บทที่ 5

วิธีการคำนวณการตั้งรีเลย์และหา Reliability ของ System

5.1 การคำนวณการตั้งรีเลย์

การคำนวณจะยกตัวอย่างบางสถานีย่อยเท่านั้น ส่วนทุก ๆ สถานีย่อยและสถานีต้นทางจะแสดงไว้ในภาคผนวก

5.1.1 วิธีการคำนวณการตั้งรีเลย์ที่สถานีย่อยสุมพิ

จากรูปที่ 3.13 เป็นค่าของวงจรลัดที่วัดได้จาก D.C. Calculating board

(1) Three phase fault ทางด้าน 12 กิโลโวลท์

จากรูปที่ 3.13

$$I = 3.20 \text{ p.u. Base on 100 MVA.}$$

$$= 3.20 \times 5020.6$$

$$= 16065.92 \text{ Amp.}$$

ค่า Constant 5020.6 มาจาก $\frac{\text{MVA base}}{\sqrt{3}\ \text{KV}}$

$$= \frac{100{,}000}{\sqrt{3} \times 11.5}$$

$$= 5020.6$$

โดยถือว่า Generated voltage = 11.5 KV

หา Tripping time ของ L 10, L 20, L 30, L 01 และ L 02(ดูรูปที่ 2.5)

$$\text{C.T. ratio} = 1200/5 = 240/1$$

$$\text{Secondary I} = \frac{16065.92}{240} = 66.94 \text{ Amp.}$$

$$\text{Instantaneous setting} = {}^{*}1.5 \times 66.94 = 100.2 \text{ Amp.}$$

---

*Doubling factor 1.5 คูณกับค่า secondary current เนื่องจาก fault ที่เกิดขึ้นจะต้องมี assymmetrical current รวมอยู่ด้วย Doubling factor ขึ้นอยู่กับ R/X ratio มีค่าตั้งแต่ 1.06 – 1.8 สำหรับระบบของการไฟฟ้านครหลวงมี R/X ratio เหมาะสมกับที่จะใช้ Doubling factor 1.5 จากหนังสือของ R.T. Lythall, The J. & P. Switchgear Book, p.256

ในตัวรีเลย์ด้าน Instantaneous set ได้สูงสุด = 80 Amp.

ฉะนั้นจำเป็นต้อง block รีเลย์ด้าน Instantaneous ไว้ (ไม่ใช้งาน)

ส่วนทางด้าน Time relay set ดังนี้

*set รีเลย์ให้ plug setting current (I) = 7.5

*Time multiplier (T) = 0.8

Multiple of plug setting current = $\frac{66.94}{7.5}$ = 8.925

ค่าที่ได้นี้เอาไปหา Tripping time จาก Characteristic curve รูปที่ 5.1A

จะได้ Tripping time = 0.56 sec.

หา Tripping time ของ Feeder (สายป้อน)

สำหรับสถานีย่อยแห่งนี้ ใช้ C.T. อยู่ 2 ขนาด คือ 400/5 กับ 500/5

C.T. ratio = 400/5 = 80/1

Secondary I = $\frac{16065.92}{80}$ = 200.824 A

set รีเลย์ให้ I = 6 A

T = 0.4

+Instantaneous = 30

Multiple of plug setting current = $\frac{200.824}{6}$ = 33.47

จาก Characteristic curve รูปที่ 5.1 A

‡ Tripping time = 0.101 sec.

สำหรับ C.T. ratio = 500/5

= 100/1

Secondary I = $\frac{16065.92}{100}$ = 160.6592

---

* เป็นวิธี cut and try โดยเทียบกับ characteristic curve

+ Inst. ของ Feeder ส่วนมากจะ set ไว้ 30A ถ้า set สูงเกินไป เมื่อเกิด fault จะตกช้า ถ้าset ต่ำกว่านี้ เมื่อสับbreaker เข้าครั้งแรก breaker มักจะตก เนื่องจาก Magnetising in-rush currents

‡ ดูในรูปที่ 5.1A

set รีเลย์ ให้ I = 5 A.

