บทที่ ๕

Rural Electrification in Udonthani Area

๕.๑ ทั่วไป

เนื่องจากจังหวัดอุดรธานีเป็นจังหวัดหนึ่งที่จะได้รับกระแสไฟฟ้าจากโครงการน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น ซึ่งจะเริ่มทำการจำหน่ายกระแสไฟฟ้าในต้นปี พ.ศ. ๒๕๐๕ ที่จังหวัดอุดรธานีจะมีสถานีลดแรงดันไฟฟ้า ตั้งอยู่ห่างจากเขตเทศบาลเมืองไปทางเหนือเป็นระยะทาง ๓ กิโลเมตร สถานีลดแรงดันไฟฟ้าดังกล่าวจะจ่ายไฟฟ้า โดยใช้ระบบแรงดัน ๒๒,๐๐๐ โวลต์ จำนวนสายส่ง (Feeder) ที่ออกจากสถานีลดแรงดันไฟฟ้าแห่งนี้มีทั้งหมด ๔ สายส่ง สำหรับระยะแรก แต่ยังมีอีก ๒ สายส่งที่จัดเผื่อไว้สำหรับความต้องการไฟฟ้าที่จะเพิ่มในอนาคต และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะได้จ่ายกระแสไฟฟ้าโดยใช้สายส่งไปยังเขตการไฟฟ้าต่าง ๆ ของจังหวัดนี้ต่อไป คือ

Feeder No. I จะจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังอำเภอหนองบัวลำภูด้วยแรงดันไฟฟ้า ๒๒,๐๐๐ โวลต์ เป็นระยะทาง ๔๕ กิโลเมตร เดินขนานกับเส้นทางหลวงแผ่นดินสายจังหวัดอุดรธานี - จังหวัดเลย เป็นระบบ ๓-เฟส, ๓-สาย ด้วยสายอลูมิเนียมเปลือยขนาด ๕๐ ตารางมิลลิเมตร โดยตลอดทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะติดหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด ๑๕๐ เควีเอ ที่เขตสุขาภิบาลอำเภอหนอง-บัวลำภู และในระยะที่สายส่งนี้ผ่านจะมีหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด ๕๐ เควีเอ เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าไปตามหมู่บ้านหนองบัวลำภู

Feeder No. II จะจ่ายกระแสไฟฟ้าไปถึงอำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร ด้วยแรงดันไฟฟ้า ๒๒,๐๐๐ โวลต์ รวมเป็นระยะทางทั้งสิ้น ๘๒ กิโลเมตร โดยเดินสายส่งไฟฟ้าขนานกับเส้นทางหลวงแผ่นดินสายจังหวัดอุดรธานี-จังหวัดสกลนคร เป็นระบบ ๓-เฟส, ๓-สาย ด้วยขนาดสายอลูมิเนียมเปลือย ๘๐ ตารางมิลลิเมตร และทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ออกแบบไว้ว่า จะติดตั้ง

หม้อแปลงไฟฟ้าที่อำเภอสว่างแดนดินด้วยขนาด ๑๕๐ เกวีเอ และระหว่างทางของสายไฟฟ้านี้ จะเดินผ่านอำเภอหนองหาร จังหวัดอุดรธานี ซึ่งจะทำการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด ๑๐๐ เกวีเอ เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าของเขตสุขาภิบาลอำเภอหนองหาร สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าดังกล่าว จะลดแรงดันไฟฟ้าจาก ๒๒,๐๐๐ โวลต์ ลงมาเป็น ๓๘๐/๒๒๐ โวลต์ ๓-เฟส, ๔-สาย ต่อไป

Feeder No. III จะจ่ายกระแสไฟฟ้าไปถึงอำเภอกุมภวาปีด้วยแรงดันไฟฟ้า ๒๒,๐๐๐ โวลต์ ความยาวของสายสายนี้ ๓๔ กิโลเมตร เป็นระบบ ๓-เฟส ๓-สาย ด้วยสายอลูมิเนียมเปลือยขนาด ๘๐ ตารางมิลลิเมตร ทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ทำการออกระบบไว้ว่าที่เขตสุขาภิบาลอำเภอกุมภวาปีจะทำการติดตั้งหม้อแปลงลดแรงดันไฟฟ้าขนาด ๒๕๐ เกวีเอ ๑ หม้อแปลง และในระหว่างทางของสายไฟฟ้าดังกล่าวจะมีหม้อแปลงขนาด ๑๖๐ เกวีเอ ๑ หม้อแปลงที่แถว ๆ บ้านถอนแคน ทั้งนี้เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ ๒๒,๐๐๐/๓๘๐-๒๒๐ โวลต์

Feeder No. IV จะจ่ายกระแสไฟฟ้าจากสถานีลดแรงดันไฟฟ้าจังหวัดอุดรธานีไปถึงจังหวัดหนองคาย ด้วยแรงดันไฟฟ้า ๒๒,๐๐๐ โวลต์ ด้วยสายไฟฟ้าขนาด ๙๕ ตารางมิลลิเมตร อลูมิเนียมแกนเหล็กเปลือย ๓-เฟส ๓-สาย เป็นระยะทาง ๔๙ กิโลเมตร ระหว่างทางมีสายไฟฟ้าอลูมิเนียมเปลือยขนาด ๕๐ ตารางมิลลิเมตร ๓-เฟส ๓-สาย แรงดันไฟฟ้า ๒๒,๐๐๐ โวลต์ ไปจำหน่ายให้แก่เขตสุขาภิบาลอำเภอบ้านผือ เป็นระยะทาง ๔๒ กิโลเมตร และเดินแยกไปยังอำเภอเพ็ญ ซึ่งเป็นระยะทาง ๑๔ กิโลเมตร นอกจากนี้ยังแยกไปอำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย ด้วยสายอลูมิเนียมเปลือยขนาด ๘๐ ตารางมิลลิเมตร เป็นระยะทาง ๓๐ กิโลเมตร ทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ออกแบบทำการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าที่อำเภอบ้านผือ, อำเภอเพ็ญ, บ้านหนองสองห้อง (เป็นบ้านที่อยู่ใกล้กับเส้นทางหลวงแผ่นดินสายจังหวัดอุดรธานี-จังหวัดหนองคาย) อำเภอศรีเชียงใหม่ และที่เขตเทศบาลเมืองจังหวัดหนองคาย ด้วยขนาด ๑๐๐, ๕๐, ๕๐๐ และ ๑๑๘๐ เกวีเอ ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าระบบ ๒๒,๐๐๐ โวลต์/๓๘๐-๒๒๐ โวลต์

