บทที่ 5

ระบบสายส่ง

เนื่องจากระบบไฟโตไวลตาอิคที่ออกแบบ ขนาดแผงเซลแสงอาทิตย์ต้องติดตั้งอยู่ห่างจากหลังคาเรือนในหมู่บ้าน ปัญหาเรื่องแรงดันไฟฟ้าตกในสายส่งจะต้องนำมาพิจารณาระดับแรงดันไฟฟ้า (Distribution Voltage) ที่นำมาใช้ในระบบจะต้องมีค่าไม่ต่ำเกินไปจนเกิดปัญหาเรื่องแรงดันไฟฟ้าตกในสายส่งมากเกินไป ในที่นี้จะใช้ระดับแรงดันไฟฟ้าสำหรับกระแสตรงเป็น 120 Vdc. ตามที่ได้ออกแบบมาตั้งแต่ต้นดังกล่าวแล้ว เพื่อที่จะคำนวณและออกแบบสายส่งระยะสั้น (Short Line) หาขนาดสาย, ชนิดของสายส่ง, ระยะห่างของสายส่ง, จำนวนเสาที่ต้องใช้ตามความยาวที่เหมาะสมตามสภาพหมู่บ้านชนบทนั้นๆ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงหลักประการสำคัญที่ว่าแรงดันไฟฟ้าที่ปลายสายส่งจะต้องมีค่าพอแก่ความต้องการของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีอยู่ภายในหมู่บ้าน สำหรับสายส่งกระแสตรงที่จะออกแบบนี้ใช้กับระบบไฟโตไวลตาอิคขนาด 2.72 KW_p (30 หลังคาเรือนตามโหลดที่ประเมินไว้) ดังได้ออกแบบส่วนประกอบต่างๆ ของระบบตามข้างต้นแล้ว อย่างไรก็ตามการออกแบบสายส่งนี้ จะเป็นแนวทางในการนำไปใช้ออกแบบขนาดอื่นๆ ได้ โดยอาศัยวิธีและหลักการเดียวกัน และการออกแบบสายส่งยังได้คำนึงถึงระบบที่โหลดเป็นกระแสสลับ ระดับแรงดันที่ใช้เป็น 220 VAC. 50 Hz ซึ่งใช้อยู่ทั่วๆ ไปในเมืองไทย สำหรับการออกแบบสายส่งกระแสสลับจะยุ่งยากกว่ากระแสตรง ทั้งนี้เพราะมีหลายแฟคเตอร์ที่มีผลต่อระบบเข้ามาเกี่ยวข้องการคำนวณก็ซับซ้อนกว่า ดังรายละเอียดในการออกแบบทั้ง 2 ระบบ ได้มีการเปรียบเทียบกันดังนี้

5.1 <u>ระบบสายส่งกระแสตรง</u>

ในระบบไฟโตไวลตาอิคที่ใช้กันโดยทั่วๆ ไป มักจะเป็นแบบที่แผงเซลแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา แล้วจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าไปในตัวบ้านระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานเป็นระดับต่ำ ประมาณ 12 - 24 V. ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมภายในสายแทบไม่ต้องนำมาคิด เนื่องจากระยะทางสั้นและ LOAD ต่ำ และกำลังไฟฟ้า

ที่สูญเสียในสายมีน้อยมาก ซึ่งถ้าแหล่งที่ใช้ไฟฟ้าหรือหมู่บ้านตั้งอยู่ห่างจากแผงเซลแสง-อาทิตย์มากขึ้น การสูญเสียกำลังไฟฟ้าบางส่วนในสายจะต้องคำนึงถึง ทั้งนี้เพราะจะต้องมีการส่งกำลังงานจากแผงเซลแสงอาทิตย์ไปตามสายที่ติดตั้งบนเสา (pole line distribution) เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับหมู่บ้าน ข้อควรพิจารณาอีกอย่างก็คือ ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน (Nominal system voltage) ควรจะต้องสูงพอสมควร สำหรับการออกแบบได้เลือกใช้ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ 120 Vdc. ถ้าเลือกระดับแรงดันที่ต่ำๆ ปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมในสายจะเกิดขึ้น (ในกรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้าอยู่ห่างจากแผงเซลแสง-อาทิตย์) [12]

สำหรับการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าตรงไปให้กับแหล่งผู้ใช้ไฟฟ้านั้น มี 2 วิธีด้วยกัน คือ

