ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อหมู่บ้านที่ได้รับการพิจารณาว่าสมควรเดินไฟไปจำหน่าย

๑. รายชื่อหมู่บ้านตามสายส่งไฟฟ้า

เลขที่ของสายส่ง	รายชื่อหมู่บ้าน	หมายเหตุ
๑	หมู่ที่ ๑ บ้านหมากหญ้า	ตำบลหมากหญ้า อำเภอเมือง อุดรธานี
	" ๒ บ้านหนองแวงฮี	
	" ๓ บ้านหนองแสง	
	" ๔ บ้านโนนสว่าง	
	หมู่ที่ ๑ บ้านอุบมุง	ตำบลอุบมุง อำเภอเมืองอุดรธานี
	" ๒ บ้านเสาเล้า	
	" ๓ บ้านโนนหวาย	
	" ๔ บ้านหนองอ้อ	
	" ๕ บ้านโคกผักหอม	
	" ๖ บ้านห้วยไร่	
	" ๗ บ้านนาตาแหล่ว (บาลอม)	
	" ๘ บ้านกุดหมากไฟ	
	" ๙ บ้านโคกล่าม	
	" ๑๐ บ้านหนองจุมพล	
	" ๑๑ บ้านโนนโพธิ์	
	" ๑๒ บ้านหนองเม็ด	

๒	หมู่ที่	๘	บ้านโคกก่อง	
	"	๙	บ้านหนองบัวบาน	
	"	๑๐	บ้านน้ำพน	
	"	๑๑	บ้านหนองแวงเกิด	ตำบลหมากหญ้า อำเภอเมือง
	"	๑๒	บ้านเสา	อุดรธานี
	"	๑๓	บ้านหนองแรงสร้อย	
	หมู่ที่	๕	บ้านเพีย	
	"	๖	บ้านหนองโน	
	"	๗	บ้านดงพัง	
	"	๘	บ้านหัวช้าง	
	"	๙	บ้านกุดจับ	
	"	๑๐	บ้านซอนยุง	
	"	๑๑	บ้านเหล่าออย	ตำบลกุดจับ อำเภอเมือง
	"	๑๕	บ้านดงน้อย	อุดรธานี
	"	๑๖	บ้านหนองกุง	
	"	๑๗	บ้านโสกแก	
	"	๑๘	บ้านดงหมากหลอด	
	"	๑๙	บ้านขา	
	"	๒๐	บ้านทุ่งศาลเลี่ยน	
	"	๒๑	บ้านสร่างกอ	
๓	หมู่ที่	๑๑	บ้านเหล่า	
	"	๑๖	บ้านโคกสะอาด	
	"	๑๙	บ้านโสกน้ำขาว	ตำบลเชียงพิณ อำเภอเมือง
	"	๒๐	บ้านศรีเชียงใหม่	อุดรธานี

	หมู่ที่	๑๒	บ้านหนองไฮ	ตำบลบ้านตาด	อำเภอเมืองอุดรธานี
	"	๑๔	บ้านโคกสาด		
๔	หมู่ที่	๑	บ้านเชียงพิณ		
	"	๒	บ้านโนนตาล		
	"	๓	บ้านโนนคาม		
	"	๔	บ้านถ่อน		
	"	๕	บ้านหนองสวรรค์	ตำบลเชียงพิณ	อำเภอเมืองอุดรธานี
	"	๗	บ้านหนองโอน		
	"	๘	บ้านหนองนาแอ่น		
	"	๙	บ้านจำปา		
๕	หมู่ที่	๑๒	บ้านเหลือม	ตำบลเชียงพิณ	
	"	๒	บ้านกาน	ตำบลกุดจับ	อำเภอเมืองอุดรธานี
	"	๔	บ้านหันเหา	ตำบลกุดจับ	
	หมู่ที่	๑	บ้านเชียงยืน		
	"	๒	บ้านนาเยีย		
	"	๓	บ้านป่อง		
	"	๔	บ้านหนองคอ	ตำบลเชียงยืน	อำเภอเมืองอุดรธานี
	"	๕	บ้านจำปา		
	หมู่ที่	๓	บ้านสูงแคน	ตำบลหมูม่น	อำเภอเมืองอุดรธานี
๖	หมู่ที่	๑๕	บ้านชาง	ตำบลเชียงพิณ	อำเภอเมืองอุดรธานี
	หมู่ที่	๑	บ้านตาด		
	"	๙	บ้านกกสะท้อน		
	"	๑๑	บ้านวังปลาฝา	ตำบลบ้านตาด	อำเภอเมืองอุดรธานี
	"	๑๖	บ้านหนองใหญ่		

๗	หมู่ที่	๓	บ้านโพธิ์	
	"	๑๒	บ้านโคกสว่าง	
	"	๑๓	บ้านสร้างไพร	ตำบลกุดจับ อำเภอเมืองอุดรธานี
	"	๑๔	บ้านปะโค	
	หมู่ที่	๖	บ้านโนนสะอาด	ตำบลเชียงยืน อำเภอบ้านผือ
	หมู่ที่	๗	บ้านโพนทอง	
	"	๘	บ้านเชียงเพ็ง	
	"	๙	บ้านหนองแปน	
	"๑๐-๒๒		บ้านสร้างแปน	
	"	๑๒	บ้านบึงมอ	
	"	๑๓	บ้านบอนอย	
	"	๑๔	บ้านตาลโกณ	
	"	๑๕	บ้านถิ่น	
	"	๑๖	บ้านจุม	
	"	๑๗	บ้านโนนยาง	
	"	๑๘	บ้านหาแค	
	"	๑๙	บ้านหินโงม	
	หมู่ที่	๖	บ้านผูก	
	"	๙	บ้านเชียงพัง	
	"	๑๐	บ้านนากว้าง	ตำบลหมูม่น อำเภอเมืองอุดรธานี
	"	๑๗	บ้านนาทาม	
๘	หมู่ที่	๑๒	บ้านผักตบ	
	"	๑๔	บ้านโคก	
	"	๑๘	บ้านทุ่งยั้ง	

	หมู่ที่	๑๔	บ้านต่งบาก	ตำบลหนองหาร อำเภอหนองหาร
	"	๒๑	บ้านเพ็ก	
	"	๒๒	บ้านสระคาม	
	หมู่ที่	๒	บ้านเชียงกลม	
	"	๕	บ้านดอนม่วง	ตำบลสามพาด อำเภอกุมภวาปี
	"	๑๒	บ้านหนองลุมพุก	
	"	๒๕	บ้านหนองสองห้อง	
๔	หมู่ที่	๑	บ้านกง	
	"	๔	บ้านแคง	
	"	๑๓	บ้านดอนกลอย	ตำบลสร้อยฟ้าว อำเภอหนองหาร
	"	๑๔	บ้านนาขุม	
	"	๑๕	บ้านหว้าน (ใหญ่)	
	"	๑๖	บ้านดงยางน้อย	
	หมู่ที่	๖	บ้านยาง	
	"	๗	บ้านม่วง	ตำบลหนองหาร อำเภอหนองหาร
	หมู่ที่	๑	บ้านนาบัว	
	"	๓	บ้านยางซอง	
	"	๔	บ้านท่าหลัก	ตำบลนาบัว อำเภอเพ็ญ
	"	๕	บ้านดอนกลอย	
๑๐	หมู่ที่	๑	บ้านนาหยาด	
	"	๔	บ้านดอนหาด	ตำบลหนองบุ
	"	๑๕	บ้านหนองดอนแสน	อำเภอเมืองอุดรธานี
	หมู่ที่	๑๘	บ้านโคกกอง	
	"	๑๙	บ้านสระพัง	ตำบลหมูม่น

๑๑	หมู่ที่	๒,๑๑	บ้านสามพร้าว	
	"	๓	บ้านหนองบุ	
	"	๕	บ้านหนองนาล้ำ	ตำบลหนองบุ อำเภอเมืองอุดรธานี
	"	๗	บ้านเกาน้อย	
	หมู่ที่	๖	บ้านเดื่อ	ตำบลหนองบัว อำเภอเมืองอุดรธานี
๑๒	หมู่ที่	๘	บ้านหนองใส	
	"	๑๒	บ้านดอนภู่	ตำบลหนองบุ อำเภอเมืองอุดรธานี
	"	๑๓	บ้านนาหวาน	
๑๓	หมู่ที่	๗	บ้านตูม	
	"	๙	บ้านนาล้ำ	ตำบลหนองบุ อำเภอเมืองอุดรธานี
	"	๑๐	บ้านโก่ย	
๑๔	หมู่ที่	๕	บ้านน้ำถลิ้ง	ตำบลบ้านตาด อำเภอเมืองอุดรธานี
	"	๗	บ้านจั่น	
๑๕	หมู่ที่	๑	บ้านสามพาด	
	"	๙	บ้านวังแสง	
	"	๑๑	บ้านสะอาดนามูล	ตำบลสามพาด อำเภอกุมภวาปี
	"	๑๓	บ้านโนนสมบูรณ์	
๑๖	หมู่ที่	๖	บ้านพอน	
	"	๑๐	บ้านโคก	ตำบลบ้านตาด อำเภอเมืองอุดรธานี
	"	๑๓	บ้านแมนน	
๑๗	หมู่ที่	๔	บ้านชมิ้น	
	"	๑๒	บ้านกุดสระ	ตำบลหมูม่น อำเภอเมืองอุดรธานี
	"	๑๖	บ้านโนนยาง	