แผนที่ ๕.๑-๓ เป็นแผนที่ของจังหวัดอุดรธานีที่แสดงการเดินสายไฟฟ้าด้วยระบบแรงดันไฟฟ้า ๒๒,๐๐๐ โวลต์ จากสถานีลดแรงดันไฟฟ้าจังหวัดอุดรธานี ไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าในที่ต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น

๕.๒ ข้อตกลงในการออกแบบสายส่งไฟฟ้า ๒๒,๐๐๐ โวลต์

ในการออกแบบสายส่งไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายในหมู่บ้านต่าง ๆ ของจังหวัดอุดรธานี เป็นการพิจารณาเดินสายไฟฟ้าแรงดัน ๒๒,๐๐๐ โวลต์ ๑-เฟส, ๒-สาย โดยแยกมาจากวงจรที่ทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ทำการก่อสร้างถึงไดกล่าวแล้วข้างต้น ข้อตกลงในการออกแบบดังกล่าวจะอยู่ในขอบเขตดังนี้คือ

๑. ทางด้านไฟฟ้า

๑. Source : เดินสายไฟฟ้าแยกมาจาก สายไฟฟ้าที่ทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้จัดทำขึ้น

๒. Primary Distribution : Norminal ๒๒,๐๐๐ volts single phase; two-wires ๕๐ cycles per second

๓. Regulation : ด้วยระบบแรงดันไฟฟ้า ๒๒,๐๐๐ โวลต์ เป็นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยที่ Primary distribution เป็น ๒๒,๐๐๐ โวลต์ Permissible voltage variations สำหรับการเดินสายไฟฟ้าดังกล่าวนี้ มีดังต่อไปนี้.-

	Rural lines
Permissible voltage variation at service point	± 10 %
Maximum voltage allowed, volts	24,000
Minimum voltage allowed, volts	20,000

๖. วัสดุ

๑. เสา (Pole) : ความสูงของเสาไม้ป่าที่ใช้ขึงจารถเมื่อความสูง ๑๐, ๑๒ และ ๑๔ เมตร เป็นเสาไม้เนื้อแข็ง และในตารางที่ ๔.๑ เป็นการแนะนำในการปักเสาลึกลงไปในดิน สำหรับความยาวของเสาไม้ต่าง ๆ กัน

ตารางที่ ๔.๑ การปักเสาลึกในดิน

ความยาวเสาไม้ทั้งหมด		ความลึกที่ใช้ปักในดิน	
ฟุต	เมตร	ฟุต	เมตร
๒๐	๖.๑	๔.๐	๑.๒๒
๒๕	๗.๖	๔.๕	๑.๓๗
๓๐	๙.๑	๕.๐	๑.๕๒
๓๕	๑๐.๗	๕.๐	๑.๕๒
๔๐	๑๒.๒	๕.๕	๑.๖๗
๔๕	๑๓.๗	๖.๐	๑.๘๓
๕๐	๑๕.๒	๖.๕	๑.๙๘
๕๕	๑๖.๘	๗.๐	๒.๑๓
๖๐	๑๘.๓	๗.๐	๒.๑๓
๖๕	๑๙.๘	๗.๕	๒.๒๙
๗๐	๒๑.๓	๗.๕	๒.๒๙
๗๕	๒๒.๙	๘.๐	๒.๔๔
๘๐	๒๔.๔	๘.๐	๒.๔๔

๒. ไม้คอนสาย (Cross-arm) ทำมาจากไม้เนื้อแข็งขนาด ๐.๑๐ x ๐.๑๐ x ๑.๕๐ เมตร

๓. สายไฟฟ้า (Conductor) สำหรับสายไฟฟ้าที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นสายอลูมิเนียมแกนเหล็กเปลือยเบอร์ ๔, ๖ และ ๘ [Aluminum Cable Steel Reinforced Conductor (ACSR) No. ๔, ๖, and ๘ AWG และสายอลูมิเนียมทั้งหมด (เปลือย) เบอร์ ๖ และ ๘ All Aluminum Conductor (AA) No. ๖ and ๘ AWG]

๔. ลูกถ้วย (Insulator) ลูกถ้วยที่นำมาใช้กับแรงดันไฟฟ้า ๒๒,๐๐๐ โวลต์ เป็นแบบ Pin-type, $5\frac{1}{2}$ inch by $6\frac{1}{2}$ inch diameter; EEI-NEMA class ๕๖-๒ และ Strain insulator - $5\frac{1}{2}$ inch by $8\frac{1}{2}$ inch diameter EEI-NEMA class ๕๖-๒ clevis type, two per dead end. [EEI-NEMA : Edison Electric Institute-National Electrical Manufacturers Association]

๓. Sag and Tension Charts

เนื่องด้วยความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าในหมู่บ้านต่าง ๆ ที่กล่าวถึงในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจำนวนการใช้น้อย ด้วยเหตุนี้ขนาดของสายไฟฟ้าจึงมีขนาดเล็ก ในกรณีนี้ขนาดของสายไฟฟ้าที่นำมาพิจารณาเป็นสายไฟฟ้าอลูมิเนียมแกนเหล็กเปลือยเบอร์ ๔, ๖ และ ๘ สายอลูมิเนียมทั้งหมดเปลือยเบอร์ ๖ และ ๘ กราฟที่แสดง Sag and Tension Charts ของขนาดสายไฟฟ้าดังกล่าวข้างต้นได้แสดงไว้ใน Figure ๕.๑ ถึง Figure ๕.๕

