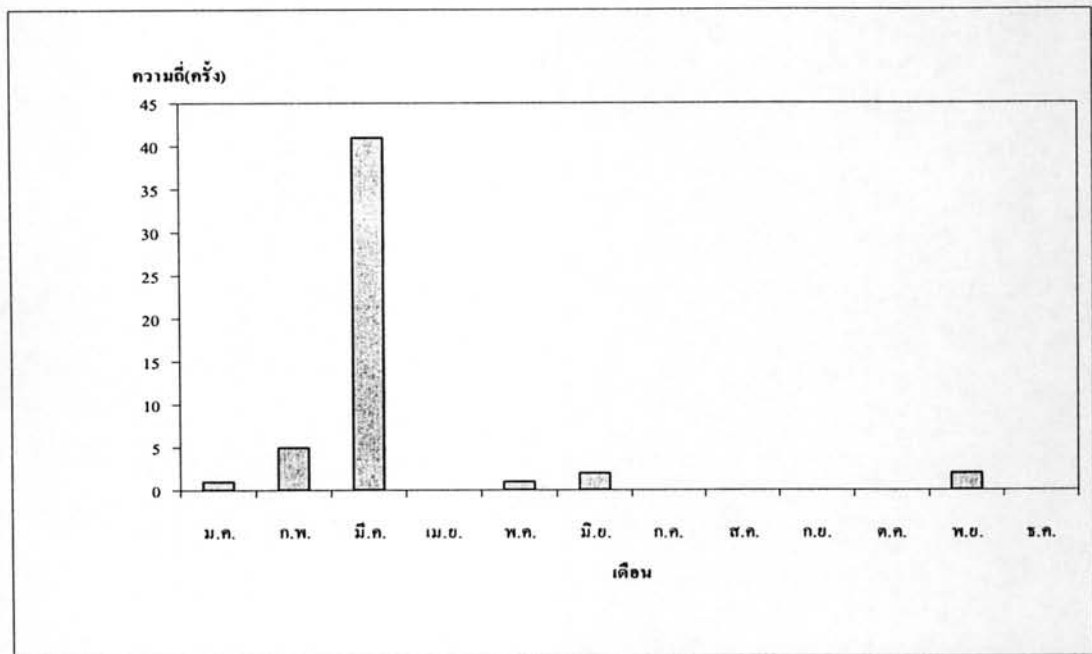


## บทที่ 4

### สถิติการบกพร่องของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศ การประเมิน ความเค้นและกระแสใช้งานของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศ

#### 4.1 สถิติการบกพร่องของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศ

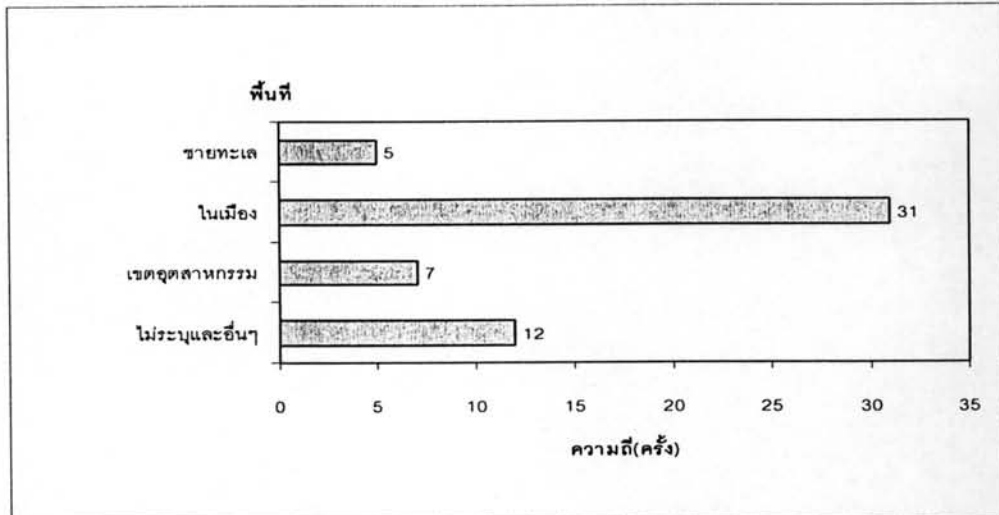
จากสมมติฐานของแรงลมที่มีผลทำให้ความเค้นของสายเพิ่มขึ้น จึงมีการรวบรวมข้อมูลเหตุการณ์การอาร์คขาดของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศใน จ.สงขลา ตั้งแต่ 1 มกราคม 2546 ถึง 31 ธันวาคม 2548 เปรียบเทียบกับกราฟของกระแสลมจากกรมอุตุนิยมวิทยา เหตุการณ์การอาร์คขาดของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศตามลักษณะพื้นที่และจุดที่เกิดการอาร์คขาด



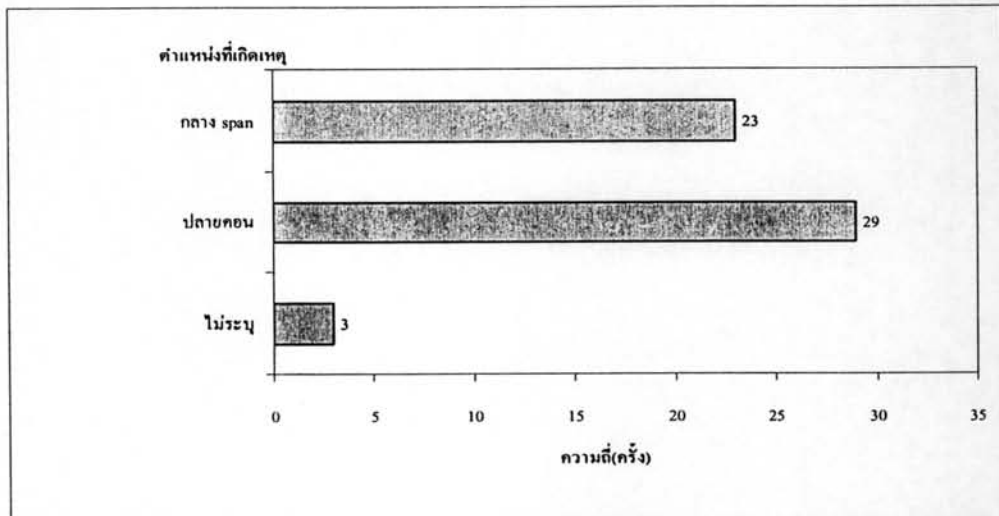
รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงสถิติการกระจายจำนวนครั้งตั้งแต่ 1 มกราคม 2546 ถึง 31 ธันวาคม 2548