T = 0.4

Inst. = 25

Multiple of plug setting current = $\frac{160.6592}{5}$

= 32.132

จาก Characteristic curve รูปที่ 5.1 A

Tripping time = 0.103 sec.

เมื่อเทียบ Tripping time ระหว่าง Feeder กับ Transformer bank และ bus-section คู่ จะเห็นว่ามี Time interval เกิน *0.3 sec. แสดงว่า การ set รีเลย์ขนาดนี้ใช้ได้

หา Tripping time ของสถานีต้นทางบางกะปิ (B6942) ขณะเกิด fault ทางด้าน 12 กิโลโวลท์ ที่สถานีย่อยลุมพินี (ดูรูปที่ 2.15)

จากรูปที่ 3.13 เมื่อเกิด fault ทางด้าน 12 กิโลโวลท์ที่สถานีย่อยลุมพินี จะมี Power ไหลออกจาก B6942 เท่ากับ 100 MVA.

I = 1.0 X 836.76 = 836.76 A.

ค่า Constant 836.76 มาจาก $\frac{100,000}{\sqrt{3} \times 69}$

B6942 C.T. ratio = 600/5

= 120/1

Secondary I = $\frac{836.76}{120}$

= 6.973 A

set รีเลย์ ให้ I = 6 A.

T = 0.2

Inst. = 20

Multiple of plug setting current = $\frac{6.973}{6}$

= 1.162

---

* R.T. Lythall, ibid.

จาก Characteristic curve รูปที่ 5.1 A

Tripping time = ∞ หมายถึงสวิทช์ตัดตอนที่สถานีต้นทางบางกะปิไม่ตก

แสดงว่าการ set รีเลย์ทั้ง 2 แห่งถูกต้อง เนื่องจากเมื่อเกิด fault ทางด้าน 12 กิโลโวลท์ทุกสถานีย่อย เราไม่ยอมให้สวิทช์ตัดตอนของสถานีต้นทางตก

หา Tripping time ของสถานีต้นทางพระนครเหนือ (N6922) ขณะเกิด fault ทางด้าน 12 กิโลโวลท์ที่สถานีย่อยสุขุมวิท (ดูรูปที่ 2.15)

จากรูปที่ 3.13 เมื่อเกิด fault ทางด้าน 12 กิโลโวลท์ที่สถานีย่อยสุขุมวิท จะมี Power ไหลออกจาก N6922 เท่ากับ 220 MVA.

$$I = 2.20 \times 836.76$$

$$= 1840.872$$

N6922 C.T. ratio = 600/5

$$= 120/1$$

Secondary I $$= \frac{1840.872}{120}$$

$$= 15.34 \text{ A.}$$

set รีเลย์ ให้ I = 10 A

T = 0.3

Inst. = 35

Multiple of plug setting current $$= \frac{15.34}{10}$$

$$= 1.534$$

จาก Characteristic curve รูปที่ 5.1 A

Tripping time = ∞ หมายถึงสวิทช์ตัดตอนที่สถานีต้นทางพระนครเหนือไม่ตก แสดงว่าการ set รีเลย์ถูกต้อง

(2) Three phase fault ทางด้าน 69 กิโลโวลท์ ที่ L6912, L6922 และ L6932 (ดูรูปที่ 2.15)

เมื่อเกิด fault ที่ L6912 หรือ L6922 ดูรูปที่ 3.13จะมี Power ไหลจาก N6922 เท่ากับ 545 MVA.

$$I = 5.45 \times 836.76$$

$$= 4560.342 \text{ A.}$$

N6922 C.T. ratio $= 600/5$

$$= 120/1$$

$$\text{Secondary } I = \frac{4560.342}{120}$$

$$= 38.0 \text{ A.}$$

รีเลย์ที่ set ไว้จากขั้นต้น $I = 10$ A

$T = 0.3$

Inst. $= 35$

$$\text{Multiple of plug setting current} = \frac{38.0}{10}$$

$$= 3.8$$

จาก Characteristic curve รูปที่ 5.1A

Tripping time = 0.66 sec.

