บทที่ 4

การเปรียบเทียบหาขนาดของสายไฟฟ้าตามหลักเศรษฐกิจ

ECONOMIC COMPARISON OF CONDUCTOR SIZES

การเปรียบเทียบหาขนาดของสายไฟฟ้าตามหลักเศรษฐกิจ ก็คือการเปรียบเทียบระหว่างสายไฟฟ้าทั้ง 7 ขนาด กับค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปี เพื่อหาขนาดสายที่มีค่าใช้จ่ายต่อปีต่ำที่สุด ซึ่งค่าใช้จ่ายต่อปีแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. Fixed Cost คือจำนวนเงินค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปี ของสายไฟฟ้าคิดจากราคาทั้งหมดต่อปี โดยหาดอกเบี้ยของค่าใช้จ่ายทั้งหมดรวมกับค่าสึกหรอของสายไฟฟ้า (Depreciation Cost) ต่อปี

2. Operating Cost คือจำนวน Loss ภายในสายส่งไฟฟ้า เมื่อนำมาคิดเป็นจำนวนพลังไฟฟ้าที่สูญเสียไป ต่อปีก็เปรียบเสมือนค่าใช้จ่ายหรือเงินที่ต้องสูญเสียไปต่อปี

เมื่อนำค่าใช้จ่ายทั้ง 2 ประเภทมารวมกันเป็น ค่าใช้จ่ายต่อปีของสายไฟฟ้าทั้ง 7 ขนาดมาเปรียบเทียบกัน ก็จะทราบได้ว่า ค่าใช้จ่ายต่อปีของสายไฟฟ้าขนาดไหนที่น้อยและถูกต้องตามหลักเศรษฐกิจที่สุด ซึ่งอาจจะเป็นสายขนาดเล็กที่มี Loss มากก็เป็นได้

4.1 ค่าใช้จ่ายคงที่ของสายไฟฟ้าทั้ง 7 ขนาดต่อปี (ANNUAL FIXED COST OF 7 CONDUCTOR SIZES)

สำหรับ Fixed Cost หาได้โดยการหาราคาของสายไฟฟ้ารวมกับค่าชิงสายไฟฟ้าแล้วจึงนำไปหาดอกเบี้ยต่อปี และค่าสึกหรอต่อปีดังนี้

4.1.1 ราคาของสายไฟฟ้าทั้ง 7 ขนาด (COST OF 7 CONDUCTOR SIZES)

สำหรับราคาของสายไฟฟ้าทั้ง 7 ขนาด หาโดยการเปรียบเทียบจากน้ำหนักของสายไฟฟ้า แต่ละขนาด โดยคิดจากราคา ดังนี้(ราคาอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดคิดจากราคาของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในปี 1965-1966 เป็นหลัก)

สายไฟฟ้า ชนิด ACSR ราคา 5.095 บาท / ปอนด์

ระยะทางระหว่างกรุงเทพฯ - กระบี่ 700 กม.

คิด Sag ประมาณ 10 % 70 กม.

รวมความยาวของสายไฟฟ้าทั้งหมด (1 สาย) 770 กม. (1435.5 ไมล์)

น้ำหนักของสายไฟฟ้า ทั้ง 7 ขนาดเป็นดังนี้ (รวม 3 สาย)

636 MCM ACSR	หนัก	4319	Pound / Mile	รวม	6,199,924.5 ปอนด์
795 MCM ACSR	"	5399	"	"	7,750,264.5 "
954 MCM ACSR	"	6479	"	"	9,300,604.5 "
1113 MCM ACSR	"	7544	"	"	10,829,412.0 "
1272 MCM ACSR	"	8621	"	"	12,375,445.5 "
1431 MCM ACSR	"	9699	"	"	13,922,914.5 "
1590 MCM ACSR	"	10,777	"	"	15,470,383.5 "

ดังนั้นราคาของสายไฟฟ้าทั้ง 7 ขนาดสามารถจะหาได้ และนำมาแสดงได้ใน TABLE 4.1 เรียบร้อยแล้ว