สำหรับการออกแบบในการเดินสายไฟฟ้าดังกล่าว จะพิจารณาที่อุณหภูมิ ๓๕ องศาเซนติเกรด และจุดต่ำสุดของสายไฟฟ้าที่อยู่เหนือพื้นดิน (Minimum clearance above ground) มีความสูง ๒๖ ฟุตหรือ ๖.๙ เมตร ตาม National Electric Safety Code (NESC) ของสหรัฐอเมริกา ในที่นี้กำหนดให้มีค่า ๘ เมตร

๔.๓ การออกแบบสายส่งไฟฟ้าขนาดแรงดัน ๒๒,๐๐๐ โวลต์

ในการออกแบบสายส่งไฟฟ้าไปจำหน่ายตามหมู่บ้านต่าง ๆ ที่เหมาะสม บางหมู่บ้านตั้งอยู่ใกล้กับเส้นทางเดินของสายไฟฟ้าที่จัดสร้างโดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จึงนับว่าสะดวกแก่การที่จะนำกระแสไฟฟ้ามาใช้กับหมู่บ้านนั้น ๆ ได้ง่าย ด้วยเหตุนี้ในการออกแบบสายส่งไฟฟ้าในที่นี้ จะทำเฉพาะส่วนที่แยกออกมาจากสายที่ได้เดินโดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แล้วไปจำหน่ายยังหมู่บ้านที่เหมาะสมกันต่อไป

จากการพิจารณาหมู่บ้านที่อยู่ในอำเภอควรได้รับการสนับสนุนให้มีการใช้ไฟฟ้านั้นจะมีสายส่งไปจำหน่ายทั้งหมด ๒๖ สายส่ง (Feeders) คิดเป็นระยะทาง ๔๐๐ กิโลเมตรโดยประมาณ เป็นความต้องการไฟฟ้าจากการประมาณกำไว้ ๔,๑๐๐ กิโลวัตต์ โดยประมาณ สำหรับความยาวและความต้องการใช้ไฟฟ้าของสายส่งต่าง ๆ ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ ๔.๒ (นอกจากนี้อีกจำนวน ๑,๐๐๐ กิโลวัตต์ เป็นความต้องการใช้ไฟฟ้าของหมู่บ้านที่อยู่ตามริมทางสายส่งไฟฟ้าที่จัดเดินโดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคดังได้รวบรวมไว้ในภาคผนวก ก.

ตารางที่ ๔.๒ ความยาวและความต้องการใช้ไฟฟ้าในแต่ละสายส่ง

เลขที่ของสายส่ง	ระยะทางของสายส่ง (กิโลเมตร)	ความต้องการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	ความต้องการไฟฟ้าโดยเฉลี่ย (กิโลวัตต์/กิโลเมตร)
๑	๓๓.๐	๔๖๔.๖๖๕	๑๔.๖๐
๒	๖๐.๑	๖๖๘.๖๔๐	๑๐.๔๕
๓	๑๗.๗	๑๒๓.๔๑๐	๖.๔๗
๔	๑๔.๗	๑๔๒.๕๕๐	๑๓.๑๐
๕	๓๑.๕	๒๔๖.๗๐๐	๗.๔๔
๖	๑๒.๐	๘๔.๑๗๕	๗.๔๓