จากรูปที่ 4.1 เป็นข้อมูลการขาดของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศตั้งแต่ 1 มกราคม 2546 ถึง 31 ธันวาคม 2548 พบว่าเดือนมีนาคมมีการขาดของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศมากที่สุด เดือนกุมภาพันธ์มีการขาดรองลงมา

การจำแนกการขาดของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศตามลักษณะพื้นที่ใน จ.สงขลา พบการขาดในพื้นที่ชายทะเล 5 ครั้ง ในเมือง 31 ครั้ง เขตอุตสาหกรรม 7 ครั้ง และไม่ระบุพื้นที่ 12 ครั้ง ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งในเมืองจะเป็นพื้นที่ที่มีการขาดมากที่สุดเนื่องจากมีจำนวน วงจร-กม.มากกว่าพื้นที่อื่นๆ ส่วนชายทะเลจะเป็นพื้นที่ที่มีการขาดน้อยที่สุดเนื่องจากมีจำนวน วงจร-กม. น้อยที่สุด



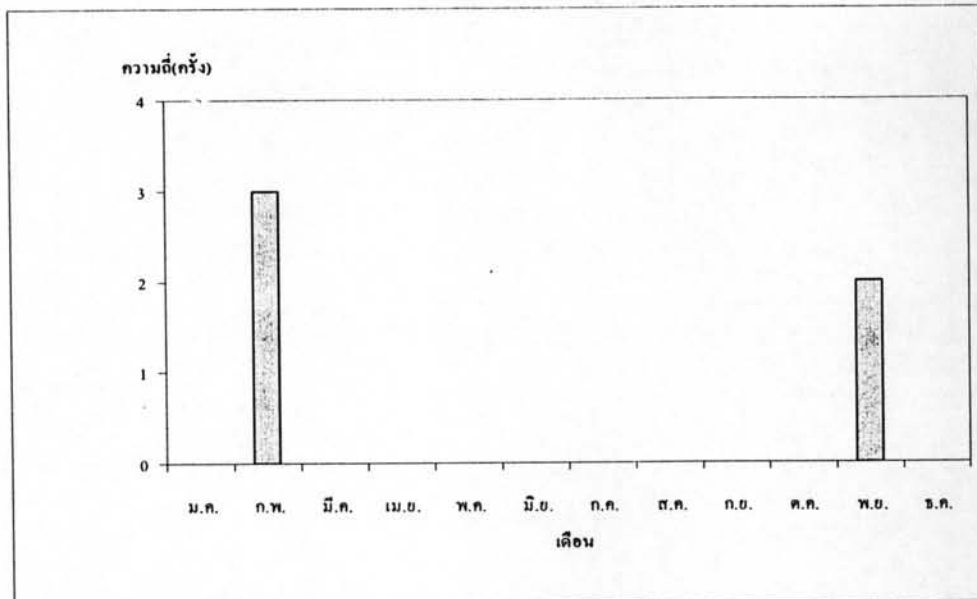
รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงสถิติการกระจายจำนวนครั้งต่อลักษณะพื้นที่



รูปที่ 4.3 แผนภูมิแสดงสถิติจำนวนครั้งกับตำแหน่งที่เกิดการขาดของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศ

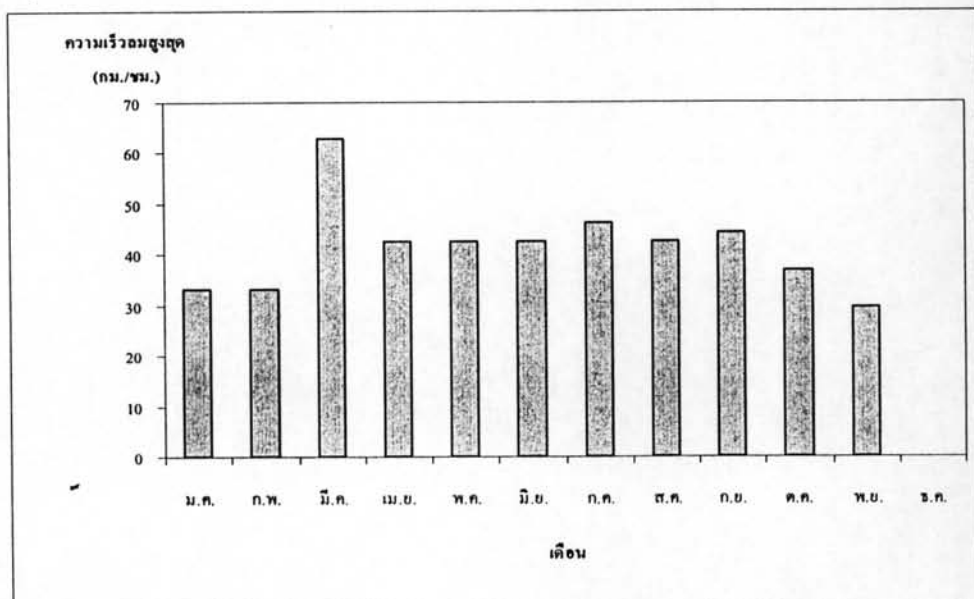
รูปที่ 4.3 เป็นแผนภูมิแสดงจุดที่เกิดการขาดของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศเกิดขึ้นมากที่สุด คือ ปลายคอน และกลางระยะช่วงเสา ตามลำดับ สาเหตุที่ปลายคอนมีการขาดมากที่สุดอาจจะเนื่องจากเป็นตำแหน่งที่สายต้องรับแรงดึงมากที่สุดทำให้เกิดการยืดของตัวนำและฉนวนที่แตกต่างกันได้

