณีไฟดับนาน ตั้งแต่ 5 นาทีขึ้นไป} \end{cases}
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 28 ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับบริษัท ไทยนาสิริอินเตอร์เทค จำกัด

ช่วงเวลาที่ไฟดับ(นาที)	มูลค่าความเสียหาย(บาท/ครั้ง)
<1	296,577
<5	296,577
5	321,290
10	346,002
15	370,715
30	444,852
60	593,127

(4) บริษัท วินัสเซิร์ต จำกัด

ที่ตั้ง : 99/7 ม.5 ต.บางสมัคร อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา
 ผลิตภัณฑ์ : การปั้นฝ้าย และเส้นใยประดิษฐ์
 จำนวนพนักงาน : 140 คน
 เวลาเปิดดำเนินการ : แบ่งออกเป็น 3กะ คือ 6 โมงเช้า – บ่าย 2 โมง, บ่าย 2 โมง – 3ทุ่ม และ 3ทุ่ม – 6 โมงเช้า

สัดส่วนการส่งขายภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศเป็น 70 เปอร์เซ็นต์และ 30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ
มีอัตราการผลิตสินค้าทั้งกลางวันและกลางคืนเท่ากัน



รูปที่ 58 กระบวนการผลิตสินค้าของบริษัท วินัสเชิร์ต จำกัด

กรณีไฟดับชั่วขณะมีผลกระทบ ดังนี้

สินค้า เช่น ด้ายขาดแต่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก
เครื่องจักรปั่นด้ายหยุดทำงานทุกเครื่อง
เสียโอกาสในการผลิต 1 ชั่วโมง ในการต่อด้ายและเริ่มเดินเครื่องใหม่

กรณีไฟดับนานมีผลกระทบ ดังนี้

สินค้า เช่น ด้ายขาดแต่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก
เครื่องจักรปั่นด้ายหยุดทำงานทุกเครื่อง
เสียโอกาสในการผลิต 1 ชั่วโมง ในการต่อด้ายและเริ่มเดินเครื่องใหม่
มีผลกระทบที่เวลาไฟดับตั้งแต่ 1 นาทีขึ้นไป

อัตราการผลิตสินค้าของบริษัท : 469,979 ปอนด์ต่อเดือน

469,979/29 วัน = 16,209 ปอนด์ต่อวัน

16,209/24 ชั่วโมง = 675 ปอนด์ต่อชั่วโมง

675/2.24 ปอนด์ = 306 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ราคาขายสินค้าเฉลี่ยของบริษัท : 104 บาทต่อกิโลกรัม

306 กิโลกรัมต่อชั่วโมง × 104 บาทต่อกิโลกรัม = 31,824 บาทต่อชั่วโมง

- วิธีคำนวณหาฟังก์ชันความเสียหาย

ไฟดับชั่วขณะ

ค่าความเสียโอกาส = 31,824 บาท×1 ชั่วโมง = 31,824 บาท

จะได้ความเสียหาย = 31,824 บาท

ไฟดับนาน

ค่าความเสียโอกาส = 31,824+31,824t

จะได้ความเสียหาย = 31,824+31,824t

ดังนั้นฟังก์ชันความเสียหายที่ได้ คือ

$$Y(t) = 31,824 + (31,824t)x$$

โดย

$$\begin{aligned}
 Y(t) & \text{ คือ } \text{ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับ} \\
 t & \text{ คือ } \text{เวลาที่ไฟดับ หน่วยเป็นชั่วโมง} \\
 x & = \begin{cases} 0 & ; \text{กรณีไฟดับชั่วคราว} \\ 1 & ; \text{กรณีไฟดับนาน} \end{cases}
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 29 ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับบริษัท วินัสเทรด จำกัด

ช่วงเวลาที่ไฟดับ(นาทีก)	มูลค่าความเสียหาย(บาท/ครั้ง)
<1	31,824
1	32,354
5	34,476
10	37,128
15	39,780
30	47,736
60	63,648

(5) บริษัท ยูเนี่ยนโกเทคโมลด์ส์ จำกัด

ที่ตั้ง : 99 ม.5 ต.บางสมัคร อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา

ผลิตภัณฑ์ : การพิมพ์และการพิมพ์โฆษณาสิ่งพิมพ์อื่นๆ ซึ่งมีใช้หนังสือพิมพ์

จำนวนพนักงาน : 40 คน

เวลาเปิดดำเนินการ : วันจันทร์ถึงวันเสาร์ มี 1 กะ



รูปที่ 59 กระบวนการผลิตสินค้าของบริษัท ยูเนี่ยนโกเทคโมลด์ส์ จำกัด

กรณีไฟดับชั่วคราวไม่มีผลกระทบ

กรณีไฟดับนานมีผลกระทบ ดังนี้

เครื่องจักรหยุดทำงานทุกเครื่อง

เริ่มเดินเครื่องใหม่ได้เลยเนื่องจากมีไฟสำรองเป็นไฟฉุกเฉิน

มีผลกระทบที่เวลาไฟดับตั้งแต่ 30 นาทีขึ้นไป

อัตราการผลิตสินค้าของบริษัท : 5 ชิ้นต่อเดือน

ราคาขายสินค้าเฉลี่ยของบริษัท : 4 ล้านบาทต่อชิ้น

5 ชิ้นต่อเดือน $\times$ 4 ล้านบาทต่อชิ้น = 20 ล้านบาทต่อเดือน

ทำงาน 26 วัน วันละ 8 ชั่วโมง = $26 \times 8 = 208$ ชั่วโมง

20 ล้านบาท/208 ชั่วโมง = 96,154 บาทต่อชั่วโมง

- วิธีคำนวณหาฟังก์ชันความเสียหาย

ไฟดับนาน

ค่าความเสียโอกาส = (20 ล้านบาท/ 208 ชั่วโมง)t

จะได้ความเสียหาย = 96,154t

ดังนั้นฟังก์ชันความเสียหายที่ได้ คือ

$$Y(t) = 96,154t$$

โดย

$Y(t)$ คือ ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับ

t คือ เวลาที่ไฟดับ ตั้งแต่ 30 นาทีขึ้นไป หน่วยเป็นชั่วโมง

ตารางที่ 30 ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับบริษัท ยูเนี่ยนโกเทคโมลด์ส์

ช่วงเวลาที่ไฟดับ(นาที)	มูลค่าความเสียหาย(บาท/ครั้ง)
<1	0
<30	0
30	48,077
60	96,154
90	144,231
120	192,308

(6) บริษัท ยูเนี่ยนอุตสาหกรรมสิ่งทอ จำกัด

ที่ตั้ง : 65 ม.5 ต.บางสมัคร อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา
 ผลิตภัณฑ์ : การปั่นฝ้าย และเส้นใยประดิษฐ์
 มีพนักงาน : 290 คน
 เวลาเปิดดำเนินการ : ทุกวันยกเว้นวันศุกร์ มี 1กะ



รูปที่ 60 กระบวนการผลิตสินค้าของบริษัท ยูเนี่ยนอุตสาหกรรมสิ่งทอ จำกัด

กรณีไฟดับชั่วขณะไม่มีผลกระทบ

กรณีไฟดับนานมีผลกระทบ ดังนี้

เครื่องจักรหยุดทำงานทุกเครื่อง

เสียโอกาสในการผลิต 2 ชั่วโมง 30 นาที ในการต่อด้ายและเริ่มเดินเครื่องใหม่

มีผลกระทบที่เวลาไฟดับตั้งแต่ 1 นาทีขึ้นไป

อัตราการผลิตสินค้าของบริษัท : 20,000 หลาต่อวัน

20,000 หลา/24 ชั่วโมง : 833.33 หลาต่อชั่วโมง

ราคาขายสินค้าเฉลี่ยของบริษัท : 100 บาทต่อหลา

- วิธีคำนวณหาฟังก์ชันความเสียหาย

ไฟดับนาน

$$\text{ค่าความเสียโอกาส} = \{(833.33 \text{ หลา} \times 2.50 \text{ ชั่วโมง}) \times 100 \text{ บาท}\} + (833.33 \text{ หลา} \times 100 \text{ บาท})t$$

$$\text{จะได้ความเสียหาย} = 208,333 + 83,333t$$

ดังนั้นฟังก์ชันความเสียหายที่ได้ คือ

$$Y(t) = (208,333 + 83,333t)x$$

โดย

$$\begin{array}{ll} Y(t) & \text{คือ ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับ} \\ t & \text{คือ เวลาที่ไฟดับ หน่วยเป็นชั่วโมง} \\ x & = \begin{cases} 0 & ; \text{กรณีไฟดับชั่วขณะ} \\ 1 & ; \text{กรณีไฟดับนาน} \end{cases} \end{array}$$

ตารางที่ 31 ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับบริษัท ยูเนี่ยนอุตสาหกรรมสิ่งทอ จำกัด

ช่วงเวลาที่ไฟดับ(นาทีก)	มูลค่าความเสียหาย(บาท/ครั้ง)
<1	0
1	209,722
5	215,277
10	222,222
15	229,166
30	250,000
60	291,666

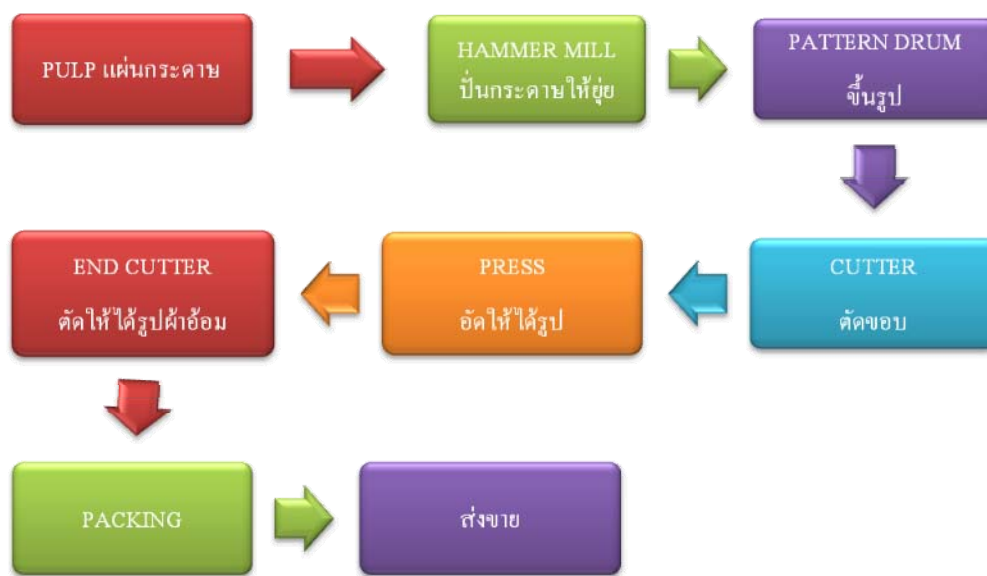
(7) บริษัท ยูนิชาร์ม จำกัด

ที่ตั้ง : 105 ม.9 ต.บางวัว อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา

ผลิตภัณฑ์ : ผ้าอ้อมเด็กและผ้าอนามัย

มีพนักงาน : 800 คน

เวลาเปิดดำเนินการ : ทุกวันจันทร์-เสาร์ มี 3กะ กะละ 8 ชั่วโมง



รูปที่ 61 กระบวนการผลิตสินค้าของบริษัท ยูนิชาร์ม จำกัด

กรณีไฟดับช่วงขณะมีผลกระทบ ดังนี้

เครื่องจักรทั้งหมด 20 ชุด หยุดทำงานทุกชุด

เสียโอกาสในการผลิต 15 นาที ในการเริ่มเดินเครื่องใหม่

สินค้าเสียหายประมาณ 50,000 ชิ้น

กรณีไฟดับนานมีผลกระทบ ดังนี้

เครื่องจักรทั้งหมด 20 ชุด หยุดทำงานทุกชุด

เสียโอกาสในการผลิต 2 ชั่วโมง ในการเริ่มเดินเครื่องใหม่

มีผลกระทบที่เวลาไฟดับตั้งแต่ 5 นาทีขึ้นไป

สินค้าเสียหายประมาณ 100,000 ชิ้น

อัตราการผลิตสินค้าของบริษัท : 4 ล้นขึ้นต่อกะ

3 กะ × 4 ล้นขึ้น : 12 ล้นขึ้นต่อวัน

12 ล้นขึ้น/24 ชั่วโมง : 500,000 ขึ้นต่อชั่วโมง

ราคาขายสินค้าเฉลี่ยของบริษัท : 10 บาทต่อชิ้น

- วิธีคำนวณหาฟังก์ชันความเสียหาย

ไฟดับชั่วคราว

วัตถุดิบเสียหาย = 50,000 ชิ้น × 10 บาท

= 500,000 บาท

ค่าความเสียโอกาส = { 500,000 ชิ้น × (0.25 ชั่วโมง) } × 10 บาท

= 1,250,000 บาท

จะได้ความเสียหาย = 500,000 + 1,250,000

= 1,750,000 บาท

ไฟดับนาน

วัตถุดิบเสียหาย = 100,000 ชิ้น × 10 บาท

= 1,000,000 บาท

ค่าความเสียโอกาส = { (500,000 ชิ้น × 2 ชั่วโมง) × 10 บาท } +

(500,000 ชิ้น × 10 บาท)t

= 10,000,000 + 5,000,000t

จะได้ความเสียหาย = (1,000,000 + 10,000,000) + 5,000,000t

= 11,000,000 + 5,000,000t บาท

ดังนั้นฟังก์ชันความเสียหายที่ได้ คือ

$$Y(t) = 1,750,000 + (1,000,000 + 8,750,000t)x$$

โดย

$Y(t)$ คือ ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับ

t คือ เวลาที่ไฟดับ หน่วยเป็นชั่วโมง

$$z = \begin{cases} 0 & ; \text{กรณีไฟดับชั่วคราว} \\ 1 & ; \text{กรณีไฟดับนาน ตั้งแต่ 5 นาทีขึ้นไป} \end{cases}$$

ตารางที่ 32 ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับบริษัท ยูนิชาร์ม จำกัด

ช่วงเวลาที่ไฟดับ(นาที)	มูลค่าความเสียหาย(บาท/ครั้ง)
<1	1,750,000
<5	1,750,000
5	3,479,167
10	4,208,333
15	4,937,500
30	7,125,000
60	11,500,000

ตารางที่ 33 สรุปค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับของโรงงานในเขตอำเภอบางปะกง

บริษัท	ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับ $Y(t)$	อัตราความเสียหายกรณีไฟดับชั่วขณะ	อัตราความเสียหายกรณีไฟดับนาน (กรณี $t=5$ นาที)
(1) บริษัทไทยอิตาซิลวดอาน้ำยา จำกัด	$1,606,833+(17,260,500)z$	1,606,833	18,867,333
(2) บริษัท อิตาชีบางกอกเคเบิ้ล จำกัด	$34,088,700+(3,529,200+31,419,000t)x$	34,088,700	40,236,150
(3) บริษัท ไทยนำศิริอินเตอร์เท็กซ์ จำกัด	$296,577+(296,550t)z$	296,577	321,290
(4) บริษัท วินัสเวิร์ด จำกัด	$31,824+(31,824t)x$	31,824	34,476
(5) บริษัท ยูเนี่ยนโกเทคโมลด์ส จำกัด	$(96,154t)y$	ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ
(6) บริษัท ยูเนี่ยนอุตสาหกรรมสิ่งทอ จำกัด	$(208,333+83,333t)x$	ไม่มีผลกระทบ	215,277
(7) บริษัท ยูนิชาร์ม จำกัด	$1,750,000+(1,000,000+8,750,000t)z$	1,750,000	3,479,167
มูลค่าความเสียหายรวม (บาท/ครั้ง)		37,773,934	63,153,693

เมื่อ	t	คือ	ระยะเวลาที่เกิดไฟดับ (ชั่วโมง)
	$x = 0$	คือ	กรณีที่เกิดไฟกระพริบ
	$x = 1$	คือ	กรณีที่เกิดไฟดับนาน
	$y = 0$	คือ	กรณีที่เกิดไฟดับไม่เกิน 30 นาที
	$y = 1$	คือ	กรณีที่เกิดไฟดับนานเกิน 30 นาทีขึ้นไป
	$z = 0$	คือ	กรณีที่เกิดไฟดับไม่เกิน 5 นาที
	$z = 1$	คือ	กรณีที่เกิดไฟดับนานเกิน 5 นาทีขึ้นไป

4.3.2 โรงงานอุตสาหกรรมในเขตการไฟฟ้าจังหวัดสระบุรี

โรงงานที่เลือกทำการสำรวจและเก็บข้อมูล มีทั้งสิ้น 8 โรงงาน ประกอบด้วย

1. บริษัท ไทล์ท้อปอินดัสตรี จำกัด
2. บริษัท เซเม็กซ์ (ประเทศไทย) จำกัด
3. บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (ท่าหลวง) จำกัด
4. บริษัท ไม้อัดไทย จำกัด
5. บริษัท ไทยบริดจสโตน จำกัด
6. บริษัท ชันวีลเลย์ (ไทยแลนด์) จำกัด
7. บริษัท พีทีไอโพลีน จำกัด มหาชน
8. บริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด

ข้อมูลโรงงานรวมทั้งข้อมูลความเสียหายเนื่องจากไฟดับได้จากการไปสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของแต่ละโรงงานสรุปได้ดังนี้

(1) บริษัท ไทล์ท้อปอินดัสตรี จำกัด

ผลิตภัณฑ์	: กระเบื้องปูพื้น และบุผนัง (ผลิตขายเฉพาะในประเทศ)
จำนวนของพนักงาน	: มีทั้งหมด ประมาณ 500 คน
ในส่วนของ Office	ประมาณ 10 คน (ทำงาน จันทร์ ถึง เสาร์)
ในส่วนของ โรงงาน	ประมาณ 490 คน (ทำงานทุกวัน)
อัตราการผลิต	: อัตราการผลิตในเวลากลางวันจะเท่ากับอัตราการผลิตในเวลากลางคืน
อัตราการผลิตสินค้า	: 8,000 ตารางเมตร / วัน
1 ชั่วโมง ผลิตได้	334 ตารางเมตร / ชั่วโมง
ราคาขายสินค้าเฉลี่ย	: 110 บาท / ตารางเมตร

กรณีไฟกระพริบ (ไฟดับไม่เกิน 1 นาที) มีผลกระทบในส่วนของกระบวนการผลิตกระทบในขั้นตอนการอบ

- มีเตาอบทั้งหมด 9 เตา สามารถอบกระเบื้องได้ประมาณ 100 ตารางเมตร

- มีกระเบื้องเสียหายประมาณ 20 % ของ 100 ตารางเมตร คิดเป็น 20 ตารางเมตร

$$\begin{aligned}\text{วัตถุดิบเสียหาย} &= [20 \text{ ตารางเมตร} \times 110 \text{ บาท/ ตารางเมตร}] \\ &= 2,200 \text{ บาท}\end{aligned}$$

- ใช้เวลาเพื่อรอการเดินเครื่องจักรใหม่ประมาณ 30 นาที

$$\begin{aligned}\text{ค่าเสียโอกาสในการผลิต 1 ชั่วโมง} &= [334 \text{ ตรม. / ชม.} \times 110 \text{ บาท / ตารางเมตร}] \\ &= 36,740 \text{ บาท / ชั่วโมง}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่าเสียโอกาสในการผลิต 30 นาที} &= [36,740 / 2] \\ &= 18,370 \text{ บาท}\end{aligned}$$

กระทบในขั้นตอนการเคลือบ

- มีกระเบื้องที่เสียหายในระหว่างการเคลือบเป็นจำนวน 60 ตารางเมตร

$$\begin{aligned}\text{วัตถุดิบเสียหาย} &= [60 \text{ ตารางเมตร} \times 110 \text{ บาท/ ตารางเมตร}] \\ &= 6,600 \text{ บาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่าความเสียหายเมื่อเกิดไฟกระพริบ} &= \text{ค่าเสียโอกาสในการผลิต} + \text{วัตถุดิบเสียหายในขั้นตอนการอบ} \\ &\quad + \text{วัตถุดิบเสียหายในขั้นตอนการเคลือบ} \\ &= 18,370 + 2,200 + 6,600 \\ &= 27,170 \text{ บาท}\end{aligned}$$

$$\text{ค่าความเสียหายกรณีไฟกระพริบ คือ } 27,170 \text{ บาท}$$

กรณีไฟดับนาน (ไฟดับตั้งแต่ 1 นาที) มีผลกระทบในส่วนของการกระบวนการผลิต

กระทบในขั้นตอนการอบ

$$\begin{aligned}\text{วัตถุดิบเสียหาย} &= [20 \text{ ตารางเมตร} \times 110 \text{ บาท/ ตารางเมตร}] \\ &= 2,200 \text{ บาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่าเสียโอกาสในการผลิต 30 นาที} &= [36,740 / 2] \\ &= 18,370 \text{ บาท}\end{aligned}$$

กระทบในขั้นตอนการเคลือบ

$$\begin{aligned}\text{วัตถุดิบเสียหาย} &= [60 \text{ ตารางเมตร} \times 110 \text{ บาท/ ตารางเมตร}] \\ &= 6,600 \text{ บาท}\end{aligned}$$

มีผลกระทบที่เวลาไฟดับตั้งแต่ 1 นาทีขึ้นไป

$$\text{ค่าเสียโอกาสในการผลิต 1 ชั่วโมง} = 36,740 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าเสียโอกาสในการผลิต 1 นาที} = 612 \text{ บาท}$$

สมการความเสียหายกรณีไฟดับนาน คือ 612 (t)

โดยที่ t คือ ระยะเวลาที่เกิดไฟดับ (นาที)

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้นสมการค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับ} &= \text{Cost ไฟกระพริบ} + \text{Cost ไฟดับนาน} \\ &= 27,170 + [612 \text{ t}] \times\end{aligned}$$

โดยที่ t คือ ระยะเวลาที่เกิดไฟดับ (นาทีก)

$x = 0$ คือ กรณีที่เกิดไฟกระพริบ

$x = 1$ คือ กรณีที่เกิดไฟดับนาน

ตารางที่ 34 ค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระเบื้องปูพื้น และบุผนัง

ช่วงเวลาไฟดับ(นาทีก)	ไม่เกิน 1 นาทีก	30 นาทีก	60 นาทีก	90 นาทีก	120 นาทีก	150 นาทีก
มูลค่าความเสียหาย (บาท/ครั้ง)	27,170	45,540	63,910	82,250	100,650	119,020

(2) บริษัท เซเม็กซ์ (ประเทศไทย) จำกัด

ผลิตภัณฑ์ : ปอร์ทแลนด์, ปูนผสมเสร็จ และ Dry Motar

จำนวนของพนักงาน : มีทั้งหมด ประมาณ 250 คน

ในส่วนของ Office ประมาณ 60 คน

ในส่วนของ โรงงาน ประมาณ 190 คน

อัตราการผลิต : อัตราการผลิตในเวลากลางวัน คิดเป็น 45% เท่ากับ 990 ตัน

อัตราการผลิตในเวลากลางคืน คิดเป็น 55 % เท่ากับ 1,210 ตัน

อัตราการผลิตสินค้า : 2,200 ตัน / วัน

กรณีไฟกระพริบ(ไฟดับไม่เกิน 1 นาทีก) มีผลกระทบในส่วนของกระบวนการผลิต

- ใช้เวลาเพื่อรอการเดินเครื่องจักรใหม่ประมาณ 30 นาทีก

- ใช้เวลาโทรศัพท์แจ้งกับทางการไฟฟ้าอีกประมาณ 10 นาทีก

ค่าเสียโอกาสในการทำงาน = เวลาเดินเครื่องใหม่ + เวลาติดต่อ กฟภ.