৯৮	৩৫৯.৫	৫৮৩.৫৫০	১৮০.০৮
৯৫	৯০.৩	৮৯৮.৫৫৩	৫০.৫০
৯৪	১০০.৩	৮৮৫.৫০৫	৮.০৫০
৯৩	৯০.৮	৮৫৮.৫৮০	১১০.৩৫
৯২	৮০.৮	৯০৫.৮৩৫	১৫.৯৮
৯১	৮৫.৫	৯৫৫.৮৫৬	৮.৮৫
৯০	৩৫.৫	৯৫৫.৩৫০	১০০.৫০
৮৯	১৩০.৮	৯৫৪.১৮৫	১৩০.৮৩
৮৮	৫০.৫	৯৫৩.০৮৫	৫.৫৫
৮৭	৮০.৫	৯৫১.৩৩৩	১৮০.১০
৮৬	৫.৯	৯৫০.৫৯৫	৫.১৫
৮৫	৩০.০	৯৪৯.৫৫০	৯১.৩০
৮৪	৮৯.৯	৯৪৮.৫৫০	৮৫.৩০
৮৩	৮০.০	৯৪৭.৩৫০	১৫.৫০
৮২	৫০.০	৯৪৬.৮৫৫	১০.৩০
৮১	৫.০	৯৪৫.৩৫০	১৫.৫০
৮০	৫৯.৫	৯৪৪.৫৫০	৫.৩৫
৭৯	৩৫.০	৯৪৩.৫৫০	৫.০৫
৭৮	৩৫.৫	৯৪২.৫৫০	৫.৫৫
৭৭	৩৫.০	৯৪১.৫৫০	৫.০৫
৭৬	৩৫.০	৯৪০.৫৫০	৫.০৫
৭৫	৩৫.০	৯৩৯.৫৫০	৫.০৫
৭৪	৩৫.০	৯৩৮.৫৫০	৫.০৫
৭৩	৩৫.০	৯৩৭.৫৫০	৫.০৫
৭২	৩৫.০	৯৩৬.৫৫০	৫.০৫
৭১	৩৫.০	৯৩৫.৫৫০	৫.০৫
৭০	৩৫.০	৯৩৪.৫৫০	৫.০৫
৬৯	৩৫.০	৯৩৩.৫৫০	৫.০৫
৬৮	৩৫.০	৯৩২.৫৫০	৫.০৫
৬৭	৩৫.০	৯৩১.৫৫০	৫.০৫
৬৬	৩৫.০	৯৩০.৫৫০	৫.০৫
৬৫	৩৫.০	৯২৯.৫৫০	৫.০৫
৬৪	৩৫.০	৯২৮.৫৫০	৫.০৫
৬৩	৩৫.০	৯২৭.৫৫০	৫.০৫
৬২	৩৫.০	৯২৬.৫৫০	৫.০৫
৬১	৩৫.০	৯২৫.৫৫০	৫.০৫
৬০	৩৫.০	৯২৪.৫৫০	৫.০৫
৫৯	৩৫.০	৯২৩.৫৫০	৫.০৫
৫৮	৩৫.০	৯২২.৫৫০	৫.০৫
৫৭	৩৫.০	৯২১.৫৫০	৫.০৫
৫৬	৩৫.০	৯২০.৫৫০	৫.০৫
৫৫	৩৫.০	৯১৯.৫৫০	৫.০৫
৫৪	৩৫.০	৯১৮.৫৫০	৫.০৫
৫৩	৩৫.০	৯১৭.৫৫০	৫.০৫
৫২	৩৫.০	৯১৬.৫৫০	৫.০৫
৫১	৩৫.০	৯১৫.৫৫০	৫.০৫
৫০	৩৫.০	৯১৪.৫৫০	৫.০৫
৪৯	৩৫.০	৯১৩.৫৫০	৫.০৫
৪৮	৩৫.০	৯১২.৫৫০	৫.০৫
৪৭	৩৫.০	৯১১.৫৫০	৫.০৫
৪৬	৩৫.০	৯১০.৫৫০	৫.০৫
৪৫	৩৫.০	৯০৯.৫৫০	৫.০৫
৪৪	৩৫.০	৯০৮.৫৫০	৫.০৫
৪৩	৩৫.০	৯০৭.৫৫০	৫.০৫
৪২	৩৫.০	৯০৬.৫৫০	৫.০৫
৪১	৩৫.০	৯০৫.৫৫০	৫.০৫
৪০	৩৫.০	৯০৪.৫৫০	৫.০৫
৩৯	৩৫.০	৯০৩.৫৫০	৫.০৫
৩৮	৩৫.০	৯০২.৫৫০	৫.০৫
৩৭	৩৫.০	৯০১.৫৫০	৫.০৫
৩৬	৩৫.০	৯০০.৫৫০	৫.০৫
৩৫	৩৫.০	৮৯৯.৫৫০	৫.০৫
৩৪	৩৫.০	৮৯৮.৫৫০	৫.০৫
৩৩	৩৫.০	৮৯৭.৫৫০	৫.০৫
৩২	৩৫.০	৮৯৬.৫৫০	৫.০৫
৩১	৩৫.০	৮৯৫.৫৫০	৫.০৫
৩০	৩৫.০	৮৯৪.৫৫০	৫.০৫
২৯	৩৫.০	৮৯৩.৫৫০	৫.০৫
২৮	৩৫.০	৮৯২.৫৫০	৫.০৫
২৭	৩৫.০	৮৯১.৫৫০	৫.০৫
২৬	৩৫.০	৮৯০.৫৫০	৫.০৫
২৫	৩৫.০	৮৮৯.৫৫০	৫.০৫
২৪	৩৫.০	৮৮৮.৫৫০	৫.০৫
২৩	৩৫.০	৮৮৭.৫৫০	৫.০৫
২২	৩৫.০	৮৮৬.৫৫০	৫.০৫
২১	৩৫.০	৮৮৫.৫৫০	৫.০৫
২০	৩৫.০	৮৮৪.৫৫০	৫.০৫
১৯	৩৫.০	৮৮৩.৫৫০	৫.০৫
১৮	৩৫.০	৮৮২.৫৫০	৫.০৫
১৭	৩৫.০	৮৮১.৫৫০	৫.০৫
১৬	৩৫.০	৮৮০.৫৫০	৫.০৫
১৫	৩৫.০	৮৭৯.৫৫০	৫.০৫
১৪	৩৫.০	৮৭৮.৫৫০	৫.০৫
১৩	৩৫.০	৮৭৭.৫৫০	৫.০৫
১২	৩৫.০	৮৭৬.৫৫০	৫.০৫
১১	৩৫.০	৮৭৫.৫৫০	৫.০৫
১০	৩৫.০	৮৭৪.৫৫০	৫.০৫
৯	৩৫.০	৮৭৩.৫৫০	৫.০৫
৮	৩৫.০	৮৭২.৫৫০	৫.০৫
৭	৩৫.০	৮৭১.৫৫০	৫.০৫
৬	৩৫.০	৮৭০.৫৫০	৫.০৫
৫	৩৫.০	৮৬৯.৫৫০	৫.০৫
৪	৩৫.০	৮৬৮.৫৫০	৫.০৫
৩	৩৫.০	৮৬৭.৫৫০	৫.০৫
২	৩৫.০	৮৬৬.৫৫০	৫.০৫
১	৩৫.০	৮৬৫.৫৫০	৫.০৫
০	৩৫.০	৮৬৪.৫৫০	৫.০৫

๑. <u>การเลือกช่วงเสา (Span) และความยาวของเสาไม้ที่เหมาะสม</u>

ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะเสาไม้เนื้อแข็งที่ไม่อาบน้ำยา เพื่อให้ได้ระยะห่างช่วงเสาและความยาวของเสาที่เหมาะสม จะพิจารณาออกได้ ๓ กรณี คือ