๑๘	หมู่ที่	๑	บ้านหัวบึง	
	"	๖	บ้านนาบัว	ตำบลบ้านขาว อำเภอเมือง จุดรธานี
	"	๑๐	บ้านดอนหมากฝ่าง	
	หมู่ที่	๑	บ้านนาพู่	
	"	๕	บ้านหลวง	
	"	๑๑	บ้านนาดี	ตำบลนาพู่ อำเภอเพ็ญ
	"	๑๒	บ้านโพนเสา	
	"	๑๔	บ้านดอนหมากแก้ว	
๑๙	หมู่ที่	๒	บ้านหัวสวย	
	"	๖	บ้านศรีบุญเรือง	ตำบลนาพู่ อำเภอเพ็ญ
	"	๗	บ้านกิ่ว	
	หมู่ที่	๑	บ้านเชือน้ำ	
	"	๒	บ้านหลุมข้าว	ตำบลเชือน้ำ อำเภอบ้านผือ
	"	๗	บ้านโคกสลาน	
๒๐	หมู่ที่	๔	บ้านทุ่งแร	ตำบลหมูม่น อำเภอเมืองอุดรธานี
	"	๒๐	บ้านหราย	
๒๑	หมู่ที่	๗	บ้านถ่อนใหญ่	
	"	๘	บ้านดอนแดง	
	"	๙	บ้านดงยอด	
	"	๑๒	บ้านงอย	ตำบลบ้านขาว อำเภอเมือง จุดรธานี
	"	๑๔	บ้านโนนตูม	
	"	๑๕	บ้านถ่อนน้อย	
	หมู่ที่	๙	บ้านหนองผือ	ตำบลนาบัว อำเภอเพ็ญ
	"	๙	บ้านค้อ (ฝาก)	

๒๒	หมู่ที่	๙	บ้านดงใหญ่	
	"	๑๐	บ้านคาน	ตำบลนาพู่ อำเภอเพ็ญ
	"	๑๒	บ้านโพนเสา	
	"	๑๓	บ้านสร้างหลวง	
๒๓	หมู่ที่	๑	บ้านธาตุ	
	"	๑	บ้านนาคอม	ตำบลบ้านธาตุ อำเภอเพ็ญ
	"	๕	บ้านดอนแก้ว	
๒๔	หมู่ที่	๒	บ้านใหม่	
	"	๓	บ้านนาปอน	
	"	๗	บ้านโพนงาม	ตำบลเพ็ญ อำเภอเพ็ญ
	"	๑๐	บ้านโพนทัน	
๒๕	หมู่ที่	๙	บ้านโคกกลาง-โคกกอง (ฮง)	ตำบลเพ็ญ อำเภอเพ็ญ
๒๖	หมู่ที่	๒	บ้านแวง	
	"	๖	บ้านหมูม่น	ตำบลหมูม่น อำเภอเมืองอุดรธานี
	"	๙	บ้านหนองบึง	

๒. รายชื่อหมู่บ้านที่อยู่ใกล้กับสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจัดสร้าง

รายชื่อหมู่บ้าน			หมายเหตุ
๑. เส้นทางสายอุดรธานี-หนองบัวลำภู			
หมู่ที่	๑๐	บ้านหนองขุม	
"	๑๓	บ้านปากคง	ตำบลเชียงพิณ อำเภอเมืองอุดรธานี
"	๑๔	บ้านนาดี	
"	๑๙	บ้านหนองหิน	
หมู่ที่	๕	บ้านหนองแวงยาว	
"	๖	บ้านหนองวัวซอ	ตำบลหมากหญ้า อำเภอเมือง
"	๘	บ้านหนองแซง	อุดรธานี
๒. เส้นทางสายอุดรธานี-กุมภวาปี			
หมู่ที่	๖	บ้านหนองไผ่	
"	๘	บ้านหนองคูม	
"	๘	บ้านข้าวสาร	
"	๑๓	บ้านแมนน	ตำบลบ้านตาด อำเภอเมือง
"	๑๔	บ้านดงเค็ง	อุดรธานี
"	๑๕	บ้านน้ำคำ	
๓. เส้นทางสายอุดรธานี-หนองหาร			
หมู่ที่	๕	บ้านหนองขาม	
"	๑๖	บ้านจำปา	ตำบลหนองบุ อำเภอเมือง
หมู่ที่	๑๓	บ้านโพนงาม	อุดรธานี
"	๒๐	บ้านนิคม	ตำบลหนองหาร อำเภอหนองหาร

๘. เส้นทางสายอุดรธานี-เพ็ญ และบ้านผือ

หมู่ที่	๕	บ้านหาดูม	
"	๘	บ้านโนนพิบูลย์	ตำบลหมูม่น อำเภอเมืองอุดรธานี
"	๑๔	บ้านไก่เถื่อน	
"	๑๕	บ้านดงลิง	
หมู่ที่	๘	บ้านหมูมน	
"	๙	บ้านสังชา	ตำบลบ้านชาตุ อำเภอเพ็ญ
หมู่ที่	๒	บ้านพรานเหมือน	
"	๔	บ้านนาชา	
"	๕	บ้านตู	ตำบลบ้านชาว อำเภอเมืองอุดรธานี
"	๑๑	บ้านดงไร่	
หมู่ที่	๕	บ้านเหื่อม	
"	๑๓	บ้านหนองหัวลู	ตำบลเชือน้ำ อำเภอบ้านผือ
"	๑๕	บ้านคำมง	
หมู่ที่	๓	บ้านหนองนกเขียน	ตำบลนาพู่ อำเภอเพ็ญ

ภาคผนวก ช.

ประมาณราคาต่อหน่วยของระบบจำหน่ายกระแสไฟฟ้า

รายการ	หน่วย	ค่าสิ่งของ, บาท	ค่าแรง, บาท
สายไฟฟ้าแรงสูง ๒๒,๐๐๐ โวลต์			
๑ เสาไม้สูง ๑๒ เมตร	ต้นละ	๕๐๐	๑๐๐
๒ ไม้คอนสาย, ลูกถ้วย และอุปกรณ์ ไม้คอนสาย	ชุดละ	๔๐๐	๔๐
๓ สายอลูมิเนียมแทนเหล็กเปลือยเบอร์ ๔ ๑-เฟส, ๒-สาย	วงจร-กม.ละ	๓,๕๐๐	๑,๐๐๐
๔ สายยึดโยงและเสาสมอ	ชุดละ	๒๕๐	๕๐
๕ หม้อแปลงไฟฟ้า ๑-เฟส พร้อมอุปกรณ์			
๑๐ KVA, CSP	ชุดละ	๖,๒๘๐	๑๕๐
๑๕ KVA, CSP	ชุดละ	๗,๖๕๐	๑๕๐
๒๕ KVA, CSP	ชุดละ	๙,๔๓๐	๒๐๐
๓๗.๕ KVA, CSP	ชุดละ	๑๒,๒๕๐	๒๖๕
๕๐ KVA, CSP	ชุดละ	๑๓,๙๕๐	๓๐๐
๗๕ KVA, CSP	ชุดละ	๑๘,๘๖๐	๔๐๐
๖ สายดินและอุปกรณ์	วงจร-กม.ละ	๒,๕๐๐	๕๐๐
๗ สวิทตัดตอน	ชุดละ	๗๐๐	๕๐

สายไฟแรงต่ำ ๒๔๐ - ๔๘๐ โวลต์

๑	เสาไม้สูง ๘ เมตร	ต้นละ	๖๕๐	๗๕
๒	ไม้คอนสาย ลูกถ้วยและอุปกรณ์ไม้คอนสาย	ชุดละ	๖๐	๓๐
๓	สายอลูมิเนียมทั้งหมดเปลือย			
	เบอร์ ๔ จำนวน ๑ เส้น	กม.ละ	๑,๕๕๐	๔๐๐
	เบอร์ ๒ จำนวน ๑ เส้น	กม.ละ	๒,๒๖๐	๔๐๐
	๑/๐ "	กม.ละ	๓,๔๒๐	๔๐๐
	๒/๐ "	กม.ละ	๔,๒๖๐	๕๐๐
๔	สายยึดโยงและเสาสมอ	ชุดละ	๒๐๐	๕๐
๕	ไฟสาธารณะและอุปกรณ์	ชุดละ	๒๐๐	๕๐

ภาคผนวก ค

ค่าใช้จ่ายในสายส่งไฟฟ้าแรงต่ำ ๒๔๐ - ๔๘๐ โวลต์

เนื่องจากจำนวนหมู่บ้านที่ได้รับการพิจารณาที่เหมาะสมในการจำหน่ายกระแสไฟฟ้า ในเขตจังหวัดอุดรธานีนี้มีจำนวนทั้งหมด ๒๐๖ หมู่บ้าน เพื่อสะดวกต่อการออกแบบสายส่งกระแสไฟฟ้าในหมู่บ้านต่าง ๆ ดังกล่าว จะเลือกหมู่บ้านขึ้นมาเป็นตัวแทนหนึ่งหมู่บ้านสำหรับขนาดความต้องการกระแสไฟฟ้าที่ได้ประมาณไว้ทั้งหมด จากตารางข้างล่างนี้จะทราบขนาดสายไฟฟ้าที่นำมาใช้พร้อมกับความยาวของสายไฟฟ้าที่นำมาใช้ทั้งหมดเพื่อนำมาประมาณหาค่าก่อสร้างสายไฟฟ้าแรงต่ำที่เดินในหมู่บ้าน

สำหรับระยะห่างของเสาได้กำหนดให้ห่างกัน ๔๐ เมตร และระยะห่างของสายส่งไฟฟ้าเป็นจำนวนทั้งหมด ๑๓๐,๘๐๕ วงจร-เมตร ดังนั้นเสาสูง ๘ เมตร ดังกล่าวจะต้องการเป็นจำนวนทั้งหมด ๓,๒๘๑ ต้น