= 30 นาทีก + 10 นาทีก

= 40 นาทีก

- การผลิตปูนชนิดปอร์ทแลนด์

อัตราการผลิตที่ได้ 25,500 ตัน / เดือน

คิดเป็น 35.42 ตัน / ชั่วโมง

คิดเป็น 0.6 ตัน / นาทีก

ราคาขาย = 1,820 บาท / ตัน

เวลา 40 นาทีก จะเสียหาย = 0.6 ตัน / นาทีก x 40 นาทีก

= 24 ตัน

ค่าเสียโอกาสในการผลิต 40 นาทีก = [24 ตัน x 1,820 บาท / ตัน]

= 43,680 บาท

- การผลิตปูนชนิดซีเมนต์ผสมเสร็จ

อัตราการผลิตที่ได้	5,200	ตัน / เดือน
คิดเป็น	7.22	ตัน / ชั่วโมง
คิดเป็น	0.12	ตัน / นาที
ราคาขาย	=	1,340 บาท / ตัน
ที่เวลา 40 นาที จะเสียหาย	=	[0.12 ตัน / นาที x 40 นาที]
	=	4.8 ตัน
ค่าเสียโอกาสในการผลิต 40 นาที	=	[4.8 ตัน x 1,340 บาท / ตัน]
	=	6,432 บาท

- การผลิตปูนชนิดDry Motar

อัตราการผลิตที่ได้	37,200	ตัน / เดือน
คิดเป็น	51.67	ตัน / ชั่วโมง
คิดเป็น	0.86	ตัน / นาที
ราคาขาย	=	1,400 บาท / ตัน
ที่เวลา 40 นาที จะเสียหาย	=	[0.86 ตัน / นาที x 40 นาที]
	=	34.4 ตัน
ค่าเสียโอกาสในการผลิต 40 นาที	=	[34.4 ตัน x 1,400 บาท / ตัน]
	=	48,160 บาท
ค่าความเสียหายเมื่อเกิดไฟกระพริบ	=	ค่าเสียโอกาสในการผลิต 40 นาทีของปูนทั้ง 3 ชนิด
	=	43,680 + 6,432 + 48,160
	=	98,272 บาท
ดังนั้นค่าความเสียหายกรณีไฟกระพริบ	คือ	98,272 บาท

กรณีไฟดับนาน (ไฟดับตั้งแต่ 1 นาที)

ค่าเสียโอกาสในการทำงาน	=	เวลาเดินเครื่องใหม่ + เวลาติดต่อ กฟภ.
	=	30 นาที + 10 นาที
	=	40 นาที

คิดค่าความเสียหายเป็นชั่วโมงๆไป

- การผลิตปูนชนิดปอร์ตแลนด์

ค่าเสียโอกาสในการผลิต 40 นาที	=	[24 ตัน x 1,820 บาท / ตัน]
	=	43,680 บาท
อัตราการผลิต	=	35.42 ตัน / ชั่วโมง
ราคาขาย	=	1,820 บาท / ตัน

$$\begin{aligned}
&\text{จะได้ค่าความเสียหายต่อ 1 ชั่วโมง} &= & [35.42 \times 1,820] \\
& &= & 64,464 \text{ บาท / ชั่วโมง} \\
&\text{- การผลิตปูนชนิดซีเมนต์ผสมเสร็จ} \\
&\text{ค่าเสียโอกาสในการผลิต 40 นาที} &= & [4.8 \text{ ตัน} \times 1,340 \text{ บาท / ตัน}] \\
& &= & 6,432 \text{ บาท} \\
&\text{อัตราการผลิต} &= & 7.22 \text{ ตัน / ชั่วโมง} \\
&\text{ราคาขาย} &= & 1,340 \text{ บาท / ตัน} \\
&\text{จะได้ค่าความเสียหายต่อ 1 ชั่วโมง} &= & [7.22 \times 1,340] \\
& &= & 9,675 \text{ บาท / ชั่วโมง} \\
&\text{- การผลิตปูนชนิด Dry Motar} \\
&\text{ค่าเสียโอกาสในการผลิต 40 นาที} &= & [34.4 \text{ ตัน} \times 1,400 \text{ บาท / ตัน}] \\
& &= & 48,160 \text{ บาท} \\
&\text{อัตราการผลิต} &= & 51.67 \text{ ตัน / ชั่วโมง} \\
&\text{ราคาขาย} &= & 1,400 \text{ บาท / ตัน} \\
&\text{จะได้ค่าความเสียหายต่อ 1 ชั่วโมง} &= & [51.67 \times 1,400] \\
& &= & 72,338 \text{ บาท / ชั่วโมง} \\
&\text{มีผลกระทบที่เวลาไฟดับตั้งแต่ 1 นาทีขึ้นไปหรือไฟดับนาน} \\
&\text{ค่าความเสียหายของปูนทั้ง 3 ชนิด ต่อ 1 ชั่วโมง} &= & 64,464 + 9,675 + 72,338 \\
& &= & 146,477 \text{ บาท / ชั่วโมง} \\
&\text{ค่าความเสียหายของปูนทั้ง 3 ชนิด ต่อ 1 นาที} &= & 2,441 \text{ บาท / นาที} \\
&\text{สมการความเสียหายกรณีไฟดับนาน คือ } 2,441(t) \\
&\text{ดังนั้นสมการค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับ} &= & 98,272 + [2,441 \text{ t}] \times
\end{aligned}$$

โดยที่ t คือ ระยะเวลาที่เกิดไฟดับ (นาที)

$x = 0$ คือ กรณีที่เกิดไฟกระพริบ

$x = 1$ คือ กรณีที่เกิดไฟดับนาน

ตารางที่ 35 ค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์ 1

ช่วงเวลาไฟดับ(นาที)	ไม่เกิน 1 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	150 นาที
มูลค่าความเสียหาย (บาท/ครั้ง)	98,272	171,502	244,732	317,962	391,192	464,422

(3) บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (ท่าหลวง) จำกัด

ผลิตภัณฑ์ : ปูนผง, ปูนเม็ด

จำนวนของพนักงาน : มีทั้งหมด ประมาณ 500 คน

ในส่วนของผู้รับเหมา ประมาณ 300 คน

ในส่วนของ โรงงาน ประมาณ 150 คน

ในส่วนของฝ่ายซ่อมบำรุงประมาณ 70 คน

อัตราการผลิต: อัตราการผลิตในเวลากลางวันจะเท่ากับอัตราการผลิตในเวลากลางคืน

อัตราการผลิตสินค้า : 10,000 ตัน / วัน = 425 ตัน / ชั่วโมง

ราคาขายสินค้าเฉลี่ย : 1,900 บาท / ตัน

กรณีไฟกระพริบ (ไฟดับไม่เกิน 1 นาที) ในส่วนของกระบวนการผลิตไม่กระทบ

กรณีไฟดับนาน (ไฟดับตั้งแต่ 1 นาที)

อัตราการผลิตปูน ผลิตได้ 10,000 ตัน / วัน

คิดเป็น 425 ตัน / ชั่วโมง

คิดเป็น 7.02 ตัน / นาที

ราคาขาย 1,900 บาท / ตัน

- บริษัทใช้เวลาในการอุ่นเครื่องเตาอบเป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ในระหว่างที่ทำอุณหภูมิก็สามารถผลิตได้ ดังนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของความเสียหาย

- ถ้าเกิดไฟดับประมาณ 30 นาที ค่า

$$\begin{aligned}
 \text{จะเกิดผลิตภัณฑ์ที่เสียหาย} &= (425 \text{ ตัน/ ชั่วโมง} \times 0.5 \text{ ชั่วโมง}) \\
 &+ (425 \text{ ตัน/ ชั่วโมง} \times 3 \text{ ชั่วโมง} \times 0.5) \\
 &= 212.5 + 637.5 \\
 &= 850 \text{ ตัน}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ที่เวลาไฟดับ 30 นาที จะเกิดค่าความเสียหาย} &= 850 \text{ ตัน} \times 1,900 \text{ บาท / ตัน} \\
 &= 1,615,000 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าความเสียหาย 637.5 ตัน} &= 637.5 \text{ ตัน} \times 1,900 \text{ บาท/ ตัน} \\
 &= 1,211,250 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าความเสียหาย 425 ตัน} &= 425 \text{ ตัน} \times 1,900 \text{ บาท/ ตัน} \\
 &= 807,500 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าความเสียหาย 7.02 ตัน} &= 7.02 \text{ ตัน} \times 1,900 \text{ บาท/ ตัน} \\
 &= 13,458 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

สมการค่าความเสียหายเมื่อเกิดไฟดับนาน คือ $(1,211,250 + 13,458 t)$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นสมการค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับ} &= \text{Cost ไฟกระพริบ} + \text{Cost ไฟดับนาน} \\ &= (1,211,250 + 13,458 t) \times \end{aligned}$$

โดยที่ t คือ ระยะเวลาที่เกิดไฟดับ (นาทีก)

$x = 0$ คือ กรณีที่เกิดไฟกระพริบ

$x = 1$ คือ กรณีที่เกิดไฟดับนาน

ตารางที่ 36 ค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์ 2

ช่วงเวลาไฟดับ(นาทีก)	ไม่เกิน 1 นาทีก	30 นาทีก	60 นาทีก	90 นาทีก	120 นาทีก	150 นาทีก
มูลค่าความเสียหาย (บาท/ครั้ง)	-	1,615,000	2,018,750	2,422,500	2,826,250	3,230,000

(4) บริษัท ไม้อัดไทย จำกัด

ผลิตภัณฑ์ : ไม้อัด

จำนวนของพนักงาน : มีทั้งหมด ประมาณ 152 คน

ในส่วนของ Office ประมาณ 29 คน

ในส่วนของ โรงงาน ประมาณ 123 คน

อัตราการผลิต : อัตราการผลิตในเวลากลางวันจะเท่ากับอัตราการผลิตใน
เวลากลางคืน

อัตราการผลิตสินค้า : 260 ลูกบาศก์เมตร / วัน

1 ชั่วโมง ผลิตได้ 10.83 ลูกบาศก์เมตร

30 นาที ผลิตได้ 5.417 ลูกบาศก์เมตร

1 นาที ผลิตได้ 0.18 ลูกบาศก์เมตร

ราคาขายสินค้าเฉลี่ย : 8,500 บาท/ ลูกบาศก์เมตร

กรณีไฟกระพริบ (ไฟดับไม่เกิน 1 นาที)

- เครื่องจักรทุกชนิดหยุดทำงาน

- ใช้เวลาเพื่อรอการเดินเครื่องจักรใหม่ประมาณ 30 นาที

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสียโอกาสในการผลิต 30 นาที} &= [5.417 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \times 8,500 \text{ บาท} / \text{ลูกบาศก์เมตร}] \\ &= 46,045 \text{ บาท} \end{aligned}$$

ค่าความเสียหายกรณีเกิดไฟกระพริบ คือ 46,045 บาท

กรณีไฟดับนาน (ไฟดับตั้งแต่ 1 นาที)

- เครื่องจักรทุกชนิดหยุดทำงาน

- ใช้เวลาเพื่อรอการเดินเครื่องจักรใหม่ประมาณ 30 นาที

$$\begin{aligned}\text{ค่าเสียโอกาสในการผลิต 30 นาที} &= [5.417 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \times 8,500 \text{ บาท} / \text{ลูกบาศก์เมตร}] \\ &= 46,045 \text{ บาท}\end{aligned}$$

มีผลกระทบที่เวลาไฟดับตั้งแต่ 1 นาที ขึ้นไป

เสียหายชั่วโมงละ 10.83 ลูกบาศก์เมตร

$$\text{ค่าความเสียหายต่อ 1 ชั่วโมง} = 8,500 \times 10.83 = 92,055 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าความเสียหายต่อ 1 นาที} = 8,500 \times 0.18 = 1,534 \text{ บาท}$$

สมการความเสียหายกรณีไฟดับนาน คือ $[1,534 \text{ t}] \times$

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น สมการค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับ} &= \text{Cost ไฟกระพริบ} + \text{Cost ไฟดับนาน} \\ &= 46,045 + [1,534 \text{ t}] \times\end{aligned}$$

โดยที่ t คือ ระยะเวลาที่เกิดไฟดับ (นาที)

$x = 0$ คือ กรณีที่เกิดไฟกระพริบ

$x = 1$ คือ กรณีที่เกิดไฟดับนาน

ตารางที่ 37 ค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตไม้อัด

ช่วงเวลาไฟดับ(นาที)	ไม่เกิน 1 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	150 นาที
มูลค่าความเสียหาย (บาท/ครั้ง)	46,045	92,065	138,085	184,105	230,125	276,145

(5) บริษัท ไทยบริดจสโตน จำกัด

ผลิตภัณฑ์ : ยางรถยนต์

จำนวนของพนักงาน : ทั้งหมดประมาณ 1, 500 คน

อัตราการผลิต : อัตราการผลิตในเวลากลางวัน คิดเป็น 40 %

อัตราการผลิตในเวลากลางคืน คิดเป็น 60 %

อัตราการผลิตสินค้า : 4,825.460 ตัน/เดือน

ผลิตได้ 0.11 ตัน/นาที

ราคาขายสินค้าเฉลี่ย : 4,480 บาท/ตัน

กรณีเกิดไฟกระพริบ (ไฟดับไม่เกิน 1 นาที)

- กระบวนการผลิตจะหยุดทำงานทั้งหมด

- เครื่องจักรทุกชนิดหยุดทำงาน

- ใช้เวลาเพื่อรอการเดินเครื่องจักรใหม่ประมาณ 30 นาที

$$\text{ราคาขายสินค้าเฉลี่ย} = 4,480 \text{ บาท/ตัน}$$

$$\text{เวลา 30 นาที เสียหาย} = 30 \times 0.11$$

$$= 3.3 \text{ ตัน}$$

$$\text{ค่าเสียโอกาสการผลิต 30 นาที} = 3.3 \times 4,480 = 14,784 \text{ บาท}$$

ค่าความเสียหายกรณีไฟกระพริบ คือ 14,784 บาท

กรณีเกิดไฟดับนาน (ไฟดับตั้งแต่ 1 นาที)

- กระบวนการผลิตจะหยุดทำงานทั้งหมด
- เครื่องจักรทุกชนิดหยุดทำงาน
- ใช้เวลาเพื่อรอการเดินเครื่องจักรใหม่ประมาณ 30 นาที

$$\text{ค่าเสียโอกาสการผลิต 30 นาที} = 3.3 \times 4,480 = 14,784 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าความเสียหาย 1 นาที} = 0.11 \times 4,480$$

$$= 493 \text{ บาท}$$

สมการความเสียหายกรณีไฟดับนาน คือ $493(t)$

ดังนั้น สมการค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับ = Cost ไฟกระพริบ + Cost ไฟดับนาน

$$= 14,784 + [493 t] \times$$

โดยที่ t คือ เวลาที่เกิดไฟดับ (นาที)

$x = 0$ คือ เวลาที่เกิดไฟกระพริบ (นาที)

$x = 1$ คือ เวลาที่เกิดไฟดับนาน (นาที)

ตารางที่ 38 ค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์

ช่วงเวลาไฟดับ(นาที)	ไม่เกิน 1 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	150 นาที
มูลค่าความเสียหาย (บาท/ครั้ง)	14,784	29,574	44,364	59,154	73,944	88,734

(6) บริษัท ชันวัลเลย์ (ไทยแลนด์) จำกัด

ผลิตภัณฑ์ : ไก่ปรุงสุก (ทอด)

จำนวนของพนักงาน : มีทั้งหมดประมาณ 7, 000 คน

อัตราการผลิต : อัตราการผลิตในเวลากลางวันจะเท่ากับอัตราการผลิตในเวลากลางคืน

อัตราการผลิตสินค้า : 500 ตัน/วัน = 21 ตัน/ชั่วโมง = 0.35 ตัน/นาที

ราคาขายสินค้าเฉลี่ย : 99,000 บาท/ตัน

กรณีเกิดไฟกระพริบ (ไฟดับไม่เกิน 1 นาที)

- กระบวนการผลิตจะหยุดทำงานทั้งหมด

- เครื่องจักรทุกชนิดหยุดทำงาน
 - ใช้เวลาเพื่อรอการเดินเครื่องจักรใหม่ประมาณ 60 นาที
- ค่าเสียโอกาสในการผลิต = $21 \times 99,000$
- = 2,079,000 บาท
- ราคาขาย 99,000 บาท/ตัน
- วัตถุดิบเสียหาย = 10 ตัน
- = $10 \times 99,000$
- = 990,000 บาท
- ค่าความเสียหายกรณีไฟกระพริบ = $2,079,000 + 990,000 = 3,069,000$ บาท
- ค่าความเสียหายกรณีไฟกระพริบ คือ 3,069,000 บาท

กรณีเกิดไฟดับนาน (ไฟดับตั้งแต่ 1 นาที)

- กระบวนการผลิตจะหยุดทำงานทั้งหมด
 - เครื่องจักรทุกชนิดหยุดทำงาน
 - ใช้เวลาเพื่อรอการเดินเครื่องจักรใหม่ประมาณ 60 นาที
- ค่าเสียโอกาสในการผลิต 60 นาที = $21 \times 99,000 = 2,079,000$ บาท
- วัตถุดิบเสียหาย = 10 ตัน
- = $10 \times 99,000 = 990,000$ บาท
- อัตราการผลิต = 21 ตัน/ชั่วโมง
- คิดเป็น = 0.35 ตัน/นาที

มีผลกระทบที่เวลาไฟดับตั้งแต่ 1 นาที ขึ้นไป

ค่าความเสียหาย 1 นาที = $0.35 \times 99,000 = 34,650$ บาท

สมการความเสียหายกรณีเกิดไฟดับนาน คือ $3,069,000 + 34,650(t)$

ดังนั้นสมการค่าความเสียหาย = Cost ไฟกระพริบ + Cost ไฟดับนาน

= $3,069,000 + [34,650 t] \times$

โดยที่ t คือ ระยะเวลาที่เกิดไฟดับ (นาที)

$x = 0$ คือ กรณีที่เกิดไฟกระพริบ

$x = 1$ คือ กรณีที่เกิดไฟดับนาน

ตารางที่ 39 ค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตไก่ปรุงสุก

ช่วงเวลาไฟดับ(นาที)	ไม่เกิน 1 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	150 นาที
มูลค่าความเสียหาย (บาท/ครั้ง)	3,069,000	4,207,500	5,247,000	6,286,500	7,326,000	8,365,500

(7) บริษัท พีทีไอโพลีน จำกัด มหาชน

ผลิตภัณฑ์	: ปูนซีเมนต์
จำนวนของพนักงาน	: มีทั้งหมด ประมาณ 3,200 คน
	ในส่วนของ Office ประมาณ 700 คน
	ในส่วนของ โรงงาน ประมาณ 2,600 คน
อัตราการผลิต	: อัตราการผลิตในเวลากลางวันจะเท่ากับอัตราการผลิตในเวลากลางคืน
อัตราการผลิตสินค้า	: มีทั้งหมด 3 โรงผลิต
	โรงที่1 ผลิตได้ 7,500 ตัน/วัน = 5.20 ตัน/นาทีก
	โรงที่ 2 ผลิตได้ 8,500 ตัน/วัน = 5.90 ตัน/นาทีก
	โรงที่ 3 ผลิตได้ 8,700 ตัน/วัน = 6.04 ตัน/นาทีก

ราคาขายสินค้าเฉลี่ย : 1,000 บาท/ตัน

กรณีเกิดไฟกระพริบ (ไฟดับไม่เกิน 1 นาที)

- กระบวนการหยุดหมด (เสียเวลาในการซ่อมอุปกรณ์ 1 ชั่วโมงและ อุณหภูมิตก ทำให้ต้องปรับอุณหภูมิขึ้น) เพิ่มอุณหภูมิโดยใช้น้ำมันเตา หรือถ่านลิกไนต์
- เสียเวลาเริ่มเดินเครื่องจักรใหม่ 3 ชั่วโมง (เสียเวลาในการซ่อมอุปกรณ์ 1 ชั่วโมงและ อุณหภูมิตก ทำให้ต้องปรับอุณหภูมิขึ้น) เพิ่มอุณหภูมิโดยใช้น้ำมันเตา หรือถ่านลิกไนต์

ดังนั้นเสียโอกาสผลิตเป็นเวลา 3 ชั่วโมง	=	180	นาที
อัตราการผลิตรวมทั้ง 3 โรง	=	17.14	ตัน / นาที
ราคาขาย	=	1000	บาท/ตัน
ถ้าค่าเสียโอกาสในการผลิต 1 นาที	=	17.14 x 1,000	= 17,140 บาท
ค่าเสียโอกาสในการผลิต 3 ชั่วโมง	=	180	นาที
จะเกิดค่าเสียโอกาสในการผลิต	=	180 x 17,140	= 3,085,200 บาท

ค่าความเสียหายกรณีไฟกระพริบ คือ 3,085,200 บาท

กรณีเกิดไฟดับนาน (ไฟดับตั้งแต่ 1 นาที)

- เวลาในการประสานงานกับ กฟภ. เพื่อจ่ายไฟ
- อุปกรณ์บางชนิดเกิดความเสียหาย เช่น thyristor
- เสียเวลาเดินเครื่องใหม่ประมาณ 7-8 ชั่วโมง

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} &= \text{เสียโอกาสการผลิต 450 นาที} + \text{เวลาไฟดับนาน } t \text{ นาที} \\ &= 450 + t \text{ นาที} \end{aligned}$$

มีผลกระทบที่เวลาไฟดับตั้งแต่ 1 นาที ขึ้นไป

สมการความเสียหายกรณีเกิดไฟดับนาน คือ $(17140)(450 + t)$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าเสียโอกาสในการผลิตต่อ 1 ชั่วโมง} &= 833 \times 1,900 \\
 &= 1,582,700 \quad \text{บาท} \\
 \text{ค่าเสียโอกาสในการผลิตต่อ 1 นาที} &= 1,582,700 / 60 \\
 &= 26,600 \quad \text{บาท}
 \end{aligned}$$

สมการความเสียหายช่วงไฟดับนาน คือ 26,600 (t)

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้นสมการค่าความเสียหาย} &= \text{Cost ไฟกระพริบ} + \text{Cost ไฟดับนาน} \\
 &= 1,582,700 + [26,600 \text{ t}] y
 \end{aligned}$$

โดยที่ t คือ ระยะเวลาที่เกิดไฟดับ (นาที)

y = 0 คือ กรณีที่เกิดไฟกระพริบ

y = 1 คือ กรณีที่เกิดไฟดับนานมากกว่า 480 นาที

ตารางที่ 41 ค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์ 4

ช่วงเวลาไฟดับ (นาที)	ไม่เกิน 1 นาที	120 นาที	240 นาที	360 นาที	480 นาที	600 นาที
มูลค่าความ เสียหาย (บาท/ครั้ง)	1,582,700	1,582,700	1,582,700	1,582,700	12,794,600	17,542,700

ตารางที่ 42 ฟังก์ชันค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับของโรงงานอุตสาหกรรมในเขต
จังหวัดสระบุรี