4.1.2 ค่าแรงงานในการขึงสายไฟฟ้า (LINE STRINGING COST OF 7 CONDUCTOR SIZES)

สำหรับค่าแรงงานในการขึงสายไฟฟ้า คิดจากค่าแรงงานในการขึงสายไฟฟ้าของการไฟฟ้ายันฮีเป็นหลัก โดยคิดเป็นค่าแรงงานต่อ กิโลเมตร ของสายไฟฟ้าขนาดต่าง ๆ เป็นปฏิภาคโดยตรงกับน้ำหนักของสายไฟฟ้า สำหรับค่าแรงงาน ในการขึงสายไฟฟ้าทั้ง 7 ขนาด คิดได้ดังนี้

636 MCM ACSR	ค่าแรงงานในการขึงสายไฟฟ้า	7,500	บาท / ก.ม.
795 MCM ACSR	"	9,300	บาท / ก.ม.
954 MCM ACSR	"	11,200	บาท / ก.ม.
1113 MCM ACSR	"	13,100	บาท / ก.ม.

1272 MCM ACSR	ค่าแรงงานในการชึงสายไฟฟ้า	14,900	บาท / ก.ม.
1431 MCM ACSR	"	16,800	บาท / ก.ม.
1590 MCM ACSR	"	18,600	บาท / ก.ม.

โดยคิดจากค่าแรงงานในการชึงสายไฟฟ้าขนาด 477 MCM ACSR ของการไฟฟ้ายันคี ซึ่งค่าแรงงานในการชึงสายไฟฟ้า 6,000 บาท / ก.ม. เป็นหลัก และคิดระยะทางในการชึงสายไฟฟ้า 700 ก.ม. รายละเอียดราคาทั้งหมดของค่าแรงงานในการชึงสายไฟฟ้าขนาดต่าง ๆ ทั้ง 7 ขนาด ได้แสดงไว้แล้วใน TABLE 4.1

ดังนั้นค่าใช้จ่ายทั้งหมด คือค่าสายไฟฟ้าและค่าแรงงานในการชึงสายไฟฟ้าก็สามารถจะหาได้เป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการลงทุน ค่าใช้จ่ายทั้งหมดนี้นำไปหาดอกเบี้ยต่อปี และค่าสึกหรอต่อปี เพื่อหา Annual Fixed Cost ต่อไป

4.1.3 ดอกเบี้ยของราคาสายไฟฟ้าต่อปี (INTEREST PER YEAR)

สำหรับดอกเบี้ยของราคาสายไฟฟ้าแต่ละขนาดต่อปี คิดอัตราตามดอกเบี้ยของเงินกู้ในปัจจุบัน คือ 5.5 % ต่อปี ดังนั้นสำหรับดอกเบี้ยของราคาสายไฟฟ้าแต่ละขนาดต่อปี สามารถจะหาได้ ดังได้แสดงไว้ใน TABLE 4.1

4.1.4 อัตราค่าสึกหรอของสายไฟฟ้าต่อปี (DEPRECIATION COST - PER YEAR)

สำหรับอัตราค่าสึกหรอของสายไฟฟ้า คิดจากอายุของสายไฟฟ้าซึ่งมีอายุประมาณ 35 —— 40 ปี ดังนั้นสำหรับอัตราค่าสึกหรอต่อปีที่จะต้องนำมาคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อปีด้วย คิดให้ค่าสึกหรอเป็น 3 % ต่อปี จากราคาของสายไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งค่าสึกหรอ ดังกล่าวของสายไฟฟ้าต่อปีทั้ง 7 ขนาด ได้นำมาแสดงไว้ใน TABLE 4.1

4.2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของสายไฟฟ้าทั้ง 7 ขนาดต่อปี (ANNUAL - OPERATING COST OF 7 CONDUCTOR SIZES)