แสดงว่า เมื่อเกิด fault ที่ L6912 หรือ L6922 N6922 สามารถจะ Trip ได้ด้วย Instantaneous ถ้าเมื่อรีเลย์ด้าน Instantaneous เกิดขัดข้อง N6922 สามารถจะ Trip ด้วย Time relay ภายในเวลา 0.66 sec.

จะต้องคำนวณต่อไปว่า ถ้าเกิด fault ที่ L6912 หรือ L6922 แล้ว B6942 จะ Trip ได้หรือไม่

เมื่อเกิด fault จะมี Power ไหลจาก B6942 เท่ากับ 62 MVA.

$$I = 0.62 \times 836.76$$

$$= 518 \text{ A.}$$

B6942 C.T. ratio $= 600/5$

$$= 120/1$$

Secondary I $= \frac{518}{120}$

$= 4.32$ A

รีเลย์ที่ set ไว้ข้างต้น I = 6 A

T = 0.2

Inst. = 20

จาก Characteristic curve รูปที่ 5.1A

Tripping time = ∞ แสดงว่า B6942 ไม่ Trip เป็นอันว่าถูกต้อง

เมื่อเกิด fault ที่ L6932 จะมี Power ไหลออกจาก B6942 เท่ากับ 300 MVA.

I = 3.00 X 836.76

= 2510.28 A.

B6942 C.T. ratio = 600/5

= 120/1

Secondary I $= \frac{2510.28}{120}$

= 20.92 A.

รีเลย์ที่ set ไว้ข้างต้น I = 6 A.

T = 0.2

Inst. = 20

Multiple of plug setting current $= \frac{20.92}{6}$

= 3.487

จาก Characteristic curve รูปที่ 5.1A

Tripping time = 0.465 sec.

ต้องคำนวณต่อไปว่า ถ้าเกิด fault ที่ L6932 N6922 จะ Trip ได้หรือไม่

เมื่อเกิด fault ที่ L6932 จะมี Power ไหลจาก N6922 เท่ากับ 86 MVA.

I = 0.86 X 836.76

= 720 A.

N6922 C.T. ratio = 600/5

= 120/1

Secondary I = $\frac{720}{120}$

= 6 A

รีเลย์ที่ set ไว้ข้างต้น I = 10 A

T = 0.3

Inst. = 35

Multiple of plug setting current = $\frac{6}{10}$ = 0.6

จาก Characteristic curve รูปที่ 5.1A

Tripping time = ∞ แสดงว่า N6922 ไม่ Trip เป็นอันว่าถูกต้อง

(3) Single line to ground fault ทางด้าน 12 กิโลโวลท์

จากรูปที่ 3.13

I = 3.669 X 5020.6

= 18420.58 A

L 10, L 20 และ L 30 C.T. ratio = 1200/5

= 240/1

Secondary I = $\frac{18420.58}{240}$

= 76.752 A

set รีเลย์ ให้ I = 2.0 A

T = 0.3

Inst. = block

Multiple of plug setting current = $\frac{76.752}{2.0}$ = 38.376

จาก Characteristic curve รูปที่ 5.1B

Tripping time = 0.55 sec.

หา Tripping time ของ Feeder (สายป้อน)

สำหรับสายป้อน C.T. ratio 400/5

C.T. ratio = 400/5

= 80/1

Secondary I = $\frac{18420.56}{80}$

= 230.257 A

set รีเลย์ให้ I = 1.0 A.

T = 0.1

Inst. = 20

Multiple of plug setting current = $\frac{230.257}{1.0}$

= 230.257

จาก Characteristic curve รูปที่ 5.1 B

Tripping time = 0.198 sec.