ในรูปที่ 4.4 เป็นสถิติเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องเนื่องจากสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศขาดของ จ.สงขลา ในปี พ.ศ. 2546 พบการขาดในเดือนกุมภาพันธ์ 3 ครั้งและเดือนพฤศจิกายน 2 ครั้ง



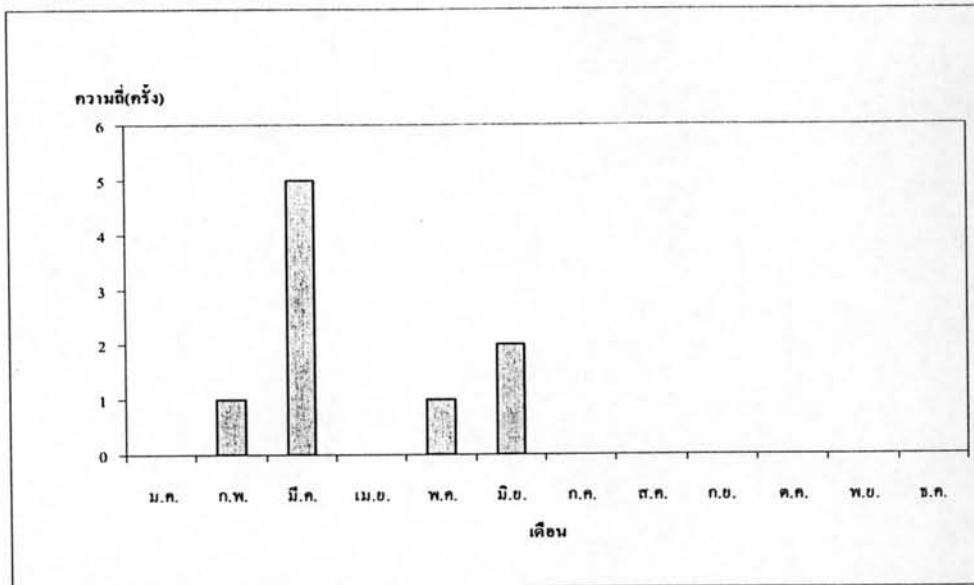
รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงสถิติการกระจายจำนวนครั้งตั้งแต่ 1 มกราคม 2546 ถึง 31 ธันวาคม 2546

ในรูปที่ 4.5 เป็นสถิติความเร็วลมสูงสุดของ จ.สงขลา ในปี พ.ศ. 2546 เดือนมีนาคมเป็นเดือนที่มีความเร็วลมสูงสุด เดือนพฤศจิกายนเป็นเดือนที่มีความเร็วลมต่ำสุด ส่วนเดือนธันวาคมไม่มีการบันทึกข้อมูล



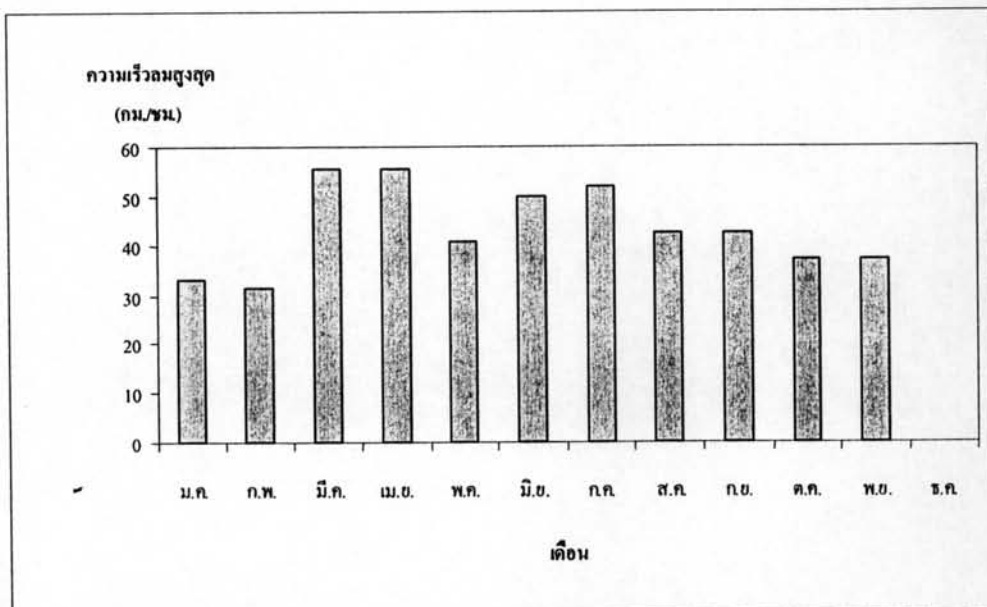
รูปที่ 4.5 แผนภูมิแสดงสถิติความเร็วลมสูงสุดใน จ.สงขลา ปี 2546

ในรูปที่ 4.6 เป็นสถิติเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องเนื่องจากสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศขาดของ จ.สงขลา ในปี พ.ศ. 2547 ซึ่งเดือนที่มีการขาดมากที่สุด คือ มีนาคม 5 ครั้ง รองลงมา มิถุนายน 2 ครั้ง เดือนกุมภาพันธ์และพฤษภาคม 1 ครั้ง