ส่วนหมู่บ้านที่ได้รับเลือกมาเป็นตัวแทนมีดังต่อไปนี้คือ

ขนาดของความต้องการในหมู่บ้าน, กิโลวัตต์	รายชื่อหมู่บ้านที่ได้รับเลือกเป็นตัวแทน
๑ - ๒๐	หมู่ที่ ๑๒ ตำบลเชียงพิณ อำเภอเมืองอุดรธานี
๒๑ - ๓๐	หมู่ที่ ๑ ตำบลบ้านตาด อำเภอเมืองอุดรธานี
๓๑ - ๔๐	หมู่ที่ ๔ ตำบลเชียงพิณ อำเภอเมืองอุดรธานี
๔๑ - ๕๐	หมู่ที่ ๕ ตำบลบ้านตาด อำเภอเมืองอุดรธานี
๕๑ - ๖๐	หมู่ที่ ๖ ตำบลกุดจับ อำเภอเมืองอุดรธานี
๖๑ - ๗๐	หมู่ที่ ๑ ตำบลหนองบุ อำเภอเมืองอุดรธานี
๗๑ - ๘๐	หมู่ที่ ๘ ตำบลกุดจับ อำเภอเมืองอุดรธานี
๘๑ - ๙๐	หมู่ที่ ๖ ตำบลหมากหญ้า อำเภอเมืองอุดรธานี
๙๑ - ๑๐๐	-

๑๐๑ - ๑๓๐	หมู่ที่ ๑๕	ตำบลบ้านตาด อำเภอเมืองอุดรธานี
๑๓๑ - ๑๖๐		-
๑๖๑ - ๑๙๐	หมู่ที่ ๑๔	ตำบลบ้านตาด อำเภอเมืองอุดรธานี

สำหรับตารางที่ ๑ นั้นแสดงจำนวนความยาวของสายไฟฟ้าตามขนาดสายไฟฟ้าต่าง ๆ กัน ที่ใช้เดินไฟแรงต่ำ ในหมู่บ้านทั้งหมด ๒๐๖ หมู่บ้าน ซึ่งถ้าวณและกำหนดจ่ายสำหรับการเดินสายไฟฟ้าคิดเป็นเงินทั้งหมดประมาณ ๘๗๖,๓๐๐ บาท

ตารางที่ ๑ ค่าใช้จ่ายในสายส่งไฟฟ้าแรงต่ำ ๒๔๐ - ๔๘๐ โวลต์

ระยะห่าง กิโลวัตต์	ความยาวของวงจร, วงจร-เมตร	จำนวนหมู่บ้าน	ความยาวของสายอลูมิเนียมทั้งหมดเปลือย, เมตร			
			เบอร์ ๔	เบอร์ ๒	เบอร์ ๑/๐	เบอร์ ๒/๐
๑ - ๑๐	๑๕,๕๑๐	๓๓	๑๐๕,๘๔๐	-	-	-
๑๑ - ๒๐	๓๐,๕๕๐	๖๕				
๒๑ - ๓๐	๔๒,๙๐๐	๖๑	-	๑๐๒,๔๘๐	-	-
๓๑ - ๔๐	๑๖,๐๐๐	๒๐	-	๓๔,๖๐๐	-	-
๔๑ - ๕๐	๔,๙๔๕	๑๑	-	๑๐,๙๘๐	-	-
๕๑ - ๖๐	๓,๓๖๐	๓	-	๘,๐๑๐	-	-
๖๑ - ๗๐	๑๐,๔๘๐	๘	-	-	๒๓,๕๒๐	-
๗๑ - ๘๐	๖๕๐	๑	-	-	๑,๔๗๐	-
๘๑ - ๙๐	๑,๕๗๐	๑	-	๒,๕๐๐	-	๑,๐๘๐
๙๑ - ๑๐๐	-	-	-	-	-	-
๑๐๑ - ๑๓๐	๘,๖๘๐	๒	-	-	๑๑,๐๐๐	-
๑๓๑ - ๑๖๐	-	-	-	-	-	-
๑๖๑ - ๑๘๐	๕๖๐	๑	-	๔๔๐	๓๓๐	๗๕๐
รวมความยาวของสายอลูมิเนียมเปลือย, เมตร			๑๐๕,๘๔๐	๑๕๘,๘๑๐	๓๖,๓๖๐	๑,๘๓๐
ราคาค่าสายไฟฟ้า บาท			๑๖๔,๐๕๒	๓๕๘,๘๑๐	๑๒๔,๒๑๔	๗,๗๒๒
ค่าแรง, บาท			๔๒,๘๓๖	๖๓,๕๒๔	๑๔,๕๒๘	๘๑๔

ภาคผนวก ง

การคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าตกในสายส่งไฟฟ้า

๑. การคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าตกในสายจ่ายไฟย่อยที่แยกจาก Feeder ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การกำหนดระยะห่างตามแนวนอนของสายไฟฟ้า จะกำหนดไปตามที่ National Electric Safety Code ของอเมริกา ที่ได้กำหนดไว้ดังนี้

Separation in inches = (๐.๓ inch per kilovolt)+ $7\sqrt{(S/3)-8}$

ในที่นี้กำหนดให้ Sag = ๒.๕๐ m or๙๘.๔๓ inches

แรงดันไฟฟ้า = ๒๒ เควี

∴ Separation = (๐.๓) (๒๒)+ ๗ $\sqrt{(๙๘.๔๓/๓)-๘}$

= ๔๑.๔๖ inches

หรือ = ๑.๐๕๓๑ meters

พิจารณาสายอลูมิเนียมแกนเหล็กเบอร์ ๔, ๑-เฟส, ๒-สาย, ๒๒,๐๐๐ โวลต์ Geometric Mean Radius,

D_S = ๐.๐๐๔๓๙ ft. or ๐.๐๐๑๓๓๑๙๗๖ m

D_m = ๑.๐๕๓๑ m

X_L at ๕๐ C/S = $๐.๑๔๔๖ \log \frac{๑.๐๕๓๑}{๐.๐๐๑๓๓๑๙๗๖}$

= ๐.๔๑๙ ohm/cond./km

R, resistance of line, ๕๐ C/S = ๑.๕๗๒๑ "

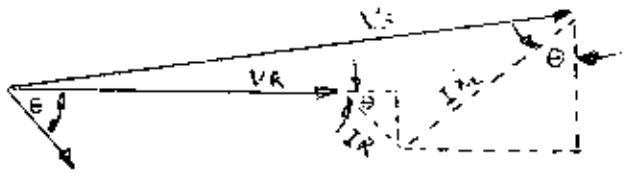
เนื่องจากเป็นระบบ ๑-เฟส, ๒-สาย

∴ Z = ๒(๑.๕๗๒๑+j ๐.๔๑๙) ohms/km

= ๓.๑๔๔๒+j ๐.๘๓๖ "

สรุป

- Conductor Size : No. 4 AWG, ACSR
- Impedance of line : ๓.๑๔๒๖ + j ๐.๔๓๖ ohms/km
- Receiving end voltage: ๒๒,๐๐๐ volts
- Power factor : ๐.๘ lagging



รูปที่ ๑๐ Vector Diagram of Voltage

กำหนดให้ Vs = Sending end voltage

V_R = Receiving end voltage

I = Load current

θ = Angle in degree between load current and receiving end voltage

For single phase system

$$Vs = Vs + I\left[R\cos\theta + X_L \sin\theta \right], \text{ (Approximately)}$$

หากกำหนดให้ $\bar{Z}$ = ๓.๑๔๒๖ + j ๐.๔๓๖ ohms/km

$$= r + jX_L$$

และ D = ระยะทางของสายส่งไฟฟ้า, กิโลเมตร

$$\therefore \text{Voltage Drop} = I\,D\left[r\cos\theta + X_L \sin\theta\right] \text{ volts}$$

$$\therefore \text{Per cent voltage drop} = \frac{I\,D\left[r\cos\theta + X_L \sin\theta\right]}{V_R} \times 100$$

เนื่องจากกำหนดให้ V_R มีค่า ๒๒,๐๐๐ โวลต์ที่คงที่

$$\therefore \text{Voltage Drop} \propto I\,D$$

เมื่อกำหนดให้ระยะทางของสายส่งไฟฟ้าคงที่แล้ว, แรงดันไฟฟ้าตกในสายส่งก็จะแปรตามกันโดยตรงกับความต้องการไฟฟ้า และตารางที่ ข.๑ เป็นรายละเอียดเกี่ยวกับแรงดันไฟฟ้าตกในสายส่งที่ระยะทางและความต้องการใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ กัน สำหรับสายอลูมิเนียมแกนเหล็กเบอร์ ๔, ๑-เฟส, ๒-สาย และได้นำมาเขียนลงบนกราฟได้ดังกราฟรูปที่ ๑