Operating Cost ของสายไฟฟ้าทั้ง 7 ขนาดหาได้จากการนำเอาค่าของ

TABLE 4.1

ANNUAL FIXED COST OF 7 CONDUCTOR SIZES

ACSR MCM	ACSR Al/st Strand	CONDUCTOR's COST (BAHT)	LINE STRINGING COST (BAHT)	TOTAL COST (BAHT)	INTEREST & DEPRECIATION 5.5 + 3.0 = 8.5% (BAHT)
636	54/7	31,588,615	5,250,000	36,838,615	3,131,282
795	54/7	39,487,598	6,510,000	45,997,598	3,909,796
954	54/7	47,386,580	7,840,000	55,226,580	4,694,259
1113	54/19	55,175,854	9,170,000	64,345,854	5,469,397
1272	54/19	63,052,895	10,430,000	73,482,895	6,246,046
1431	54/19	70,937,249	11,606,000	82,543,249	7,016,176
1590	54/19	78,821,604	12,908,000	91,729,604	7,797,016

Interest = 5.5 % per year

Depreciation = 3.0 % per year

Loss ของสายไฟฟ้า แต่ละขนาดที่ Full Load 100 MVA 0.8 P.F. Lagging และมี Synchronous Condenser Run ที่ Receiving End เพื่อจ่าย Lagging MVAR Compensate = 0.2 P.U. (40 MVAR) และ Base on E_R = 1 P.U. โดย Regulation ของ Voltage อยู่ใน Limit 10 % เป็นพื้นฐาน ซึ่ง E_S ของสายไฟฟ้าแต่ละขนาดต่างกันเล็กน้อย เพื่อให้ Load ที่ Receiving End คงที่สำหรับทุก ๆ ขนาดของสายไฟฟ้า ดังได้แสดงไว้ใน - TABLE 3.5

คิดราคาสำหรับ Energy Charge = 0.14 B/KWH.

คิด Loss Load Factor = $(0.3F + 0.7 F^2)$, คือ 1 KW of Loss

F = Load Factor

เช่น คิด Load Factor ของ Tie Line กรุงเทพฯ - กระบี่ = 30 %

ดังนั้น Annual Operating Cost คือ Loss 1 KW สามารถหาได้คือ

$= (0.3F + 0.7 F^2) \times 0.14 \times 24 \times 365$ -

บาท/KW Loss = 187.64 บาท/KW Loss

สำหรับ Annual Operating Cost ของสายไฟฟ้าทั้ง 7 ขนาด Load Factor ตั้งแต่ 10 —— 100 % ได้นำมาแสดงไว้แล้วใน - TABLE 4.2

4.3 <u>ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปีของสายไฟฟ้าทั้ง 7 ขนาด</u> (TOTAL ANNUAL COST OF 7 CONDUCTOR SIZES)

เมื่อได้ Fixed Cost ต่อปีและ Operating Cost ต่อปีของสายไฟฟ้าแต่ละขนาดมาแล้ว ก็นำมารวมกันเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปีของสายไฟฟ้า เมื่อนำค่าใช้จ่ายต่อปีของสายไฟฟ้าทั้ง 7 ขนาดมาเปรียบเทียบกันเพื่อทำการเลือกขนาดของสายไฟฟ้าที่จะนำไปใช้ตามหลักเศรษฐกิจ โดยคิดที่ Load Factor ต่าง ๆ กันตั้งแต่ 10 —— 100 % ดังได้นำมาแสดงไว้แล้วใน TABLE 4.3 และนำผลการเปรียบเทียบมา Plot Graph แสดงไว้แล้วใน FIG. 4.1