รายชื่อโรงงานอุตสาหกรรม	สมการแสดงค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับ
(1) บริษัท ไทล์ท้อปอินดัสตรี จำกัด	$27,170 + [612 \text{ t}] x$
(2) บริษัท เซเม็กซ์ (ประเทศไทย) จำกัด	$98,272 + [2,441 \text{ t}] x$
(3) บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (ท่าหลวง) จำกัด	$[1,211,250 + 13,458 (t)] x$
(4) บริษัท พีทีไอโพลีน จำกัด มหาชน	$3,085,200 + [17,140 (450 + t)] x$
(5) บริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด	$1,582,700 + [26,600 \text{ t}] y$
(6) บริษัท ชันวัลเลย์ (ไทยแลนด์) จำกัด	$3,069,000 + [34,650 \text{ t}] x$
(7) บริษัท ไม้อัดไทย จำกัด	$46,045 + [1,534 \text{ t}] x$
(8) บริษัท ไทยบริดจสโตน จำกัด	$14,784 + [493 \text{ t}] x$

เมื่อ t คือ ระยะเวลาที่เกิดไฟดับ (นาที)

x = 0 คือ กรณีที่เกิดไฟกระพริบ

x = 1 คือ กรณีที่เกิดไฟดับนาน

y = 0 คือ กรณีที่เกิดไฟดับไม่เกิน 8 ชั่วโมง

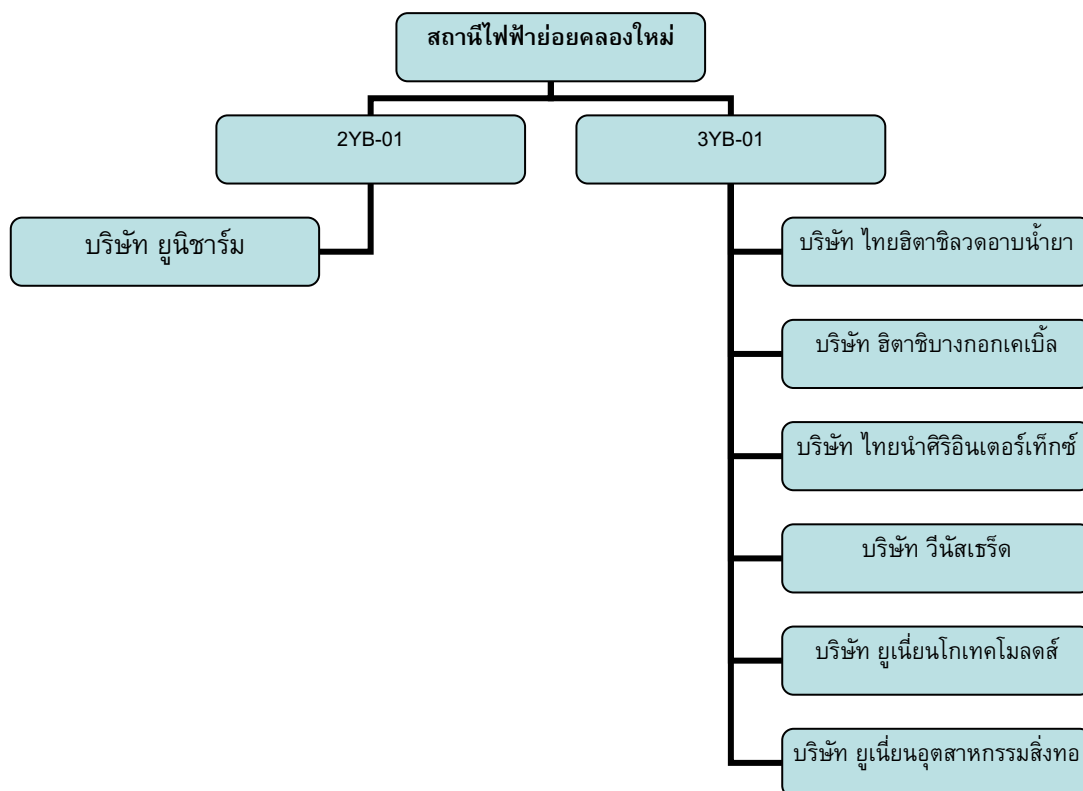
y = 1 คือ กรณีที่เกิดไฟดับนานเกิน 8 ชั่วโมงขึ้นไป

4.4 การวิเคราะห์ผลการศึกษา

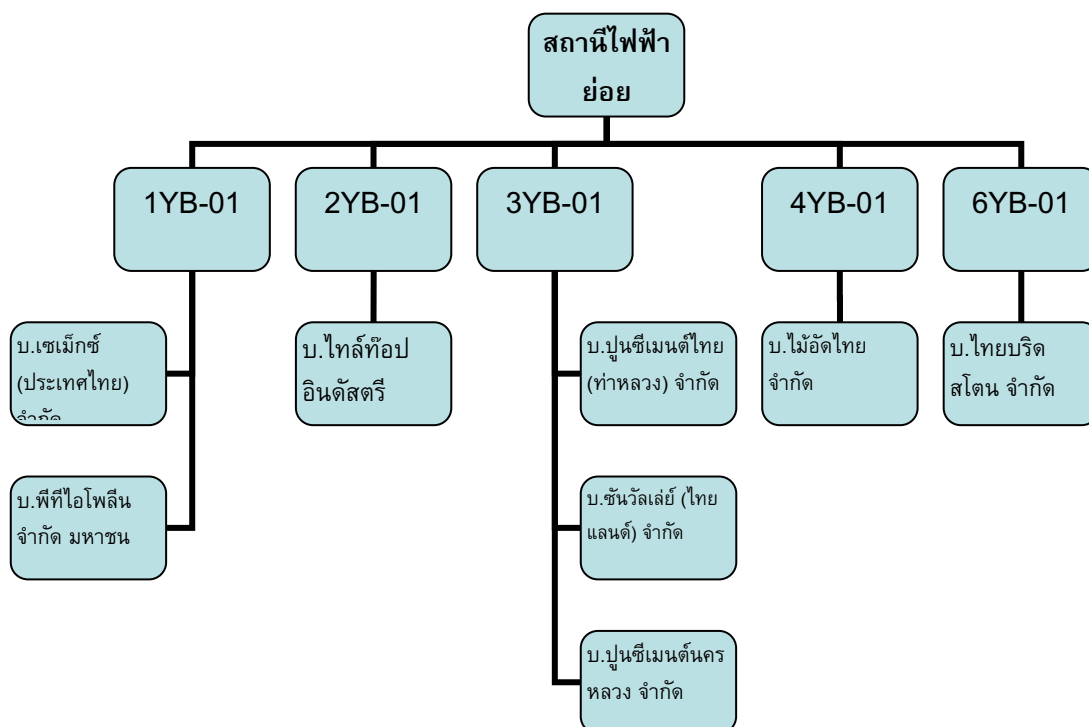
4.4.1 การเลือกกรณีศึกษา

เนื่องจากมีข้อจำกัดในการเก็บข้อมูลทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลความเสียหายได้ครบทุกโรงงานที่รับไฟ 115 kV จากการไฟฟ้าในทั้ง 2 เขตได้ ซึ่งหากได้ข้อมูลทั้งหมดก็จะทราบมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละไลน์ฟีดเดอร์ ก็จะสามารถวิเคราะห์หาวิธีที่เหมาะสมในการปรับปรุงแต่ละสายจำหน่ายได้ หรือทราบได้ว่าควรจะปรับปรุงสายจำหน่ายใดก่อน ทั้งนี้ขึ้นกับความสะดวกของผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถให้ข้อมูลได้หรือไม่ จากข้อมูลมูลค่าความเสียหายที่สำรวจได้จากรูปที่ 62 และ 63 พบว่าการไฟฟ้าเขตอำเภอบางปะกงจ่ายไฟฟ้าจากสถานีคลองใหม่ผ่านฟีดเดอร์ 3YB-01 ได้ข้อมูลโรงงานจำนวน 6 โรงงาน(ทั้งหมดมี 8 โรงงาน) ฟีดเดอร์ 2YB-01 ได้ข้อมูลโรงงานเพียง 1 โรงงาน(ทั้งหมดมี 4 โรงงาน) ในขณะที่การไฟฟ้าจังหวัดสระบุรีฟีดเดอร์ 3YB-01 ได้ข้อมูลมากที่สุดคือ 3 โรงงาน(ทั้งหมดมี 6 โรงงาน)

ดังนั้นในการวิเคราะห์หาวิธีการปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่าที่เหมาะสมโดยพิจารณามูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟและมูลค่าการลงทุนของการไฟฟ้าประกอบนั้น ผู้ทำวิจัยจึงขอเลือก ฟีดเดอร์ 3YB-01 ที่จ่ายจากสถานีคลองใหม่ไปยังโรงงานทั้ง 6 เป็นกรณีศึกษาตัวอย่าง ซึ่งสายจำหน่ายช่วงที่เลือกนี้มีความยาวประมาณ 28 วงจร-กิโลเมตร ประกอบด้วยเสาไฟฟ้าจำนวน 360 ต้น รูปแบบการจัดวางสายแบบ SD-TG-3 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่าการปรับปรุงมีอัตราการเกิดไฟดับเนื่องจากฟ้าผ่าเท่ากับ 13.73 ครั้ง/100 กิโลเมตร/ปี



รูปที่ 62 แผนผังการจ่ายไฟระบบ 115 kV ให้โรงงานอุตสาหกรรมทั้ง 7 โรงงานในเขตอำเภอบางปะกง



รูปที่ 63 แผนผังการจ่ายระบบ 115 kV ไฟให้โรงงานอุตสาหกรรมทั้ง 8 โรงงานในเขตสระบุรี

4.4.2 สถิติการเกิดไฟดับในระบบจำหน่าย 115 kV

เมื่อเลือกสายจำหน่าย 115 kV ที่จะปรับปรุงได้แล้ว จำเป็นต้องทราบระยะเวลาการเกิดไฟดับเฉลี่ยของสถานีย่อยใหม่เพื่อนำไปคำนวณค่าความเสียหาย

จากตารางที่ 43 พบว่าระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดไฟดับของปี 2551 เท่ากับ 0.036 ชั่วโมง/ครั้ง หรือ 2.16 นาที/ครั้ง ซึ่งเป็นการพิจารณาการเกิดไฟดับทั้งกรณีไฟกระพริบ (trip/reclosed) และกรณีไฟดับนาน (trip/lockout) แต่หากพิจารณาเฉพาะกรณีไฟดับนานจะมีค่าเท่ากับ 0.097 ชั่วโมง/ครั้ง หรือ 5.82 นาที/ครั้ง

จากตารางที่ 44 พบว่าระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดไฟดับของปี 2550 เท่ากับ 0.058 ชั่วโมง/ครั้ง หรือ 3.48 นาที/ครั้ง ซึ่งเป็นการพิจารณาการเกิดไฟดับทั้งกรณีไฟกระพริบ (trip/reclosed) และกรณีไฟดับนาน (trip/lockout) แต่หากพิจารณาเฉพาะกรณีไฟดับนานจะมีค่าเท่ากับ 0.107 ชั่วโมง/ครั้ง หรือ 6.42 นาที/ครั้ง

หากนำข้อมูลทั้ง 2 ปีมาเฉลี่ยรวมกัน พบว่าระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดไฟดับเท่ากับ 0.047 ชั่วโมง/ครั้ง หรือ 2.82 นาที/ครั้ง ซึ่งเป็นการพิจารณาการเกิดไฟดับทั้งกรณีไฟกระพริบ (trip/reclosed) และกรณีไฟดับนาน (trip/lockout) แต่หากพิจารณาเฉพาะกรณีไฟดับนานจะมีค่าเท่ากับ 0.102 ชั่วโมง/ครั้ง หรือ 6.12 นาที/ครั้ง

พิจารณาข้อมูลรวมข้อมูล 2 ปี ไปดับทั้งสิ้น 29 ครั้ง อัตราส่วนจำนวนครั้งของการเกิดไฟดับนานต่อจำนวนครั้งของการเกิดไฟกระพริบหรือไฟดับชั่วคราวเท่ากับ 13:16 หรือไฟดับนานคิดเป็นร้อยละ 44.83 และไฟดับชั่วคราวคิดเป็นร้อยละ 55.17

ตารางที่ 43 เวลาไฟฟ้าในเขตอำเภอบางปะกง จำหน่ายโดยสถานีไฟฟ้าคลองใหญ่ ปี 2551 ระบบสายส่ง 115 เควี

ที่	วัน/เดือน/ปี	เวลาไฟฟ้า (ชม.)	โหลดก่อนหรือ (MW)	สาเหตุ
1	17 เม.ย. 51	0.1	82	ไม่พบสาเหตุ
2	23 เม.ย. 51	0.1	76	ไม่พบสาเหตุ
3	24 เม.ย. 51	0.14	72	ฟ้าลงในระบบสายส่งบริเวณเสาโครงเหล็ก
4	18 พ.ค. 51	0.06	46	ไม่พบสาเหตุ
5	25 พ.ค. 51	-	77	ไม่พบสาเหตุ
6	28 พ.ค. 51	-	66	ไม่พบสาเหตุ
7	2 มิ.ย. 51	-	114	ข้อบกพร่องคานลวดโดนหัว C.T. 115 เควี
8	8 มิ.ย. 51	-	58	ไม่พบสาเหตุ
9	9 มิ.ย. 51	-	-	มีเสียงระเบิดในลานไกของ กฟภ.
10	9 ก.ค. 51	-	84	ไม่พบสาเหตุ
11	28 ต.ค. 51	-	69	ไม่พบสาเหตุ
12	29 ต.ค. 51	0.07	92	ไม่พบสาเหตุ
13	19 พ.ย. 51	0.11	89	ข้อตุงีเยว เฟส A
14	20 พ.ย. 51	-	70	ไม่พบสาเหตุ
15	15 ธ.ค. 51	-	74	ไม่พบสาเหตุ
16	30 ธ.ค. 51	-	18	นกปากห่างคาบต้นไม้กักไปพาดสายส่งเฟส B
เฉลี่ยเวลาไฟฟ้า(รวม)				0.036 ชั่วโมง/ครั้ง (ไฟฟ้าดับ 16 ครั้ง)
เฉลี่ยเวลาไฟฟ้า(ไฟดับนาน)				0.097 ชั่วโมง/ครั้ง (ไฟดับนาน 6 ครั้ง)
จำนวนครั้งไฟดับนาน/ไฟฟ้าดับชั่วคราว				6:10

ตารางที่ 44 เวลาไฟฟ้าในเขตอำเภอบางปะกง จำหน่ายโดยสถานีไฟฟ้าคลองใหม่ ปี 2550 ระบบสายส่ง 115 เควี

ที่	วัน/เดือน/ปี	เวลาไฟฟ้า (ชม.)	โหลดก่อนหรีป (MW)	สาเหตุ
1	12 ม.ค. 50	0.08	82	เสาดะสายส่งเฟส C
2	18 ม.ค. 50	0.07	76	ไม่พบสาเหตุ
3	19 ม.ค. 50	0.07	72	-
4	29 มี.ค. 50	0.07	46	CT 115 kV Phase B, C Line 1 EGAT ชำรุด ทำให้เบรกเกอร์ EGAT (Line 2) ได้รับ โหลดเกิน
5	26 เม.ย. 50	0.17	77	เศษวัสดุติดสายส่งแรงสูง
6	31 พ.ค. 50	-	66	มีรอยอาร์คที่หลักประกอบเฟส B
7	29 มิ.ย. 50	0.16	114	ข้อบกพร่องในระบบจำหน่ายฟีดเดอร์ 7 แล้วแปลทไปแต่ละสายส่งเฟส C
8	5 ก.ค. 50	0.13	58	ฟ้าลงในระบบสายส่งใน Line Incoming 1 (ไฟฟ้าดับทั้งสถานีฯ)
9	28 ส.ค. 50	-	-	ไม่พบสาเหตุ
10	3 ก.ย. 50	-	84	ไม่พบสาเหตุ
11	14 ก.ย. 50	-	69	ไม่พบสาเหตุ
12	13 ต.ค. 50	-	92	ไม่พบสาเหตุ
13	6 พ.ย. 50	-	89	ไม่พบสาเหตุ
เฉลี่ยเวลาไฟฟ้า(รวม)				0.058 ชั่วโมง/ครั้ง (ไฟฟ้าดับ 13 ครั้ง)
เฉลี่ยเวลาไฟฟ้าทั้ง 2 ปี(รวม)				0.047 ชั่วโมง/ครั้ง
เฉลี่ยเวลาไฟฟ้า(ไฟดับนาน)				0.107 ชั่วโมง/ครั้ง (ไฟดับนาน 7 ครั้ง)
เฉลี่ยเวลาไฟฟ้าทั้ง 2 ปี(ไฟดับนาน)				0.102 ชั่วโมง/ครั้ง

ตารางที่ 45 มูลค่าการลงทุนเพื่อการปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่า

วิธีการปรับปรุง	อุปกรณ์	ราคาวัสดุ (บาท)	ค่าแรง (บาท)	จำนวน	หน่วย	ราคาค่าแรง (บาท)	ราคารวม (บาท)
1. การลดความ ต้านทานดิน	1. ลวดเหล็กตีเกลียว ขนาด 50/7 ต.มม มอก. 404	366,480.00	4.77	3	เมตร	123,951.60	490,431.60
	2. หลักริน เหล็กชุบทองแดง 60*60*5 mm. ยาว 2000 mm.		270.00	1	แท่ง		
	3. ฟงเชื่อมสำหรับลวดเหล็ก Galvanized ขนาด 50 ต.มม.ถึงแท่งเหล็ก Galvanized		60.00	1	เมตร		
2. การเพิ่ม จำนวนแนว ลูกถ้วย	1. ลูกถ้วยแขวน 115 kV แบบ ด. (ชนิด 52-3) มอก.354	2,439,633.58	25.71	6	ลูก	422,733.60	2,862,367.18
	2. ข้อต่อแขวนแบบหัวกลม ANSI แบบ B		-	3	ชุด		
	3. ข้อต่อแบบข้ออกเก็ต-เคลิวิส ANSI แบบ B		-	3	ชุด		
	4. แผ่นเหล็กแยกสาย		-	3	แผ่น		
	5. ข้อต่อแบบเคลวิส-อาย		-	6	ชุด		
	6. แคสมีปี่แขวนสำหรับสายอลูมิเนียม		-	6	ชุด		
	7. ปริฟอร์มอาร์เมอร์รอด		170.00	6	ชุด		
3. การเปลี่ยน ขนาดสายตัวนำ ข้างเสา	1. ลวดเหล็กตีเกลียว 95 mm ² มอก.404	372,477.60	-	22	เมตร	159,051.60	531,529.20
	2. ยูแคสมีปี่ สลัก 1 ตัว เอ็ม 8		19.09	9	ชุด		
	3. หลักริน เหล็กชุบทองแดง 60*60*5 mm. ยาว 2000 mm.		270.00	1	ชุด		
4. เพิ่มและลด ความสูงของสาย ดิน	1. สลักเกลียว เอ็ม 16x300 มม.	456,480.00	-	2	ชุด	78,544.80	535,024.80
	2. เหล็กฉากรับสายล่อฟ้าขนาด 65x65x6 มม. ยาว 2,500 มม.		180	1	ชิ้น		
	3. ยูแคสมีปี่ สลัก 1 ตัว เอ็ม 8 (ไว้โรป คลิฟ)		19.09	2	ชุด		
	4. กราวด้วยแคสมีปี่สำหรับเหล็กฉากรับสายล่อฟ้า		-	1	ชุด		
	5. แพรนรองแบบเรียบประเภทจัตุรัสขนาดใหญ่ 52x52x4.5 มม.		-	2	ชิ้น		

ตารางที่ 45(ต่อ) มูลค่าการลงทุนเพื่อการปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่า

วิธีการปรับปรุง	อุปกรณ์	ราคาวัสดุ(บาท)	ค่าแรง (บาท)	จำนวน	หน่วย	ราคาค่าแรง (บาท)	ราคารวม (บาท)
5. เพิ่มจำนวนสายดิน เป็น 2 เส้นกรณีที่ดิน โครงสร้างเสามีการ จัดเรียงสายเฟสทั้ง สองด้านของไม้ค้อน	1. ลวดเหล็กตีเกลียว 35 mm ² มอก.404	1,539,585.38	4.77	80	เมตร	127,546.56	1,667,131.94
	2. เหล็กฉากรับสายล่อฟ้าขนาด 65x65x6 มม. ยาว 2,500 มม.		180.00	1	ชิ้น		
	3. สลักเกลียว เอ็ม 16x300 มม.		-	2	ชุด		
	4. ยูแคลมป์ สลัก 1 ตัว เอ็ม 8 (ไวร์ โรป คลิฟ)		19.09	9	ชุด		
	5. กราวด์เวย์แคลมป์สำหรับเหล็กฉากรับสายล่อฟ้า		-	1	ชุด		
	6. แหวนรองแบบเรียบประเภทจัดรัศมีขนาดใหญ่ 52x52x4.5 มม.		-	2	ชิ้น		
6. การเพิ่มกับดัก ฟ้าผ่าที่เฟสล่างสุด	1. ล่อฟ้าแรงสูง สำหรับระดับแรงดัน 115kV	8,953,019.12	300	1	ตัว	71,024.39	9,024,043.51
	2. คอนเดนเตอร์ แบบ ที่ สำหรับต่อสายอะลูมิเนียมเมน 400 mm ² กับสายแยก 185 mm ²			2	ชุด		
	3. พี.จี. คอนเดนเตอร์ 3 สลัก สำหรับสายอะลูมิเนียม 70-185 mm ²		50	2	อัน		
	4. หางปลาชนิดบีบ เจะรูปตามมาตรฐาน NEMA สำหรับสาย อะลูมิเนียม 185 mm ²		-	1	อัน		
	5. สายอะลูมิเนียมเปลี่ยน 185 mm ²		-	3	เมตร		

4.4.3 มูลค่าการลงทุนเพื่อปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่าด้วยวิธีต่างๆ

วิธีการปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่าที่ได้นำเสนอไว้ข้างต้นมีด้วยกัน 6 วิธี คือ

- (1) ลดความต้านทานการต่อลงดิน
- (2) เพิ่มระดับการฉนวน โดยเพิ่มลูกถ้วยแขวนจาก 7 ลูกเป็น 9 ลูก
- (3) เพิ่มขนาดสายตัวนำข้างเสา จากสายขนาด 50 mm^2 เป็น 70 mm^2
- (4) เพิ่มและลดระดับความสูงของสายดิน
- (5) เพิ่มจำนวนสายดินเป็น 2 เส้น
- (6) ติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่เฟสล่างหรือเฟสที่อยู่ไกลจากสายดินมากที่สุด

ซึ่งแต่ละวิธีก็ต้องใช้เงินลงทุนแตกต่างกันไป ทั้งในส่วนของวัสดุอุปกรณ์และค่าแรง ซึ่งมูลค่าการลงทุนของแต่ละวิธีแสดงในตารางที่ 45 วิธีที่ใช้เงินลงทุนสูงที่สุดได้แก่การติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่เฟสล่างหรือเฟสที่อยู่ไกลสายดิน (OHGW) มากที่สุด ตามด้วยการเพิ่มจำนวนลูกถ้วยจาก 7 ลูกเป็น 9 ลูก การเพิ่มสายดินจาก 1 เส้นเป็น 2 เส้น การเพิ่มความสูงสายดินอีก 30 cm. การเพิ่มขนาดสายตัวนำข้างเสาจาก 50 mm^2 เป็น 95 mm^2 และการลดความต้านทานการต่อลงดิน ตามลำดับ