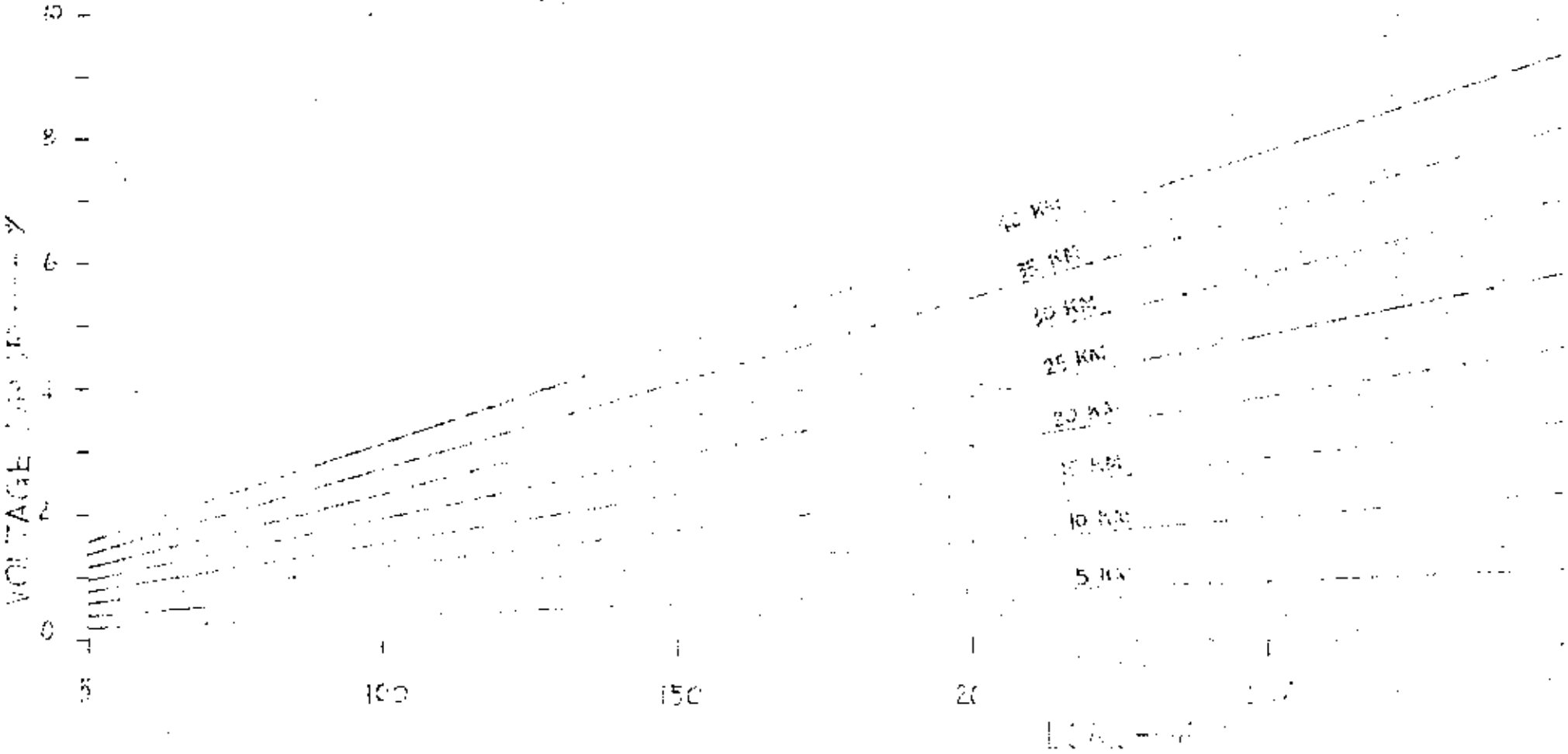
ตารางที่ ๑ เปอร์เซนต์ของแรงดันไฟฟ้าตกในสายส่งไฟฟ้า

ความต้องการไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	เปอร์เซนต์ของแรงดันไฟฟ้าตกในสายส่งไฟฟ้า							
	๕ กม.	๑๐ กม.	๑๕ กม.	๒๐ กม.	๒๕ กม.	๓๐ กม.	๓๕ กม.	๔๐ กม.
๕๐	๐.๑๔๔	๐.๓๔๐	๐.๕๔๕	๐.๗๘๐	๐.๙๗๓	๑.๑๗๐	๑.๓๖๐	๑.๕๖๐
๓๐๐	๑.๑๖๐	๒.๗๔๐	๓.๕๐๐	๔.๒๗๐	๕.๘๔๐	๗.๐๐๐	๘.๑๗๐	๙.๓๔๐

SINGLE PHASE 50 CYCLE VOLTAGE DROP CHART

FOR 22,000 VOLTS CONDUCTOR NO. 4 AWG, ACSR

EQUIVALENT SPACING 1.0531 METERS

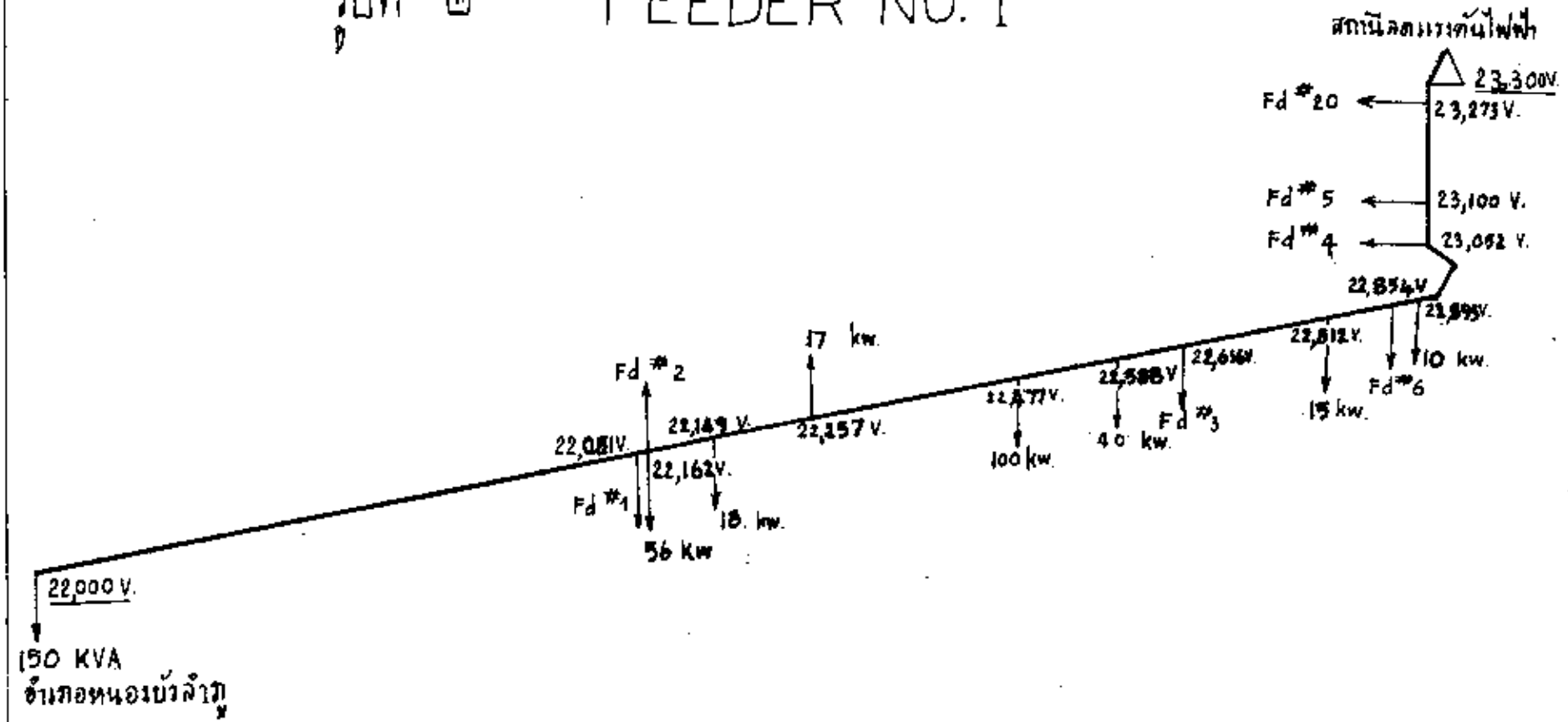


๒. <u>การตรวจแรงดันไฟฟ้าตกในสายจ่ายไฟย่อยของบริเวณจังหวัดอุดรธานี</u>

เนื่องจากสายจ่ายไฟย่อยในส่วนที่ใหญ่ ๆ ที่ออกจากสถานีลดแรงดันไฟฟ้าจังหวัดอุดรธานี มีทั้งหมด 4 Feeders ด้วยกัน ซึ่งจะส่งกระแสไฟฟ้าไปยังอำเภอหนองบัวลำภู อำเภอกุมภวาปี อำเภอสว่างแดนดิน และศรีเชียงใหม่