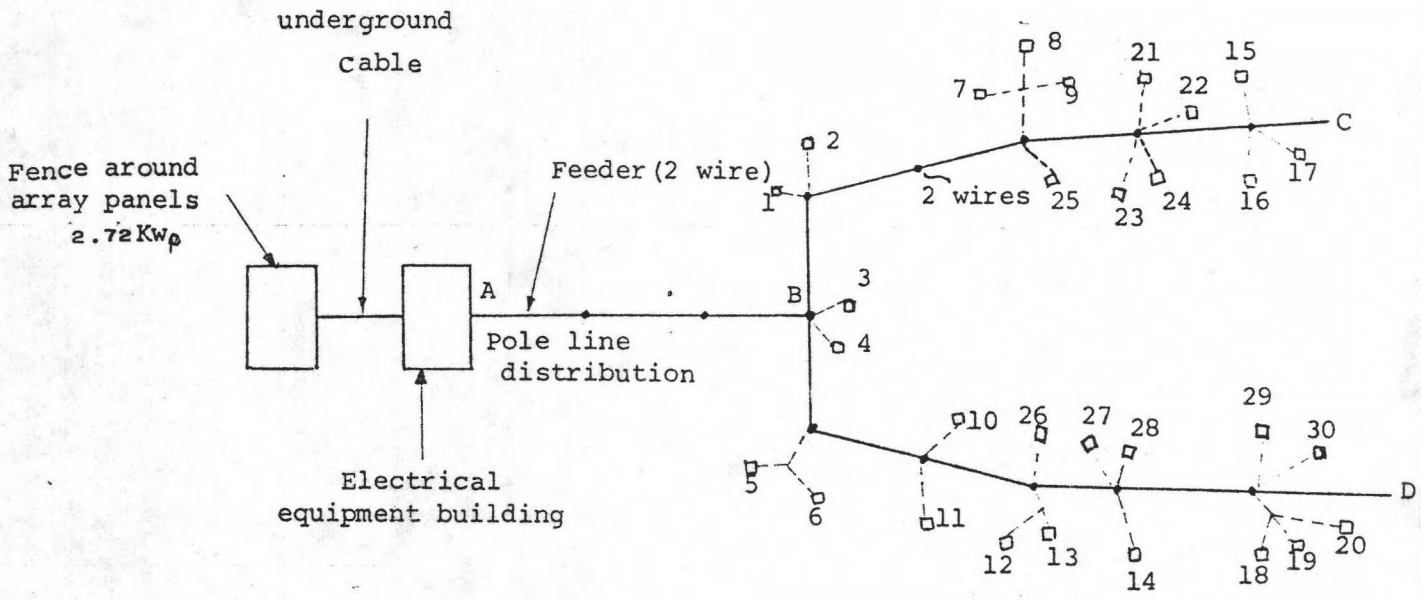
1. Overhead system
2. Underground system

ซึ่งระบบ Overhead system จะใช้สายไฟเปลือยที่เป็นอลูมิเนียม (bare conductor of aluminium) และ underground system ก็จะใช้เป็น cable

ระบบสายส่งไฟฟ้าที่ใช้ในหมู่บ้านเป็นไปตามภาพสเกตท์ที่ได้วาดไว้ จำนวนหลังคาเรือนมี 30 หลังคาเรือน โดยที่แต่ละหลังคาเรือนมีหลอดไฟชนิดฟลูออเรสเซนท์ 20 W. 120 Vdc. จำนวน 1 ดวง ซึ่งจะต้องมี high efficiency 120 Vdc. 23 KHz. inverter - ballasts 20 W. ซึ่งต้องให้ความสว่าง (Lumen) ใกล้เคียงกับหลอดไฟที่ใช้ 220 Vac. 50 Hz ballast และสายส่งกำลังไฟฟ้าที่เป็น Overhead system เริ่มต้นที่จุด A (ดังรูปที่ 5.1) ไปถึงจุดB เป็นระยะทาง 60 m. และจะแยกไปทาง BC เป็นระยะทาง 200 m. และช่วงสาย BD เป็นระยะทาง 250 m.

5.1.1 ข้อพิจารณาในการเลือกขนาดของสายตัวนำไฟฟ้า

ในระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าตรง (DC distribution) การเลือกและพิจารณาขนาดสายตัวนำไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับแฟคเตอร์ที่ต้องพิจารณาดังนี้ [5]



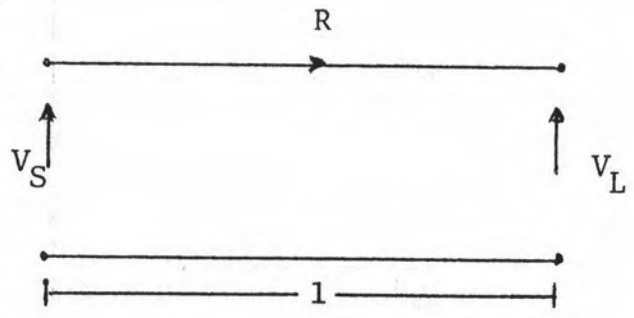
รูปที่ 5.1 รูปสเกตช์ระบบจ่ายไฟฟ้าจากแผงเซลแสงอาทิตย์ขนาด 2.72 Kwp

1. แรงดันตกคร่อมปลายถึงตำแหน่งผู้ใช้ไม่เกิน 6 %

2. ขนาดของตัวนำจะต้องโตพอที่จะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้โดยไม่เกิด over heating ขึ้นในสาย ในกรณีที่มีกระแสไฟฟ้าสูงสุดไหลผ่าน

3. กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในสายส่งต้องมีเปอร์เซนต์ในการสูญเสียต่ำ (ประมาณ 10 %)

5.1.2 ประสิทธิภาพของสายส่งและแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม



รูปที่ 5.2 สายส่งไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย

จากรูปที่ 5.2

$$\text{ค่า} \quad R = \frac{\rho . l}{A} \qquad \text{.....(5.1)}$$

เมื่อ

ρ = Specific resistance of conductor

l = Length of each conductor

A = Area of cross - section of the conductor used.