	กรณีที่ ๑	กรณีที่ ๒	กรณีที่ ๓
- ความยาวของ Sag ในแนวดิ่ง, เมตร	๐.๔๐	๒.๕๐	๔.๐๐
- Clearance ของจุดต่ำสุดสายไฟที่เหนือดิน, เมตร	๘.๐๐	๘.๐๐	๘.๐๐
- ปักเสาลึกลงในดิน, เมตร	๑.๒๐	๑.๕๐	๒.๐๐
- ความยาวทั้งหมดของเสา, เมตร	๑๐.๐๐	๑๒.๐๐	๑๔.๐๐

เนื่องจากระยะห่างช่วงเสามีความสัมพันธ์กับความสูงของเสาที่ใช้ กล่าวคือหากช่วงเสามีความยาวมาก ก็จำเป็นต้องใช้ความสูงของเสาสูงตามไปด้วย สำหรับตารางที่ ๕.๓ จะแสดงจำนวนเสาไฟฟ้าที่จะนำมาใช้สำหรับในระยะทาง ๑ กิโลเมตร สำหรับขนาดของสายต่าง ๆ กันและกรณีทั้ง ๓ ข้างต้น เมื่อพิจารณาจากตารางนี้ สรุปได้ว่า ความยาวของเสาไฟฟ้า ๑๒ เมตร มีราคาค่าวัสดุถูกกว่าเมื่อเทียบกับขนาดของเสาที่ยาว ๑๐ และ ๑๔ เมตร (สำหรับสายไฟฟ้าขนาดต่าง ๆ กัน) <u>ด้วยเหตุนี้จะเลือกเสาที่มีความสูง ๑๒ เมตร เพื่อการเดินสายไฟฟ้าไปจำหน่าย</u> ส่วนช่วงเสาที่นำมาใช้นั้นย่อมแล้วแต่ขนาดของสายไฟที่นำมาใช้ ดังจะได้กล่าวในตอนต่อไป

ตารางที่ ๕.๓ ราคาของเสาไม้ต่อกิโลเมตรที่กำหนด Sag ให้

ขนาดของสายไฟ	ช่วงเสา, เมตร			จำนวนเสาต่อกิโลเมตร, ต้น			ราคาเสา, บาท/ต้น		
	กรณีที่ ๑	กรณีที่ ๒	กรณีที่ ๓	ขนาด ๑๐ม.	ขนาด๑๒ม.	ขนาด๑๔ม.	ขนาด๑๐ม.	ขนาด๑๒ม.	ขนาด๑๔ม.
สายอลูมิเนียมแกนเหล็กเปลือย									
เบอร์ ๘	-	๑๑๐	๑๔๐	-	๑๐.๑	๘.๒	-	๕,๐๕๐	๖,๕๖๐
เบอร์ ๖	๗๐	๑๓๐	๑๖๐	๑๕.๓	๘.๗	๗.๓	๕,๓๕๕	๔,๓๕๐	๕,๘๔๐
เบอร์ ๔	๘๐	๑๔๐	๑๘๐	๑๓.๕	๘.๒	๖.๖	๔,๗๖๕	๔,๑๐๐	๕,๒๔๐
สายอลูมิเนียมล้วนหมดเปลือย									
เบอร์ ๖	-	๙๐	๑๒๐	-	๑๖.๑	๙.๓๕	-	๖,๐๕๐	๗,๔๔๐
เบอร์ ๔	-	๑๐๐	๑๔๐	-	๑๑.๐	๘.๒	-	๕,๕๐๐	๖,๕๖๐

หมายเหตุ ราคาของเสาไม้เนื้อแข็งกังลาว ตามขนาดต่าง ๆ ของสี่เหลี่ยมวิหารจัตุรัสดังนี้.-

ความยาวของเสา	๑๐	เมตร	ต้นละ	๓๕๐ บาท
	๑๒	เมตร	ต้นละ	๕๐๐ บาท
	๑๔	เมตร	ต้นละ	๘๐๐ บาท

๒. การเลือกขนาดสายไฟฟ้า

เนื่องจากความต้องการไฟฟ้าในบริเวณที่พิจารณานั้นมีการใช้น้อย คาดว่าขนาดสายไฟฟ้าที่ใช้ไม่ควรจะโตไปกว่าเบอร์ ๔ สำหรับสายอลูมิเนียมแกนเหล็กเปลือย หรือสายอลูมิเนียมทั้งหมดเปลือย และแรงดันไฟฟ้าตกในสายส่งดังกล่าวนี้ไม่ควรจะเกินไปกว่า ๔ % สำหรับแรงดันไฟฟ้า ๒๒,๐๐๐ โวลต์ เมื่อปีที่ ๒๕ ของการดำเนินงาน

ดังนั้นขนาดสายที่นำมาพิจารณาในที่นี้ คือ สายอลูมิเนียมแกนเหล็กเปลือยเบอร์ ๔, ๖ และ ๔ สายอลูมิเนียมทั้งหมดเปลือยเบอร์ ๖ และ ๔ เนื่องจากความต้องการใช้ไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่มากนัก จึงควรจะจำหน่ายกระแสไฟฟ้าด้วยแรงดัน ๒๒,๐๐๐ โวลต์ ๑-เฟส, ๒-สาย สำหรับราคาค่าวัสดุของสายไฟฟ้าได้แสดงไว้ในตารางที่ ๕.๔