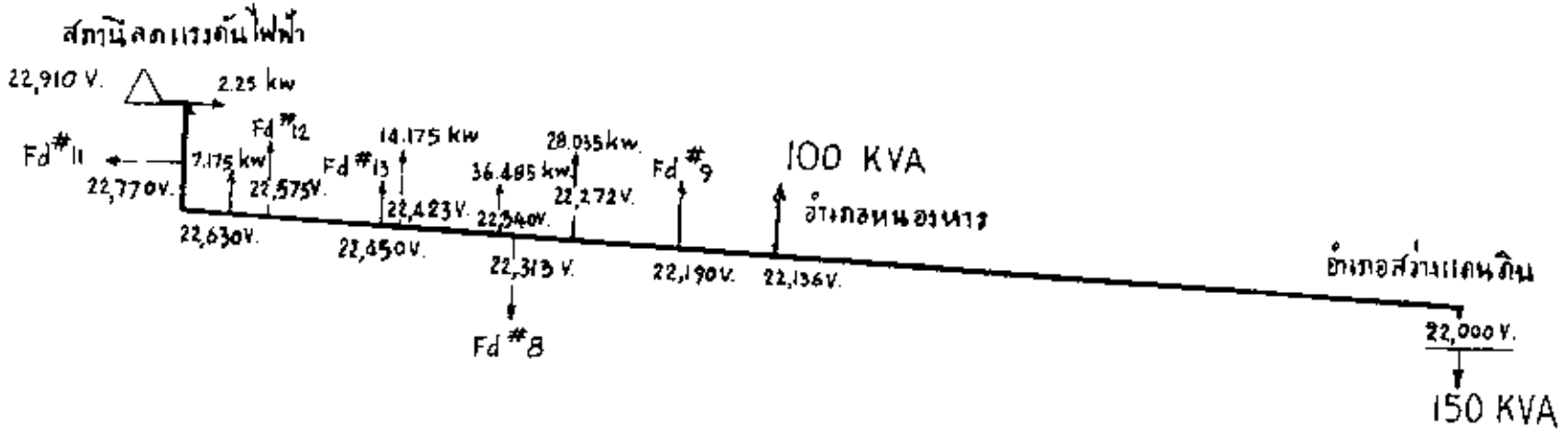
การคำนวณดังกล่าวได้นำเอาความต้องการไฟฟ้าที่ควรจะมีในปีที่ ๒๕ และค่าความต้องการไฟฟ้าที่จะมีขึ้น ตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ประมาณไว้ รูปที่ ๗ ถึง รูปที่ ๙ เป็น Diagram ของ Feeder ใหญ่ ๆ ที่ออกจากสถานีลดแรงดันไฟฟ้าแห่งนี้ และบนรูปดังกล่าวนั้นจะบอกค่าตัวเลขแรงดันไฟฟ้าตามจุดต่าง ๆ ที่สำคัญกำกับไว้ด้วย

รูปที่ ๒ FEEDER NO. I



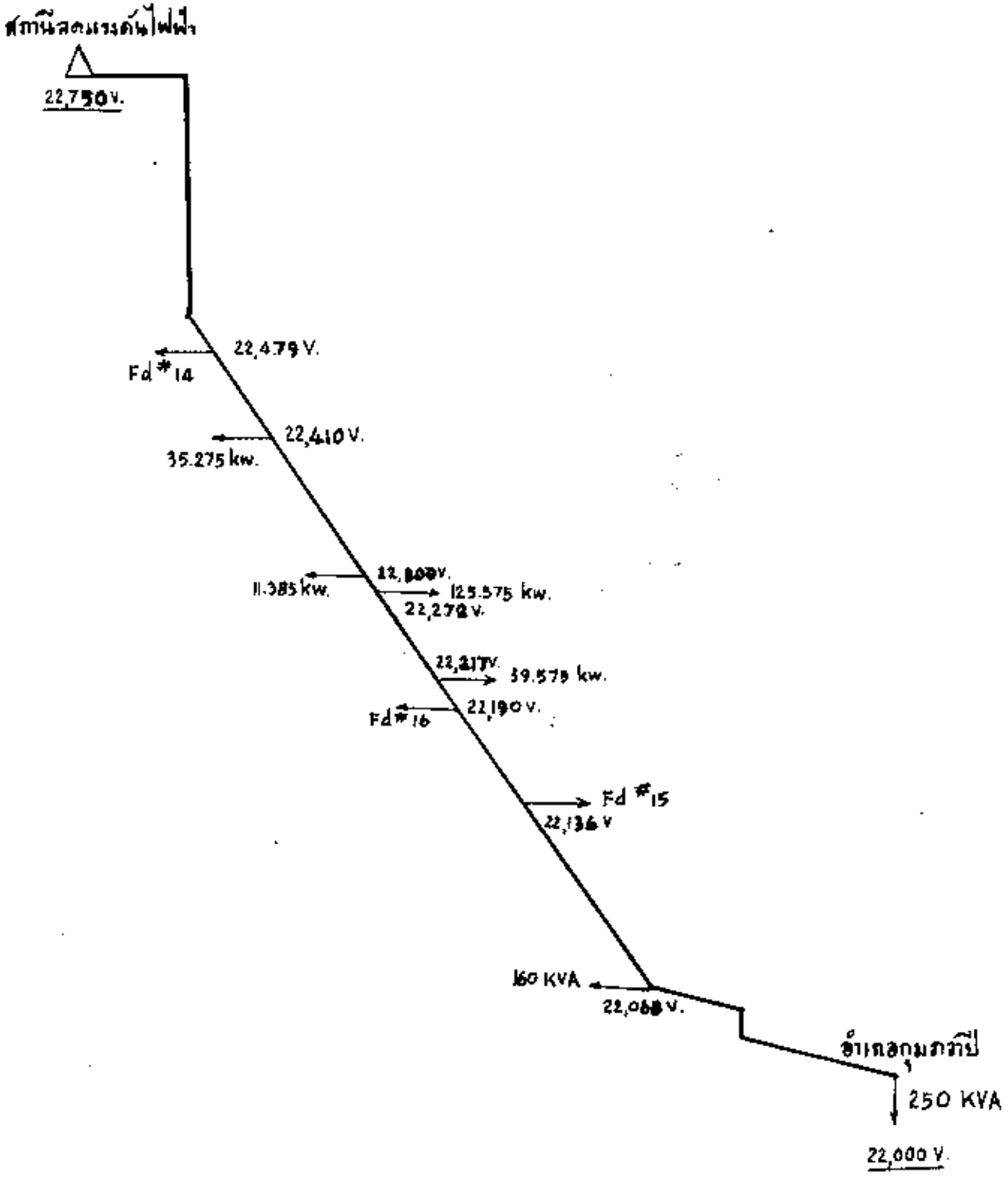
มาตราส่วน 1:200,000

รูปที่ ... FEEDER NO. II



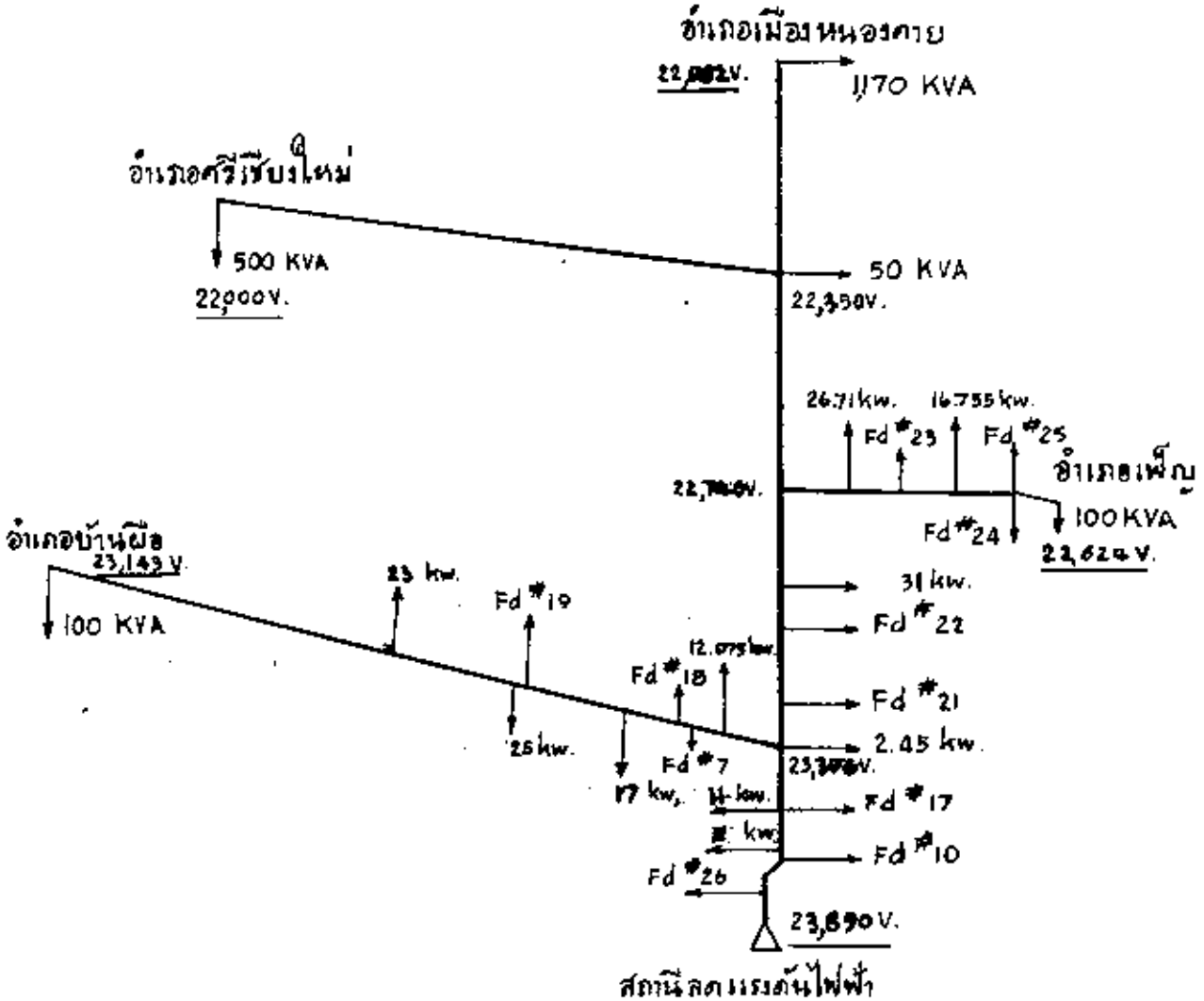
มาตราส่วน 1: 400,000

รูปที่ ๔ FEEDER NO. III



มาตราส่วน 1: 200,000

รูปที่ ๒ FEEDER NO IV

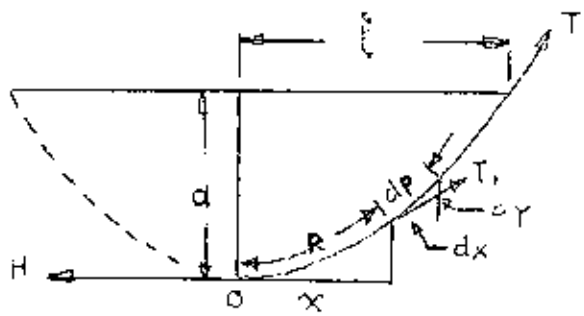


มาตราส่วน 1:400,000

ภาคผนวก จ

SAG - TENSION CALCULATION

ในการขึงสายไฟฟ้า จำเป็นต้องทราบค่าของ Tension และ Sag ในสายไฟฟ้า ณ อุณหภูมินั้น ๆ ทั้งนี้ในที่แห่งเดียวกันนี้ อาจจะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันมาก อย่างที่จังหวัดอุดรธานี ปรากฏว่าอุณหภูมิที่ต่ำสุดเคยมี ๒.๕ องศาเซนติเกรด และอุณหภูมิที่สูงสุดเคยมีคือ ๔๓.๔ องศาเซนติเกรด และรูปร่างของการขึงสายไฟฟ้าดังกล่าว จะมีรูปร่างเป็นรูปพาราโบล่าที่เกิดขึ้นระหว่างเสาสองต้น