ถ้า I เป็นกระแสที่ไหลไปยังโหลด แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมในสายทั้งหมดที่เกิดขึ้นจะเป็น 2IR (เนื่องจากกระแส I ไหลกลับเข้าแหล่งจ่าย Vs)

ดังนั้นแรงดันไฟฟ้า ณ จุด

$$V_L = Vs - 2IR \qquad \text{.....(5.2)}$$

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสาย $= 2I^2R$ .....(5.3)

Power Supply $= Vs.I$ .....(5.4)

Power ที่ปลายทาง $= V_L \cdot I$ .....(5.5)

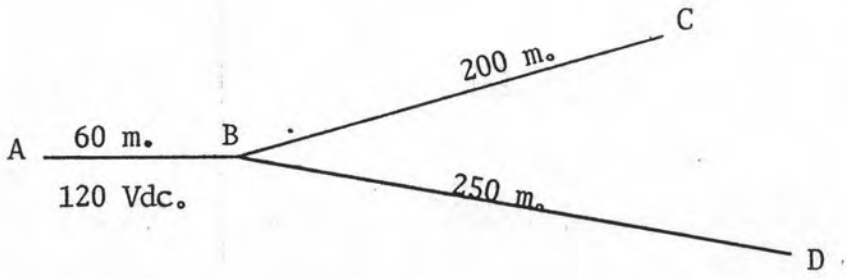
ประสิทธิภาพที่สายส่ง $= \dfrac{V_L \cdot I}{V_S \cdot I}$ .....(5.6)

$$\% \eta = \frac{V_L \cdot I}{V_S \cdot I} \times 100$$

หรือ $\% \eta = 100 - \%$ drop .....(5.7)

5.1.3 การออกแบบ

จากรูปสเกตท์การติดตั้งระบบสายส่งไฟฟ้า เขียนวงจรไดอะแกรมได้ดังนี้



รูปที่ 5.3 วงจรไดอะแกรมของสายส่งที่ใช้ในการออกแบบ

ก. ค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละช่วงสาย

ในสายช่วง BC มีจำนวนหลังคาเรือน 13 หลัง (ตามรูปที่ 5.1) ซึ่งเมื่อคิดกระแสที่ใช้งานจะเป็น

$$\frac{(20 + 5) \times 13}{120} = 2.7 \text{ Amp}$$

∴ ในช่วง BD ที่มี 15 หลังคาเรือน ต้องการใช้กระแสไฟฟ้า

$$\frac{(20 + 5) \times 15}{120} = 3.125 \text{ Amp}$$

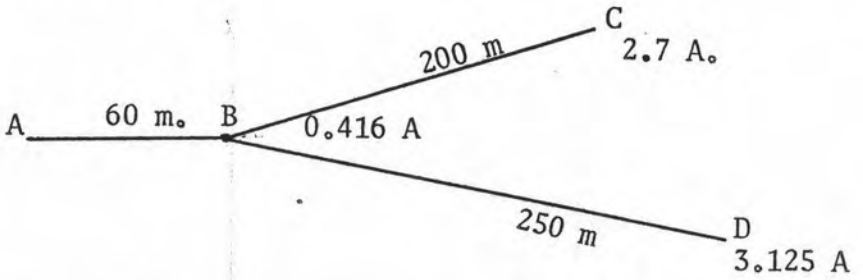
ที่จุด B มี 2 หลังคาเรือน ต้องการใช้กระแสไฟฟ้า

$$\frac{(20 + 5) \times 2}{120} = 0.416$$

ดังนั้นกระแสที่ไหลในช่วง AB = 2.7 + 3.125 + 0.416

= 6.241 Amp

ถ้าเลือกขนาดของ Aluminium conductor, steel - reinforced (ACSR) (ASTMB 232) ตาม Table ขนาดสายตัวนำไฟฟ้าของบริษัทสายไฟฟ้าแห่งหนึ่งซึ่งจะเลือกใช้ขนาด AWG # 2 ซึ่งมีแกนเหล็กเสริม รายละเอียดอยู่ใน Table ที่ภาคผนวก