TABLE 4.2

ANNUAL OPERATING COST OF 7 CONDUCTOR SIZES FOR LOAD FACTOR = 10 - 100 %

LOAD FACTOR %	ANNUAL OPERATING COST OF LOSS 1 KW (BAHT)	ANNUAL OPERATING COST IN BAHT OF CONDUCTORS IN MCM SIZES						
		636	795	954	1113	1272	1431	1590
10	45.38	406,605	315,845	247,775	202,395	169,721	144,308	123,434
20	107.92	966,963	751,123	589,243	481,323	403,621	343,186	293,542
30	187.64	1,681,254	1,305,974	1,024,514	836,874	701,774	596,695	510,381
40	284.53	2,549,389	1,980,329	1,553,534	1,269,004	1,064,142	904,805	773,922
50	398.58	3,571,277	2,774,117	2,176,247	1,777,667	1,490,689	1,267,484	1,084,138
60	529.80	4,747,008	3,687,408	2,892,708	2,362,908	1,981,452	1,684,764	1,441,056
70	678.20	6,076,672	4,720,272	3,702,972	3,024,772	2,536,468	2,156,676	1,844,704
80	843.76	7,560,090	5,872,570	4,606,930	3,763,170	3,155,662	2,683,157	2,295,027
90	1,026.50	9,197,440	7,144,440	5,604,690	4,578,190	3,839,110	3,264,270	2,792,080
100	1,226.40	10,988,544	8,535,744	6,696,144	5,469,744	4,586,736	3,899,952	3,335,808
LOSS AT FULL LOAD (KW)		8,960	6,960	5,460	4,460	3,740	3,180	2,720

FULL LOAD = 100 MVA 0.8 p.f. lagging with compensation -40 MVAR at Receiving End

Base KV = 230 KV ; Base MVA = 200 MVA ; L.F. = Load Factor

TABLE 4.3

ANNUAL COMPARISON COST OF 7 CONDUCTOR SIZES FOR LOAD FACTOR 10 - 100 %

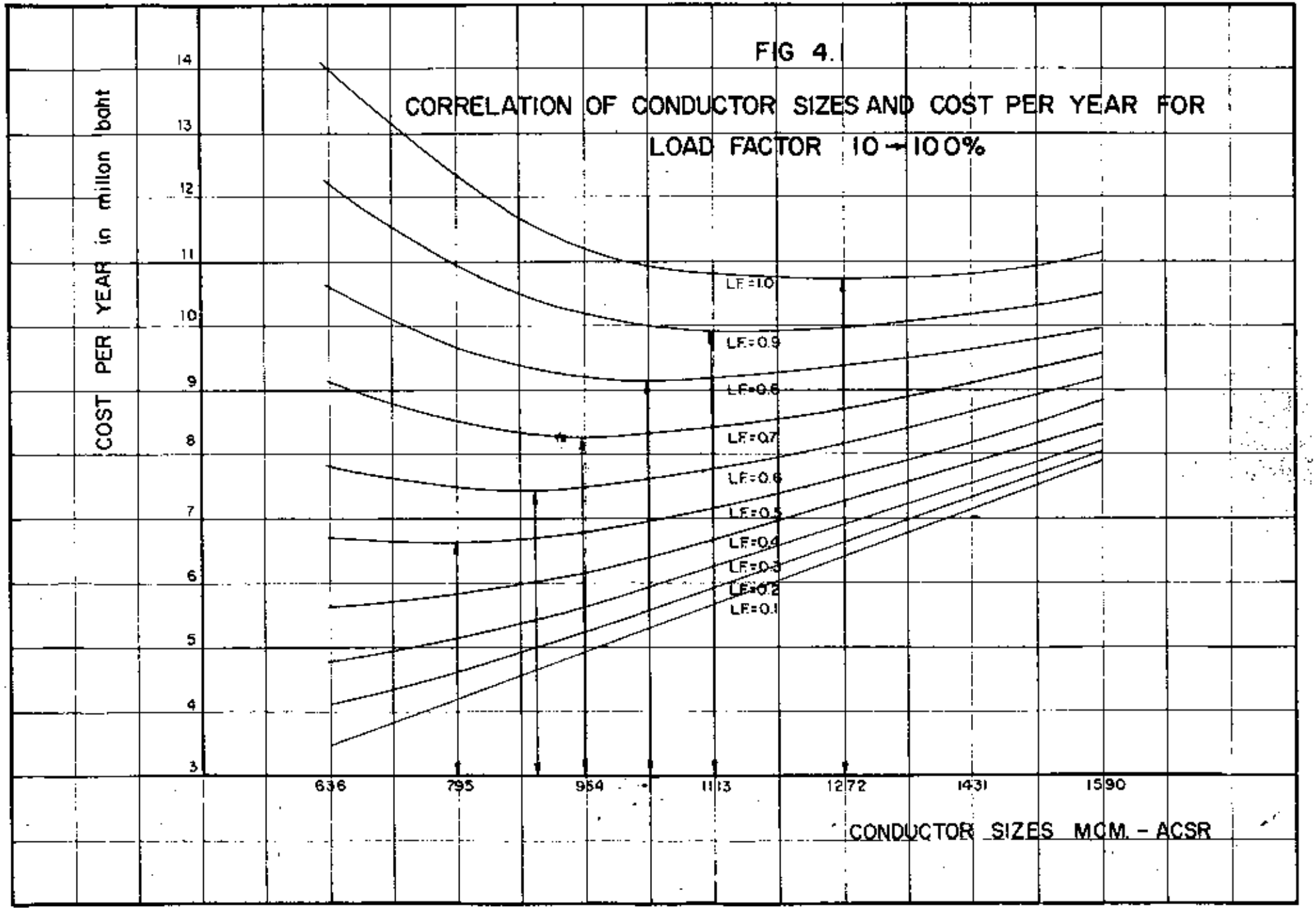
L.F.	* ANNUAL COMPARISON COST IN BAHT OF CONDUCTORS IN MCM ACSR						
%	636	795	954	1113	1272	1431	1590
10	3,537,887	4,225,641	4,942,034	5,671,792	6,415,767	7,160,484	7,920,450
20	4,098,245	4,660,919	5,283,502	5,950,720	6,649,667	7,359,362	8,090,558
30	4,812,536	5,215,770	5,718,773	6,306,271	6,947,820	7,612,871	8,307,397
40	5,680,671	5,890,125	6,247,793	6,738,401	7,310,188	7,920,981	8,570,938
50	6,702,559	6,683,913	6,870,506	7,247,064	7,736,735	8,283,660	8,881,154
60	7,878,290	7,597,204	7,586,967	7,832,305	8,227,498	8,700,940	9,238,072
70	9,207,954	8,630,068	8,397,231	8,494,169	8,782,514	9,172,852	9,641,720
80	10,691,372	9,782,366	9,301,189	9,232,567	9,401,708	9,699,333	10,092,043
90	12,328,722	11,054,236	10,298,949	10,047,587	10,085,156	10,280,446	10,589,096
100	14,119,826	12,445,540	11,390,403	10,939,141	10,832,782	10,916,126	11,132,824