ตารางที่ ๔.๔ ราคาค่าสายไฟฟ้าตามขนาดสายไฟที่ใช้ต่อกิโลเมตรสำหรับเสาสูง ๑๒ เมตร

ขนาดของสายไฟ	ระยะห่างของเสา, เมตร (Sag ๒.๕๐ ม.)	จำนวนของเสาเหล็กในสาย ต้น/กม.	จำนวนของเสาเหล็กในสาย กิโลกรัม	ความยาวจริงเมตรต่อช่วงเสา	ความยาวจริง ม./เส้น-กม.	ราคาค่าสาย บาท/เมตร	ราคาค่าสายของ ๑-เฟส บาท/กม.
สายอลูมิเนียมแกนเหล็กเปลือย							
เบอร์ ๘	๑๑๐	๙.๐๙๐	๑๕๐	๑๑๐.๑๓๒	๑๐๐๑.๑๑๙๙	๐.๕๓๙๘	๑๙๖๑.๘๐
เบอร์ ๖	๑๓๐	๗.๖๙๒	๖๒๖	๑๓๐.๑๓๙๗	๑๐๐๑.๐๒๖๖	๑.๕๐๙๒	๓๐๑๑.๙๘
เบอร์ ๔	๑๙๐	๗.๑๙๒	๓๙๐	๑๙๐.๑๑๒๐	๑๐๐.๖๗๙๙	๑.๗๒๕๐	๗๙๒๒.๓๙
สายอลูมิเนียมทั้งหมดเปลือย							
เบอร์ ๖	๙๐	๑๑.๑๑๑	๑๐๒	๙๐.๑๙๗๖	๑๐๐๒.๑๙๙๐	๐.๘๕๓๕	๑๗๑๐.๗๙
เบอร์ ๔	๑๐๐	๑๐.๐๐๐	๑๖๐	๑๐๐.๑๕๗๖	๑๐๐๑.๕๗๖๐	๑.๒๑๖๙	๒๔๗๖.๖๙

๓. ค่าวัสดุสำหรับเสาและสายไฟฟ้าที่ใช้ในสายส่งไฟฟ้าระยางแรงดัน ๒๒,๐๐๐ โวลต์

ในที่นี้จะพิจารณาถึงของราคาในเสาไม้และสายไฟฟ้าที่นำมาใช้ในสายส่ง เพื่อจะได้เลือกเอาขนาดสายที่เหมาะสม ส่วนอุปกรณ์ส่วนอื่น ๆ เป็นต้นว่า ไม้กอนสาย ลูกถ้วย และอื่น ๆ นั้นจะมีราคาค่าวัสดุเป็นไปตามจำนวนเสาที่ใช้ แต่ในที่นี้ได้พิจารณาแล้วว่าควรจะนำเอาเสาไม้สูง ๑๒ เมตร มาใช้ จากตารางที่ ๕.๓ จะเห็นว่าด้วยสายอลูมิเนียมแกนเหล็กเบอร์ ๔ ที่เสาสูง ๑๒ เมตร นี้จะมีราคาค่าเสาต่ำสุดในบรรดาที่ใช้พิจารณา จึงเป็นเหตุที่อ้างได้ว่า ไม้กอนสาย ลูกถ้วย และอุปกรณ์เหล่านี้จะถูกตามไปด้วย

สำหรับราคาค่าวัสดุในเสาไม้และสายไฟฟ้าที่นำมาใช้ในสายส่งต่อกิโลเมตรได้แสดงไว้ในตารางที่ ๕.๕ จากการพิจารณาตามตารางดังกล่าว จะสังเกตเห็นได้ว่าราคารวมของทั้ง ๒ อย่าง ดังกล่าวคือเสาและสายนี้มีราคาค่าวัสดุใกล้เคียงกันมาก โดยที่ในกลุ่มของสายอลูมิเนียมแกนเหล็กเบอร์ ๔, ๖ และ ๔ มีราคาค่าวัสดุอยู่ระหว่าง ๗,๐๐๐ บาทต่อกิโลเมตร ถึง ๗,๔๖๐ บาทต่อกิโลเมตร และในกลุ่มของสายอลูมิเนียมทั้งหมดเบอร์ ๖ และ ๔ มีราคาค่าวัสดุอยู่ระหว่าง ๗,๗๖๐ บาทต่อกิโลเมตร ถึง ๗,๔๔๐ บาทต่อกิโลเมตร

ด้วยเหตุนี้จะเลือกใช้สายอลูมิเนียมแกนเหล็กเปลือย เนื่องจากราคาค่าวัสดุถูกกว่าสายอลูมิเนียมทั้งหมดเปลือย ส่วนขนาดสายไฟฟ้าสมควรใช้ควรเป็นสายเบอร์ ๔ อลูมิเนียมแกนเหล็กเปลือย

ตารางที่ ๕.๕ ราคาค่าวัสดุในเสาและสายไฟฟ้าต่อกิโลเมตร

ขนาดของสายไฟฟ้า	ราคาค่าวัสดุ, บาทต่อกิโลเมตร		
	เสา	สาย	รวมทั้งหมด
อลูมิเนียมแกนเหล็กเปลือย			
เบอร์ ๔	๕๐๕๐	๑๙๖๒	๗๐๑๒
เบอร์ ๖	๔๓๕๐	๓๐๑๒	๗๓๖๒
เบอร์ ๔	๔๑๐๐	๓๔๕๓	๗๕๕๓
อลูมิเนียมทั้งหมดเปลือย			
เบอร์ ๖	๖๐๕๐	๑๗๑๑	๗๗๖๑
เบอร์ ๔	๕๕๐๐	๒๔๗๗	๗๕๗๗

๔. แรงดันไฟฟ้าตกในสายส่งไฟย่อย (Voltage drop in feeders)

การจำหน่ายไฟฟ้าไปตามหมู่บ้านต่าง ๆ ที่ต้องอาศัยการขยายการเดินสายไฟฟ้าต่อจากสายที่ทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะได้จัดสร้างขึ้น กังได กลาวแล้วข้างต้น และในการออกแบบสายส่งไฟฟ้าดังกล่าวในที่นี้จะมีจำนวนทั้งหมด ๒๖ สายส่ง แต่ละสายส่งที่เดินผ่านหมู่บ้านต่าง ๆ นั้น ได้รวบรวมไว้ในข้อ ๑ ของภาคผนวก ก และแผนที่หมายเลข ๕.๑ ถึง ๕.๓

ในการคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าตกในสายจ่ายไฟย่อยนั้น สายไฟฟ้าที่นำมาใช้เป็นสายอลูมิเนียมแกนเหล็กเปลือย เนื่องจากสามารถขึงได้ช่วงเสายาวกว่ากัน และค่าวัสดุในการเดินสายไฟฟ้าดังกล่าวนี้มีค่าใช้จ่ายถูกกว่า เมื่อใช้สายไฟฟ้าอลูมิเนียมทั้งหมดเปลือย

ตารางที่ ๕.๖ เป็นตารางที่รวบรวมสถิติเกี่ยวกับแรงดันไฟฟ้าตกในสายจ่ายไฟย่อย ของสายอลูมิเนียมแกนเหล็กเปลือยเบอร์ ๔ ด้วยสายไฟขนาดดังกล่าวนี้จะสามารถรับความต้องการในการใช้ไฟฟ้าได้อีกไปถึงปีที่ ๒๕ ได้อีกด้วย

ตารางที่ ๔.๖ แรงดันไฟฟ้าตกในสายจ่ายไฟย่อย สายอลูมิเนียมแกนเหล็กเปลือย เบอร์ ๔ ในระบบแรงดันไฟฟ้า ๒๒,๐๐๐ โวลต์ ๑-เฟส ๒-สาย

เลขที่ของสายส่ง	ความต้องการไฟฟ้าที่ประมาณไว้ในปีที่ ๒๕, กิโลวัตต์	แรงดันไฟฟ้าตกในสายจ่ายไฟย่อยโดยประมาณ, เปอร์เซนต์
๑	๒๔๐	๓.๗
๒	๓๔๐	๔.๒
๓	๗๖	๐.๔
๔	๑๒๐	๐.๕
๕	๑๘๕	๑.๖
๖	๕๕	๐.๓
๗	๒๖๐	๒.๗
๘	๑๓๕	๐.๗
๙	๑๕๕	๒.๒
๑๐	๓๖	๐.๑
๑๑	๑๔๓	๐.๘
๑๒	๔๒	๐.๒
๑๓	๓๑	ต่ำกว่า ๐.๑๕
๑๔	๔๐	ต่ำกว่า ๐.๑๕
๑๕	๕๗	๐.๑๕
๑๖	๒๒	ต่ำกว่า ๐.๑๕
๑๗	๓๕	ต่ำกว่า ๐.๑๕
๑๘	๑๑๕	๐.๕
๑๙	๔๘	๐.๓

๖๐	๖๑	ตำกวา ๐.๑๕	
๖๑	๔๘	๐.๓	
๖๒	๖๘	๐.๖	
๖๓	๔๘	๐.๑๕	
๖๔	๓๘	ตำกวา ๐.๐๕	
๖๕	๑๘	ตำกวา ๐.๑๕	
๖๖	๑๘	ตำกวา ๐.๑๕	

ด้วยเหตุนี้ จึงพอสรุปได้ว่า การออกแบบสายส่งไฟฟ้าควรจะใช้สายอลูมิเนียมแกนเหล็กเปลือย เบอร์ ๔ มีความยาวระหว่างช่วงเสา ๑๕๐ เมตร เป็นเสาสูง ๑๒ เมตร Sag ๒.๕๐ เมตร เป็นระบบ ๑-เฟส, ๒-สาย ด้วยแรงดันไฟฟ้า ๒๒,๐๐๐ โวลต์

๕.๔ <u>การออกแบบสายส่งไฟฟ้าขนาดแรงดัน ๒๔๐-๔๘๐ โวลต์</u>

สำหรับการออกแบบสายส่งไฟฟ้าแรงต่ำควรใช้สายอลูมิเนียมทั้งหมดเปลือยเดินพาดไปบนไม้คอนสาย โดยใช้เสาไม้เนื้อแข็งสูง ๘ เมตร โดยที่ระยะห่างช่วงเสาด้วยกันมีความยาว ๔๐ เมตร และแต่ละบ้านมีสายยึดและเสาสมอ ๕ ชุด เพื่อให้การติดต่อในเวลาค่ำคืนในหมู่บ้านได้สะดวก ควรติดไฟฟ้าสาธารณะ

แรงดันไฟฟ้าที่ใช้เดินหมู่บ้านควรเป็นไฟฟ้าที่มีขนาดแรงดัน ๒๔๐/๔๘๐ โวลต์ ๑-เฟส, ๓-สาย, Ground neutral

ส่วนหม้อแปลงไฟฟ้าที่นำมาติดตั้งประจำหมู่บ้าน กำหนดให้เป็นหม้อแปลงไฟฟ้า ๑-เฟส, ๒๒,๐๐๐/๒๔๐-๔๘๐ โวลต์ มีสายไฟแรงสูงขนาด ๒๒,๐๐๐ โวลต์เข้า Bushing ของหม้อแปลงไฟฟ้า ๒ สาย ทางด้าน Primary และทางด้าน Secondary มีสายไฟออกมา ๓ สาย ในจำนวนนี้มีสายศูนย์อยู่ ๑ สาย

ส่วนขนาดของสายอลูมิเนียมทั้งหมดเปลือยที่เดินพาดอยู่บนเสาไม้มีขนาดอยู่ระหว่างเบอร์ ๔ ถึง เบอร์ ๒/๐ โดยที่กำหนดให้มีแรงดันไฟฟ้าตกในสายส่งแรงต่ำนี้ไม่ควรเกิน ๖ % จากขนาดของความต้องการใช้ไฟฟ้าสามารถบอกขนาดของสายไฟฟ้าที่เหมาะสมได้ดังนี้คือ

ขนาดความต้องการไฟฟ้าของหมู่บ้าน	ขนาดของสายอลูมิเนียมทั้งหมดเปลือยที่เหมาะสม
๐ - ๒๐	เบอร์ ๔
๒๑ - ๖๐	เบอร์ ๒
๖๑ - ๘๐	เบอร์ ๑/๐
๘๑ - ๑๔๐	เบอร์สายที่ใช้อยู่ระหว่างเบอร์ ๒ ถึง ๒/๐