รูปที่ 5.4 แสดงค่ากระแสที่ไหลผ่านในแต่ละช่วงสาย

จากตาราง

AWG # 2 มี พ.ท. รวม = 0.0608 cm^2

= 0.0608 × 0.00064 m^2

ค่า ค.ต.ท. ของตัวนำที่ 20°c = 0.26 Ω/1000 ft

= 0.26 Ω/304.8 m

$$\rho = \frac{R.A}{1} = \frac{0.26 \times 0.0608 \times 0.00064}{304.8}$$

$$= 0.033\ \mu\Omega\text{-m}$$

ค่า ค.ต.ท. ที่ช่วง AB $= \frac{0.26 \times 60}{304.8} = 0.051\ \Omega$

แรงดันตกคร่อมที่ช่วง AB (ทั้งไปและกลับ) = $2\ I_{AB} \cdot R_{AB}$

$= 2(6.241 \times 0.051)$

$= 0.636$ V

ค่า ค.ต.ท. ที่ช่วง BC $= \frac{0.26 \times 200}{304.8} = 0.17\ \Omega$

แรงดันตกคร่อมที่ช่วง BC (ทั้งไปและกลับ) $= 2 \times 2.7 \times 0.17$

$= 0.918$ V

ค่า ค.ต.ท.ที่ช่วง BD $= \frac{0.26 \times 250}{304.8} = 0.213\ \Omega$

แรงดันตกคร่อมที่ช่วง BD (ทั้งไปและกลับ) $= 2 \times 2.125 \times 0.213$

$= 1.33$ V

แรงดันตกคร่อมรวม $= 0.636 + 0.918 + 1.33 = 2.884$ V

แรงดันที่จุด B ได้รับ $= 120 - 0.636 = 119.364$ V

แรงดันที่จุด C ได้รับ $= 119.364 - 0.918 = 118.446$ V

แรงดันที่จุด D ได้รับ $= 119.364 - 1.33 = 118.034$ V

% drop ในสาย $= \frac{100}{120} \times 2.884 = 2.4$ %

ประสิทธิภาพสายส่ง $= \frac{(120 - 2.884)}{120} \times 100 = 97.6$ %

ข. กำลังไฟสูญเสีย

ในช่วงสาย AB มีกำลังไฟฟ้าสูญเสีย $= 2I_{AB}^2 R_{AB}$

$= 2 \times (6.241)^2 \times 0.051$

$= 3.97$ W

ในช่วงสาย BC มีกำลังไฟฟ้าสูญเสีย $= 2 \times (2.7)^2 \times 0.17$

$= 2.47$ W

ในช่วงสาย BD มีกำลังไฟฟ้าสูญเสีย = $2 \times (3.125)^2 \times 0.213$

= 4.16 W.

กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด = 3.97 + 2.47 + 4.16

= 10.6 W.

ค. น้ำหนักของสายตัวนำ

จากตาราง CM # 2 น้ำหนักต่อความยาวจะเป็น 91.3 lb/1000 ft หรือ 135.85 kg/1000 m.

ในช่วงสาย ABมีน้ำหนักต่อเส้น = $\frac{135.85 \times 60}{1000}$ = 8.15 kg.

ในช่วงสายBC มีน้ำหนักต่อเส้น = $\frac{135.85 \times 200}{1000}$ = 27.17 kg.

ในช่วงสาย BDมีน้ำหนักต่อเส้น = $\frac{135.85 \times 250}{1000}$ = 33.96 kg.

= 2(8.15 + 27.17 + 33.96)

= 138.56 kg.

ง. การติดตั้งเสาไฟฟ้า

โดยปกติเสาไฟฟ้าที่ใช้กับระบบจำหน่ายแรงต่ำของ กฟภ. ในปัจจุบันจะใช้เสาขนาด ๘ และ ๙ เมตร [15] โดยแยกลักษณะการใช้งานดังนี้

๑. เสาขนาด ๘ เมตร ใช้กับระบบจำหน่ายแรงต่ำที่ใช้สายเปลือยพาดบนไม้คอน ปกติเสาขนาดนี้จะใช้กับระบบจำหน่ายแรงต่ำสายหุ้มฉนวนระบบ ๑ เฟส ๒ สาย

๒. เสาขนาด ๙ เมตร ใช้กับระบบจำหน่ายแรงต่ำที่ใช้สายหุ้มฉนวนประกอบกับ แร็ค ระบบ ๓ เฟส ๔ สาย

3. นอกจากเสาทั้ง 2 ขนาดดังกล่าว ปัจจุบันยังใช้เสาขนาด 6 เมตร เป็นเสาบริการสำหรับระบบไฟฟ้าแรงต่ำของผู้ใช้ไฟด้วย

เมื่อพิจารณาตามสภาพหมู่บ้านในชนบทที่ห่างไกล เลือกใช้เสาขนาด 8 เมตร มีระยะทางช่วงเสา 20 เมตร และ ϕ = 8 inch

สำหรับสายตัวนำที่จะใช้จากแผงเซลแสงอาทิตย์ ที่อยู่กลางแจ้งมายังห้องควบคุมจะใช้สาย cable ที่ฝังลงดิน (underground system) จากแผงเซลแสงอาทิตย์ ค่า Max. current ที่แผงผลิตได้ประมาณ 18.64 A (ที่ 100 mw/cm^2) การเลือกขนาดสายจะต้องเผื่อไว้ การเลือกขนาดสายจะใช้ได้นั้น ต้องขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างแผงเซลมายังห้องควบคุม จะต้องโตพอที่จะไม่ให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมในสายเกิน 2 % (NE CODE)

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงผลจากการคำนวณระบบสายส่งไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงเซลแสงอาทิตย์ขนาด 2.72 kw_p 120 Vdc.