รูปที่ ๑ Diagram of a catenary curve

ตามรูปที่ ๑ จุด O เป็นจุดที่อยู่ต่ำที่สุดของสายไฟฟ้าที่ขึงอยู่ระหว่างปลายเสาทั้งสองที่มีความสูงเท่ากัน ที่จุด O นั้นสายไฟฟ้าจัดได้ว่าอยู่ในแนวนอน (Horizontal) กำหนดให้ O เป็น จุด Origin of Co-ordinates พิจารณาส่วนของสายไฟฟ้าตามความยาว p ที่วัดจากจุด O ในส่วนดังกล่าวนี้อยู่ได้ด้วยแรงดึง H และ T_1 ที่กระทำที่ปลายทั้งสอง ทางด้านขวามือของส่วนความยาว p แรงดึงในแนวนอน จะมีค่าเท่ากัน และมีทิศทางตรงข้ามกับ H ที่จุด O และแรงดึงในแนวดิ่งของ T_1 จะมีค่าเท่ากับและตรงข้ามกับผลรวมของแรงต่าง ๆ ในแนวดิ่ง และแรงดังกล่าวประกอบด้วย

๑. wp ซึ่ง w เท่ากับ น้ำหนักของสายไฟฟ้าต่อหน่วยความยาว

๒. ในประเทศที่มีหิมะหรืออากาศหนาวเย็นมาก ๆ จะมี Ice load

รวมเข้ามาด้วยแรงดึงดูด ในที่นี้จะมีทิศทางไปตามเส้นลวดสายไฟฟ้าและของ และสามเหลี่ยมของแรงมีรูปร่างเช่นเดียวกับรูปสามเหลี่ยมของ dx และ dy

ดังนั้น $\frac{dy}{dx} = \frac{wp}{H}$

ซึ่งค่าของ w และ H คงที่

และ $(dp)^2 = (dx)^2 + (dy)^2$

$dp = \left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} dx$

$dp = \left[1+\frac{w^2p^2}{H^2}\right]^{\frac{1}{2}} dx$ .....(1)

กำหนดให้ $\frac{wp}{H} = Z$

$\therefore p = \frac{H}{w} Z$

$dx = \frac{H}{w} \frac{dZ}{(1+Z)^{\frac{1}{2}}}$

จากสมการดังกล่าว สามารถ Integrate หาค่า x ได้ดังนี้

$X = \frac{H}{w} \text{Sinh}^{-1} Z + C$

$= \frac{H}{w} \text{Sinh}^{-1} \frac{wp}{H}$

ทั้งนี้ c ซึ่งเป็นค่าคงที่ จะมีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจาก X = 0 เมื่อ p หรือ Z เป็นศูนย์

$\therefore \frac{wp}{H} = \text{Sinh} \frac{wX}{H}$

$= \frac{dy}{dx}$ .....(2)

หรือ $p = \frac{H}{w} \text{Sinh} \frac{wx}{H}$

และ $dy = \left(\text{Sinh} \frac{wx}{H}\right) dx$

เมื่อ Integrate ทั้งสองข้างจะได้

$$y = \frac{H}{w} \cosh \frac{wx}{H} + C_1$$

แทนค่า $y = a$ เมื่อ $x = 0$

$$\therefore \quad 0 = \frac{H}{w} + C_1$$

$$\therefore \quad y = \frac{H}{w} \left(\cosh \frac{wx}{H} - 1\right)$$

กำหนดค่า T_1 เป็นแรงดึงที่ปลายของ p และจากสามเหลี่ยมของแรงได้ว่า

จากสมการ (1)

$$\frac{T_1}{H} = \frac{dp}{dx}$$

$$= \left[1 + \frac{w^2 p^2}{H^2}\right]^{\frac{1}{2}}$$

จากสมการ (2)

$$\frac{T_1}{H} = \left[1 + \text{Sinh}^2 \frac{wx}{H}\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore \cosh^2 M - \text{Sinh}^2 M = 1$$

ที่เสาค่าของ X จะมีค่ากับค่าของ l ซึ่งเป็นครึ่งหนึ่งของ Span และค่าของ y จะเป็นค่าของ d ซึ่งเป็นระยะหย่อนของสาย (Depth of Sag) และค่าของ T_1 จะมีค่าเป็น T ซึ่งเป็นแรงดึงสูงสุดที่มีได้ในสายไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้ สมการจะเป็นดังนี้

$$2p = 2 \frac{H}{w} \sinh \frac{wl}{H}$$

$$= 2l \left[1 + \frac{1}{6}\left(\frac{wl}{H}\right)^2 + \frac{1}{120}\left(\frac{wl}{H}\right)^4 + \cdots\right] \quad (3)$$

ดังนั้น Wind load ที่กระทำต่อสายไฟฟ้าเป็นค่าที่ได้จาก Wind pressure และ Projected area ของสายไฟฟ้านั้น ดังนี้คือ

$$\text{Wind load} = p_1 \left(\frac{d_1}{12}\right) L \quad \text{lbs.}$$

หรือ

$$\text{Wind load} = \frac{p_1 d_1}{12} \quad \text{(lbs/ft of conductor)}$$

ซึ่ง

L เป็นค่าความยาวของสายไฟฟ้า, ฟุต

ทิศทางของ Wind load ที่กระทำต่อสายไฟฟ้า มีทิศทางตามแนวราบ และรูปที่ 2 เป็น Vector Diagram ของแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อสายไฟฟ้า

เนื่องจากอุณหภูมิของประเทศไทยยังไม่สามารถทำให้น้ำจับตัวเป็นน้ำแข็งบนสายไฟฟ้าได้ ดังนั้นน้ำหนักน้ำแข็งจะไม่คำนึงในที่นี้ ดังนั้น น้ำหนักต่าง ๆ ที่กระทำต่อสายไฟฟ้าจะประกอบด้วยน้ำหนักของสายไฟฟ้าของตัวเอง และน้ำหนักอันจะเกิดขึ้นได้เนื่องจากความเร็วลมตามห้องถิ่นซึ่งความเร็วลมนี้สามารถคำนวณหาได้จากความดันที่กระทำต่อสายไฟฟ้าได้

$$\therefore \quad w = \left[x^2 + \left(\frac{p_1 d_1}{1000}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} + c, \text{ กิโลกรัม/เมตร}$$

ซึ่ง

x = น้ำหนักของสายไฟฟ้า, กิโลกรัมต่อเมตร

d_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้า, มิลลิเมตร

p_1 = ความดันลมที่กระทำต่อสายไฟฟ้า, กิโลกรัมต่อตารางเมตร

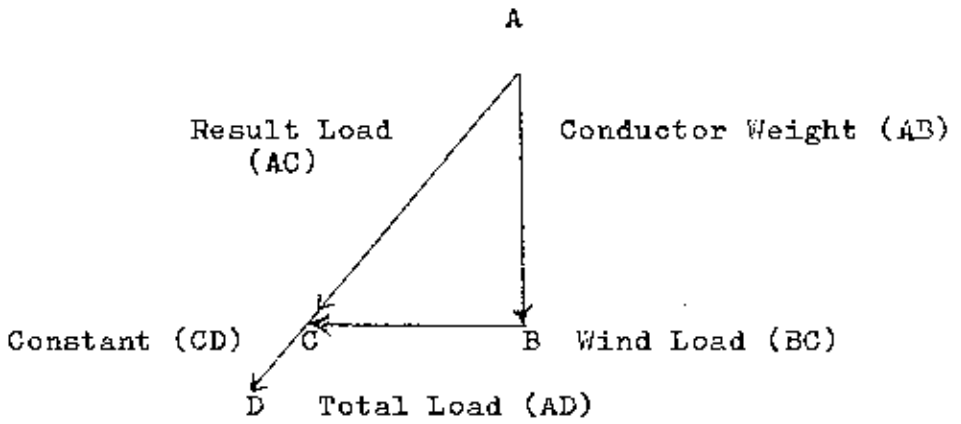
c = ค่าคงที่จะต้องรวมเข้าไปในแรงสัพช์ ตาม National Electric Safety Code (NESC) ของสหรัฐอเมริกา ;

และ
$$d = \frac{H}{w}\left(\cosh \frac{wl}{H} - 1\right)$$

$$= \frac{l}{2}\left[\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{wl}{H}\right) + \frac{1}{24}\left(\frac{wl}{H}\right)^3 + \ldots\right] \ldots\ldots(4)$$