สำหรับสายป้อน C.T. ratio 500/5

C.T. ratio = 500/5

= 100/1

Secondary I = $\frac{18420.58}{100}$

= 184.2058 A

set รีเลย์ให้ I = 1.0 A.

T = 0.1

Inst. = 20

Multiple of plug setting current = $\frac{184.2058}{1.0}$

= 184.2058

จาก Characteristic curve รูปที่ 5.1 B

Tripping time. = 0.2 sec.

(4) Single line to ground fault ทางด้าน 69 กิโลโวลท์

L - G fault ที่ L6912 หรือ L6922 จะมี Power ไหลออกจาก N6922 เท่ากับ 369 MVA.

$$I = 3.69 \times 836.76$$

$$= 3087.64 \text{ A}$$

N6922 C.T. ratio $= 600/5$

$$= 120/1$$

Secondary I $= \frac{3087.64}{120}$

$$= 25.73 \text{ A}$$

set รีเลย์ ให้ I $= 1.5$ A

T $= 0.6$

Inst. $= 20$

Multiple of plug setting current $= \frac{25.73}{1.5}$

$$= 17.153$$

จาก Characteristic curve รูปที่ 5.1A

Tripping time $= 0.21$ sec.

สำหรับ L - G fault ที่ L6932 จะมี Power ไหลออกจาก B6942 เท่ากับ 210 MVA.

$$I = 2.10 \times 836.76$$

$$= 1757.196 \text{ A}$$

B6942 C.T. ratio $= 600/5$

$$= 120/1$$

Secondary I $= \frac{1757.196}{120}$

$$= 14.643 \text{ A}$$

set รีเลย์ ให้ I $= 1.0$ A

T $= 0.5$

Inst. = 20

Multiple of plug setting current = $\frac{14.643}{1.0}$

= 14.643

จาก Characteristic curve รูปที่ 5.1A

Tripping time = 0.20 sec.

ค่าของ Tripping time ที่คำนวณได้ทุก substations อาจจะนำมาเขียนเป็นตารางเปรียบเทียบได้ดังนี้

ชนิดของ Fault	หมายเลขของสวิทช์ตัดตอนน้ำมัน	Relay setting			Tripping time in sec.	หมายเหตุ
		Plug setting current	Time Multiplier	Inst.		
3 ø fault ที่ bus 12 KV	L10, L20, L30	7.5	0.6	block	0.425	
	L02, L01 Feeder C.T. 500/5	5.0	0.4	25	0.103	
	Feeder C.T. 400/5	6.0	0.4	30	0.101	
	B6942	6.0	0.2	20	No trip	
	N6922	10.0	0.3	35	No trip	
L-G fault ที่ bus 12 KV	L10, L20, L30	2.0	0.3	block	0.55	
	Feeder C.T. 500/5	1.0	0.1	20	0.20	
	Feeder C.T. 400/5	1.0	0.1	20	0.198	
3 ø fault ที่ bus 69 KV L6912 or L6922	N6922	10.0	0.3	35	0.66	N6922 สามารถ trip โดยใช้ inst.
	B6942	6.0	0.2	20	No trip	
3 ø fault ที่ bus 69 KV L6932	B6942	6.0	0.2	20	0.465	B6942 สามารถ trip โดยใช้ inst.
	N6922	10.0	0.3	35	No trip	
L-G fault ที่ bus 69 KV L6912 or L6922	N6922	1.5	0.6	20	0.21	N6922 สามารถ trip โดยใช้ inst.
	B6942	1.0	0.5	20	No trip	
L-G fault ที่ bus 69 KV L6932	B6942	1.0	0.5	20	0.20	
	N6922	1.5	0.6	20	No trip	