๕.๕ ประมาณการค่าก่อสร้างสายส่งไฟฟ้าของระบบ ๒๒,๐๐๐ โวลต์และ ๒๔๐-๔๘๐ โวลต์

การประมาณการสำหรับค่าก่อสร้างสายส่งไฟฟ้าด้วยระบบแรงดัน ๒๒,๐๐๐ โวลต์ มีทั้งหมด ๒๖ สายส่งเป็นระยะทางประมาณ ๔๐๐ กิโลเมตร เดินด้วยสายอลูมิเนียมแกนเหล็กเปลือยขนาดเบอร์ ๔ เป็นระบบ ๑-เฟส ๒-สาย โดยเดินพาดบนไม้คอนสายที่อยู่บนเสาสูง ๑๒ เมตร ดังรายการที่แจ้งไว้แล้วในตารางที่ ๕.๗ ข้างล่างนี้

ส่วนการประมาณค่าก่อสร้างของสายส่งด้วยระบบแรงต่ำ ๒๔๐ - ๔๘๐ โวลต์ นั้น ได้ลองเลือกหมู่บ้านขึ้นมาเพื่อใช้เป็นตัวแทนสำหรับร่างขนาดความต้องการใช้ไฟฟ้าหนึ่ง ๆ เนื่องจากในการทำสำรวจดังกล่าวนั้นได้สังเกตลักษณะที่ตั้งของบ้านในแต่ละหมู่บ้านมาด้วย จึงนับว่าสะดวกในการพิจารณาวางเสาพาดสายไปจำหน่ายกระแสไฟฟ้าได้สะดวก แล้วจึงได้ประเมินค่าก่อสร้างขึ้น

สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้มีขนาดอย่างต่ำ ๑๐ เควีเอ และขนาดสูงสุด ๗๕ เควีเอ รวมเป็นจำนวน ๔๙๑๗ เควีเอ ด้วยขนาดดังกล่าวนี้จะสามารถรับความต้องการไฟฟ้าได้ถึงปีที่ ๒๕ ของการดำเนินงานได้

ประมาณการค่าก่อสร้างของสายส่งไฟฟ้าในระบบ ๒๒,๐๐๐ โวลต์ และ ๒๔๐-๔๘๐ โวลต์ ดังกล่าวเป็นจำนวนทั้งสิ้น ๑๓,๕๓๐,๐๐๐ บาท ดังรายละเอียดที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ ๕.๗

ตารางที่ ๕.๗ ประมาณการค่าก่อสร้างสายส่งจำหน่ายไฟฟ้า

ที่	รายการ	ค่าสิ่งของ, บาท	ค่าแรง, บาท
ก)	สายไฟแรงสูง ๒๒,๐๐๐ โวลต์		
๑	เสาไม้สูง ๑๒ เมตร จำนวน ๓๖๔๑ ต้น	๑,๖๖๐,๖๓๐	๓๖๔,๑๖๕
๒	ไม้ค้อนสาย ลูกถ้วยและอุปกรณ์ไม้ค้อน ต่าง ๆ จำนวน ๓๒๔๑ ชุด	๑,๒๔๐,๔๐๐	๑๖๒,๐๕๐
๓	สายอลูมิเนียมแกนเหล็กเปลือย จำนวน ๓๔๓ วงจร-กม.	๑,๓๔๔,๕๐๐	๓๔๓,๐๐๐
๔	สายยึดโยงและเสาสมอ จำนวน ๒๐๐ ชุด	๕๐,๐๐๐	๑๐,๐๐๐
๕	หม้อแปลงไฟฟ้า จำนวน ๔๔๑๓ เกวีเอ	๑,๔๑๕,๑๔๐	๓๔,๒๓๕
๖	สายดินและอุปกรณ์ จำนวน ๓๔๓ วงจร-กม.	๔๔๒,๕๐๐	๑๔๔,๕๐๐
๗	สวิทช์ตัดตอน จำนวน ๑๑๓ ชุด	๓๔,๑๐๐	๕,๖๕๐
	รวมค่าใช้จ่ายไฟฟ้าแรงสูง	๗,๓๓๗,๓๖๐	๑,๑๓๖,๖๐๐
ข)	สายไฟแรงต่ำ ๒๔๐ - ๔๘๐ โวลต์		
๘	เสาไม้สูง ๘ เมตร จำนวน ๓๒๗๑ ต้น	๘๑๗,๗๕๐	๖๔๕,๓๓๐
๙	ไม้ค้อนสาย ลูกถ้วย และอุปกรณ์ ไม้ค้อนต่าง ๆ	๑๔๖,๖๖๐	๔๘,๑๓๐
๑๐	สายอลูมิเนียมทั้งหมดเปลือย	๖๕๔,๔๐๐	๑๖๑,๔๐๐
๑๑	สายยึดโยงและเสาสมอ จำนวน ๑๐๓๐ ชุด	๖๐๖,๐๐๐	๕๑,๕๐๐
๑๒	ไฟสาธารณะและอุปกรณ์ จำนวน ๑๖๓๖ ชุด	๓๖๗,๖๐๐	๘๑,๔๐๐
	รวมค่าใช้จ่ายไฟฟ้าแรงต่ำ	๒,๒๐๒,๑๑๐	๕๔๔,๑๖๐

ก) รวมค่าใช้จ่ายในข้อ ก และ ข้อ ข	๕,๕๓๕,๔๓๐	๑,๗๓๔,๗๖๐
ง) เบ็ดเตล็ด สำรองเผื่อขาดและอื่น ๆ		
๒๐ % ของข้อ ค	๑,๔๐๗,๔๐๐	๓๔๖,๔๐๐
รวมทั้งหมด	๑๑,๔๔๗,๓๓๐	๒,๐๘๑,๖๖๐
หรือประมาณ	๑๑,๔๔๘,๐๐๐	๒,๐๘๖,๐๐๐
		๑๓,๕๓๐,๐๐๐