อัตราการเกิดไฟดับเนื่องจากฟ้าผ่าก่อนปรับปรุงระบบมีค่าเท่ากับ 13.73 ครั้ง/100 กิโลเมตร/ปี หรือ 3.84 ครั้ง/ปี หลังจากปรับปรุงด้วยวิธีต่างๆ อัตราการเกิดไฟดับเนื่องจากฟ้าผ่ามีค่าดังแสดงในตารางที่ 46 ซึ่งวิธีที่ 4 การเพิ่มความสูงสายดินไม่ได้ทำให้อัตราการเกิดไฟดับลดลงจึงไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา ส่วนวิธีที่ 5 การเพิ่มจำนวนสายดินเป็น 2 เส้น เนื่องจากระบบสายจำหน่ายที่นำมาเป็นกรณีศึกษาเป็นระบบที่มีวงจรเดียวจัดวางสายอยู่ด้านเดียวของเสาวิธีนี้จึงไม่เหมาะที่จะปรับปรุงจึงไม่นำมาพิจารณาเช่นกัน จึงเหลือวิธีที่จะนำมาพิจารณาเพียง 4 วิธีเท่านั้น

ตารางที่ 46 อัตราการเกิดไฟดับเนื่องจากฟ้าผ่าและมูลค่าการลงทุนเมื่อปรับปรุงระบบด้วยวิธีต่างๆ

วิธีที่	วิธีการปรับปรุง	FR หลังปรับปรุง (ครั้ง/ปี)	มูลค่าการลงทุน (บาท)
อัตราการเกิดไฟดับเนื่องจากฟ้าผ่าก่อนการปรับปรุง = 3.84 ครั้ง/ปี			-
1	การลดความต้านทานการต่อลงดิน	2.72	490,431.60
2	การเพิ่มจำนวนฉนวนลูกถ้วย	2.22	2,862,367.18
3	การเพิ่มขนาดสายตัวนำข้างเสา	3.80	531,529.20
4	การเพิ่มความสูงของสายดิน	3.85	535,024.80
5	การเพิ่มจำนวนสายดินเป็น 2 เส้น	ไม่สามารถปรับปรุงด้วยวิธีนี้ได้	-
6	การติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่เฟสไกลสุด	1.48	9,024,043.51

4.4.4 มูลค่าความเสียหายของการไฟฟ้าเนื่องจากขายไฟไม่ได้

จากตารางที่ 44 พบว่าปี 2550 มีไฟดับนานเกิดขึ้น 7 ครั้งรวมเวลาที่ไฟดับทั้งสิ้นเท่ากับ 0.75 ชั่วโมง และค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่แต่ละบริษัทใช้ในปี 2550 แสดงในตารางที่ 47 จากข้อมูล 2 ส่วนนี้ สามารถคำนวณหามูลค่าความเสียหายของการไฟฟ้าเนื่องจากขายไฟไม่ได้ได้ดังตารางที่ 48

ตารางที่ 47 สถิติการใช้ไฟของผู้ใช้ไฟปี 2250

บริษัท	กิโลวัตต์สูงสุด (kW _{peak})	โหลดแพกเตอร์ (LF)	กิโลวัตต์เฉลี่ย (kW _{avg})
1. บริษัท ไทยอิตาซิลวดอาน้ำยา จำกัด	65,664	0.72	46,982.40
2. บริษัท อิตาชีบางกอกเคเบิ้ล จำกัด	11,664	0.66	7,728
3. บริษัท ไทยนาสิริอินเตอร์เท็กซ์ จำกัด	48,480	0.73	35,402
4. บริษัท วินัสเวิร์ด จำกัด	30,456	0.78	23,740.80
5. บริษัท ยูเนี่ยนโกเทคโมลด์ส์ จำกัด	2,798	0.80	2,238.40
6. บริษัท ยูเนี่ยนอุตสาหกรรมสิ่งทอ จำกัด	57,168	0.68	38,707.20

ตารางที่ 48 ค่าความเสียหายที่การไฟฟ้าไม่สามารถขายไฟได้

บริษัท	กิโลวัตต์เฉลี่ย (kW _{avg})	หน่วยการใช้ ไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าไฟฟ้าขณะ ไฟดับ (บาท)
7. บริษัท ไทยอิตาซิลวดอาน้ำยา จำกัด	46,982.40	35,236.80	105,710.40
8. บริษัท อิตาชีบางกอกเคเบิ้ล จำกัด	7,728	5,796.00	17,388.00
9. บริษัท ไทยนาสิริอินเตอร์เท็กซ์ จำกัด	35,402	26,551.50	79,654.50
10. บริษัท วินัสเวิร์ด จำกัด	23,740.80	17,805.60	53,416.80
11. บริษัท ยูเนี่ยนโกเทคโมลด์ส์ จำกัด	2,238.40	1,678.80	5,036.40
12. บริษัท ยูเนี่ยนอุตสาหกรรมสิ่งทอ จำกัด	38,707.20	29,030.40	87,091.20
รวม	154,798.80	116,099.10	348,297.30

หมายเหตุ ค่าความเสียหายที่การไฟฟ้าไม่สามารถขายไฟได้ คิดราคาค่าไฟที่ 3 บาท/หน่วย

4.4.4 มูลค่ารวม

มูลค่ารวมประกอบด้วยมูลค่าการลงทุนในการปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่าในสายจำหน่ายเหนือดิน ระบบ 115 kV รวมกับมูลค่าความเสียโอกาสในการขายไฟของการไฟฟ้าและมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟซึ่งหาได้จากผลการวิเคราะห์อัตราการเกิดไฟดับเนื่องจากฟ้าผ่าก่อนและหลังการปรับปรุง ฟังก์ชันมูลค่าความเสียหายของโรงงานอุตสาหกรรมและระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดไฟดับซึ่งได้จากสถิติการเกิดไฟดับในสายจำหน่าย 115 kV

ในการคำนวณมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจะคิดที่ระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดไฟดับเป็น 3 กรณี ดังนี้ (ข้อมูลจากตารางที่ 43 และ 44)

- 1) คิดรวมทั้งกรณีที่เกิดไฟดับชั่วคราวและไฟดับนาน ซึ่งระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดไฟดับเท่ากับ 0.047 ชั่วโมง/ครั้ง
- 2) คิดเฉพาะกรณีที่ไฟดับนานนำมาหาเวลาไฟดับเฉลี่ย ซึ่งระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดไฟดับเท่ากับ 0.102 ชั่วโมง/ครั้ง
- 3) คิดแบบถ่วงน้ำหนักโดยคิดจำนวนครั้งของไฟดับชั่วคราวเป็นร้อยละ 55.17 ไฟดับนานคิดเป็นร้อยละ 44.83 โดยใช้เวลาไฟดับเฉลี่ยเท่ากับ 0.102 ชั่วโมง/ครั้ง

มูลค่าความเสียหายรวมหาได้จากนำมูลค่าความเสียหายต่อครั้งคูณกับจำนวนครั้งที่เกิดไฟดับเนื่องจากฟ้าผ่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยการจำลองระบบ ซึ่งจำนวนครั้งที่เกิดไฟดับเนื่องจากฟ้าผ่าทั้งก่อนและหลังปรับปรุงดูได้จากตารางที่ 46

(ก) กรณีที่ 1 ระยะเวลาในการเกิดไฟดับ $t = 0.047$ ชั่วโมง

ตารางที่ 49 มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับก่อนการปรับปรุงระบบ ($t = 0.047$)

บริษัท	ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับ $Y(t)$	อัตราความเสียหายกรณีไฟดับชั่วคราว	อัตราความเสียหายกรณีไฟดับนาน (กรณี $t=0.047$ ชั่วโมง)
(1) บริษัทไทยอิตาซิลลวดอาบน้ำยาจำกัด	$1,606,833+(17,260,500)z$	1,606,833	1,606,833
(2) บริษัท อิตาชีบางกอกเคเบิ้ล จำกัด	$34,088,700+(3,529,200+31,419,000t)x$	34,088,700	39,094,593
(3) บริษัท ไทยนาสิริอินเตอร์เท็กซ์ จำกัด	$296,577+(296,550t)z$	296,577	296,577
(4) บริษัท วินัสเรลิต จำกัด	$31,824+(31,824t)x$	31,824	33,320
(5) บริษัท ยูเนี่ยนโกเทคโมลด์ส์ จำกัด	$(96,154t)y$	ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ
(6) บริษัท ยูเนี่ยนอุตสาหกรรมสิ่งทอ จำกัด	$(208,333+83,333t)x$	ไม่มีผลกระทบ	212,250
มูลค่าความเสียหายรวม (บาท/ครั้ง)		36,023,934	41,243,573
มูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากฟ้าผ่า (บาท)		138,331,907	158,375,320

ตารางที่ 50 ค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับเมื่อปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่าด้วยวิธีต่างๆ

วิธีที่	วิธีการปรับปรุง	อัตราการเกิดไฟดับ (ครั้ง/ปี)	มูลค่าความเสียหาย (บาท)
มูลค่าความเสียหายรวม = 41,243,573 บาท/ครั้ง			
	ก่อนการปรับปรุงระบบ	3.84	158,375,320
1	การลดความต้านทานการต่อลงดิน	2.72	112,182,519
2	การเพิ่มจำนวนฉนวนลูกถ้วย	2.22	91,560,732
3	การเพิ่มขนาดสายตัวนำข้างเสา	3.80	156,725,577
4	การเพิ่มความสูงของสายดิน	3.85	158,787,756
5	การเพิ่มจำนวนสายดินเป็น 2 เส้น	ไม่ปรับปรุงด้วยวิธีนี้	-
6	การติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่เฟสใกล้เคียง	1.48	61,040,488

ตารางที่ 51 ค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับเมื่อปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่าด้วยวิธีต่างๆ

วิธีที่	วิธีการปรับปรุง	มูลค่าความเสียหาย (บาท)		
		การไฟฟ้า	ผู้ใช้ไฟ	รวม
1	การลดความต้านทานการต่อลงดิน	838,729	112,182,519	113,021,247
2	การเพิ่มจำนวนฉนวนลูกถ้วย	3,210,664	91,560,732	94,771,397
3	การเพิ่มขนาดสายตัวนำข้างเสา	879,827	156,725,577	157,605,404
4	การติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่เฟสใกล้เคียง	9,372,341	61,040,488	70,412,829

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 51 พบว่าวิธีการที่การไฟฟ้าลงทุนน้อยที่สุดคือวิธีลดความต้านทานการต่อลงดิน วิธีการที่ทำให้มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟลดลงมากที่สุดคือการติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่เฟสใกล้เคียง และวิธีการที่มีมูลค่ารวมต่ำสุดคือการติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่เฟสใกล้เคียงแต่วิธีนี้เป็นวิธีที่การไฟฟ้าต้องลงทุนสูงสุด ดังนั้นการเลือกวิธีการปรับปรุงอาจต้องดูงบประมาณประกอบหรือจะปรับปรุงมากกว่า 1 วิธีร่วมกัน โดยวิธีที่ลงทุนสูงแต่ให้ผลดีอาจทำในตำแหน่งใกล้ๆ สถานีไฟฟ้า และใกล้ๆ ผู้ใช้ไฟรายใหญ่ก็ได้ ส่วนตำแหน่งอื่นๆ ก็ใช้วิธีที่ให้ผลลดลงมา

(ข) กรณีที่ 2 ระยะเวลาในการเกิดไฟดับ $t = 0.102$ ชั่วโมง

ตารางที่ 52 มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับก่อนการปรับปรุงระบบ ($t = 0.102$)

บริษัท	ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับ $Y(t)$	อัตราความเสียหายกรณีไฟดับชั่วขณะ	อัตราความเสียหายกรณีไฟดับนาน (กรณี $t=0.102$ ชั่วโมง)
(1) บริษัทไทยอิติชาตชลประทาน จำกัด	$1,606,833+(17,260,500)z$	1,606,833	3,367,404
(2) บริษัท อิศาธิบางกอกเคเบิ้ล จำกัด	$34,088,700+(3,529,200+31,419,000t)x$	34,088,700	40,822,638
(3) บริษัท ไทยนาสิริอินเตอร์เท็กซ์ จำกัด	$296,577+(296,550t)z$	296,577	326,825
(4) บริษัท วินัสเทรด จำกัด	$31,824+(31,824t)x$	31,824	35,070
(5) บริษัท ยูเนียนโกเทคโมลด์ส์ จำกัด	$(96,154t)y$	ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ
(6) บริษัท ยูเนียนอุตสาหกรรมสิ่งทอ จำกัด	$(208,333+83,333t)x$	ไม่มีผลกระทบ	216,832
มูลค่าความเสียหายรวม (บาท/ครั้ง)		36,023,934	44,768,769
มูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากฟ้าผ่า (บาท)		138,331,907	171,912,073

ตารางที่ 53 ค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับเมื่อปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่าด้วยวิธีต่างๆ

วิธีที่	วิธีการปรับปรุง	อัตราการเกิดไฟดับ (ครั้ง/ปี)	มูลค่าความเสียหาย (บาท)
มูลค่าความเสียหายรวม = 44,768,769 บาท/ครั้ง			
	ก่อนการปรับปรุงระบบ	3.84	171,912,073
1	การลดความต้านทานการต่อลงดิน	2.72	121,771,052
2	การเพิ่มจำนวนฉนวนลูกถ้วย	2.22	99,386,667
3	การเพิ่มขนาดสายตัวนำข้างเสา	3.80	170,121,322
4	การเพิ่มความสูงของสายดิน	3.85	172,359,761
5	การเพิ่มจำนวนสายดินเป็น 2 เส้น	ไม่ปรับปรุงด้วยวิธีนี้	-
6	การติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่เฟสใกล้เคียง	1.48	66,257,778

ตารางที่ 54 ค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับเมื่อปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่าด้วยวิธีต่างๆ

วิธีที่	วิธีการปรับปรุง	มูลค่าความเสียหาย (บาท)		
		การไฟฟ้า	ผู้ใช้ไฟ	รวม
1	การลดความต้านทานการต่อลงดิน	838,729	121,771,052	122,609,781
2	การเพิ่มจำนวนฉนวนลูกถ้วย	3,210,664	99,386,667	102,597,331
3	การเพิ่มขนาดสายตัวนำข้างเสา	879,827	170,121,322	171,001,149
4	การติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่เฟสใกล้เคียง	9,372,341	66,257,778	75,630,119

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 51 พบว่าให้ผลในการทำงานเกี่ยวกับการใช้เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 0.047 ชั่วโมง ซึ่งการเลือกวิธีการปรับปรุงอาจต้องดูงบประมาณประกอบหรือจะปรับปรุงมากกว่า 1 วิธี ร่วมกัน โดยวิธีที่ลงทุนสูงแต่ให้ผลดีอาจทำในตำแหน่งใกล้ๆ สถานีไฟฟ้า และใกล้ๆ ผู้ใช้ไฟรายใหญ่ก็ได้ ส่วนตำแหน่งอื่นๆ ก็ใช้วิธีที่ให้ผลลดลงมา

(ค) กรณีที่ 3 ไฟดับชั่วขณะคิดเป็นร้อยละ 55.17 ไฟดับนานคิดเป็นร้อยละ 44.83 โดยใช้เวลาไฟดับเฉลี่ยเท่ากับ 0.102 ชั่วโมง/ครั้ง

ตารางที่ 55 มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับก่อนการปรับปรุงระบบ

บริษัท	ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับ $Y(t)$	อัตราความเสียหายกรณีไฟดับชั่วขณะ	อัตราความเสียหายกรณีไฟดับนาน (กรณี $t=0.102$ ชั่วโมง)
(1) บริษัทไทยอิตาซิลลวดอาน้ำยา จำกัด	$1,606,833 + (17,260,500)z$	1,606,833	3,367,404
(2) บริษัท อิตาชีบางกอกเคเบิ้ล จำกัด	$34,088,700 + (3,529,200 + 31,419,000t)x$	34,088,700	40,822,638
(3) บริษัท ไทยนาสิริอินเตอร์เทค จำกัด	$296,577 + (296,550t)z$	296,577	326,825
(4) บริษัท วินัสเทรด จำกัด	$31,824 + (31,824t)x$	31,824	35,070
(5) บริษัท ยูเนี่ยนโกเทคโมลด์ส จำกัด	$(96,154t)y$	ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ
(6) บริษัท ยูเนี่ยนอุตสาหกรรมสิ่งทอ จำกัด	$(208,333 + 83,333t)x$	ไม่มีผลกระทบ	216,832
มูลค่าความเสียหาย (บาท/ครั้ง)		36,023,934	44,768,769
มูลค่าความเสียหายเนื่องจากฟ้าผ่า (บาท)		138,331,907	171,912,073
มูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากฟ้าผ่า (บาท)		153,557,808	
มูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากฟ้าผ่า (บาท/ครั้ง)		39,944,244	

ตารางที่ 56 ค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับเมื่อปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่าด้วยวิธีต่างๆ

วิธีที่	วิธีการปรับปรุง	อัตราการเกิดไฟดับ (ครั้ง/ปี)	มูลค่าความเสียหาย (บาท)
มูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับชั่วขณะ = 36,023,934 บาท/ครั้ง มูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับนาน = 44,768,769 บาท/ครั้ง			
	ก่อนการปรับปรุงระบบ	3.84	153,557,808
1	การลดความต้านทานการต่อลงดิน	2.72	108,648,342
2	การเพิ่มจำนวนฉนวนลูกถ้วย	2.22	88,676,221
3	การเพิ่มขนาดสายตัวนำข้างเสา	3.80	151,788,125
4	การเพิ่มความสูงของสายดิน	3.85	153,785,338
5	การเพิ่มจำนวนสายดินเป็น 2 เส้น	ไม่ปรับปรุงด้วยวิธีนี้	
6	การติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่เฟสไกลสุด	1.48	59,117,480

ตารางที่ 57 ค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับเมื่อปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่าด้วยวิธีต่างๆ

วิธีที่	วิธีการปรับปรุง	มูลค่าความเสียหาย (บาท)		
		การไฟฟ้า	ผู้ใช้ไฟ	รวม
1	การลดความต้านทานการต่อลงดิน	838,729	108,648,342	109,487,071
2	การเพิ่มจำนวนฉนวนลูกถ้วย	3,210,664	88,676,221	91,886,885
3	การเพิ่มขนาดสายตัวนำข้างเสา	879,827	151,788,125	152,667,952
4	การติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่เฟสไกลสุด	9,372,341	59,117,480	68,489,821

4.4.5 การเลือกวิธีการปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่าด้วยเทคนิค optimization

ตารางที่ 57 มูลค่าการลงทุนและมูลค่าความเสียหายที่ลดลงต่อการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า 1 ต้น

วิธีที่	วิธีการปรับปรุง	(1)มูลค่าการลงทุน (บาท/ต้น)	(2) ความเสียหายที่ ลดลง (บาท/ต้น)	อัตราส่วนของ (2)/(1)
1	การลดความต้านทานการต่อลงดิน	2,329.80	124,748.52	53.54
2	การเพิ่มจำนวนฉนวนลูกถ้วย	8,918.51	180,226.63	20.21
3	การเพิ่มขนาดสายตัวนำข้างเสา	2,443.96	4,915.79	2.01
4	การติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่เฟสไกลสุด	72,094.93	262,334.24	10.08

หมายเหตุ จำนวนเสาไฟฟ้าที่ติดตั้งของวิธีที่ 1-3 เท่ากับ 360 ต้น วิธีที่ 6 เท่ากับ 130 ต้น (ทุกๆ 200 เมตร)

จากมูลค่าความเสียหายรวมที่เกิดขึ้นก็จะทำให้เราสามารถตัดสินใจได้ว่า จะปรับปรุงด้วยวิธีใด ซึ่งหากการไฟฟ้ามีเงินลงทุนไม่จำกัดเราก็จะสามารถเลือกวิธีการติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่เฟสไกลสุดได้ก็จะทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุด แต่หากการไฟฟ้ามีงบประมาณในส่วนของการปรับปรุงระบบที่

จำกัด การพิจารณาจากอัตราส่วนมูลค่าความเสียหายที่ลดลงต่อมูลค่าการลงทุนที่แสดงในตารางที่ 57 การไฟฟ้าอาจเลือกวิธีการลดความต้านทานการต่อลงดินเพราะลงทุนน้อยแต่ได้ผลดีคืออัตราส่วนมีค่าสูงสุด แต่หากต้องการใช้วิธีการปรับปรุงมากกว่า 1 วิธีก็อาจต้องใช้ เทคนิค optimization มาช่วยวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค optimization จะใช้ข้อมูลมูลค่าความเสียหายจากผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติการเกิดไฟดับในกรณีที่ 3 มาพิจารณา และเนื่องจากการปรับปรุงระบบทุกวิธีที่กล่าวมาจะกระทำการติดตั้งที่เสาไฟฟ้าทั้งสิ้น ดังนั้นจึงคำนวณหามูลค่าการลงทุนของการไฟฟ้า มูลค่าความเสียหายที่ลดลงของผู้ใช้ไฟซึ่งกำหนดให้ความเสียหายที่ลดลงกระจายเป็นเชิงเส้นตลอดความยาวสาย จึงได้เป็นค่าต่อต้านดังตารางที่ 57 ซึ่งนำมาเขียนสมการวัตถุประสงค์ และสมการข้อจำกัดได้ดังนี้

- การกำหนดตัวแปร

กำหนดให้

x_1 คือจำนวนเสาไฟฟ้าที่ปรับปรุงด้วยวิธีลดความต้านทานการต่อลงดิน

x_2 คือจำนวนเสาไฟฟ้าที่ปรับปรุงด้วยวิธีเพิ่มจำนวนฉนวนลูกถ้วย

x_3 คือจำนวนเสาไฟฟ้าที่ปรับปรุงด้วยวิธีเพิ่มขนาดสายตัวนำข้างเสา

x_4 คือจำนวนเสาไฟฟ้าที่ปรับปรุงด้วยวิธีติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่เฟสใกล้เคียง

- Objective function

$$\text{Min}(\text{Cost}) = \text{Min}Z(x)$$

Z = มูลค่าความเสียหายก่อนปรับปรุง - มูลค่าความเสียหายที่ลดลงเมื่อปรับปรุง + มูลค่าการลงทุน

$$\text{Min}Z(x) = \text{Min}(153,557,808 - 124,748.52x_1 - 180,226.63x_2 - 4,915.79x_3$$

$$- 262,334.24\left(\frac{360}{130}\right)x_4 + 2,329.80x_1 + 8,918.51x_2 + 2,443.96x_3 + 72,094.93x_4)$$

$$\text{Min}(153,557,808 - 122,418.72x_1 - 171,308.12x_2 - 2,471.83x_3 - 654,369.12x_4)$$

- Constrains

$$0 \leq x_1, x_2, x_3 \leq 360$$

$$0 \leq x_4 \leq 130$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + \left(\frac{360}{130}\right)x_4 = 360$$

$$\text{งบประมาณการลงทุน} = 2,000,000 \text{ บาท}$$

$$2,329.80x_1 + 8,918.51x_2 + 2,443.96x_3 + 72,094.93x_4 \leq 2,000,000$$

- ผลลัพธ์

$$Z = 100,870,224 \text{ บาท} \quad x_1 = 184 \text{ ต้น} \quad x_2 = 176 \text{ ต้น} \quad x_3 = x_4 = 0$$

Target Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$A\$7		100870224	100870224