ตารางที่ 5.1

สถานีต้นทางพระนครเหนือ

ชนิดของ Fault	หมายเลขของสวิตช์ศัตรูน้ำมัน	RELAY SETTING			Tripping time in sec.	หมายเหตุ
		Plug setting current	Time multiplier.	Inst.		
3 ϕ Fault บน bus 12 kV.	D 10	6.0	0.4	50	0.44	
	Feeder	5.0	0.3	30	0.122	
	D6942	2.5	0.2	20	0.83	
L-G Fault บน bus 12 kV.	D 10	1.2	1.0	50	0.249	
	Feeder	1.0	0.2	20	0.0365	
3 ϕ Fault บน bus 69 kV.	D6912	7.5	0.3	30	0.145	ถูกตัวสามารถ Trip ได้ด้วย Inst.
	D6922	10.0	0.3	35	0.199	
	D6932	6.0	0.6	40	0.230	
	D6942	2.5	0.2	20	0.0495	
	D6952	6.0	0.5	30	0.092	
L-G Fault บน bus 69 kV.	D6912	1.5	0.5	20	0.10	ถูกตัวสามารถ Trip ได้ด้วย Inst.
	D6922	1.5	0.6	20	0.12	
	D6932	1.0	1.0	25	0.178	
	D6942	1.0	0.8	20	0.14	
	D6952	1.0	1.0	20	0.178	

ตารางที่ 5.2

สถานีต้นทางบางกะปิ

ชนิดของ Fault	หมายเลขของสายตัดตอนน้ำมัน	RELAY SETTING			Tripping time ใน sec.	หมายเหตุ
		Plug setting current	Time multiplier.	Inst.		
3 Ø fault ที่ bus 69 kV.	B6942	6.0	0.2	20	0.238	Trip โดยวง Inst.
L-G fault ที่ bus 69 kV.	B6942	1.0	0.5	20	0.131	Trip โดยวง Inst.

ตารางที่ 5.3

สถานีคนทางบางกอกน้อย

ชนิดของ fault	หมายเลขของรีเลย์ตัดตอนน้ำมัน	RELAY SETTING			Tripping time in sec.	หมายเหตุ
		Plug setting current	Time multiplier.	Inst.		
3 ø fault ที่ bus 69 KV.	K6912	5.0	0.2	20	0.119	K6912 และ K6922 สามารถ trip ได้ทั้ง inst.
	K6922	6.0	0.2	20	0.235	
L-G fault ที่ bus 69 KV.	K6912	1.0	0.5	20	0.131	K6912 และ K6922 สามารถ trip ได้ทั้ง inst.
	K6922	1.0	0.4	20	0.108	

ตารางที่ 5.4

ชนิดของ fault	หมายเลขของสวิทช์ตัดตอนน้ำมัน	RELAY SETTING			Tripping time in sec.	หมายเหตุ
		Plug setting current	time multiplier	Inst.		
3 ø fault ที่ bus 12 KV.	W10,W20,W01	10.0	0.4	80	0.525	
	W30.W61,	200 %	0.15	none	0.480	
	W26	10.0	1.0	80	0.350	
	Feeder	7.5	0.4	30	0.123	
	M6912	7.5	0.3	30	No trip	
3 ø fault ที่ bus 69 KV W6912	M6912	7.5	0.3	30	0.515	M6912 สามารถ Trip ได้ตาม Inst.
	W6912	2.5	0.1	block	0.0225	
	K6922	6.0	0.2	20	No trip	
3 ø fault ที่ 69 KV. W6922 & W6932	K6922	6.0	0.2	20	0.57	
	M6912	7.5	0.3	30	No trip	
	T6922	2.5	0.2	block	0.315	
	W6922	2.5	0.1	"	0.165	
L-G fault ที่ bus 12 KV.	W10, W20	2.4	1.0	80	0.26	
	W 30, W81	25 %	0.2	None	0.26	
	W26	4.0	1.0	80	0.21	
	Feeder	2.0	0.2	20	0.0355	
L-G fault ที่ bus 69 KV. W6912	M6912	1.5	0.5	20	0.202	M6912สามารถ Trip ได้ตาม Inst. T6912 จะ Tripตอเมื่อ M6912 trip ไปก่อนแล้ว
	W6912	2.5	0.1	block	0.29	
	T6912	2.5	0.1	"	No trip	
L-G fault ที่ bus 69 KV. W6922 & W6932	K6922	1.0	0.4	20	0.19	