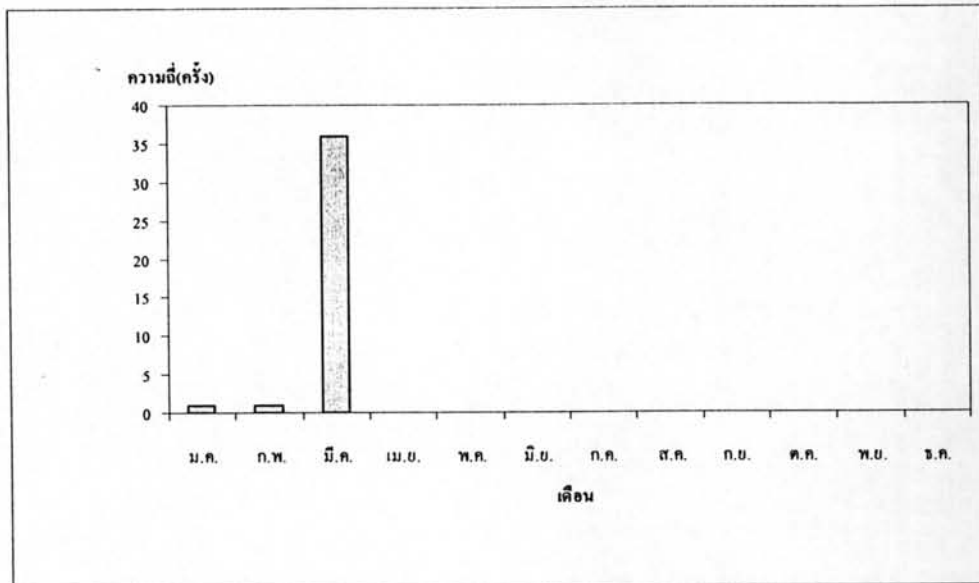
รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงสถิติการกระจายจำนวนครั้งตั้งแต่ 1 มกราคม 2547 ถึง 31 ธันวาคม 2547

ในรูปที่ 4.7 เป็นสถิติความเร็วลมสูงสุดของ จ.สงขลา ในปี พ.ศ. 2547 เดือนมีนาคมเป็นเดือนที่มีความเร็วลมสูงสุด เดือนกุมภาพันธ์เป็นเดือนที่มีความเร็วลมต่ำสุด ส่วนเดือนธันวาคมไม่มีการบันทึกข้อมูล



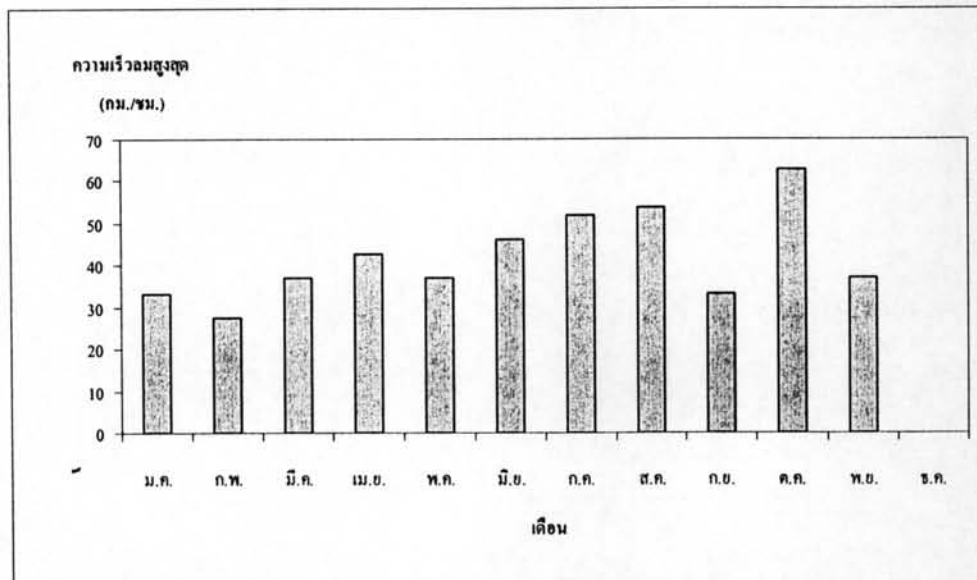
รูปที่ 4.7 แผนภูมิแสดงสถิติความเร็วลมสูงสุดใน จ.สงขลา ปี 2547

ในรูปที่ 4.8 เป็นสถิติเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องเนื่องจากสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศขาดของ จ.สงขลา ในปี พ.ศ. 2548 ซึ่งเดือนที่มีการขาดมากที่สุด คือ มีนาคม 35 ครั้ง เดือนมกราคมและ กุมภาพันธ์ 1 ครั้ง



รูปที่ 4.8 แผนภูมิแสดงสถิติการกระจายจำนวนครั้งตั้งแต่ 1 มกราคม 2548 ถึง 31 ธันวาคม 2548

ในรูปที่ 4.9 เป็นสถิติความเร็วลมสูงสุดของ จ.สงขลา ในปี พ.ศ. 2548 เดือนตุลาคมเป็นเดือนที่มีความเร็วลมสูงสุด เดือนกุมภาพันธ์เป็นเดือนที่มีความเร็วลมต่ำสุด ส่วนเดือนธันวาคมไม่มีการบันทึกข้อมูล



รูปที่ 4.9 แผนภูมิแสดงสถิติความเร็วลมสูงสุดใน จ.สงขลา ปี 2548

จากการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลสถิติเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องเนื่องจากสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศขาด ของ จ.สงขลา กับข้อมูลสถิติความเร็วลมสูงสุด ตั้งแต่ มกราคม 2546 ถึง 31 ธันวาคม 2548 พบว่า เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม มีสถิติเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องเนื่องจากสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศขาดมากที่สุด โดยความเร็วลมมีผลทำให้ความเค้นของสายเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นผลทำให้สายไฟฟ้ามีการยืดตัวและทำให้บริเวณที่ถูกยึดมีแรงกระทำมากที่สุดจนเป็นสาเหตุให้บริเวณดังกล่าวเกิดการคอดตัว เมื่อสายไฟฟ้าต้องจ่ายพลังงานจะเกิดความร้อนเฉพาะจุด และยังทำให้เกิดการยืดตัวมากขึ้น จนกระทั่งทำให้เกิดการยืดตัวของฉนวน และเกิดดิสชาร์จบางส่วน ในที่สุดสายจะขาดบริเวณดังกล่าว