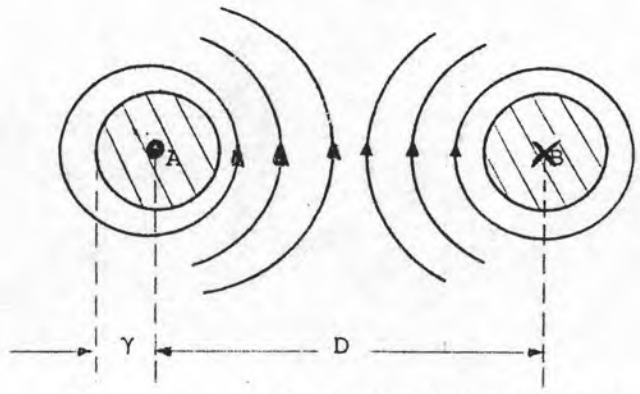
ชนิดของสายตัวนำ	ขนาด AWG	ประสิทธิภาพสายส่ง (%)	ระยะทางช่วง (m)			แรงดันตกคร่อมทั้งไปและกลับ			%drop (V)	Total power lost (W)	เสาไม้			จำนวนหลังคาเรือน
			AB	BC	BD						สูง	ระยะห่าง	Ø	
						AB	BC	BD			m	m	inch	
ACSR	2	97.6	60	200	250	0.636	0.918	1.33	2.4	10.6	8	20	8	30

5.2 ระบบสายส่งกระแสสลับ

ระบบจ่ายไฟกระแสสลับที่จะใช้กับหมู่บ้านซึ่งมีโหลดที่เป็นหลอดไฟ (ฟลูออเรสเซนต์) ได้จากตัวอินเวอร์เตอร์ ขนาด 1.5 KVA 220 V 50 Hz ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสตรงจากแผงเซลแสงอาทิตย์ ขนาดที่ออกแบบ 3.06 KW_p (30 หลังคาเรือนตามโหลดที่ประเมินไว้) ให้เป็นกระแสไฟสลับ ระบบสายส่งที่จะออกแบบนี้จะเป็น Single phase 2 wire system ซึ่งเหมาะกับระยะทางของสายส่งช่วงสั้นๆ ที่มีโหลดไม่มาก และแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ค่อนข้างต่ำ สำหรับระยะทางนั้นได้ใช้ตามหัวข้อที่ 5.1 แนวทางการออกแบบระบบสายส่งคล้ายคลึงกับที่ได้ออกแบบระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าตรง สิ่งที่แตกต่างกันก็คือ

1. โหลดที่ใช้กับ A.C. นั้นจะต้องมีตัว power factor เข้ามาเกี่ยวข้อง
2. กระแสในแต่ละจุดนั้นจะรวมกันด้วยทาง Vector ซึ่งอยู่ในรูปของ Complex notation
3. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมในสายส่ง มิใช่จะมีแต่เพียงค่า ค.ต.ท. ตัวเดียว แต่ยังจะต้องนำผลของ inductive reactance (X_L) มาติดด้วย ถ้าสายส่งที่มีช่วงยาวๆ จะต้องคิดถึงค่า Capacitive reactance (X_C) ด้วย สำหรับช่วงสายส่งที่สั้นๆ ค่านี้สามารถตัดทิ้งได้ เพราะมันเกิดขึ้นน้อยมาก

เมื่อสายส่งกระแสไฟฟ้าสลับจำเป็นต้องมีค่า X_L เข้ามาเกี่ยวข้องจึงต้องมีการคิดคำนวณตามวิธีการดังนี้ [5]



รูปที่ 5.5 แสดงเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นระหว่าง 2 ตัวนำ

จากรูปที่ 5.5 สมการที่ใช้หาค่า inductance (L) แสดงได้ดังนี้ [5]

$$L = \frac{\mu}{\pi} \ln \frac{D}{\gamma} + \frac{\mu_i}{4\pi} \quad \text{henry/metre (เมื่อ D)} \quad \ldots\ldots(5.8)$$

เมื่อ

μ = Absolute permittivity of the surrounding medium

μ_i = Absolute permittivity of the conductor material

$$X_L = 2\pi L \quad \Omega/\text{m}. \quad \ldots\ldots(5.9)$$

5.2.1 การออกแบบ

ระบบสายส่ง A.C. นั้นจะมีระยะทางและขนาดสายส่ง, ระยะห่างของตัวนำ, ความสูงของเสาไฟฟ้า จะมีขนาดเดียวกันกับสายส่ง D.C. ที่ได้ออกแบบไปแล้วสำหรับผลการคำนวณระบบสายส่ง A.C. มีดังนี้