Adjustable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$A\$1		183.7481996	183.7481996
\$A\$2		176.2518004	176.2518004
\$A\$3		0	0
\$A\$4		0	0
\$A\$5		1	1

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
\$D\$1		183.7481996	\$D\$1<=360	Not Binding	176.2518004
\$D\$2		176.2518004	\$D\$2<=360	Not Binding	183.7481996
\$D\$3		0	\$D\$3<=360	Not Binding	360
\$D\$4		0	\$D\$4<=130	Not Binding	130
\$D\$5		360	\$D\$5<=360	Binding	0
\$D\$6		1	\$D\$6=1	Not Binding	0
\$D\$7		2000000	\$D\$7<=2000000	Binding	0
\$A\$1		183.7481996	\$A\$1>=0	Not Binding	183.7481996
\$A\$2		176.2518004	\$A\$2>=0	Not Binding	176.2518004
\$A\$3		0	\$A\$3>=0	Binding	0
\$A\$4		0	\$A\$4>=0	Binding	0
\$A\$5		1	\$A\$5>=0	Not Binding	1

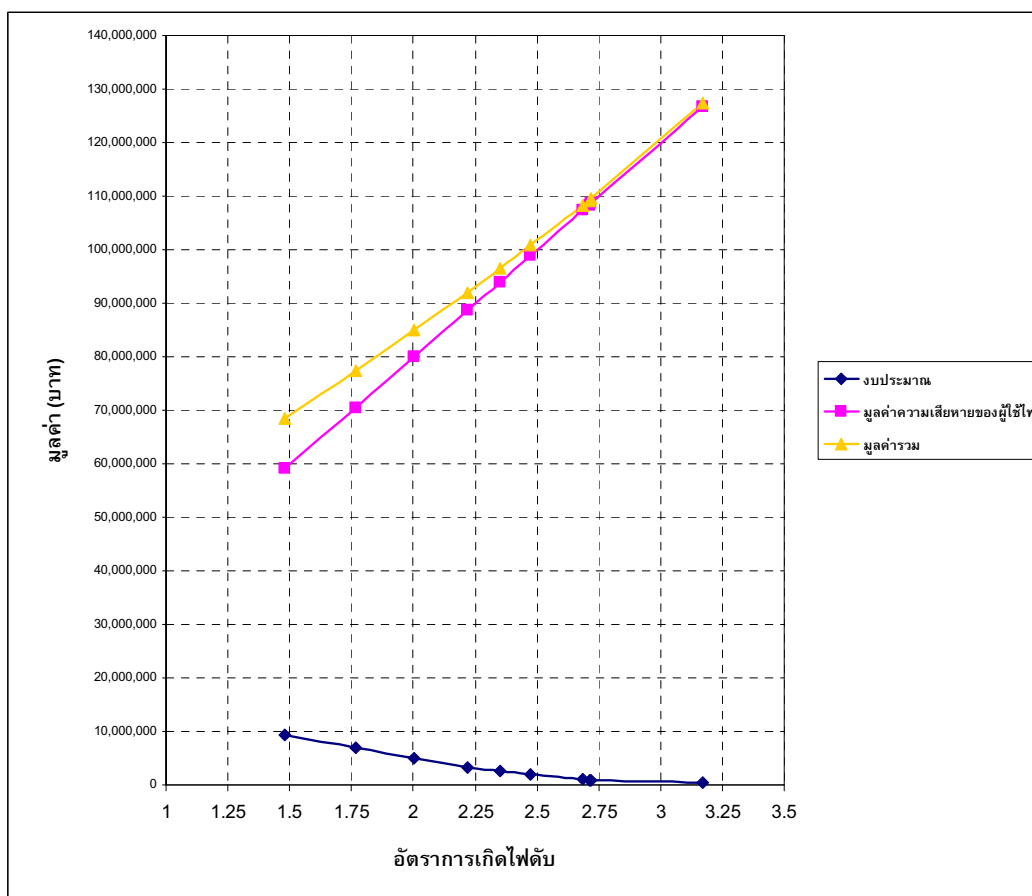
รูปที่ 64 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Excel solver

ตารางที่ 58 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค optimization เมื่องบประมาณปรับปรุงระบบมีค่าต่างๆ

งบประมาณ (บาท)	จำนวนตำแหน่งที่ปรับปรุงด้วยวิธี				มูลค่ารวม(Z) (บาท)	มูลค่าความ เสียหายของ ผู้ใช้ไฟ(บาท)
	x_1	x_2	x_3	x_4		
500,000	215	0	0	0	127,285,441	126,785,441
838,729	360	0	0	0	109,487,064	108,648,335
879,827	354	6	0	0	109,182,107	108,302,280
1,000,000	336	24	0	0	108,290,402	107,290,402
2,000,000	184	176	0	0	100,870,224	98,870,224
2,600,000	93	267	0	0	96,418,117	93,818,117
3,210,664	0	360	0	0	91,886,883	88,676,219
5,000,000	0	255	0	38	85,092,434	80,092,434
7,000,000	0	139	0	80	77,498,053	70,498,053
9,372,341	0	0	0	130	68,489,822	59,117,481

จากผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค optimization แสดงในตารางที่ 58 จะเห็นว่าหากการไฟฟ้ามีการจัดสรรงบประมาณในการปรับปรุงระบบน้อยกว่า 838,729 บาท วิธีที่เหมาะสมในการปรับปรุงคือวิธีลดความต้านทานการต่อลงดิน แต่หากมีงบประมาณมากขึ้นควรใช้วิธีเพิ่มจำนวนฉนวนลูกถ้วยร่วมด้วยการปรับปรุงก็จะได้ประสิทธิภาพมากขึ้น แต่หากมีงบประมาณเกินกว่า 3,210,664 บาท ควรใช้วิธีติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่เฟสใกล้เคียงสุดร่วมกับวิธีเพิ่มจำนวนฉนวนลูกถ้วย และวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือการติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่เฟสใกล้เคียงสุด หากการไฟฟ้ามีงบประมาณเกินกว่า 9,372,341 บาท

จากผลการวิเคราะห์ที่ได้นำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดไฟดับ มูลค่าความเสียหายและงบประมาณได้ดังรูปที่ 65 ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการไฟฟ้าเพื่อตั้งงบประมาณการปรับปรุงระบบให้สอดคล้องกับค่าเป้าหมายความเชื่อถือได้ที่กำหนดไว้



รูปที่ 65 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดไฟดับและมูลค่าความเสียหาย

5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง และข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

- สมรรถนะระบบป้องกันฟ้าผ่า

1) การปรับปรุงสมรรถนะระบบป้องกันฟ้าผ่าด้วยการลดความต้านทานการต่อลงดิน ทำให้ระบบสามารถทนกระแสฟ้าผ่าได้มากขึ้น ซึ่งค่าความต้านทานการต่อลงดินน้อย ๆ จะทำให้ระบบสามารถรับกระแสฟ้าผ่าได้มากขึ้น ทำให้อัตราการเกิดวابلไฟตามผิว (Flashover Rate: FR) ลดลง การลดค่าความต้านทานการต่อลงดินทำได้โดยใช้สารเคมี หรือการเพิ่มจำนวนแท่งหลักดิน เป็นต้น

2) การปรับปรุงสมรรถนะระบบป้องกันฟ้าผ่าด้วยวิธีการเพิ่มจำนวนฉนวนลู่ถ้วย ซึ่งจากเดิมระบบ 115 kV มาตรฐานการไฟฟ้ากำหนดไว้ที่ 7 ลู่ หากเพิ่มลู่ถ้วยขึ้นจนถึง 8-10 ลู่ ทำให้อัตราการเกิดวابلไฟตามผิวมีค่าลดลงตามลำดับ ซึ่งมาตรฐานสากลกำหนดให้เพิ่มได้สูงสุด 9 ลู่

3) การเพิ่มขนาดสายตัวนำข้างเสาให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ค่าความต้านทานหรือค่าเสรีจิมพีแดนซ์ของสายมีค่าน้อยลง ซึ่งจากเดิมมาตรฐานก่อสร้างของ กฟภ. กำหนดขนาดสายตัวนำข้างเสาไว้ที่ 50 mm² เมื่อทำการปรับปรุงโดยเปลี่ยนขนาดเป็น 70 mm² และ 95 mm² พบว่าอัตราการเกิดวابلไฟตามผิวที่ได้มีค่าลดลงเล็กน้อยคือจะใกล้เคียงกับอัตราการเกิดวابلไฟก่อนการปรับปรุง

4) การเพิ่ม-ลด ความสูงของสายดิน ทำให้อัตราการเกิดวابلไฟตามผิวเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน โดยการเพิ่มความสูงของสายดินจะให้อัตราการเกิดวابلไฟลดลงเล็กน้อย

5) การเพิ่มสายดินเป็น 2 เส้น ในกรณีที่โครงสร้างเสามีการจัดวางสายเฟสทั้งสองด้านของไม้คอง สามารถลดค่าอัตราการเกิดวابلไฟตามผิวได้เช่นกัน แต่ลดลงไม่มากนักเมื่อเทียบกับค่าก่อนการปรับปรุง

6) การติดตั้งกับดักฟ้าผ่าหรืออะเรสเตอร์ที่เฟสไกลจากสายดินมากที่สุด จะทำให้อัตราการเกิดวابلไฟตามผิวลดลงอย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปรับปรุงอื่นๆ แต่เนื่องจากการลงทุนค่อนข้างสูง ดังนั้นในการปรับปรุงอาจทำร่วมกับวิธีการอื่นๆ โดยอาจติดตั้งกับดักฟ้าผ่าในสายจำหน่าย 115 kV เพื่อป้องกันเฉพาะตำแหน่งสำคัญ ๆ เช่น ไม้ก่อกิโลเมตรก่อนเข้าสถานีไฟฟ้าของลูกค้า ในตำแหน่งที่เสี่ยงต่อการเกิดฟ้าผ่า หรือมีสถิติการเกิดฟ้าผ่าบ่อยครั้ง เป็นต้น

7) ในการเลือกวิธีปรับปรุงสมรรถนะระบบป้องกันฟ้าผ่าควรคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ประกอบด้วย ไม่ว่าจะเป็นความสำคัญของกิจกรรมในพื้นที่นั้น ๆ ว่าต้องการความปลอดภัยมากน้อยเพียงใด คำนวณค่าการลงทุนหรือไม่ เช่นประเภทของผู้ใช้ไฟ หรือมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟ เป็นต้น

8) อัตราการเกิดวابلไฟเนื่องจากฟ้าผ่าก่อนการปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่ามีค่าเท่ากับ 13.73 ครั้ง/100 กิโลเมตร/ปี ปรับปรุงด้วยการลดค่าความต้านทานการต่อลงดินมีค่าเท่ากับ 9.73 ครั้ง/100 กิโลเมตร/ปี ปรับปรุงด้วยการเพิ่มฉนวนลู่ถ้วยจาก 7 เป็น 9 ลู่มีค่าเท่ากับ 7.94 ครั้ง/100

กิโลเมตร/ปี ปรับปรุงด้วยการเพิ่มขนาดสายตัวนำข้างเสาจาก 50 mm² เป็น 95 mm² มีค่าเท่ากับ 13.57 ครั้ง/100 กิโลเมตร/ปี ปรับปรุงด้วยการเพิ่มความสูงของสายดินอีก 50 เซนติเมตรมีค่าเท่ากับ 13.74 ครั้ง/100 กิโลเมตร/ปี และปรับปรุงด้วยการติดตั้งกับดักฟ้าผ่ามีค่าเท่ากับ 5.28 ครั้ง/100 กิโลเมตร/ปี ซึ่งวิธีปรับปรุงด้วยการติดตั้งกับดักฟ้าผ่ามีประสิทธิภาพสูงสุดและวิธีการปรับปรุงด้วยการเพิ่มความสูงของสายดินอีก 50 เซนติเมตรให้ประสิทธิภาพต่ำสุด

- มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟประเภทโรงงานอุตสาหกรรม

การวิจัยในส่วนนี้จัดทำขึ้นเพื่อหาข้อมูลมาใช้พิจารณาปรับปรุงระบบจำหน่าย 115 kV เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบจ่ายไฟของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และช่วยในการตัดสินใจลงทุนปรับปรุงระบบจำหน่าย 115 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคให้คุ้มค่ากับจำนวนเงินลงทุนให้มากที่สุด ในส่วนของการไฟฟ้าอำเภอบางปะกง ผลการวิจัยที่ได้แสดงให้เห็นว่า

- 1) บริษัทที่สำรวจส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในไลน์ฟีดเดอร์ 3YB-01 จึงเลือกที่จะนำข้อมูลที่สำรวจได้มาใช้ในการปรับปรุงไลน์นี้ และเมื่อพิจารณาที่มูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับจะพบว่า ทั้ง 6 โรงงานในไลน์ฟีดเดอร์ 3YB-01 มีมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟกระพริบหรือไฟดับชั่วคราวเท่ากับ 36,023,934 บาท/ครั้ง
- 2) จากสถิติการเกิดไฟดับของสถานีไฟฟ้าย่อยคลองใหม่ปี 2550 และ 2551 พบว่าเกิดไฟดับทั้งสิ้น 29 ครั้ง เป็นไฟดับชั่วคราว 16 ครั้งคิดเป็นร้อยละ 55.17 และไฟดับนาน 13 ครั้งคิดเป็นร้อยละ 44.83 ระยะเวลาเกิดไฟดับนานเฉลี่ยอยู่ที่ 0.102 ชั่วโมง
- 3) ทั้ง 6 โรงงานในไลน์ฟีดเดอร์ 3YB-01 มีมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับนานเฉลี่ยเท่ากับ 44,768,769 บาท/ครั้ง
- 4) มูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากฟ้าผ่าเท่ากับ 39,944,244 บาท/ครั้ง

- การเลือกวิธีการปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่า

ใช้ข้อมูล 3 ส่วนในการพิจารณาประกอบกันคือ มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟ มูลค่าความเสียหายของการไฟฟ้าในการขายไฟไม่ได้ และมูลค่าการลงทุนของการไฟฟ้าในการปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่า ซึ่งพบว่า

- 8) วิธีการปรับปรุงระบบป้องกันฟ้าผ่าที่มีมูลค่าการลงทุนต่ำสุดคือ การลดค่าความต้านทานการต่อลงดิน และวิธีการติดตั้งกับดักฟ้าผ่าใช้เงินลงทุนสูงสุด
- 9) มูลค่าความเสียหายของการไฟฟ้าเนื่องจากขายไฟไม่ได้ขึ้นกับค่ากำลังไฟฟ้าที่แต่ละโรงงานใช้ขณะเกิดไฟดับและช่วงเวลาการเกิดไฟดับ จากข้อมูลสถิติการเกิดไฟดับปี 2550 พบว่าการไฟฟ้าสูญเสียรายได้จากโรงงานทั้ง 6 โรงงานนี้ประมาณ 350,000 บาท
- 10) เมื่อนำข้อมูลความเสียหายของผู้ใช้ไฟพิจารณาร่วมกับอัตราการเกิดวาวไฟเนื่องจากฟ้าผ่าพบว่ามูลค่าเสียหายเนื่องจากไฟดับของผู้ใช้ไฟก่อนการปรับปรุงระบบเท่ากับ 153,557,808 บาท

- 11) วิธีการติดตั้งกับดักฟ้าผ่าให้มูลค่าความเสียหายรวมต่ำที่สุด ตามด้วยการเพิ่มจำนวนฉนวนลูกถ้วย วิธีการลดความต้านทานการต่อลงดินและวิธีเพิ่มขนาดสายตัวนำข้างเสาให้มูลค่าความเสียหายรวมสูงสุด
- 12) วิธีที่ให้อัตราส่วนระหว่างมูลค่าความเสียหายที่ลดลงต่อมูลค่าการลงทุนสูงสุดคือวิธีการลดความต้านทานการต่อลงดินซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ลองลงมาก็คือ การเพิ่มจำนวนฉนวนลูกถ้วย การติดตั้งกับดักฟ้าผ่า และการเพิ่มขนาดสายตัวนำข้างเสา ตามลำดับ
- 13) หากการไฟฟ้าจัดสรรงบประมาณการปรับปรุงระบบไว้ไม่มากนักวิธีที่เหมาะสมคือวิธีลดความต้านทานการต่อลงดิน อาจมีงบประมาณมากขึ้นก็อาจใช้วิธีอื่นที่ให้มูลค่าความเสียหายต่ำร่วมด้วย
- 14) การกำหนดวิธีการปรับปรุงและจำนวนตำแหน่งในการติดตั้งที่เหมาะสมกับงบประมาณสามารถใช้เทคนิค optimization ช่วยในการวิเคราะห์ได้

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

- 1) การเก็บข้อมูลความเสียหายผู้ใช้ไฟฟ้าหากสามารถเก็บได้ครบทุกโรงงานในไลน์ฟีดเดอร์ที่ต้องการปรับปรุงก็จะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น
- 2) ในการคำนวณหามูลค่าความเสียหายของการไฟฟ้าที่ขายไฟไม่ได้ขณะเกิดไฟดับจำเป็นต้องทราบค่ากำลังไฟฟ้าขณะเกิดไฟดับของไลน์ฟีดเดอร์ที่ทำการพิจารณา
- 4) การทราบสาเหตุที่แน่นอนของการเกิดไฟดับจะช่วยให้ผลการวิเคราะห์ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น
- 5) การไฟฟ้าต่างๆสามารถประยุกต์ใช้แนวทางของงานวิจัยนี้ในการกำหนดเป้าหมายขององค์กรได้ว่าจะให้อัตราการเกิดไฟดับเป็นเท่าไร และต้องจัดสรรงบประมาณเท่าใด เป็นต้น

Output จากโครงการวิจัยที่ได้รับทุนจาก สกว.

1. ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ (ระบุชื่อผู้แต่ง ชื่อเรื่อง ชื่อวารสาร ปี เล่มที่ เลขที่ และหน้า) หรือผลงานตามที่คาดไว้ในสัญญาโครงการ
 รวบรวมผลการพิจารณาบทความ
 ผู้แต่ง: Nattaya Klairuang and Winai Plueksawan
 ชื่อเรื่อง: Lightning Performance Assessment and Survey of Outage Cost to Improve Lightning Protection System of Overhead Lines
 ชื่อวารสาร: Power Technology and Engineering
2. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์
 - เชิงวิชาการ
 - 1) นำไปใช้ประกอบการสอนวิชา Electric Power System Analysis II ในเรื่อง Insulation Coordination
 - 2) นำไปเป็นส่วนหนึ่งในวิชาโครงงานวิศวกรรม
 - 3) ให้นิสิตระดับปริญญาตรีเป็นผู้ช่วยนักวิจัย เป็นการสร้างนักวิจัยใหม่
3. การเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการ ระดับนานาชาติ
 - N.Klairuang, P. Unahalekhaka, S. Somkanae and A.Soursuwan “ Lightning Performance Indices of Overhead Distribution Lines”, UPEC2009, The 44th International Universities Power Engineering Conference 2009.

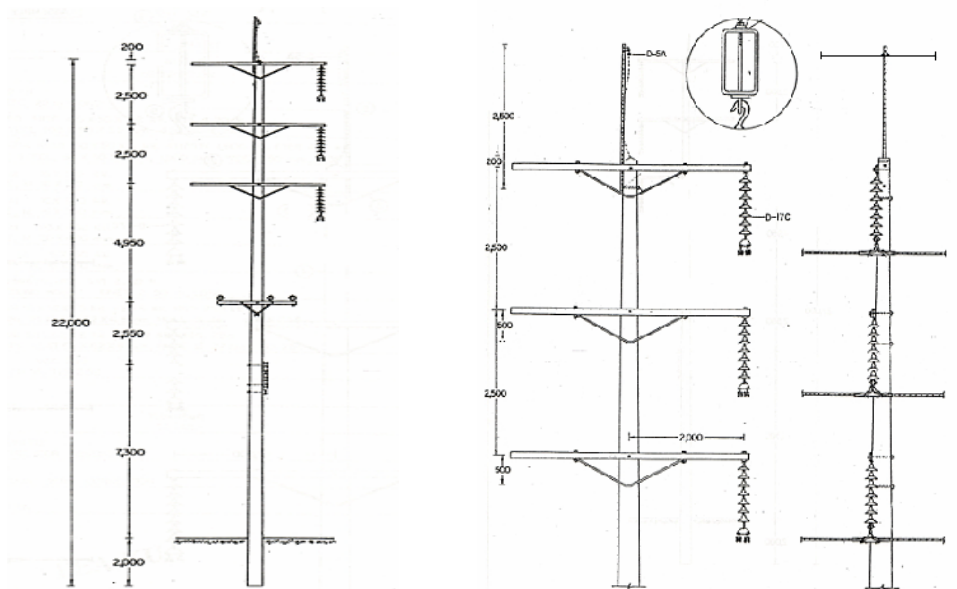
เอกสารอ้างอิง

- [1] สรรวย สังข์สะอาด , วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง , พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพมหานคร
- [2] ขวาลิต ดำรงรัตน์ , การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า , 2537 , ซีเอ็ดดูเคชั่น
- [3] ชัด อินทะสี , การส่งและจ่ายกำลังไฟฟ้า , 2544
- [4] ชำนาญ ห่อเกียรติ , การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง , 2550 , พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร
- [5] ชำนาญ ห่อเกียรติ , โครงการพัฒนาความชำนาญด้านไฟฟ้ากำลัง , 2550
- [6] ดร.นатыา คล้ายเรือง , เอกสารประกอบการเรียนวิชา Power System เรื่อง Lightning Overvoltage on transmission and distribution line.
- [7] คู่มือมาตรฐานการก่อสร้างสายส่ง 115 kV แฟ้ม A5 , แผนกฝึกอบรมด้านระบบไฟฟ้า กองฝึกอบรม สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคล การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
- [8] ปฎิคม เมฆบัว และ จักรินทร์ บุญยงค์ , ระดับแรงดันเกินฟ้าผ่าในระบบจำหน่าย 115 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค(กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง(กฟน.) , 2549
- [9] สำเริง อินททำไม้ , การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 29, EECON29, หน้า 229 – 232
- [10] งานบริการข้อมูลกรม อุดุนิยมวิทยา , จำนวนฝนฟ้าคะนอง กรมอุตุนิยมวิทยา , 2550 , กรุงเทพมหานคร
- [11] B. Samitthileela, S. Bhumiwat, "Some Experiences of Lightning in Thailand", International Conference on Lightning Protection (ICLP)23rd, Italy, pp. 246-251, 1999.
- [12] IEEE Standard 1243, " IEEE Guide for Improving the Lightning Performance of Transmission Lines", 47th The Institute of Electrical and Electronic Engineers, New York, USA, 1997.
- [13] Klairuang, N.; Pobporn, W.; Hokierti, "Lifetime analysis of distribution arrester by lightning stroke" AUPEC2003, New Zealand, 2003.
- [14] Klairuang, N, K.Saiban, V. Samutchaikit, "Effect of 115 kV Lines to Lightning Performance of 230 kV Transmission Lines" EECON31, Thailand, 2008.
- [15] R.Hileman, " Insulation Coordination for Power System", Marcel Dekker Inc.,New York, USA. pp. 497 – 556, 1999.
- [16] IEEE Standard 1410, " IEEE Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines", The Institute of Electrical and Electronic Engineers, New York, USA, 2004.