ตารางที่ 5.5

ชนิดของ fault	หมายเลขของสวิทช์ตัดตอนน้ำมัน	RELAY SETTING			Tripping time in sec.	หมายเหตุ
		Plug setting current	Time multiplier.	Inst.		
3 ø fault ที่ bus 13 KV	T10,T20,T01	6.0	0.6	70	0.45	
	Feeder C.T. 500/5	5.0	0.4	25	0.117	
	Feeder C.T. 400/5	6.0	0.4	30	0.115	
	T12	6.0	1.0	45	0.27	
	T25	6.0	1.0	60	0.24	
	M6912	7.5	0.3	30	No trip	
	□6922	6.0	0.2	20	"	
3 ø fault ที่ bus 69 KV. T6912	M6912	7.5	0.3	30	0.435	M6912 สามารถ Trip ได้ดวย Inst.
	T6912	2.5	0.1	block	0.175	
	W6912	2.5	0.1	"	0.23	
	K6922	6.0	0.2	20	No trip	
3 ø fault ที่ bus 69 KV. T6922	K6922	6.0	0.2	20	0.5	W6932 จะ trip หลังจาก W6922 trip แล้ว
	M6912	7.5	0.3	30	No trip	
	T6922	2.5	0.2	block	0.275	
	W6922	2.5	0.1	"	0.175	
	W6932	2.5	0.1	"	No trip	
1-G fault ที่ bus 13 KV	T10,T20,T01	1.5	0.3	80	0.55	
	Feeder C.T. 500/5	1.5	0.1	20	0.2	
	Feeder C.T. 400/5	1.0	0.1	20	0.199	
	T12	1.5	0.4	60	0.58	
	T25	1.5	0.4	80	0.58	
1-G fault ที่ bus 69 KV.T6912	M6912	1.5	0.5	20	0.175	M6912 สามารถ Trip ได้ดวย Inst.
1-G fault ที่ bus 69 KV. T6922	K6922	1.0	0.4	20	0.168	

ตารางที่ 5.6

สถานีย่อยสามเสน

ชนิดของ fault	หมายเลขของสวิทช์ตัดตอนน้ำมัน	RELAY SETTING			Tripping time in sec.	หมายเหตุ
		Plug setting current	Time multiplier.	Inst.		
3 ø fault ที่ bus 12 KV.	S10,S20	10.0	0.2	50	1.06	
	S15,S22	100%	0.2	None	0.53	
	Feeder	100%	0.1	6 ไซ	0.238	
	M6912	7.5	0.3	30	No trip	
	M5922	10.0	0.3	35	No trip	
3 ø fault ที่ bus 69 KV. S6912	M6912	7.5	0.3	30	0.21	M6912สามารถ Trip ได้ด้วย Inst. T6912จะTrip หลังจาก M6912 Trip แล้ว
	M6912	2.5	0.1	block	0.4	
	T6912	2.5	0.1	*	No trip	
	R6922	6.0	0.2	20	No trip	
3 ø fault ที่ bus 69 KV. S6922	M6922	10.0	0.3	35	0.263	M6922สามารถ Trip ได้ด้วย Inst.
	B6942	6.0	0.2	20	NO trip	
L-G fault ที่ bus 12 KV.	S10,S20	2.0	0.2	50	0.48	
	Feeder	20%	0.1	4	0.138	
L-G fault ที่ bus 69 KV. S6912	M6912	1.5	0.5	20	0.119	M6912สามารถ Trip ได้ด้วย Inst.
	R6912	1.0	0.4	20	1.35	
L-G fault ที่ bus 69 KV. S6922	M6922	1.5	0.6	20	0.14	
	B6942	1.0	0.5	20	5.0	