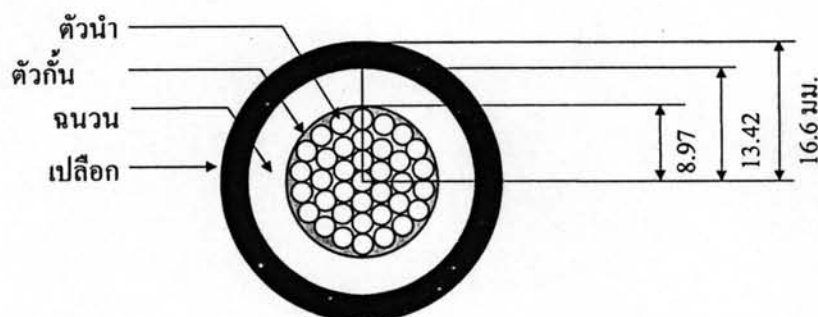
สำหรับการคำนวณความเค้นสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศนั้น ความเร็วลมมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณ โดยทั่วไปการกำหนดค่าความเร็วลมจะอ้างอิงตามมาตรฐานของ National Electrical Safety Code (NESC) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้ค่าความเร็วลม 60 ไมล์ต่อชั่วโมง (96 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ซึ่งเป็นค่าความเร็วลมที่ทำให้เกิดแรงกระทำต่อสายไฟฟ้า 9 ปอนด์ต่อตารางฟุต (43.941 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) ค่าดังกล่าวเป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณของ กฟน. และ กฟภ. เช่นกัน บางครั้งเพื่อความสะดวกในการคำนวณอาจจะกำหนดให้แรงลมที่กระทำต่อสายไฟฟ้าเท่ากับ 40 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งการคำนวณนี้ก็ใช้ค่านี้เช่นกัน

#### 4.2 การคำนวณอัตราการรับแรงดึงต่ำสุดของฉนวนและเปลือกของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศ

จากการรวบรวมข้อมูลสถิติการขาดของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศพบว่า สายขนาด 185 ตร.มม. ที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 33 กิโลโวลต์ มีการขาดมากที่สุด ดังนั้นจึงมีการวิเคราะห์ห้อตราการรับแรงดึงต่ำสุดของฉนวนและเปลือกของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศ โดยใช้ข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของพื้นที่หน้าตัดสายตามมาตรฐาน ICEA S-66-524 ดังรูปที่ 4.10

หาพื้นที่หน้าตัดของฉนวนและเปลือกจากรูปที่ 4.10

พื้นที่รวมของตัวนำและตัวกันตัวนำ	$= \pi r^2 = 3.142 \times (8.97)^2$	$= 252.81$ ตร.มม.
พื้นที่รวมของตัวนำ, ตัวกันตัวนำและฉนวน	$= 3.142 \times (13.42)^2$	$= 565.86$ ตร.มม.
พื้นที่รวมของตัวนำ, ตัวกันตัวนำ, ฉนวนและเปลือก	$= 3.142 \times (16.60)^2$	$= 865.81$ ตร.มม.
พื้นที่หน้าตัดของเปลือก	$865.81 - 565.86$	$= 299.95$ ตร.มม.
พื้นที่หน้าตัดของฉนวน	$565.86 - 252.81$	$= 313.05$ ตร.มม.



รูปที่ 4.10 แสดงสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศขนาด 185 ตร.มม. ที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 33 กิโลโวลต์

จากมาตรฐาน ICEA S-66-524

ความต้านทานแรงดึงต่ำสุดของฉนวนและเปลือก	12.5 นิวตัน/ตร.มม.	
เปลือกสามารถทนแรงดึงต่ำสุด	$12.5 \times 299.95$	$= 3,749.4$ นิวตัน
ฉนวนสามารถทนแรงดึงต่ำสุด	$12.5 \times 313.05$	$= 3,913.1$ นิวตัน

4.2.1 การคำนวณความเค้นที่ใช้งานและระยะหย่อนยานของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศ โดยที่  $f_1 = 450$  กก./ตร.ซม. (ตาม VDE 0210/5.69 ความเค้นของสายอลูมิเนียม ที่ 0 องศาเซลเซียส เท่ากับ 700 กก./ตร.ซม. แต่ใช้ 450 กก./ตร.ซม. เพื่อเป็นการเพิ่มความปลอดภัยของสายให้สูงขึ้น)

$W_w =$  น้ำหนักของสาย (กิโลกรัม/เมตร)

$W_t =$  น้ำหนักรวม (กิโลกรัม/เมตร)

$$W_t = \sqrt{W_w^2 + \left(\frac{\phi \times P}{1000}\right)^2}$$

$E = 6 \times 10^5$  กิโลกรัม/ซม.<sup>2</sup> ตาม มอก.85

$\alpha = 2.3 \times 10^{-5}$ /องศาเซลเซียส ตาม มอก 85

ข้อมูล

$A = 1.8454$  ตร.ซม. ;  $\alpha = 2.3 \times 10^{-5}$ /องศาเซลเซียส ;  $E = 6 \times 10^5$  กิโลกรัม/ตร.ซม. ;  $f_1 = 450$  กก./ซม.

$$W_t = \sqrt{1.1145^2 + \left(\frac{32.3 \times 40}{1000}\right)^2}$$

$$= 1.706 \text{ กก./ซม.}$$

$$W_w = 1.1145 \text{ กก./ซม}$$

ถ้าระยะช่วงเสา 40 เมตร อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

จะได้

$$f_2^2 \left[ (f_2 - 450) + \frac{(1.706)^2 (40)^2 (6 \times 10^5)}{24 (450)^2 (1.8454)^2} + (20) (2.3 \times 10^{-5}) (6 \times 10^5) \right] = \frac{(1.1145)^2 (40)^2 (6 \times 10^5)}{24 (1.8454)^2}$$

$$f_2^2 [(f_2 - 450) + 168 \cdot 815 + 276] = 14589456.2$$

$$f_2^2 (f_2 - 5.185) = 14589456.2$$

จะได้

$$f_2 = 246.09 \text{ กก./ตร.ซม.}$$

หาระยะหย่อนยานของสาย

$$d = \frac{W_w l^2}{8 f_2 A}$$

แทนค่า

$$d = \frac{1.1145 \times 40^2}{8 \times 1.8454 \times 246.09} = 0.5 \text{ เมตร}$$