ภาคผนวก ก
การประกอบเสาแบบต่าง ๆ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
(พิจารณาเฉพาะเสาสำหรับทางตรง) [7]

1) วงจรเดี่ยว สายไฟฟ้าคู่ เสาสำหรับทางตรง แบบ SD-TG-1

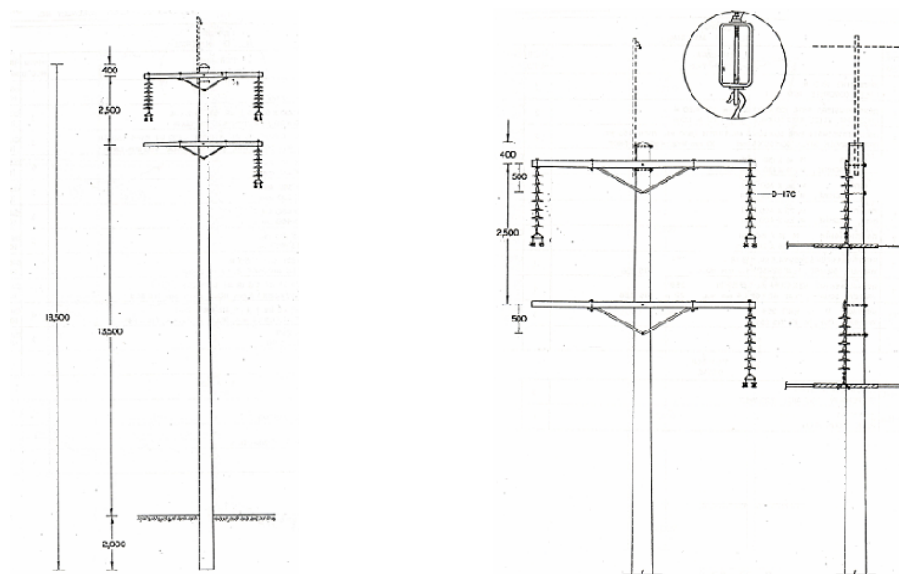
(Single Circuit Double Conductor Tangent Structure TYPE SD-TG-1)



รูปที่ ก.1 เสาสำหรับทางตรงแบบ SD-TG-1

2) วงจรเดี่ยว สายไฟฟ้าคู่ เสาสำหรับทางตรง ใช้เสาขนาด 18.50 เมตร แบบ SD-TG-2

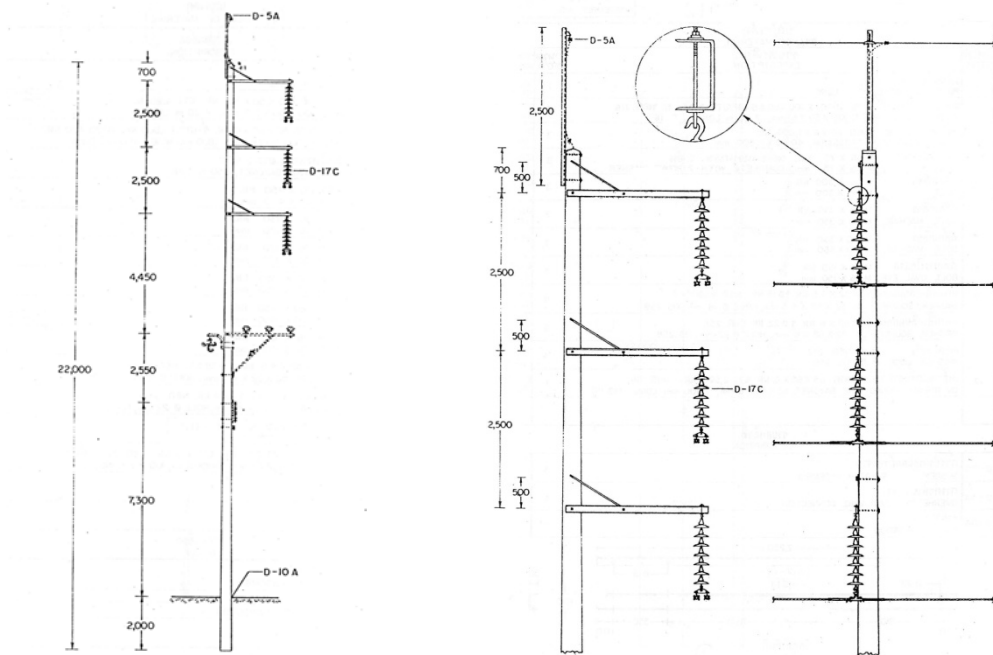
(Single Circuit Double Conductor Tangent Structure 18.50 m Pole TYPE SD-TG-2)



รูปที่ ก.2 เสาสำหรับทางตรง ใช้เสาขนาด 18.50 ม. แบบ SD-TG-2

3) วงจรเดี่ยว สายไฟฟ้าคู่ เสาสำหรับทางตรง แบบ SD-TG-3

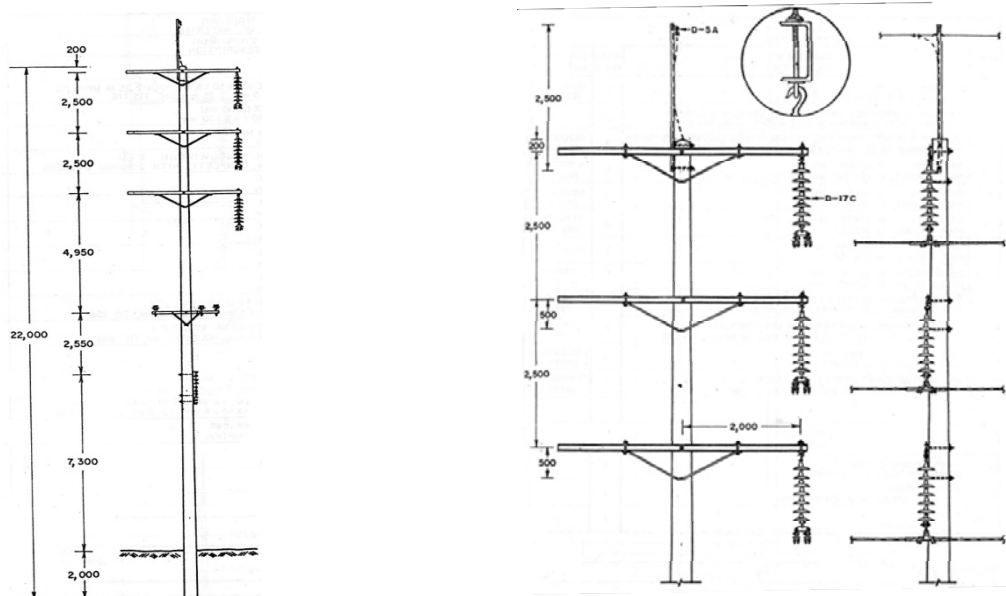
(Single Circuit Double Conductor Tangent Structure TYPE SD-TG-3)



รูปที่ ก.3 เสาสำหรับทางตรงแบบ SD-TG-3

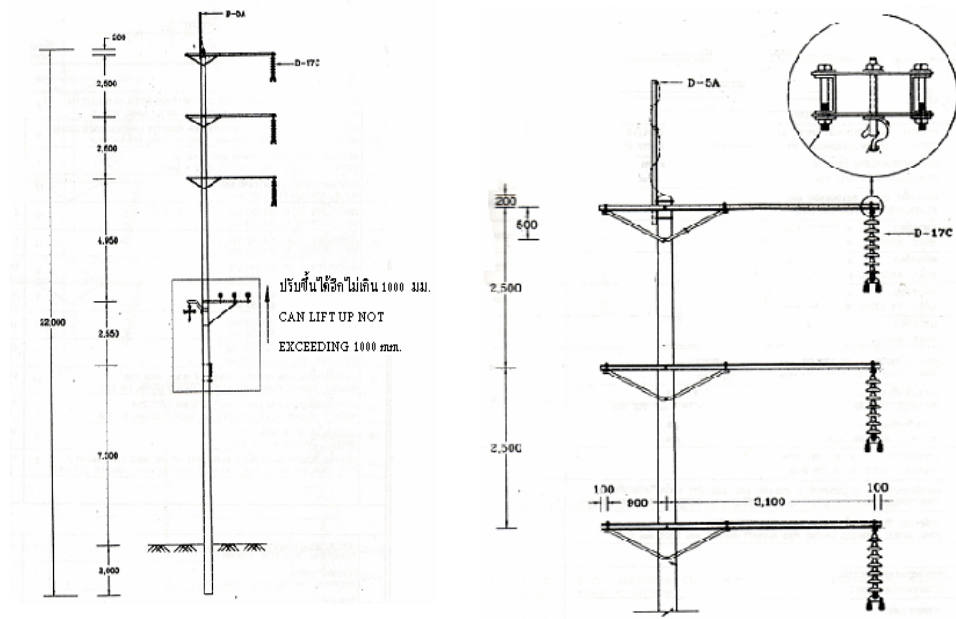
4) วงจรเดี่ยว สายไฟฟ้าคู่ เสาสำหรับทางตรง แบบ SD-TG-5

(Single Circuit Double Conductor Tangent Structure TYPE SD-TG-5)



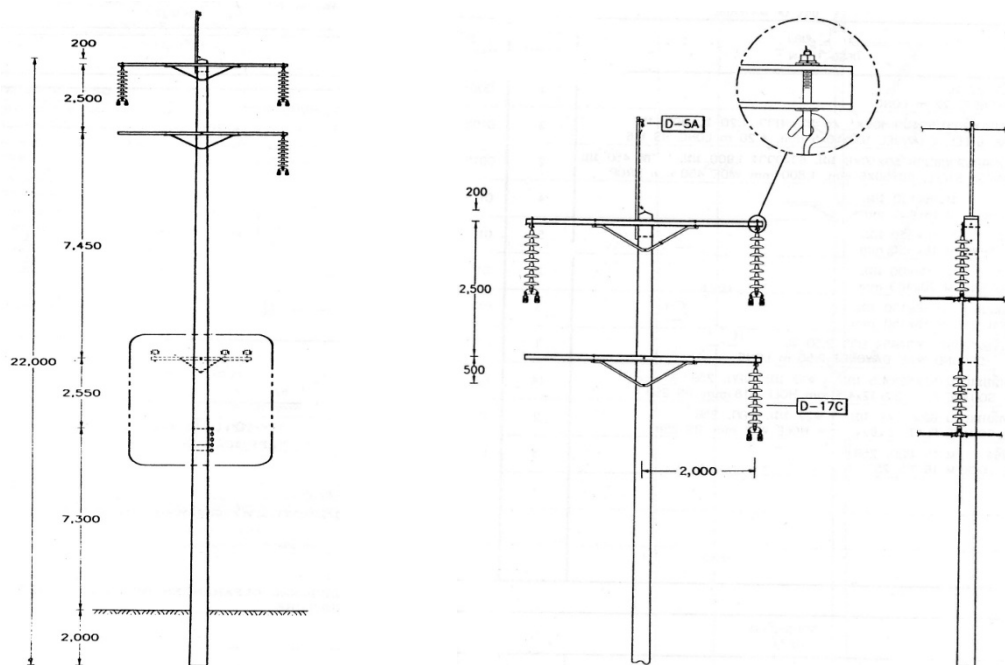
รูปที่ ก.4 เสาสำหรับทางตรงแบบ SD-TG-5

5) วงจรเดี่ยว สายไฟฟ้าคู่ เส้าสำหรับทางตรง แบบ SD-TG-7
(Single Circuit Double Conductor Tangent Structure TYPE SD-TG-7)



รูปที่ ก.5 เส้าสำหรับทางตรงแบบ SD-TG-7

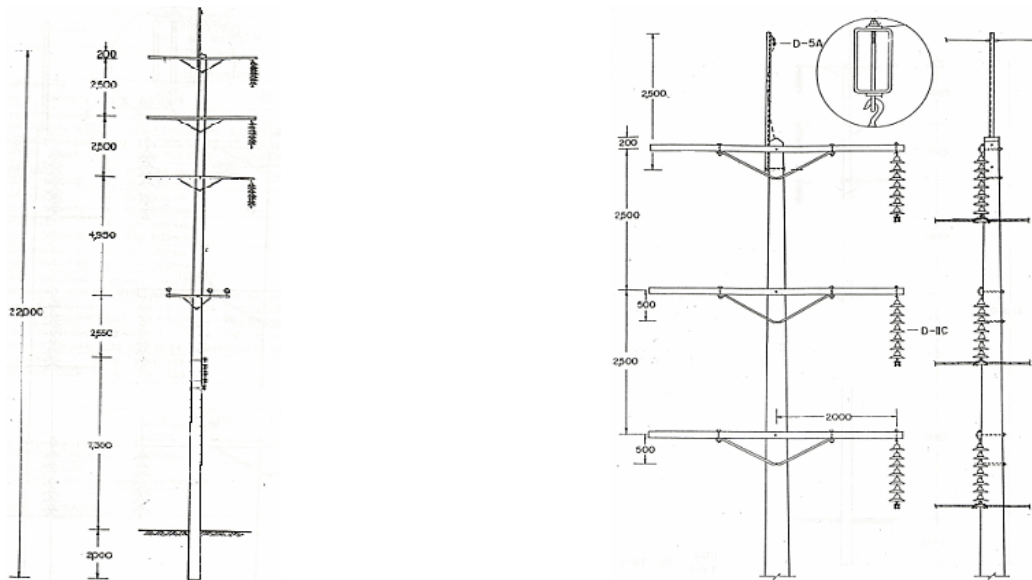
6) วงจรเดี่ยว สายไฟฟ้าคู่ เส้าสำหรับทางตรง แบบ SD-TG-8
(Single Circuit Double Conductor Tangent Structure TYPE SD-TG-8)



รูปที่ ก.6 เส้าสำหรับทางตรงแบบ SD-TG-8

7) วงจรเดี่ยว สายไฟฟ้าเดี่ยว สำหรับเสาทางตรง แบบ SS-TG-1

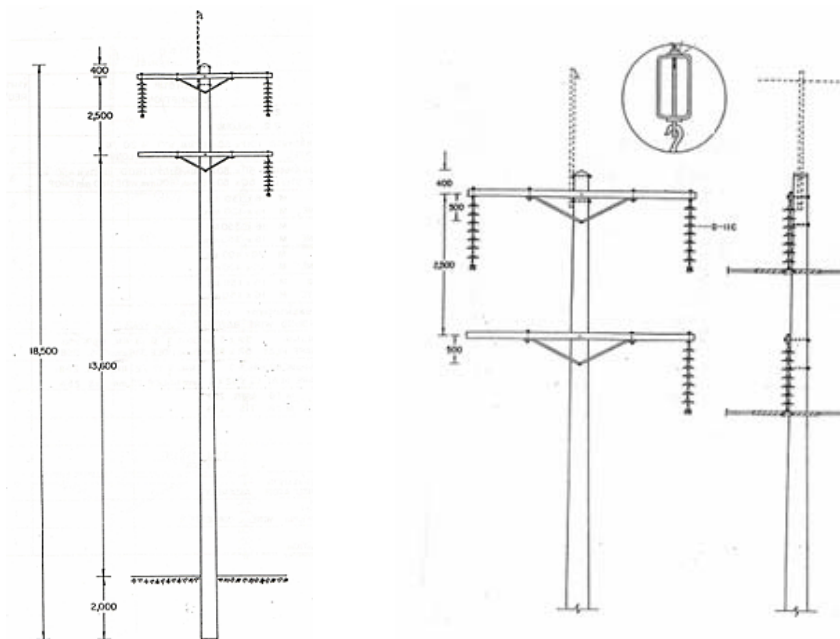
(Single Circuit Single Conductor Tangent Structure TYPE SS-TG-1)



รูปที่ ก.7 เสาสำหรับทางตรงแบบ SS-TG-1

8) วงจรเดี่ยว สายไฟฟ้าเดี่ยว เสาสำหรับทางตรง ใช้เสาขนาด 18.50 ม. แบบ SS-TG-2

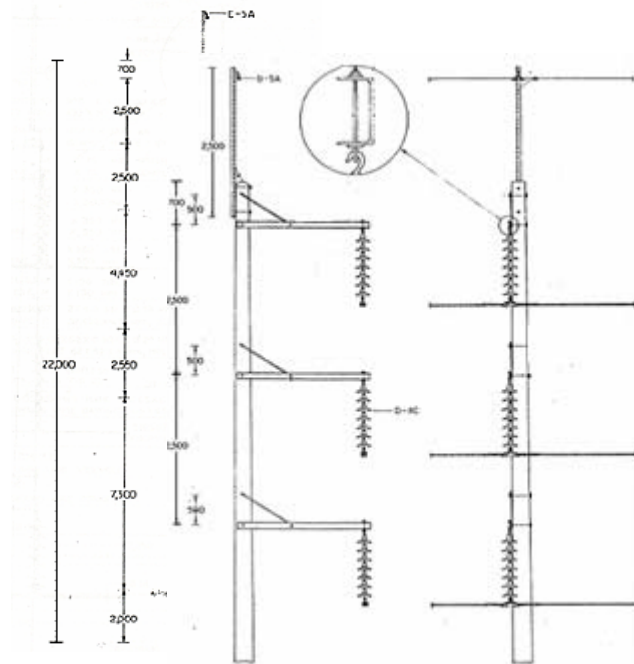
(Single Circuit Single Conductor Tangent Structure 18.50 m Pole TYPE SS-TG-2)



รูปที่ ก.8 เสาสำหรับทางตรง เสาขนาด 18.50 ม. แบบ SS-TG-2

9) วงจรเดี่ยว สายไฟฟ้าเดี่ยว เสาสำหรับทางตรง แบบ SS-TG-2

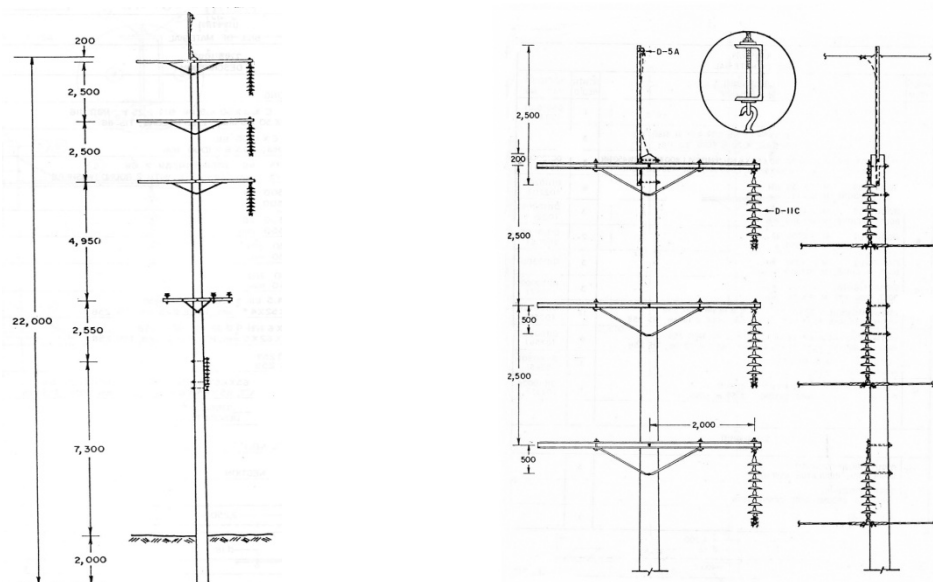
(Single Circuit Single Conductor Tangent Structure TYPE SS-TG-2)



รูปที่ ก.9 เสาสำหรับทางตรงแบบ SS-TG-2

10) วงจรเดี่ยว สายไฟฟ้าเดี่ยว เสาสำหรับทางตรง แบบ SS-TG-3

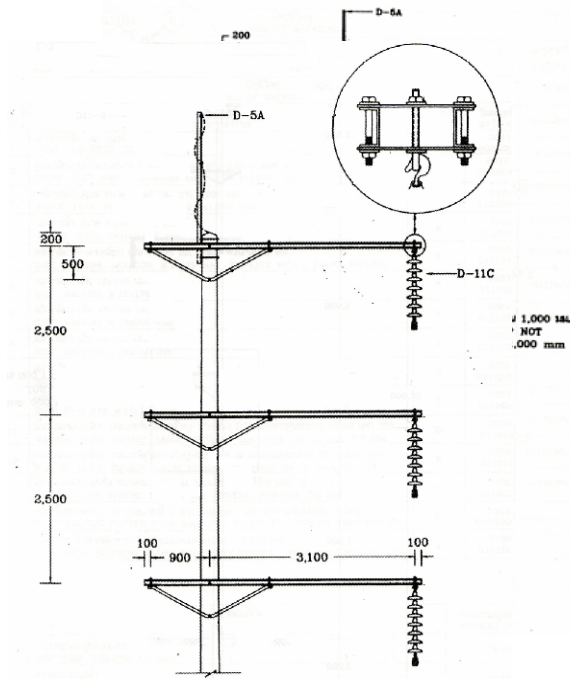
(Single Circuit Single Conductor Tangent Structure TYPE SS-TG-3)



รูปที่ ก.10 เสาสำหรับทางตรงแบบ SS-TG-3

11) วงจรเดี่ยว สายไฟฟ้าเดี่ยว เสาสำหรับทางตรง แบบ SS-TG-6

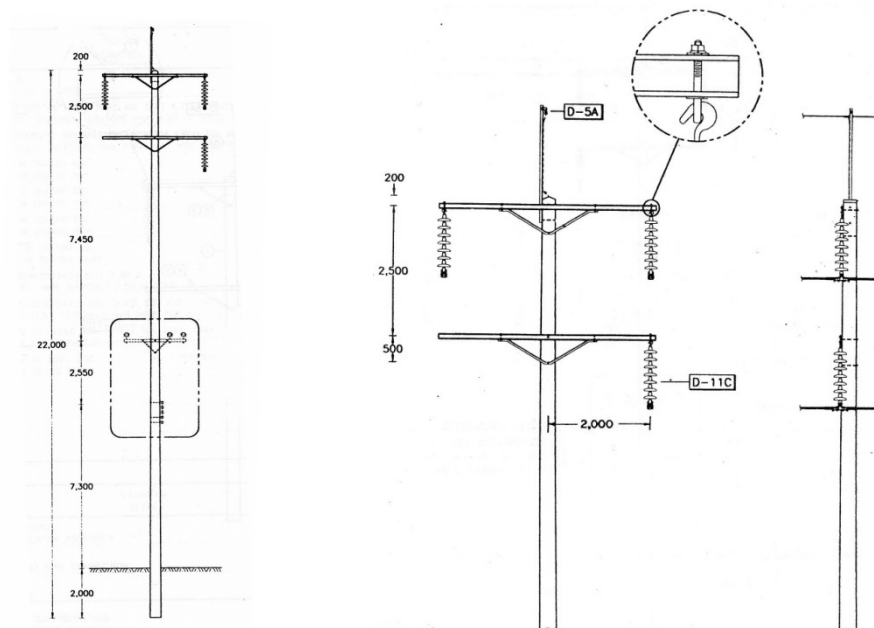
(Single Circuit Single Conductor Tangent Structure TYPE SS-TG-6)