ก. ข้อมูล

- ใช้สาย ACSR ขนาด #2 ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.316 นิ้ว conductor resistance at 20 $^{\circ}$c = 0.26 Ω/1000 ft (ตามตาราง)
- ระยะห่างระหว่างตัวนำเป็น 1 เมตร
- กระแสไฟฟ้าที่โหลดซึ่งเป็นไฟแสงสว่างและวิทยุ สำหรับแสงสว่างซึ่งเป็นหลอดฟลูออเรสเซนท์ 20 W จะกินกระแสไฟฟ้าแต่ละดวงที่ p.f. = 0.85 เป็นแสงสว่าง

$$I = \frac{20}{220 \times 0.85} = 0.107 \text{ A}$$

วิทยุ

$$I = \frac{5}{220 \times 0.85} = 0.026 \text{ A}$$

จึงเลือกกระแสนี้ในการออกแบบ

ข. การคำนวณหาค่า X_L

จากสมการที่ 5.8 เมื่อ D = 1 m ; $\mu = \mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$; $\mu_i = \mu_o$

$$L = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{\pi} \left(\ln \frac{1}{0.004} + \frac{1}{4} \right)$$

$$\approx 2.3 \quad \mu H/m$$

$$X_L = 2\pi \times 50 \times 2.3 \times 10^{-6} = 0.00072 \quad \Omega/m$$

และ $R = 0.2600 \ \Omega/1000 \text{ ft} = 0.26 \ \Omega/304.8 \text{ m.}$

$$= 0.00085 \quad \Omega/m$$

ค่า Z ที่ระยะทางใดๆ จะเป็น $Z_{(1)} = R_{(1)} + J X_{L(1)}$ .....(5.10)

ที่ระยะทาง 60 m $Z_{AB} = 0.051 + J\ 0.0432 \quad \Omega$

ที่ระยะทาง 200 m $Z_{BC} = 0.17 + J\ 0.144 \quad \Omega$

ที่ระยะทาง 250 m $Z_{BD} = 0.212 + J\ 0.18 \quad \Omega$

ตามรูปที่ 5.1 ช่วงสาย AB จะเป็นค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมดเมื่อฟลูโหลด จำนวนหลังคาเรือนมี 30 หลังคาเรือนที่ใช้ไฟ กระแสไฟฟ้าทั้งหมด (แสงสว่าง + วิทยุ) จะมีค่าเท่ากับ

$$I_{AB} = [(0.107 + 0.026) \times 30] \angle -\theta = 4.0 \angle -\theta \ ; \ \cos \theta = 0.85 \text{ lagging}$$

ค. การหาค่าแรงดันตกคร่อมในสาย

แรงดันตกคร่อมในช่วงสาย AB = $I_{AB} . Z_{AB}$

$$= (3.4 - J2.107)(0.051 + J\ 0.0432)$$

$$= 0.2644 + J\ 0.0394 \quad V$$

แรงดันตกคร่อมในช่วงสาย BC = IBC.ZBC

= (1.47 - J 0.9108)(0.17 + J0.144)

= 0.38 + J0.0568 V

แรงดันตกคร่อมในช่วงสาย BD = IBD.ZBD

= (1.7 - J1.0535)(0.212 + J0.18)

= 0.55 + J0.083 V

แรงดันตกคร่อมทั้งหมด = 0.2644 + 0.38 + 0.55

+ J(0.0394 + 0.0568 + 0.083)

= 1.1944 + J0.1792 V

ง. แรงดันที่ปลายสาย

แรงดันที่จุด B ได้รับ = 220 - (0.2644 + J0.0394)

= 219.73 + J0.0394 V

แรงดันที่จุด C ได้รับ = (219.73 + J0.0394) - (0.38 + J0.0568)

= 219.35 - J0.0174 V

แรงดันที่จุด D ได้รับ = (219.73 + J0.0394) - (0.55 + J0.083)

= 219.18 - J0.0436 V

ค่า Magnitude ของแรงดันที่

จุด B ได้รับ = 219.730 V

จุด C ได้รับ = 219.35 V

จุด D ได้รับ = 219.18 V

จ. กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่ง

ในช่วงสาย AB = $R_e[I^*_{AB} V_{AB} (drop)] = I^2_{AB} R_{AB}$

= $(4)^2 * 0.051$

= 0.816 Watts Watts

ในช่วงสาย BC = $(1.729)^2 \times 0.17$

= 0.508 Watts

ในช่วงสาย BD = $(1.995)^2 \times 0.212$

= 0.843 Watts

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายทั้งหมด

= 0.816 + 0.508 + 0.843

= 2.167 Watts

เมื่อพิจารณาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมในสายคิดเป็น % จะได้

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมรวมทั้งหมด = 1.1944 + J0.1792