ซึ่งสามารถดูได้จากตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2



ตารางที่ 4.1 ความเค้นที่ใช้งานที่ระยะช่วงเสาและอุณหภูมิต่างๆจากการคำนวณ

		อุณหภูมิขณะซึ่งสาย							
		0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	65°C
ระยะ ช่วงเสา (ม.)	ความเค้นสูงสุด ที่ใช้งาน(กก./ตร.ซม.)	ความเค้นที่ใช้งาน กก./ตร.ซม.							
10	450	444.28	311.33	190.05	107.97	72.17	56.02	47.00	43.81
20		428.56	309.73	214.93	154.62	120.54	100.30	87.09	82.08
30		406.91	307.94	235.19	187.36	156.46	135.61	120.74	114.80
40		384.54	306.41	250.26	211.30	183.87	163.87	148.71	142.43
50		365.30	305.24	261.33	229.16	205.08	186.53	171.84	165.58

ตารางที่ 4.2 ระยะหย่อนยานต่ำสุด

ระยะช่วงเสา (ม.)	อุณหภูมิขณะซึ่งสาย							
	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	65°C
	ระยะหย่อนยานต่ำสุด (ม.)							
10	0.02	0.03	0.04	0.07	0.11	0.14	0.16	0.18
20	0.07	0.10	0.14	0.20	0.26	0.31	0.36	0.38
30	0.17	0.23	0.30	0.37	0.45	0.51	0.58	0.61
40	0.32	0.41	0.50	0.59	0.68	0.76	0.83	0.87
50	0.53	0.64	0.74	0.85	0.95	1.04	1.13	1.17

## 4.2.2 การคำนวณแรงดึงของสาย

### 4.2.2.1 กรณีคิดแรงลม

ในการออกแบบระบบจำหน่ายและสายส่ง จะต้องคำนึงถึงแรงลมที่ปะทะกับสายและเสาเนื่องจากแรงลมจะมีผลทำให้ความเค้นของสายเพิ่มขึ้น ซึ่งแรงลมที่กระทำกับสายไฟฟ้า กพท. ใช้ 40 กิโลเมตร/ตารางเมตร กฟน. ใช้ 43 กิโลเมตร/ตารางเมตร และตามมาตรฐาน VDE 0210 ใช้ 53 กิโลเมตร/ตารางเมตร แต่ในการคำนวณนี้จะใช้แรงลม 40 กิโลเมตร/ตารางเมตร

ข้อมูล  $A = 1.8454$  ตร.ซม. ;  $\alpha = 2.3 \times 10^{-5}$ /องศาเซลเซียส ;  $E = 6 \times 10^5$  กิโลกรัม/ตร.ซม. ;  $f_1 = 450$  กก./ซม. ระยะช่วงเสา 40 เมตร ; ระยะหย่อนของสาย 0.5 เมตร ; คิดแรงลม 40 กิโลเมตร/ตารางเมตร

จากสูตร 
$$W_t = \sqrt{W_w^2 + \left(\frac{\phi \times P}{1000}\right)^2}$$

แทนค่า 
$$W_t = \sqrt{1.1145^2 + \left(\frac{32.3 \times 40}{1000}\right)^2}$$

จะได้น้ำหนักรวม 
$$= 1.706 \text{ กก./ซม.}$$

จากสูตร 
$$T = \frac{Wl^2}{8d} = \frac{1.706 \times 40^2}{8 \times 0.5}$$

จะได้แรงดึงสาย 
$$= 682.4 \text{ กิโลกรัม}$$

คิดเป็นนิวตันได้ 
$$682.4 \times 9.8 = 6687.52 \text{ นิวตัน}$$

สามารถคำนวณแรงดึงของสาย 185 ตร.มม. ในกรณีคิดแรงลม 40 กิโลกรัม/ตารางเมตรที่ระยะช่วงเสาและระยะหย่อนยานต่ำสุดจากตารางที่ 4.2 ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.3 แรงดึงของสาย 185 ตารางมิลลิเมตร กรณีคิดแรงลม 40 กิโลกรัม/ตารางเมตร

ระยะช่วงเสา (ม.)	แรงดึงของสาย 185 ตร.มม. (นิวตัน)							
10	10449.25	6966.17	5224.63	2985.50	1899.86	1492.75	1306.16	1161.03
20	11942.00	8359.40	5971.00	4179.70	3215.15	2696.58	2322.06	2199.84
30	11063.91	8177.67	6269.55	5083.42	4179.70	3687.97	3242.87	3083.39
40	10449.25	8155.51	6687.52	5667.39	4917.29	4399.68	4028.63	3843.40
50	9857.78	8163.48	7060.30	6146.62	5499.61	5023.68	4623.56	4465.49

#### 4.2.2.2 กรณีไม่คิดแรงลม

ในขณะที่พาดสายบนเสาจะไม่คิดแรงลมที่กระทำกับสาย แต่จะคิดแรงลมในกรณีใช้งานจริง

ข้อมูล A = 1.8454 ตร.ซม. ; ระยะช่วงเสา 40 เมตร ; ระยะหย่อนของสาย 0.5 เมตร

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร} \quad T &= \frac{Wl^2}{8d} \\
 \text{แทนค่า} \quad T &= \frac{1.1145 \times 40^2}{8 \times 0.5} \\
 \text{จะได้แรงดึงสาย} &= 445.8 \text{ กิโลกรัม} \\
 \text{คิดเป็นนิวตัน} \quad 445.8 \times 9.8 &= 4368.84 \text{ นิวตัน}
 \end{aligned}$$

สามารถคำนวณแรงดึงของสาย 185 ตร.ซม. ในกรณีไม่คิดแรงลมที่ระยะช่วงเสาและระยะหย่อนจากตารางที่ 4.2 ได้ดังนี้