รูปที่ ก.11 เสาสำหรับทางตรงแบบ SS-TG-6

12) วงจรเดี่ยว สายไฟฟ้าเดี่ยว เสาสำหรับทางตรง แบบ SS-TG-8

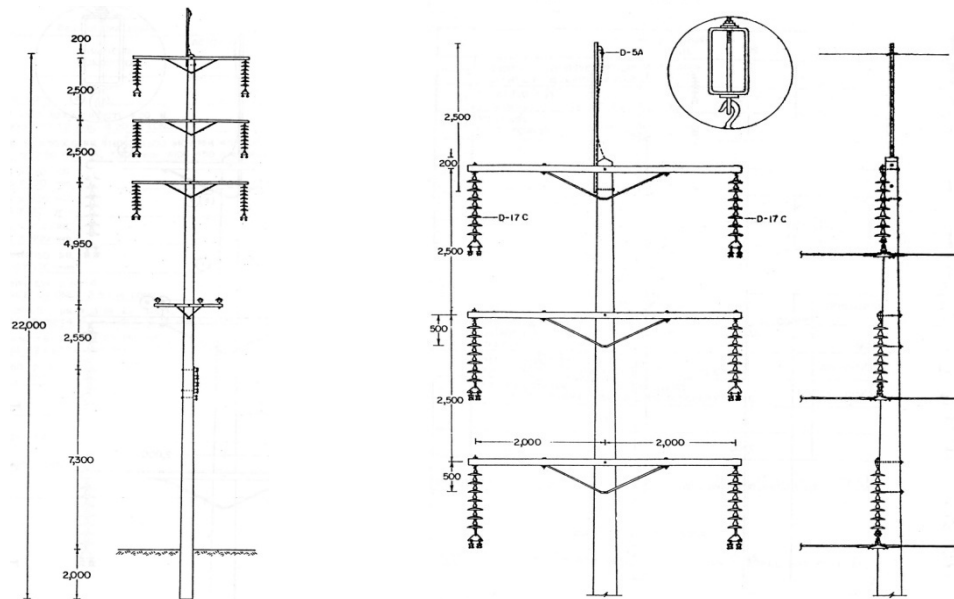
(Single Circuit Single Conductor Tangent Structure TYPE SS-TG-8)



รูปที่ ก.12 เสาสำหรับทางตรงแบบ SS-TG-8

13) วงจรคู่ สายไฟฟ้าคู่ เส้าสำหรับทางตรง แบบ DD-TG-1

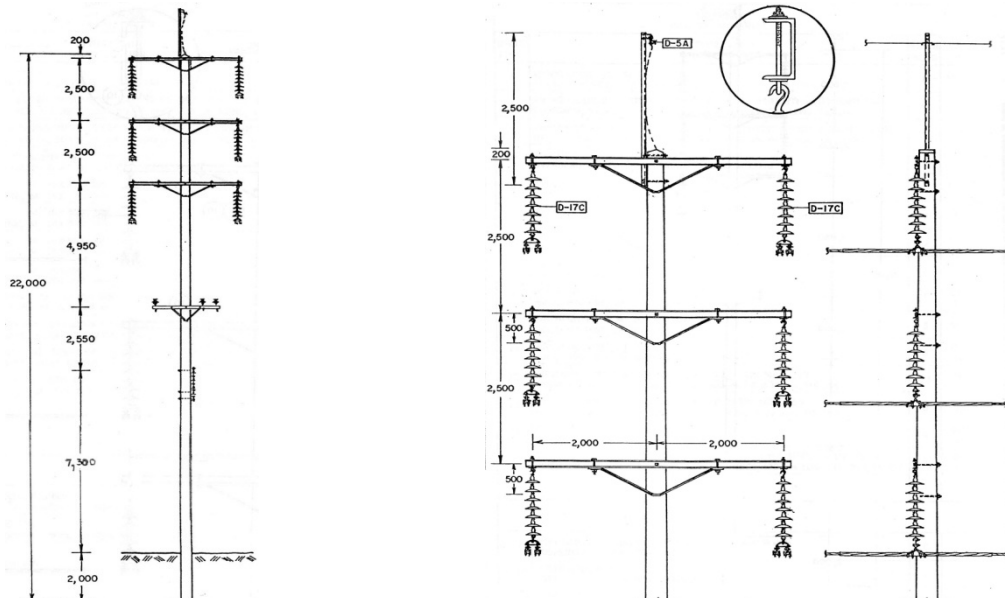
(Double Circuit Double Conductor Tangent Structure TYPE DD-TG-1)



รูปที่ ก.13 เส้าสำหรับทางตรงแบบ DD-TG-1

14) วงจรคู่ สายไฟฟ้าคู่ เส้าสำหรับทางตรง แบบ DD-TG-3

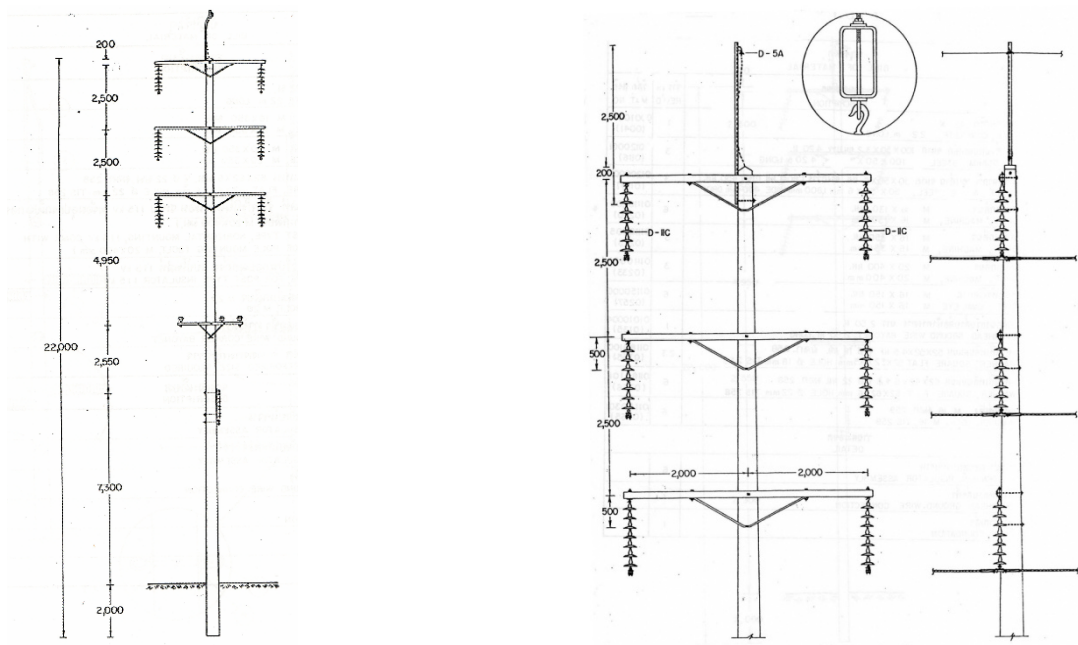
(Double Circuit Double Conductor Tangent Structure TYPE DD-TG-3)



รูปที่ ก.14 เส้าสำหรับทางตรงแบบ DD-TG-3

15) วงจรคู่ สายไฟฟ้าเดี่ยว เสาสำหรับทางตรง แบบ DS-TG-1

(Double Circuit Single Conductor Tangent Structure TYPE DS-TG-1)



รูปที่ ก.15 เสาสำหรับทางตรงแบบ DS-TG-1

ภาคผนวก ข

ข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในโปรแกรม LCC และโปรแกรม ATPDraw

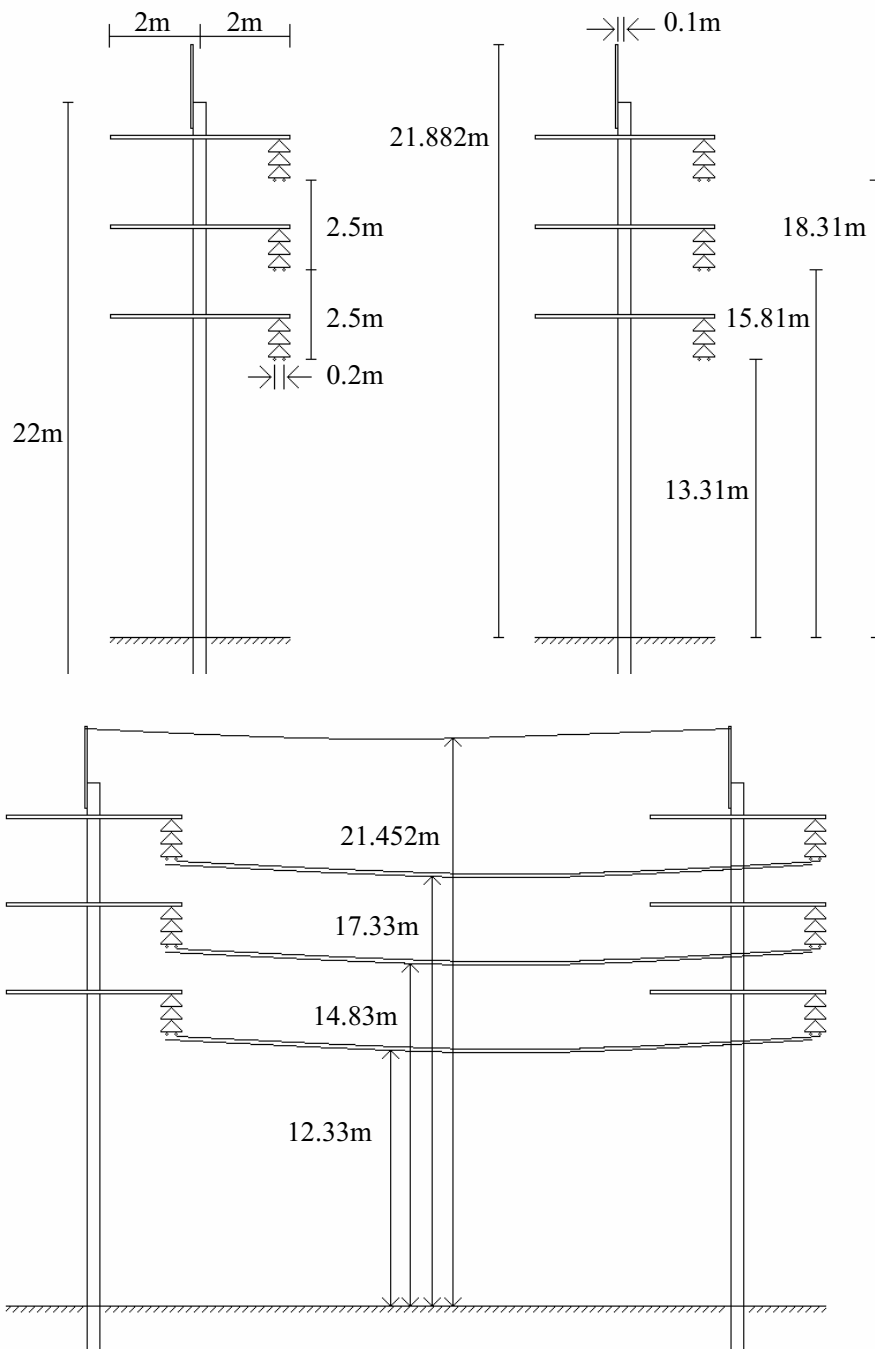
ตารางที่ ข.1 ข้อมูลใน Line Model ของรูปแบบเสาต่าง ๆ

TYPE	รูปแบบ สาย	Resis [ohmm]	Dist. [km]	Freq. [Hz]	Freq.SS [Hz]	Freq.init [Hz]	DEC	PNT
SD-TG-5	J.Marti	100	0.08	937500	50	0	7	10
SD-TG-8	J.Marti	100	0.08	937500	50	0	7	10
SS-TG-3	J.Marti	100	0.08	937500	50	0	7	10
SS-TG-8	J.Marti	100	0.08	937500	50	0	7	10
DD-TG-1	J.Marti	100	0.08	937500	50	0	7	10
DS-TG-1	J.Marti	100	0.08	937500	50	0	7	10

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลใน Conductor card ของรูปแบบเสาแบบ SD-TG-5

Ph.no.	1	2	3	4
skin	0	0	0	0
Resis [ohm/km]	0.04211	0.04211	0.04211	0.99804
IX	3	3	3	3
React	0.772	0.772	0.772	0.726
Diam [cm]	2.256	2.256	2.256	0.6676
Horiz. [m]	2	2	2	0.1
Vtower [m]	18.31	15.81	13.31	21.882
Vmid. [m]	17.33	14.83	12.33	21.452
Separ. [cm]	20	20	20	0
Alpha deg.	0	0	0	0
NB	2	2	2	0

SD-TG-5 (Single Circuit Double Conductor Tangent Structure)

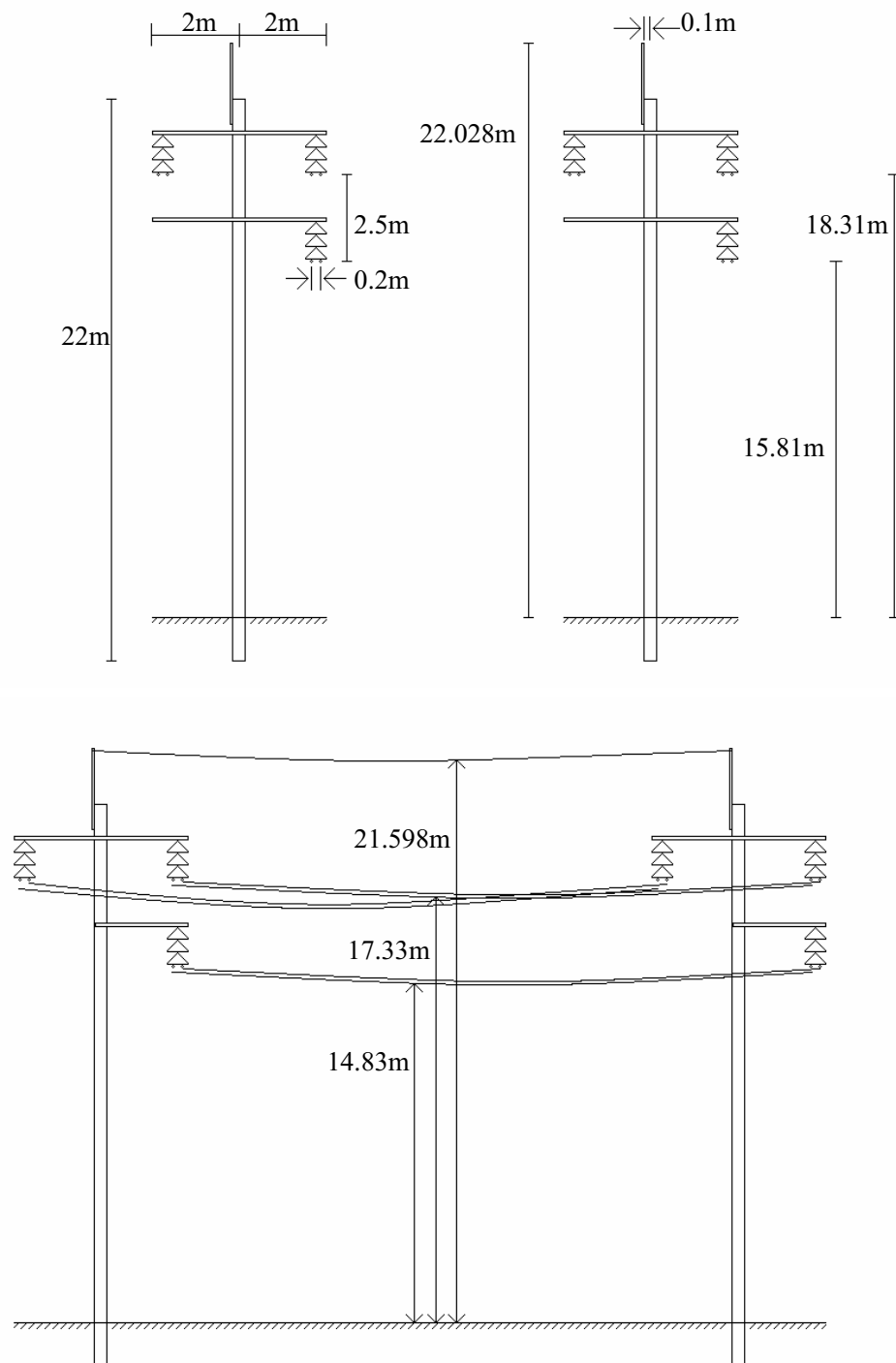


รูปที่ ข.1 โครงสร้างเสาและการจัดรูปแบบสาย ของ SD-TG-5

ตารางที่ ข.3 ข้อมูลใน Conductor card ของรูปแบบเสาแบบ SD-TG-8

Ph.no.	1	2	3	4
skin	0	0	0	0
Resis [ohm/km]	0.04211	0.04211	0.04211	0.99804
IX	3	3	3	3
React	0.772	0.772	0.772	0.726
Diam [cm]	2.256	2.256	2.256	0.6676
Horiz. [m]	2	2	-2	0.1
Vtower [m]	18.31	15.81	18.31	22.028
Vmid. [m]	17.33	14.83	17.33	21.598
Separ. [cm]	20	20	20	0
Alpha deg.	0	0	0	0
NB	2	2	2	0

SD-TG-8 (Single Circuit Double Conductor Tangent Structure)

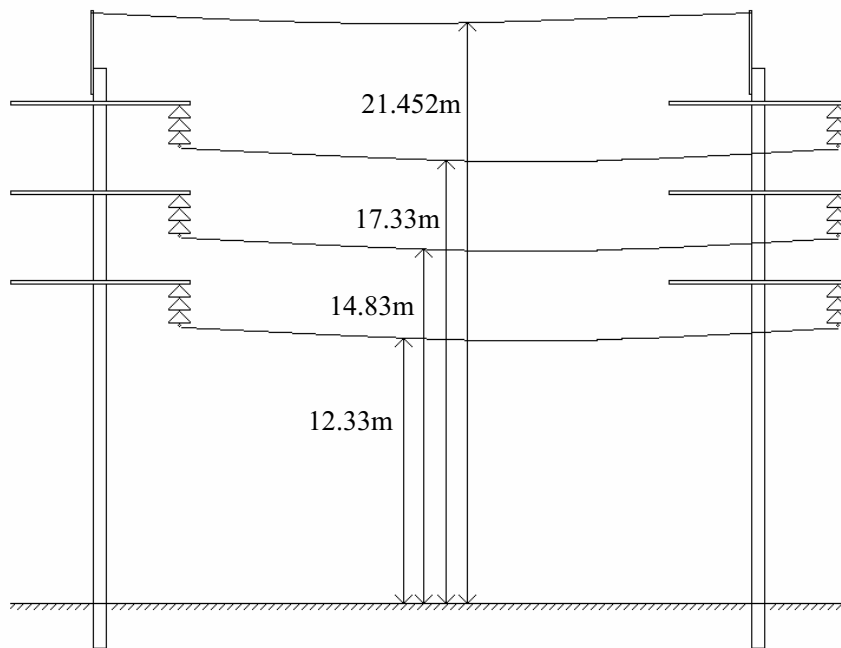
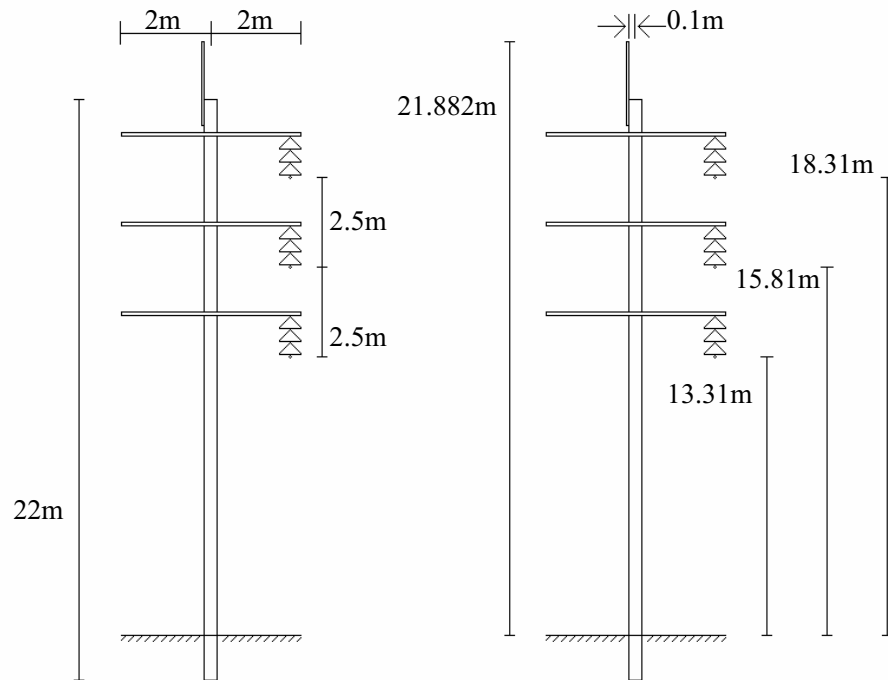


รูปที่ ข.2 โครงสร้างเสาและการจัดรูปแบบสาย ของ SD-TG-8

ตารางที่ ข.4 ข้อมูลใน Conductor card ของรูปแบบเสาแบบ SS-TG-3

Ph.no.	1	2	3	4
skin	0	0	0	0
Resis [ohm/km]	0.084219	0.084219	0.084219	0.99804
IX	3	3	3	3
React	0.772	0.772	0.772	0.726
Diam [cm]	2.256	2.256	2.256	0.6676
Horiz. [m]	2	2	2	0.1
Vtower [m]	18.31	15.81	13.31	21.882
Vmid. [m]	17.33	14.83	12.33	21.452
Alpha deg.	0	0	0	0

SS-TG-3 (Single Circuit Single Conductor Tangent Structure)