แรงดึงในสายไฟฟ้าที่เสา
$$T = H \cosh \frac{wl}{H}$$

$$= H\left[1 + \frac{1}{2}\left(\frac{wl}{H}\right)^2 + \frac{1}{24}\left(\frac{wl}{H}\right)^4 + \ldots\ldots\right]$$



รูปที่ 2 Vector Diagram

สำหรับ Wind load ที่กระทำต่อสายไฟฟ้า ต้องหาค่า Wind pressure (p_1) ที่หาได้จากความเร็วของลม ณ ที่นั้น คือ

$$p_1 = 0.0025\ Va^2 \qquad \text{(lbs/sq. ft)}$$

ซึ่ง Va เป็นค่าความเร็วลม, ไมล์ต่อชั่วโมง

สำหรับประเทศไทย ค่าคงตัวอันนี้จัดอยู่ในประเภท Light Loading District และมีค่าคงตัว 0.0744 กิโลกรัมต่อเมตร

สูตรที่จะหาค่า Sag และ Tension โดยประมาณมีดังนี้

$$2p = 2\ell\left[1 + \frac{1}{6}\left(\frac{w\ell}{H}\right)^2\right] \quad \text{.....(5)}$$

และ

$$d = \frac{1}{2}\left[\frac{w\ell}{H}^2\right] \quad \text{.....(6)}$$

ซึ่ง

2ℓ = Span Length, meter

H = Horizontal tension, kilograme

$2p$ = Perimeter of a conductor, meter

Strength of the Conductor

เป็นคุณสมบัติของโลหะทุกชนิด เมื่อถูกแรงดึงกระทำจะมีความยาวเพิ่มขึ้นจากที่เป็นจริง เมื่อยังไม่ถูกดึง เพื่อให้การคำนวณเรื่องนี้แน่นอน จำต้องคำนึงถึงพวกโดยที่ค่านี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดึงที่กระทำต่อสายไฟฟ้า, ดังนั้น

$$\text{Elongation} = 2\ell\frac{T}{AE}$$

ซึ่ง

A = เนื้อที่ภาคตัดขวางของสายไฟฟ้า, ตารางมิลลิเมตร

E = Modulus of Elasticity, kilograme per sq.mm.

= 6,200 kg/sq.mm. for all aluminum conductor

= 8,000 kg/sq.mm. for aluminum cable steel reinforced.

ความยาวที่ยังไม่ได้รับแรงดึง จะมีค่าเท่ากับความยาวตาม Perimeter รวมด้วย Stretch

$$Lu = 2P - 2\ell\frac{T}{AE} \qquad \text{.....(7)}$$

หรือ

$$Lu = 2\ell\left[1 + \frac{1}{6}\frac{w^2\ell^2}{T^2}\right] - 2\ell\frac{T}{AE}$$

เนื่องจาก $T = \frac{w\ell^2}{2d}$

$$\therefore Lu = 2\ell\left[1 + \frac{2}{3}\frac{d^2}{\ell^2}\right] - \frac{w\ell^3}{AEd} \qquad \text{.....(8)}$$

ซึ่ง

Lu = Unstressed length

Sag-Tension Chart

ในการทำ Sag-Tension Chart จะเป็น Chart ที่กำหนดแรงดึงในสายไฟฟ้าไว้แล้ว สำหรับในการออกแบบสายส่งไฟฟ้านั้น ตัวที่เป็นองค์ประกอบในการทำ Chart ดังกล่าวขึ้นอยู่กับขนาดของสายไฟฟ้า ความยาว ระดับของการขึงสาย และอื่น ๆ ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการขึงสายที่มีระดับของเสาเท่ากัน

กำหนดให้

Lu = Unstressed length of the conductor at any given initial temperature

Lu' = Unstressed length of the conductor at final temperature

ti = Initial temperature

t_f = Final temperature

α = Coefficial of expansion

ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่าง Lu' และ Lu เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ คือ

$$Lu' = Lu\left[1 + \alpha(t_f - t_i)\right] \qquad \text{.....(9)}$$

จากนี้เมื่อกำหนดค่าของอุณหภูมิ, ระยะช่วงเสา และรายละเอียดต่าง ๆ ของสายไฟฟ้าจะสามารถคำนวณหาค่า Lu ได้ จากสูตรอย่างเคร่า ๆ ตามสมการที่ (5)และ (7) หลังจากนี้จะหาค่า Lu' ได้จากการที่กำหนดอุณหภูมิขึ้น และใช้สมการที่ (9), Tension และ Sag ที่เหมาะกับอุณหภูมิใหม่นั้น คำนวณหาได้จากการแทนค่า Lu' ไปในสมการที่ (7) และ (8) โดยแทนค่า Lu เดิมเอง

สมการที่ (7) และ (8) หลังจากเปลี่ยนแปลงแล้วจะเป็นดังนี้

$$Lu' = 2\ell\left[1 + \frac{1}{6}\left(\frac{w\ell}{T}\right)^2\right] - 2\ell\frac{T}{AE}$$

$$= 2\ell + \frac{w^2\ell^3}{3T^2} - 2\ell\frac{T}{AE}$$

$$= 2\ell + \frac{w^2\ell^3\,AE - 6\ell T^3}{3\,AE\,T^2}$$

$$3\,AE\,T^2(Lu' - 2\ell) = w^2\ell^3\,AE - 6\ell T^3$$

หรือ

$$6 \ell T^3 + 3 AE (Lu' - 2 \ell) T^2 - w^2 \ell^3 AE = 0$$

เมื่อ $6 \ell \neq 0$

$$T^3 + \frac{AE}{2l}(Lu' + 2 \ell) T^2 - \frac{w^2 \ell^2 AE}{6} = 0 \qquad .....(10)$$

และค่าของ Sag ที่เหมาะสมกับอุณหภูมินั้น

$$Lu' = 2 \ell \left[1 + \frac{2}{3} \frac{d^2}{l^2} \right] - \frac{w \ell^3}{AEd}$$

$$= 2 \ell + \frac{4d^2}{3L} - \frac{w \ell^3}{AEd}$$

$$3 \ell AEd (Lu' - 2 \ell) = 4AE d^3 - 3 w \ell^4$$

$$4 AE d^3 - 3 \ell AE (Lu' - 2 \ell) d - 3 w \ell^4 = 0$$

หรือ

$$d^3 - \frac{3}{4} \ell (Lu' - 2 \ell) d - \frac{3}{4} \frac{w \ell^4}{AE} = 0 \qquad .....(11)$$

<u>ข้อตกลงในการคำนวณหา Sag - Tension Charts</u>

๑. <u>อุณหภูมิ</u>

จากสถิติเกี่ยวกับอุณหภูมิ อากาศในจังหวัดอุดรธานีที่หางกรมอุตุนิยมได้รวบรวมไว้ ปรากฏว่าในช่วงระยะเวลา ๒๐ ปี (ระหว่างปี พ.ศ. ๒๔๘๑ ถึง พ.ศ. ๒๕๐๑) ที่จังหวัดนี้ มีอุณหภูมิต่ำสุด ๒.๔ องศา เซนติเกรดในเดือนมกราคม และอุณหภูมิสูงสุด ๔๑.๔ องศาเซนติเกรด ในราวเดือนเมษายน หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดจะเป็น ๓๖.๖ และ ๖๐.๔ องศาเซนติเกรด ตามลำดับ

๒. Wind load ในที่นี้ กำหนดให้มีค่า ๓๙ กิโลกรัมต่อตารางเมตร หรือ ๘ ปอนด์ต่อตารางฟุต สำหรับ Light Loading Condition เนื่องจาก Elevation ของจังหวัดอุดรธานีมีระดับต่ำกว่า ๔๐๐ เมตร (Elevation ของจังหวัดอุดรธานีเป็น ๕๘๘ เมตร)

๓. Ice Load จะไม่คำนึงถึง สำหรับสภาพของประเทศไทย

๔. Technical Data ของสายไฟฟ้า มีดังนี้

ตารางที่ ๑ Final moduli of elasticity and coefficients of linear expansion for wires and conductors

Type of wire or Conductor	Stranding	Final Modulus of Elasticity, kg/sq.mm.	Coefficients of Linear Expansion, per degree C X 10^{-6}
H.D. Aluminum	7	6,200	23.0
"	19	6,000	23.0
"	37	5,800	23.0
"	61	5,600	23.0
ACSR	6/1	8,000	19.1
"	8/1	10,000	16.9
"	18/1	7,000	21.2
"	6/7	8,000	19.8
"	8/7	9,000	17.6

ตารางที่ ๖ Standards for Electrical Conductor

Size AWG	Diameter (mm.)	X-sectional area (sq.mm.)	No. of Strand	Ultimated Tensile Strength, (kg)	Weight (kg/km)	D.C. Resistance 20°C (ohms/km)
All Aluminum Stranded Conductor (AA) - Bare						
6	4.67	23.30	7	240	36.6	2.164
4	5.89	21.15	7	415	57.7	1.351
2	7.42	33.62	7	635	91.8	0.850
1	8.34	42.41	7	775	115.8	0.674
1/0	9.36	53.49	7	940	146.1	0.534
2/0	10.55	67.43	7	1,185	184.2	0.424
3/0	11.79	85.01	7	1,435	232.3	0.336
4/0	13.26	107.20	7	1,810	292.9	0.267