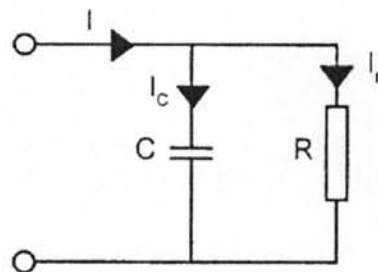
ตารางที่ 4.4 แรงดึงของสาย 185 ตารางมิลลิเมตร กรณีไม่คิดแรงลม

ระยะช่วงเสา (ม.)	แรงดึงของสาย 185 ตร.ซม. (นิวตัน)							
	10	6826.31	4550.88	3413.16	1950.38	1241.15	975.19	853.29
20	7801.50	5461.05	3900.75	2730.53	2100.40	1761.63	1516.96	1437.12
30	7227.86	5342.33	4095.79	3320.91	2730.53	2409.29	2118.51	2014.32
40	6826.31	5327.85	4368.84	3702.41	3212.38	2874.24	2631.83	2510.83
50	6439.92	5333.06	4612.37	4015.48	3592.80	3281.88	3020.49	2917.23

### 4.3 การประเมินกระแสใช้งานของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศ (SAC)

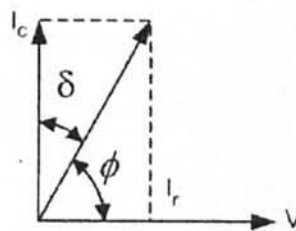
#### 4.3.1 พลังงานสูญเสียไดอิเล็กตริกของสาย SAC

พลังงานสูญเสียไดอิเล็กตริกของสาย SAC แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ พลังงานสูญเสียเนื่องจากสภาพนำไฟฟ้าของไดอิเล็กตริกที่ความต้านทานมีค่าไม่ถึงอนันต์ และอีกส่วนหนึ่งเป็นพลังงานสูญเสียเนื่องมาจากการโพลาไรเซชัน จัดเป็นความสูญเสียทางกลไฟฟ้า เพราะโมเลกุลของไดอิเล็กตริกต้องกลับหัวไปมาตามการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า เช่น จากแรงดันกระแสสลับ และหากป้อนแรงดันรูปคลื่นไซน์ให้แก่คาปาซิเตอร์ที่สมบูรณ์ กระแสที่ไหลผ่านคาปาซิเตอร์จะมีเฟสนำหน้าแรงดันเป็นมุม  $90$  องศา ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 กระแสไหลของวงจรสมมูลของสายหุ้มฉนวน

จากรูปจะได้เฟสเซอร์ไดอะแกรมดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 เฟสเซอร์ไดอะแกรมของสายหุ้มฉนวน

โดยที่กำลังงานสูญเสียในคาปาซิเตอร์ที่ไม่สมบูรณ์ คือ

$$VI \cos \phi \quad (4.1)$$

$$VI \sin \delta \quad (4.2)$$

แต่  $\delta = 90^\circ - \phi$  ดังนั้นจะได้ว่า

$$\tan \delta = \frac{I_r}{I_c} = \frac{V/R}{\omega CV} = \frac{1}{\omega CR} \quad (4.3)$$

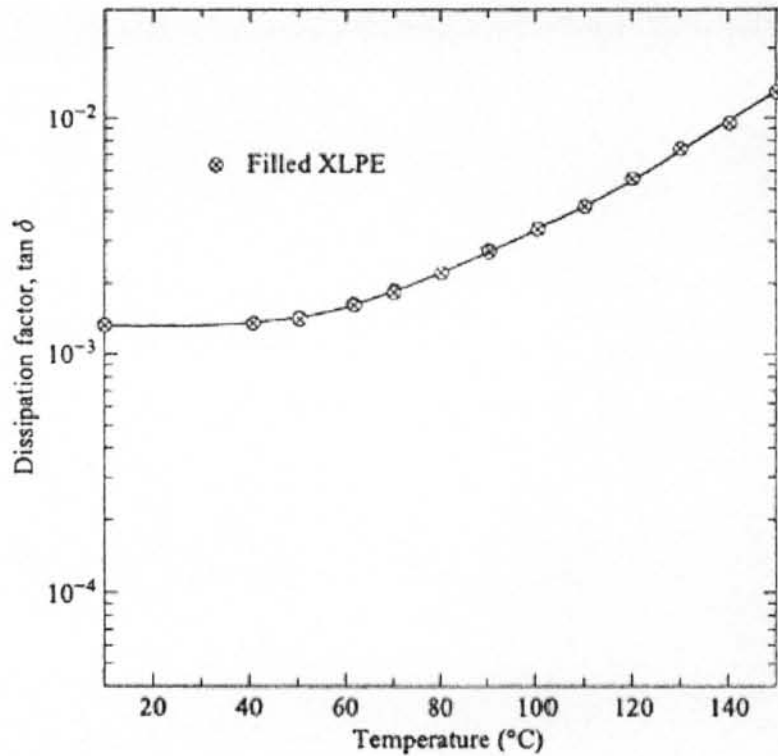
ดังนั้นจะได้พลังงานสูญเสีย

$$W_d = V^2 \omega C \tan \delta \quad (4.4)$$

เมื่อ  $V$  คือ แรงดันเฟสกับกราวด์ของระบบ

$C$  คือ ค่าคาปาซิเตอร์ของสายหุ้มฉนวน (F/m)

โดยที่สาย SAC ซึ่งฉนวนและเปลือกนอกหุ้มสายตัวนำจะทำได้ด้วยสารประกอบคริสตัลไลน์โพลีเอทิลีน จะมีค่า  $\tan \delta$  ดังรูปที่ 4.13 ซึ่งค่าความสูญเสียไดอิเล็กตริกที่เกิดขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปขณะใช้งาน



รูปที่ 4.13 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ค่าความสูญเสียไดอิเล็กตริกกับอุณหภูมิใช้งาน [8]  
จากสมการที่ 4.4 สามารถหาค่าพลังงานสูญเสียเปล่าได้ดังนี้

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r}{\ln(D_i/d_c)} \quad (4.5)$$