ขนาดเป็น (Magnitude) = 1.2077 V

% ของแรงดันตกคร่อม = $\frac{1.2077}{220} \times 100 = 0.55$ %

ประสิทธิภาพของสายส่ง = $\frac{(220 - 1.2077)}{220} \times 100$

= 99.45 %

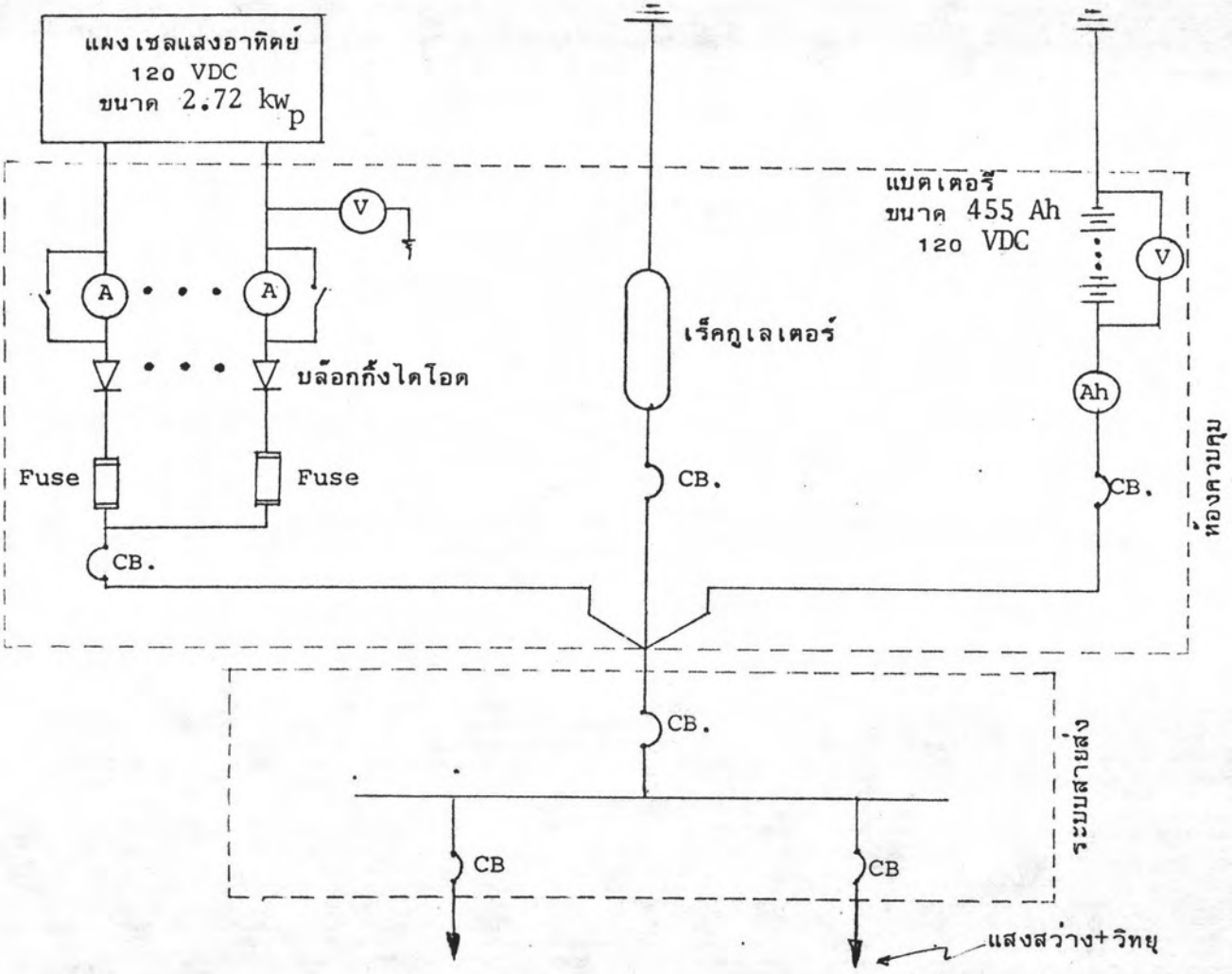
ดังนั้นขนาดสาย ACSR # 2 ใดพอที่จะใช้เป็นสายส่งได้