* Annual Comparison Cost = Annual Fixed cost (interest + depreciation) + Annual operating cost

L.F. = Load Factor

FIG 4.

CORRELATION OF CONDUCTOR SIZES AND COST PER YEAR FOR LOAD FACTOR 10 → 100%



จาก Graph ของ FIG. 4.1 จะเห็นว่าเมื่อ Load Factor ของภาระไฟฟ้าที่ส่งผ่านสายส่งไฟฟ้า สูง Economic Conductor Size ได้แก่สายไฟฟ้าขนาดใหญ่ และเมื่อ Load Factor ต่ำ Economic Conductor Size ได้แก่สายขนาดเล็ก หรือจะพูดได้ว่า Economic Conductor Size เป็นปฏิภาคโดยตรงกับ Load Factor เนื่องจาก Cost per Year ของ Line Loss ที่ Load Factor สูง ๆ จะสูงมาก ดังได้แสดงไว้ใน TABLE 4.2 จะเห็นว่าที่ Load Factor = 10 % Cost of Loss 1 KW per Year = 45.38 - บาท แต่ที่ Load Factor = 100 % Cost of Loss 1 KW per Year = 1226.40 บาทซึ่งราคาต่างกันประมาณ 27 เท่าตัว ดังนั้นสำหรับสายไฟฟ้าขนาดเล็กซึ่งมี Loss มาก เมื่อ Load Factor สูง ๆ ทำให้ Operating Cost per Year สูงมาก เมื่อรวมกับ Fixed Cost เป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปีจึงทำให้ค่าใช้จ่ายต่อปีสูงกว่าสายไฟฟ้าขนาดใหญ่ ๆ นั่นคือ Economic Conductor Size จะขึ้นอยู่กับ Load Factor และเป็นปฏิภาคต่อกันโดยตรง