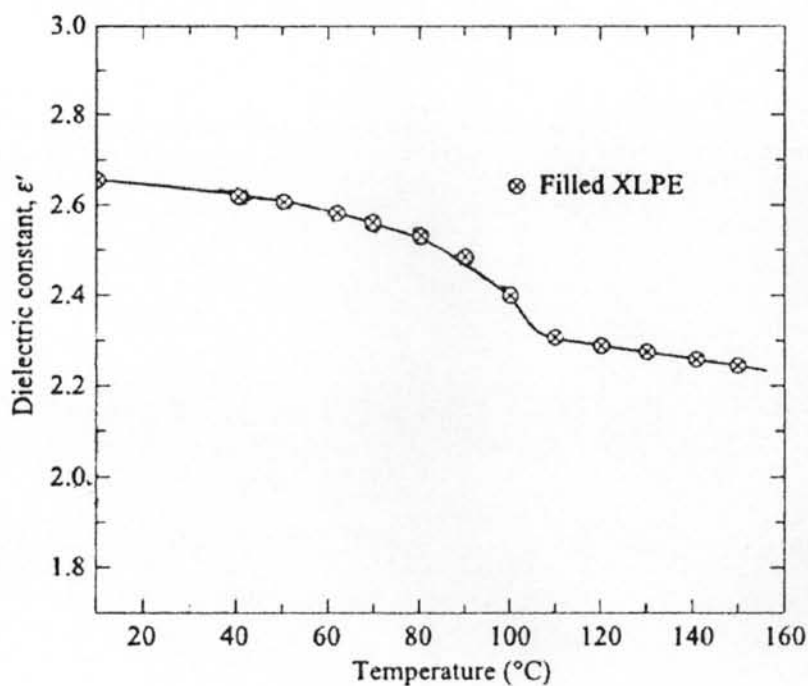
เมื่อ  $C$  คือ ค่าคาปาซิเตอร์ของสายเคเบิล (F/m)

$\epsilon_0$  คือ ค่าเปอร์มิตติวิตี้ของอากาศ  $8.85 \times 10^{-12}$  F/m.

$\epsilon_r$  คือ ค่าเปอร์มิตติวิตี้ของฉนวน Fill XLPE มีค่าดังรูปที่ 4.14

$d_c$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของสายตัวนำภายในฉนวนเคเบิล (m)

$D_i$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางทั้งหมดของสายเคเบิล (m)



รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ของค่า  $\epsilon'$  กับอุณหภูมิของ Fill XLPE

ดังนั้นสามารถหาพลังงานสูญเสียของสาย SAC ขนาด 185 ตร.มม. ที่ให้ฉนวนหุ้มสายเป็น  
ครอสลิงค์โพลีเอทรีลีนได้ดังตารางที่ และหาค่ากระแสรั่วไหลทางทฤษฎีโดยประมาณของสาย SAC  
ขนาด 185 ตร.มม ได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าพลังงานสูญเสียของสาย SAC แปรผันตามอุณหภูมิการใช้งาน

อุณหภูมิ(°C)	ค่าพลังงานสูญเสีย(W/m)
10	0.0479
20	0.0479
30	0.0477
40	0.0476
50	0.0470
60	0.0581
70	0.0576
80	0.0684
90	0.0904

ตารางที่ 4.6 แสดงกระแสรั่วไหลทำให้เกิดพลังงานสูญเสีย

อุณหภูมิ(°C)	กระแส(A)
10	2.52E-06
20	2.52E-06
30	2.51E-06
40	2.5E-06
50	2.47E-06
60	3.05E-06
70	3.03E-06
80	3.59E-06
90	4.75E-06

#### 4.3.2 การคำนวณกระแสใช้งานของสาย SAC

การจ่ายพลังงานไฟฟ้าทำให้เกิดความร้อนขึ้นในตัวนำและเนื้อฉนวนของสายไฟฟ้า ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้านทานเชิงความร้อนระหว่างตัวนำและฉนวน โดยสามารถคำนวณพิกัดกระแสของสาย SAC ตามมาตรฐาน IEC 60287-2-1 [9] ได้ดังสมการ 4.6

สูตรการคำนวณ สำหรับสาย SAC ที่ติดตั้งกลางแจ้งถูกแสงอาทิตย์โดยตรง

$$I = \left[ \frac{\Delta\theta - W_d [0.5T_1 + T_3 + T_4] - \sigma D_e H T_4}{RT_1 + RT_3 + RT_4} \right]^{1/2} \quad (4.6)$$

$\Delta\theta$  = ความแตกต่างของอุณหภูมิตัวนำที่สูงกว่าอุณหภูมิโดยรอบ (K)

$W_d$  = พลังงานสูญเสียเปล่าไดโอดเล็กตริกต่อหนึ่งหน่วยความยาวต่อเฟส (W/m)

$T_1$  = ความต้านทานเชิงความร้อนระหว่างตัวนำและเปลือกนอก (K.m/W)

$T_3$  = ความต้านทานเชิงความร้อนของเปลือกภายนอก (K.m/W)



$T_4'$  = ความต้านทานเชิงความร้อนภายนอกจากการติดตั้งกลางแจ้งดวงแสงอาทิตย์โดยตรง  
(K.m/W)

$\sigma$  = สัมประสิทธิ์การดูดซับการแผ่รังสีของผิวภายนอกสาย SAC จากแสงอาทิตย์

$D_0'$  = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของสาย SAC (m)

$H$  = อินเทนซิตีของการแผ่รังสีจากแสงอาทิตย์ =  $10^3$  W/m<sup>2</sup>

$R$  = ความต้านทานกระแสลับของตัวนำ

ตารางที่ 4.7 แสดงกระแสที่ทำให้อุณหภูมิของสายเปลี่ยนแปลง  
และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดซึ่งอุณหภูมิโดยรอบ 40 °C

อุณหภูมิ(°C)	กระแส(A)	กำลังไฟฟ้า(MW)
52	34.01	1.94
60	194.65	11.12
70	294.37	16.83
80	366.16	20.93
90	424.39	24.26