5.3 อุปกรณ์สำหรับการป้องกันระบบ

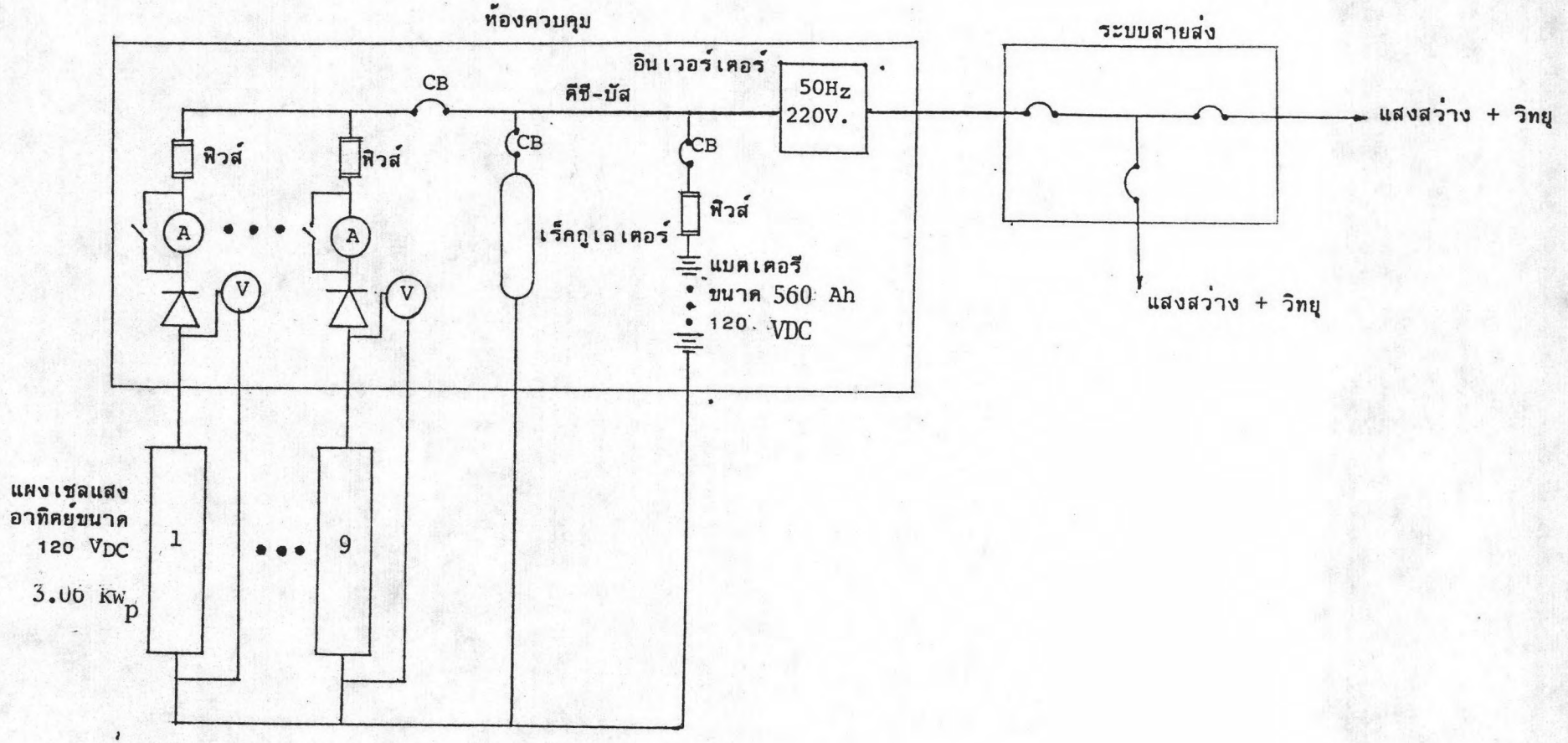
ระบบไฟฟ้าไฟโตโวลตาอิคมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีอุปกรณ์ป้องกันทำหน้าที่แยกองค์ประกอบของระบบให้เป็นอิสระ หรือใช้สำหรับตัดวงจรเพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นแก่ระบบ อุปกรณ์เหล่านี้ ได้แก่ ฟิวส์, เซอร์กิต เบรคเกอร์ เป็นต้น สำหรับการออกแบบในวิทยานิพนธ์นี้ เป็นแบบใช้งานแยกอิสระ (stand - alone) จะไม่มีการต่อเข้ากับ Utility Grid จึงไม่ต้องมีอุปกรณ์ป้องกันระหว่าง Inverter Output กับ Utility Grid และที่แผงเซลแสงอาทิตย์ยังจะต้องมีเครื่องมือวัดสำหรับดูค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตออกมาในสภาวะแสงแดดที่มีความเข้มต่างๆ กัน เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาทำการวิเคราะห์อีกทีหนึ่ง ในทางปฏิบัติอุปกรณ์เหล่านี้มักจะ

เดินสายไฟติดตั้งในห้องควบคุม เพื่อสะดวกแก่การปฏิบัติและการบำรุงรักษา ปกติแล้วจะแยกออกจากห้อง เก็บแบต เตอรี่ต่างหาก [12]

อย่างไรก็ตามการใช้อุปกรณ์สำหรับป้องกันความ เสียหายแก่ระบบนี้ สามารถเขียน เป็นรูปส เกตท์ระบบไฟฟ้าไฟโตไวลตาอิคแบบทั่วๆ ไปได้ดังนี้



รูปที่ 5.6 ภาพสเกตช์ระบบไฟฟ้าไฟโตโวลตาอิคกระแสตรง ขนาด 2.72 kw_p แบบแยกอิสระ



รูปที่ 5.7 ภาพสเกตท์ระบบไฟฟ้าโฟโตโวลตาอิคขนาด 3.06 kW_p โหลดเป็นกระแสสลับ แบบแยกอิสระ

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงผลการคำนวณระบบสายส่งไฟฟ้ากระแสสลับจากแผงเซลแสงอาทิตย์ขนาด 3.06 kw_p 120 Vdc.

ชนิดของสายตัวนำ	ขนาด AWG	ประสิทธิภาพสายส่ง (%)	ระยะทางช่วง AB	ระยะทางช่วง BC	ระยะทางช่วง BD	(magnitude) แรงดันตกคร่อมสาย AB	(magnitude) แรงดันตกคร่อมสาย BC	(magnitude) แรงดันตกคร่อมสาย BD	X_L	%drop (V)	power ที่สูญเสีย (W)	เสาไม้ สูง	เสาไม้ ห่าง	เสาไม้ ϕ	จำนวนหลังคาเรือน
ACSR	2	97.45	60	200	250	0.267	0.384	0.556	0.00072 Ω/m	0.55	(magnitude) 2.167	m. 8	m 20	inch. 8	30