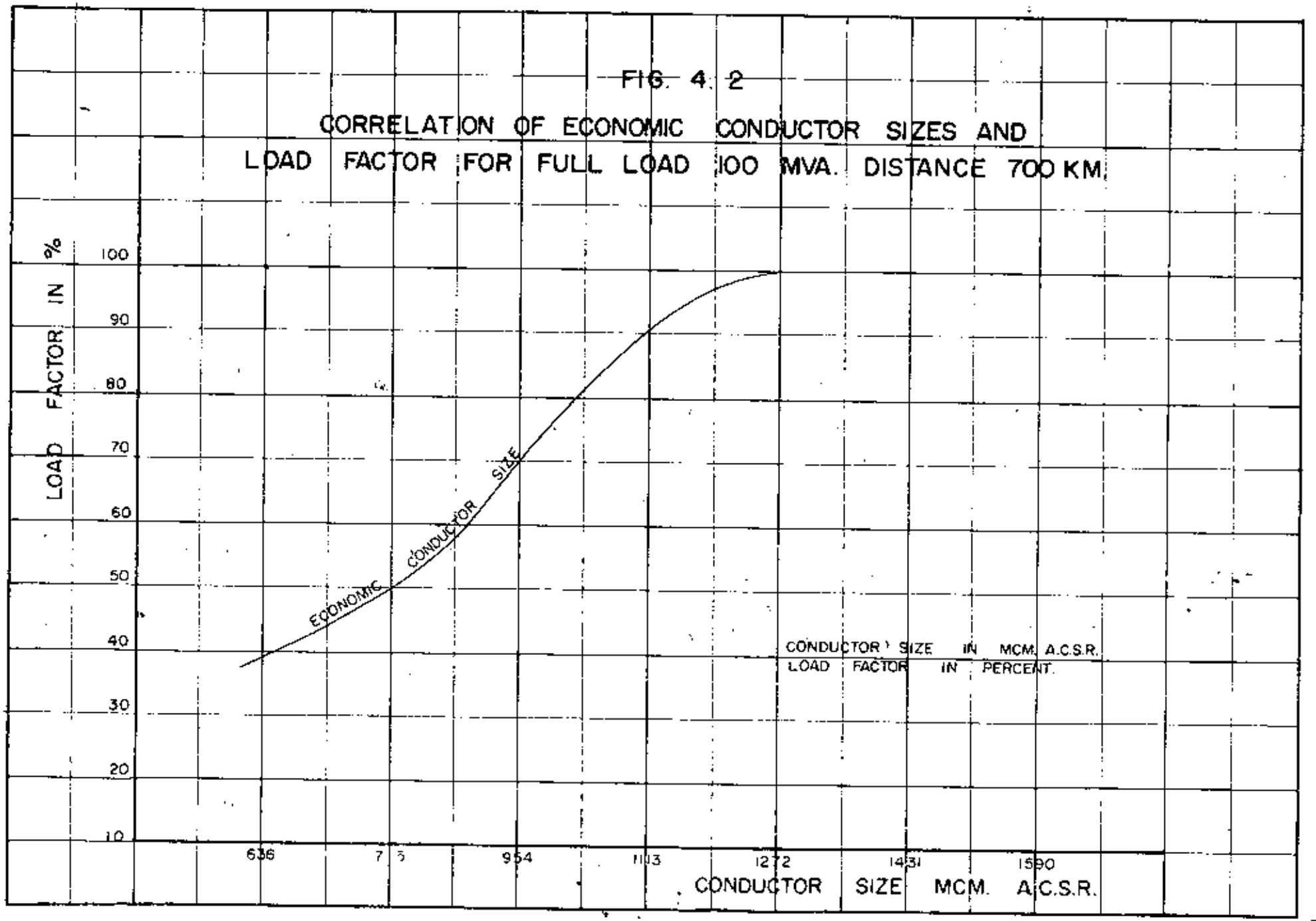
จาก Graph FIG. 4.1 แสดงให้เห็นว่าที่ Load Factor 40 % สายไฟฟ้าขนาด 636 MCM ACSR มี Cost per Year ต่ำที่สุด สำหรับ Load Factor 50 % สายไฟฟ้าขนาด 795 MCM ACSR, Load Factor 70 % สายไฟฟ้าขนาด 954 MCM ACSR, Load Factor 90 % สายไฟฟ้าขนาด 1113 MCM ACSR Load Factor 100 % สายไฟฟ้าขนาด 1272 MCM ACSR มี Cost per Year ต่ำที่สุดสำหรับความสัมพันธ์ของ Load Factor และขนาดของสายไฟฟ้าได้นำมา Plot Graph แสดงไว้แล้วใน FIG. 4.2