Aluminum Cable Steel Reinforced (ACSR) - Bare

8	3.99	8.37	6/1	340	33.77	3.423
6	5.04	13.30	6/1	530	53.61	2.154
4	6.36	21.15	6/1	830	85.31	1.354
2	8.01	33.62	6/1	1,265	135.60	0.8507
1	9.00	42.41	6/1	1,585	171.10	0.6754
1/0	10.11	53.49	6/1	1,940	215.90	0.5351
2/0	11.34	67.43	6/1	2,425	272.10	0.4245
3/0	12.75	85.01	6/1	3,030	342.90	0.3367
4/0	14.31	107.20	6/1	3,820	432.50	0.2671

ตัวอย่างการคำนวณหา Sag-Tension Charts

ในที่นี้จะทำการหา Sag-Tension Chart ของสายไฟฟ้า No. 8 AWG, ACSR และ Specifications ของสายขนาดนี้ดังนี้

1. Coefficients of linear expansion (α) = 19.1×10^{-6} per degree centigrate
2. Final modulus of elesticity (E) = 8,000 kg per sq.mm.
3. Cross-sectional area (A) = 8.37 sq.mm.
4. Diameter of the conductor (d_1) = 3.99 mm.
5. Ultimated tensile strength (U.T.S.) = 340 kg.
6. Weight of the conductor (X) = 0.03377 kg. per m.
7. Wind pressure (p_1) = 39 kg per sq.m.
8. Constant value, according to NESC(c) = 0.0744 kg. per m.

w = น้ำหนักทั้งหมดของสายไฟฟ้า

$$= \left[X^2 + \left(\frac{p_1 d}{1000}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} + 0$$

$$= \left[(0.03377)^2 + \left\{\frac{(39)(3.99)}{1000}\right\}^2\right]^{\frac{1}{2}} + 0.0744$$

$$= 0.233635 \quad \text{kg. per m.}$$

ในการหา Sag-Tension Chart จะกำหนดให้ Tension ในสายไฟฟ้ามีค่าสูงสุดเป็นครึ่งหนึ่งของค่า U.T.S.

$$T = \frac{1}{2} \times (U.T.S.)$$

$$= 170 \quad \text{kg.}$$

การหาข้อมูลของ Sag และ Tension ในสายไฟฟ้าที่มีระยะห่างเสา ยาว ๔๐ เมตร ($2\ell = 40$) จากสูตร สมการที่ (๙)

$$Lu = 2P - 2\ell \frac{T}{AE}$$

ซึ่ง

$$2P = 2\ell \left[1 + \frac{1}{6}\left(\frac{w\ell}{T}\right)^2\right]$$

$$= 40 \left[1 + \frac{1}{6}\left\{\frac{(0.233635)(20)}{170}\right\}^2\right.$$

$$= 40.00503 \quad \text{m.}$$

และ

$$2\ell \frac{T}{AE} = \frac{(40)(170)}{(8.37)(8,000)}$$

$$= 0.10152$$

$$\therefore \quad Lu = 40.00503 - 0.10152$$

$$= 39.90351$$

$$= Lu' \text{ at temperature of } 0^{\circ}C$$

จากสูตรในสมการที่ (๔) ได้ว่า

Lu' at $5^{\circ}C = 39.90351\ (1 + 0.0000191 \times 5) = 39.90732$ m.

Lu' at $20^{\circ}C = 39.90351\ (1 + 0.0000191 \times 20) = 39.91875$ m.

Lu' at $35^{\circ}C = 39.90351\ (1 + 0.0000191 \times 35) = 39.93019$ m.

Lu' at $50^{\circ}C = 39.90351\ (1 + 0.0000191 \times 50) = 39.94162$ m.

จากนี้สามารถคำนวณหาค่า Sag และ Tension ณ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้จากสมการที่ (๑๐) และ สมการที่ (๑๑) ส่วนระยะช่วงเสาอื่นที่นอกจากนี้ก็สามารถคำนวณได้แบบเดียวกัน และได้รวบรวมใน ตารางที่ ๓ ซึ่งเป็นรายละเอียดในการหาค่า Sag และ Tension ของสายไฟขนาดนี้ที่ระยะช่วงเสาต่าง ๆ กัน และเมื่อนำรายละเอียดเหล่านี้นำมาลงบนกราฟจะได้ดังกราฟ Figure 5.1 หน้า ๔๖

ตารางที่ ๓ รายละเอียดของ Sag-Tension Chart, Conductor No. 8 AWG, ACSR.

Temperature °C	$T^3+\frac{AE}{2l}(Lu'-2l)T^2-\frac{w^2l^2}{6}AE = 0$	$d^3-\frac{3}{4}l(Lu'-2l)d-\frac{3}{4}\frac{wl^4}{AE} = 0$	T (kg)	d (m)
Span 40 m.				
0	$T^3-161.5243\ T^2 - 243,669 = 0$	$d^3+1.44735\ d - 0.41856 = 0$	170	0.2178
5	$T^3-155.1463\ T^2 - 243,669 = 0$	$d^3+1.39020\ d - 0.41856 = 0$	164	0.2222
20	$T^3-136.0125\ T^2 - 243,669 = 0$	$d^3+1.21875\ d - 0.41856 = 0$	147.3	0.2305
35	$T^3-116.8619\ T^2 - 243,669 = 0$	$d^3+1.04715\ d - 0.41856 = 0$	131	0.25
50	$T^3-97.7281\ T^2 - 243,669 = 0$	$d^3+0.8757\ d - 0.41856 = 0$	116	0.265
Span 60 m.				
0	$T^3-150.9948\ T^2 - 548,255 = 0$	$d^3+3.04425\ d - 2.11896 = 0$	170	0.6184
5	$T^3-144.6336\ T^2 - 548,255 = 0$	$d^3+2.91600\ d - 2.11896 = 0$	165	0.6378
20	$T^3-125.5500\ T^2 - 548,255 = 0$	$d^3+2.53125\ d - 2.11896 = 0$	149.9	0.70125
35	$T^3-106.3548\ T^2 - 548,255 = 0$	$d^3+2.14425\ d - 2.11896 = 0$	136	0.773
50	$T^3-87.1596\ T^2 - 548,255 = 0$	$d^3+1.75725\ d - 2.11896 = 0$	124	0.853

Span 80 m.					
0	$T^3-136.1799\ T^2 - 974,675 = 0$	$d^3+4.881\ d - 6.69696 = 0$	170	1.099
5	$T^3-129.8189\ T^2 - 974,675 = 0$	$d^3+4.653\ d - 6.69696 = 0$	165.5	1.1295
20	$T^3-110.6514\ T^2 - 974,675 = 0$	$d^3+3.966\ d - 6.69696 = 0$	152.5	1.225
35	$T^3-91.4841\ T^2 - 974,675 = 0$	$d^3+3.279\ d - 6.69696 = 0$	140.7	1.32805
50	$T^3-72.4005\ T^2 - 974,675 = 0$	$d^3+2.595\ d - 6.69696 = 0$	133	1.437
Span 100 m.				
0	$T^3-117.2469\ T^2 - 1,524,300 = 0$	$d^3+6.56625\ d - 16.35 = 0$	170	1.718
5	$T^3-110.8858\ T^2 - 1,524,300 = 0$	$d^3+6.21000\ d - 16.35 = 0$	166	1.758
20	$T^3-91.7352\ T^2 - 1,524,300 = 0$	$d^3+5.1375\ d - 16.35 = 0$	155	1.883
35	$T^3-72.5846\ T^2 - 1,524,300 = 0$	$d^3+4.065\ d - 16.35 = 0$	145	2.014
50	$T^3-53.4341\ T^2 - 1,524,300 = 0$	$d^3+2.9925\ d - 16.35 = 0$	136	2.1486
Span 160 m.				
0	$T^3-35.0284\ T^2 - 3,902,200 = 0$	$d^3+5.0220\ d - 107.15136 = 0$	170	4.4
5	$T^3-28.6254\ T^2 - 3,902,200 = 0$	$d^3+4.104\ d - 107.15136 = 0$	166	4.5
20	$T^3-9.4581\ T^2 - 3,902,200 = 0$	$d^3+1.356\ d - 107.15136 = 0$	160	4.65
35	$T^3+9.7092\ T^2 - 3,902,200 = 0$	$d^3-1.392\ d - 107.15136 = 0$	154	4.86
50	$T^3+28.8765\ T^2 - 3,902,200 = 0$	$d^3-4.140\ d - 107.15136 = 0$	150	5.6

บรรณานุกรม

Stevenson, William D.JR "Elements of Power System Analysis" New York, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1955

Electric Utility Engineers of the Westinghouse Electric Corporation "Distribution Systems" Vol. 3, printed by R.R Donnelley & Sons Company, Chicago and Crawfordsville, Indiana

Phaloprakarn, Somkiet " Transmission Line Tower Location on Non flat Terrain by Digital Computer Methods" Unpublished Master's Thesis, Oregon State University, June 1965

German Advisory Team to the Provincial Electricity Authority delegated by the Government of the Federal Republic of Germany "Project of Electric Energy Distribution Systems 22 KV - 400/230 V in North East Provinces Thailand Nam Pong Project Area" Vol. I II and III

National Energy Authority "Electrical Power Statistics in Udornthani Area"

Nippon Gaishi Kaisha Ltd., Japan "NGK Insulators Catalog Number 60"

State of California Public Utilities Commission, "Rules for Overhead Electric Line Construction, General Order No. 95"

U.S. Department of Commerce, "National Electrical Safety Code Grounding Ruks and Ports I, II, III, IV and V"
Issued March 1948

การพลังงานแห่งชาติ, "มาตรฐานแรงดันและความถี่ไฟฟ้าสำหรับระบบสายส่งแรงสูงและระบบจำหน่าย" ๒๔ มีนาคม ๒๕๐๘

Rogers Engineering Co. Inc., "Report of Survey No. 20 A Report on Electrical Power in Northeast Thailand", September, 1961