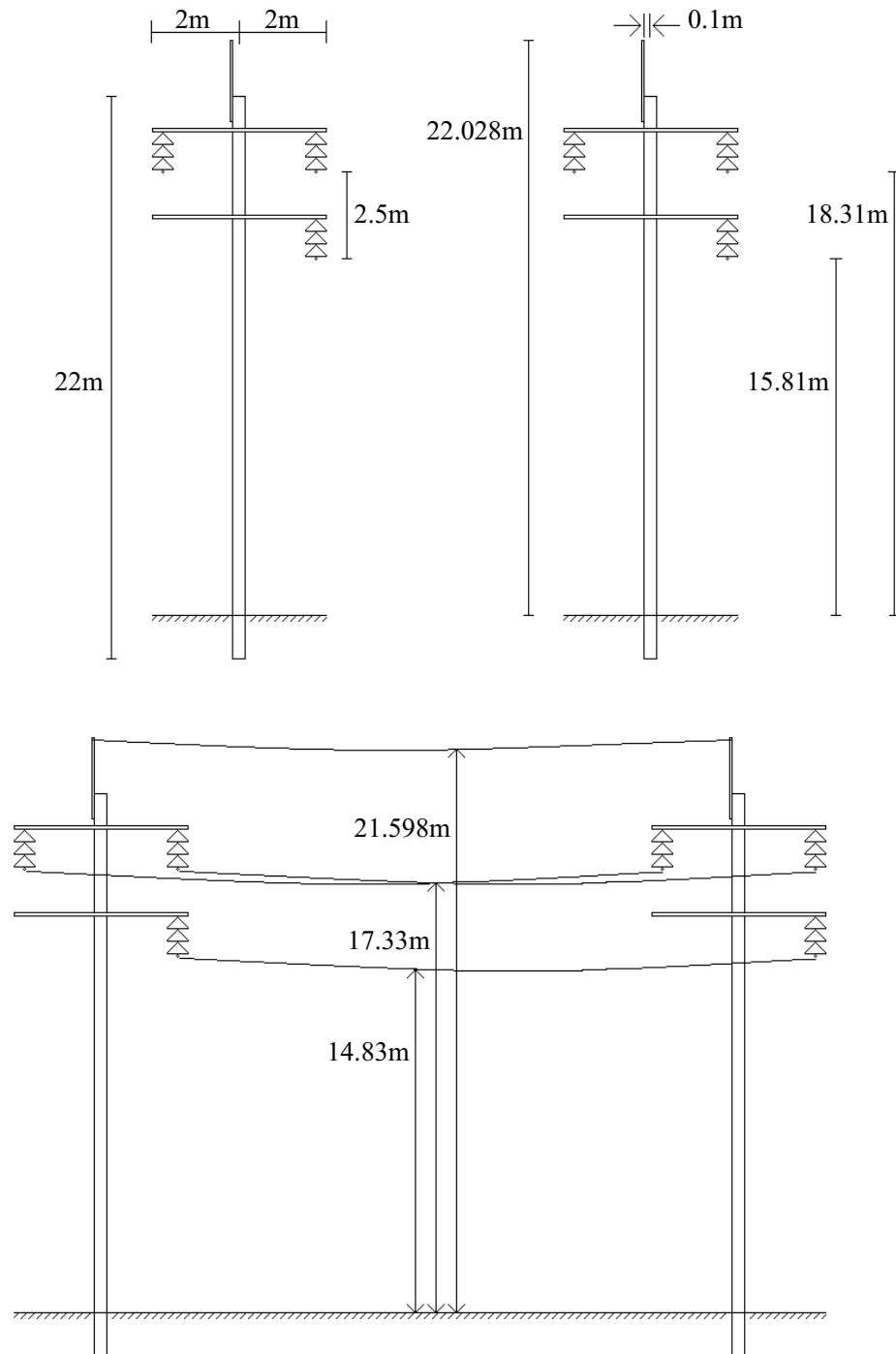


รูปที่ ข.3 โครงสร้างเสาและการจัดรูปแบบสาย ของ SS-TG-3

ตารางที่ ข.5 ข้อมูลใน Conductor card ของรูปแบบเสาแบบ SS-TG-8

Ph.no.	1	2	3	4
skin	0	0	0	0
Resis [ohm/km]	0.084219	0.084219	0.084219	0.99804
IX	3	3	3	3
React	0.772	0.772	0.772	0.726
Diam [cm]	2.256	2.256	2.256	0.6676
Horiz. [m]	2	2	-2	0.1
Vtower [m]	18.31	15.81	18.31	22.028
Vmid. [m]	17.33	14.83	17.33	21.598
Alpha deg.	0	0	0	0

SS-TG-8 (Single Circuit Single Conductor Tangent Structure)

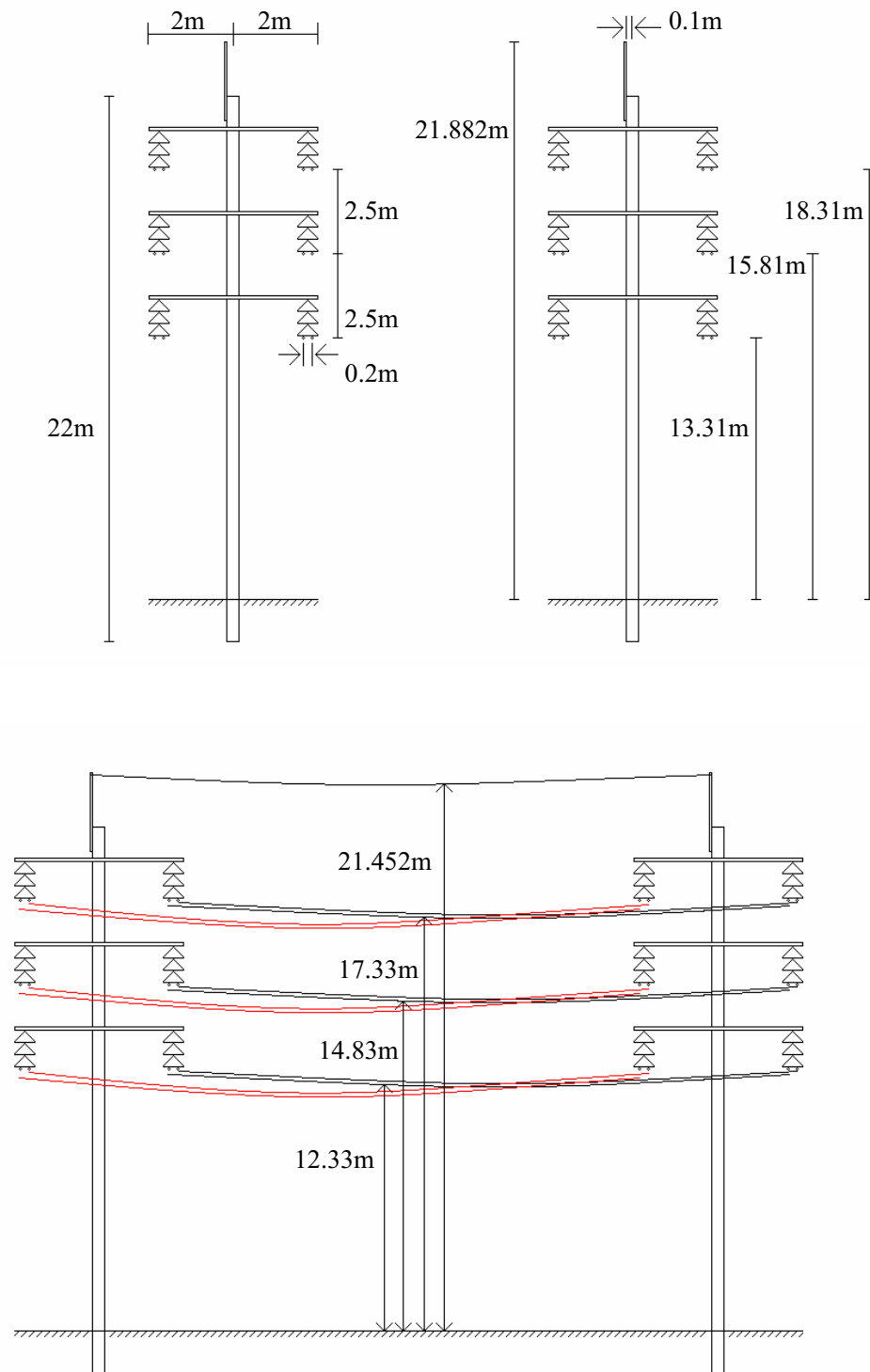


รูปที่ ข.4 โครงสร้างเสาและการจัดรูปแบบสาย ของ SS-TG-8

ตารางที่ ข.6 ข้อมูลใน Conductor card ของรูปแบบเสาแบบ DD-TG-1

Ph.no.	1	2	3	4	5	6	7
skin	0	0	0	0	0	0	0
Resis[ohm/km]	0.04211	0.04211	0.04211	0.04211	0.04211	0.04211	0.99804
IX	3	3	3	3	3	3	3
React	0.772	0.772	0.772	0.772	0.772	0.772	0.726
Diam [cm]	2.256	2.256	2.256	2.256	2.256	2.256	0.6676
Horiz. [m]	2	2	2	-2	-2	-2	0.1
Vtower [m]	18.31	15.81	13.31	18.31	15.81	13.31	21.882
Vmid. [m]	17.33	14.83	12.33	17.33	14.83	12.33	21.452
Separ. [cm]	20	20	20	20	20	20	0
Alpha deg.	0	0	0	0	0	0	0
NB	2	2	2	2	2	2	0

DD-TG-1(Double Circuit Double Conductor Tangent Structure)

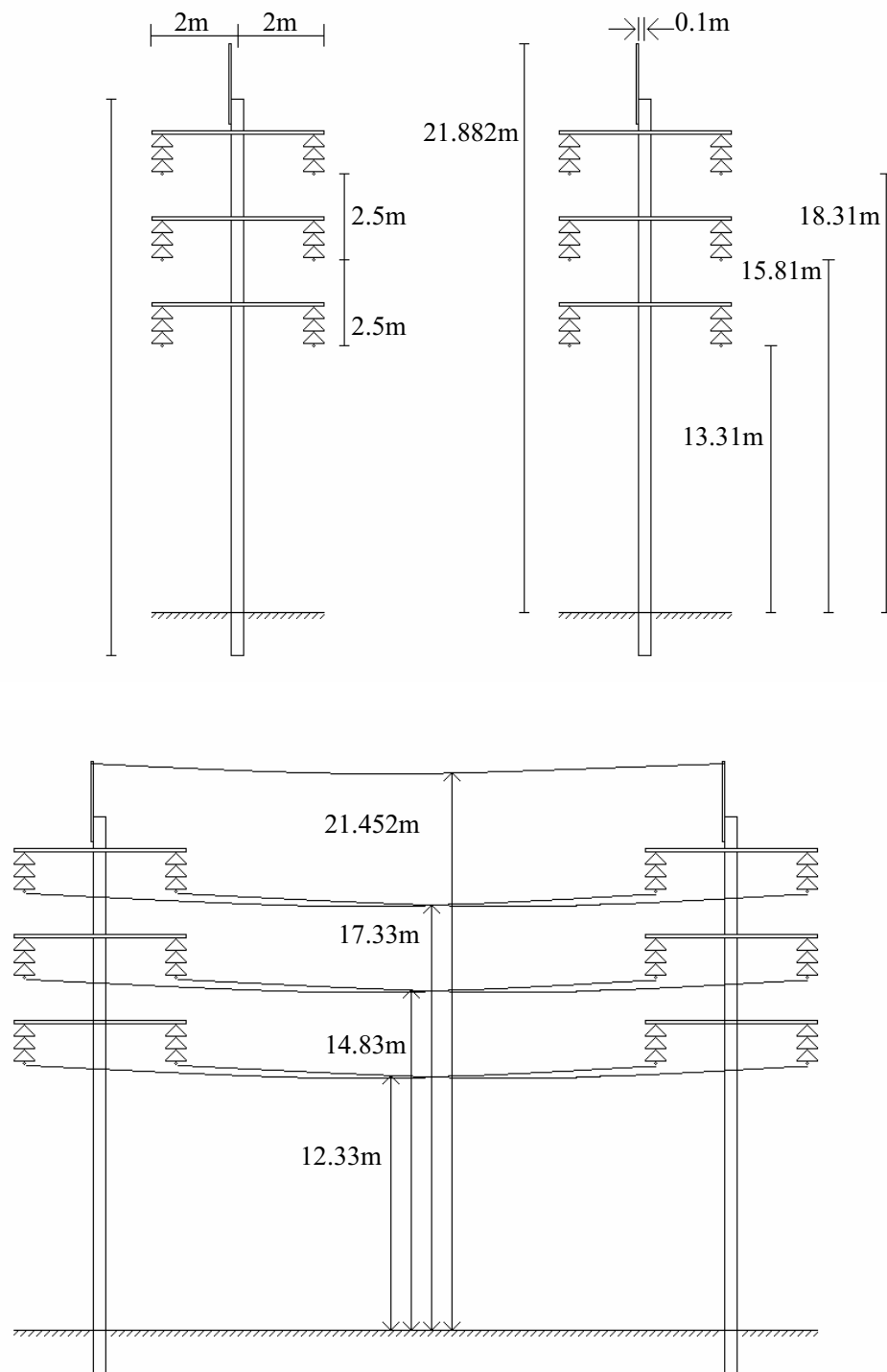


รูปที่ ข.5 โครงสร้างเสาและการจัดรูปแบบสาย ของ DD-TG-1

ตารางที่ ข.7 ข้อมูลใน Conductor card ของรูปแบบเสาแบบ DS-TG-1

Ph.no.	1	2	3	4	5	6	7
skin	0	0	0	0	0	0	0
Resis[ohm/km]	0.08421 9	0.08421 9	0.08421 9	0.08421 9	0.08421 9	0.08421 9	0.9980 4
IX	3	3	3	3	3	3	3
React	0.772	0.772	0.772	0.772	0.772	0.772	0.726
Diam [cm]	2.256	2.256	2.256	2.256	2.256	2.256	0.6676
Horiz. [m]	2	2	2	-2	-2	-2	0.1
Vtower [m]	18.31	15.81	13.31	18.31	15.81	13.31	21.882
Vmid. [m]	17.33	14.83	12.33	17.33	14.83	12.33	21.452
Alpha deg.	0	0	0	0	0	0	0

DS-TG-1 (Double Circuit Single Conductor Tangent Structure)



รูปที่ ข.6 โครงสร้างเสาและการจัดรูปแบบสาย ของ DS-TG-1

ภาคผนวก ค

ข้อมูลจำนวนวันฝนฟ้าคะนองในประเทศไทย

ตารางที่ ค.1 ภาคเหนือ

สถานี	จำนวนวันฝนตกฟ้าคะนอง(วัน/ปี)				
	2545	2546	2547	2548	2549
MAE HONG SON	30	38	18	48	54
MAE SARIANG	34	41	31	21	-
CHIANG RAI	78	56	74	75	81
PHAYAO	73	70	44	46	29
CHIANG MAI	48	41	36	40	45
LAMPANG	44	34	44	60	45
THOEN	-	-	39	11	14
LUMPHUN	42	35	30	37	43
PHRAE	72	49	63	59	58
NAN	41	37	36	45	40
THA WANGPHA	81	80	78	87	69
THUNG CHANG	8	18	13	12	22
UTTARADIT	46	46	49	46	45
SUKHOTHAI*	80	73	57	70	69
TAK	38	26	25	46	65
MAE SOT	22	17	21	17	20
BHUMIBOL DAM	19	21	15	20	34
UMPHANG	46	34	33	39	52
PHITSANULOK	74	67	67	62	71
PHETCHABUN	57	55	59	53	59
LOM SAK	74	85	38	65	46
WICHIAN BURI	47	49	64	73	80
KAMPHAENG PHET	18	40	35	89	78
NAKHON SAWAN	85	80	67	76	81

ตารางที่ ค.2 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

สถานี	จำนวนวันฝนตกฟ้าคะนอง(วัน/ปี)				
	2545	2546	2547	2548	2549
NONG KHAI	83	79	58	78	55
LOEI	66	76	64	72	67
UDON THANI	66	69	54	68	74
SAKON NAKHON	83	81	68	83	84
NAKHON PHANOM	96	90	65	79	78
KHON KAEN	57	54	49	56	52
MUKDAHAN	66	57	62	71	62
KOSUM PHISAI	70	67	53	32	73
KAMALASAI	44	42	43	51	52
CHAIYAPHUM	22	32	36	63	51
ROI ET	56	52	48	50	51
UBON RATCHATHANI	77	65	61	80	75
NAKHON RATCHASIMA	48	58	54	65	60
CHOK CHAI	65	61	58	81	68
SURIN	72	66	70	66	61
THA TUM	88	64	48	58	61
BURIRUM	-	53	69	62	63
NANG RONG	37	34	35	57	45

ตารางที่ ค.3 ภาคกลาง

สถานี	จำนวนวันฝนตกฟ้าคะนอง(วัน/ปี)				
	2545	2546	2547	2548	2549
SUPHAN BURI	32	51	26	31	53
LOP BURI	60	52	48	50	52
BUA CHUM	72	79	64	74	89
PILOT STATION	34	40	29	41	58
BANGKOK METROPOLIS	64	57	64	72	95
BANGKOK PORT (KLONG TOEY)	50	44	36	64	56
DON MUANG AIRPORT	47	57	42	72	65

ตารางที่ ค.4 ภาคตะวันตก

สถานี	จำนวนวันฝนตกฟ้าคะนอง(วัน/ปี)				
	2545	2546	2547	2548	2549
KANCHANABURI	28	34	20	31	28
THONG PHAPHUM	15	13	9	16	17
PHETCHA BURI	49	58	41	55	53
PRACHUAP KHIRIKHAN	46	28	21	27	31
HUA HIN	22	31	20	35	29

ตารางที่ ค.5 ภาคตะวันออก

สถานี	จำนวนวันฝนตกฟ้าคะนอง(วัน/ปี)				
	2545	2546	2547	2548	2549
PRACHIN BURI	74	73	61	77	76
KABIN BURI	110	96	76	130	91
ARANYA PRATHET	58	60	48	54	55
SA KAEW	101	105	78	83	96
CHON BURI	45	51	35	47	55
KO SICHANG	59	61	51	80	68
PHATTHAYA	45	43	40	49	42
SATTAHIP	65	72	66	55	-
LAEM CHABANG	61	60	61	61	55
RAYONG	49	43	52	53	64
CHANTHA BURI	94	96	78	79	103
KHLONG YAI	90	83	55	76	95

ตารางที่ ค.6 ภาคใต้

สถานี	จำนวนวันฝนตกฟ้าคะนอง(วัน/ปี)				
	2545	2546	2547	2548	2549
CHUMPHON	67	51	61	66	65
SURAT THANI	-	-	-	-	-
SURAT THANI AIRPORT	62	50	48	49	66
KO SAMUI	82	75	63	54	72
PHRA SANG	88	75	105	101	130
NAKHONSI THAMMARAT	72	76	76	72	98
KHANOM	-	-	-	-	-
CHAWANG	77	37	50	47	56
SA DAO	50	51	54	26	-
SONGKHLA	66	66	78	97	-
HAI YAI AIRPORT	54	57	55	71	-
PATTANI AIRPORT	86	-	82	75	-
NARATHIWAT	70	-	76	80	-
UNOCAL STATION	-	-	-	-	-
RANONG	52	37	59	71	64
TAKUA PA	68	43	-	-	-
PHUKET	52	47	53	36	-
PHUKET AIRPORT	56	43	42	40	-
KO LANTA	29	11	21	8	-
KRABI	-	-	-	-	-
TRANG AIRPORT	79	57	91	85	-
SATUN	68	58	83	108	-

ตารางที่ ค.7 จำนวนวันฝนตกฟ้าคะนองเฉลี่ยในแต่ละภาคของประเทศไทย

ภาค	จำนวนวันฝนตกฟ้าคะนองเฉลี่ย(วัน/ปี)				
	2545	2546	2547	2548	2549
ภาคเหนือ	50.30	47.48	43.12	47.48	52.17
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	64.47	61.11	55.28	65.11	62.89
ภาคกลาง	51.29	54.29	44.14	57.71	66.86
ภาคตะวันตก	32	32.8	22.2	32.8	31.6
ภาคตะวันออก	70.92	70.25	58.42	70.33	72.73
ภาคใต้	65.44	52.13	64.53	63.88	78.71

ภาคผนวก จ
แบบสอบถามข้อมูลมูลค่าความเสียหายผู้ใช้ไฟ

การศึกษาอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับ

วัตถุประสงค์

เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้า ทำให้พัฒนาคุณภาพและความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่าย ยิ่งขึ้นและส่งผลให้เกิดความเสียหายแก่ผู้ใช้ไฟฟ้าน้อยลง

คำชี้แจง โปรดช่วยให้ข้อมูลตามความเป็นจริง ข้อมูลของท่าน มีคุณค่ามากต่องานวิจัยและแก่สังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ใช้ไฟฟ้าใน กฟจ.สระบุรี ขอรับรองว่าจะไม่นำข้อมูลนี้ไปเปิดเผย หรือใช้ประโยชน์อื่นใดนอกเหนือจากงานวิจัย

1. ผู้ให้ข้อมูลข้อมูล คุณ _____

บริษัท _____

☐ 22kV / ☐ 115 kV ผลิตภัณฑ์ _____

TSIC _____

โทรศัพท์ _____ Email _____ วัน/เดือน/ปี (ที่กรอกข้อมูลนี้) _____

2. ข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้ไฟ

2.1 ในรอบปีที่ผ่านมา มีพนักงานทั้งหมด (ทั้งประจำและชั่วคราว) ประมาณคน

สำนักงาน (Office) = _____ คน ส่วนโรงงาน = _____ คน

2.2 กรุณบอกวันและเวลาที่เปิดดำเนินการของท่าน

- | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| ☐ จันทร์-ศุกร์ | ☐ จันทร์-เสาร์ | ☐ ทุกวัน |
| ☐ กลางวัน | ☐ กลางคืน | ☐ ทั้งกลางวันและกลางคืน |
| ☐ 1 กะ | ☐ 2 กะ | ☐ 3 กะ ☐ _____ ชม./ กะ |

2.3 ถ้ามีการผลิตทั้งกลางวันและกลางคืน ปริมาณการผลิตตอนกลางวันเทียบกับตอนกลางคืนต่างกันหรือไม่อย่างไร

- อัตราการผลิตในเวลากลางวัน (8.00 – 20.00 น.) _____ %
- อัตราการผลิตในเวลากลางคืน (20.00 – 8.00 น.) _____ %

2.4 ช่วยอธิบายกระบวนการผลิตสินค้าของท่าน เขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมเข้าใจง่าย

3. มูลค่าความเสียหายแต่ละช่วงเวลาไฟดับ

คำชี้แจง: การประมาณมูลค่าความเสียหายและค่าใช้จ่ายเมื่อไฟดับ พิจารณาจาก 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

- ความเสียหายที่เกี่ยวข้องกับสินค้า เช่น สินค้าที่ผลิตไม่ได้ สินค้าเสียหาย เป็นต้น
- ความเสียหายที่เกี่ยวข้องกับบุคคล เช่น ค่าแรงที่ต้องจ่ายเพิ่มขึ้น เป็นต้น
- ความเสียหายที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ เช่น อุปกรณ์สำนักงาน เครื่องมือ เครื่องจักรได้รับความเสียหาย เป็นต้น
- ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องระบบไฟฟ้าสำรองในระหว่างที่เกิดไฟฟาดับ

ลักษณะไฟดับที่มีผลกระทบต่อท่าน

3.1 ไฟดับชั่วคราว (ต่ำกว่า 1 นาที) ☐ กระทบ ☐ ไม่มีผลกระทบ

อะไรบ้างที่เสียหาย เนื่องจากไฟกระพริบ

- ☐ สินค้า เช่น สินค้าที่เสียหายประมาณ(กี่ชิ้น)_____
- ☐ บุคคล เช่น ค่าแรงที่ต้องจ่ายเพิ่มขึ้นจากเดิม _____
- ☐ อุปกรณ์ เช่น ค่าซ่อมเครื่องจักรที่ได้รับความเสียหายประมาณ_____
- ☐ อื่นๆ เช่น ระบบเครื่องผลิตไฟสำรอง มีค่าบำรุงรักษา เดินเครื่อง น้ำมันดีเซล (ค่าใช้จ่าย/ทุกครั้ง)

3.2 ไฟดับนาน นานเท่าไรที่เริ่มเกิดความเสียหาย_____ นาที

อะไรบ้างที่เสียหาย

- ☐ สินค้า เช่น สินค้าที่ผลิตไม่ได้ประมาณ_____
- ☐ บุคคล เช่น ค่าแรงที่ต้องจ่ายเพิ่มขึ้นจากเดิม _____
- ☐ อุปกรณ์ เช่น ค่าซ่อมเครื่องจักรที่ได้รับความเสียหายประมาณ_____
- ☐ อื่นๆ เช่น ระบบเครื่องผลิตไฟสำรอง มีค่าบำรุงรักษา เดินเครื่อง น้ำมันดีเซล (ค่าใช้จ่าย/ทุกครั้งและเวลา)

ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับประเมินความเสียหายเมื่อเกิดไฟดับ

- อัตราการผลิต เฉลี่ยต่อวัน (กี่ชิ้น/วัน หรือกี่ชิ้น/ปี)

.....

- ราคาขายเฉลี่ยต่อชิ้น (บาท/ชิ้น)

.....

.....

.....

.....

FAX: _____ Tel. _____ Email: _____