4.4 <u>การเลือกขนาดสำหรับสายส่งไฟฟ้าเชื่อมโยงระหว่างกรุงเทพฯและกระบี่ - ตามหลักเศรษฐกิจ</u> (ECONOMIC CHOICE OF CONDUCTOR SIZE FOR TIE LINE BETWEEN BANGKOK - KRABI)

เมื่อพิจารณาถึง Tie Line ซึ่งมี Load Factor ค่อนข้างต่ำเนื่องจาก Tie Line มีไว้เพื่อถ่ายเทพลังไฟฟ้าให้แก่กัน ในเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่านั้น สำหรับประเทศไทยได้แก่เวลาระหว่าง 1800 —— 2300 น. ราม

FIG. 4.2

CORRELATION OF ECONOMIC CONDUCTOR SIZES AND LOAD FACTOR FOR FULL LOAD 100 MVA. DISTANCE 700 KM.



ประมาณ 5 ช.ม. เท่านั้น นอกจากเวลาดังกล่าว Tie Line จะมี Load จ่ายเท่ไม่ Full Capacity ของมันจะมากหรือน้อยแล้วแต่ความจะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 ระบบ เช่นระบบใดระบบหนึ่ง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดชัดข้องไปบ้าง ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เหลือไม่สามารถจะรับ Load ได้ทั้งหมดจึงต้องรับพลังไฟฟ้าจากอีกระบบหนึ่งมาจ่ายแทนโดยผ่าน Tie Line ดังกล่าว สรุปแล้วสำหรับสายส่งไฟฟ้าที่เป็น Tie Line จะมี Load Factor คณข้างต่ำประมาณ 30 — 50 % เท่านั้น

ดังนั้นสำหรับสาย Tie Line ระหว่างกรุงเทพฯและกระบี่ ก็สามารถที่จะหา Economic Conductor Size ได้ว่า อาจจะใช้สายไฟฟ้าขนาด 636 MCM ACSR หรือ 795 MCM ACSR แต่เมื่อพิจารณาถึงระยะทางระหว่างกรุงเทพฯ และกระบี่ซึ่งไกลมากประมาณ 700 กิโลเมตร และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทางภาคใต้ซึ่งเป็น Unit เล็ก ๆ ส่วนทางกรุงเทพฯ มีโรงไฟฟ้าใหญ่ ๆ และได้รับพลังไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำใหญ่ ๆ หลายแห่ง เช่นจาก เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ เขื่อนแก่งเรียง และโครงการแม่น้ำโขง ซึ่งมีพลังไฟฟ้าเหลือพอที่จะส่งไปช่วยทางภาคใต้ได้มาก ทั้งนี้สำหรับ Tie Line กรุงเทพฯ - กระบี่ Load Factor อาจจะค่อนข้างสูงกว่าปกติก็เป็นได้ ดังนั้นจากเหตุผลดังกล่าวสมควรที่จะเลือกสายไฟฟ้าขนาด 795 MCM ACSR เป็น Tie Line ระหว่าง กรุงเทพฯ และกระบี่