ตารางที่ 5.7

สถานีย่อยหมอชิต

ชนิดของ fault	หมายเลขของสวิทช์ตัดตอนน้ำมัน	RELAY SETTING			Tripping time in sec.	หมายเหตุ
		Plug setting current	Time multiplier.	Inst.		
3 ø fault ที่ bus 12 KV.	M 10	5.0	0.3	45	0.4	
	M 11, M 12 & M 14	6.0	0.3	30	0.12	
	M 6912	5.0	0.6	block	0.79	
	N 6932	6.0	0.6	40	No trip	
3 ø fault ที่ bus 69 KV.	M 6912	5.0	0.6	block	0.175	N 6932 สามารถ trip ด้วย Inst. ได้
	N 6932	6.0	0.6	40	0.56	
L-G fault ที่ bus 12 KV.	M 10	1.5	1.0	50	0.31	
	M 11, M12 & M 14	1.0	0.2	20	0.057	
L-G fault ที่ bus 69 KV.	N 6932	1.0	1.0	25	0.25	N 6932 สามารถ trip ด้วย Inst. ได้

ตารางที่ 5.8

สถานีย่อยคอนเมือง

ชนิดของ fault.	หมายเลขของสวิทช์ ดัดตอนน้ำมัน	RELAY SETTING			Tripping time in sec.	หมายเหตุ
		Plug setting current	Time multiplier.	inst.		
3 Ø fault ที่ bus 12 KV.	D 10	6.0	0.3	45	0.58	
	D 11, D 12 & D 13	5.0	0.3	30	0.11	
	D 6912	5.0	0.6	block	0.88	
	N 6952	6.0	0.5	30	No trip	
3 Ø fault ที่ bus 69 KV.	D 6912	5.0	0.6	block	0.185	N 6952 สามารถ trip ด้วย inst. ได้
	N 6952	6.0	0.5	30	0.55	
L-G fault ที่ bus 12 KV.	D 10	2.0	1.0	45	0.345	
	D 11, D 12 & D 13	1.0	0.2	20	0.057	
L-G fault ที่ bus 69 KV.	N 6952	1.0	1.0	20	0.268	N 6952 สามารถ trip ด้วย inst. ได้

ตารางที่ 5.9

สถานีย่อยมักกะสัน

ชนิดของ fault	หมายเลขของตัวรีเลย์ ติดตอนน่าพัน	RELAY SETTING			Tripping time in sec.	หมายเหตุ
		Plug setting current	Time multiplier.	Inst.		
3 Ø fault ที่ bus 12 KV	MS 10	6.0	0.3	45	0.51	
	Feeder	6.0	0.3	30	0.118	
	MS 6912	6.0	0.5	block	0.87	
	N 6922	10.0	0.2	35	No trip	
3 Ø fault ที่ bus 69. KV.	MS 6912	6.0	0.5	block	0.15	N 6922 จะทำการ trip ได้ตาม Inst.
	N 6922	10.0	0.3	35	0.51	
L_1 - G fault ที่ bus 12 KV	MS 10	1.5	1.0	50	0.305	
	Feeder	1.0	0.2	20	0.055	
L_1 - G fault ที่ bus 69 KV	N 6922	1.5	0.6	20	0.19	N 6922 สามารถ trip ได้ตาม Inst.

ตารางที่ 5.10

สถานีย่อยบางซื่อ

ชนิดของ fault	หมายเลขของรีเลย์ที่ตัดตอนน้ำมัน	RELAY SETTING			Tripping time in sec.	หมายเหตุ
		Plug setting current	time multiplier	inst.		
3 Ø fault ที่ bus 12 KV.	BS 10	6.0	0.3	50	0.43	
	BS 11, BS 12					
	BS 13, BS 14	5.0	0.2	30	0.117	
	BS 6912	5.0	0.2	block	0.75	
	N 6932	6.0	0.6	40	No trip	
3 Ø fault ที่ bus 69 KV.	BS 6912	5.0	0.2	block	0.061	N 6932 สามารถ trip ด้วย inst. ได้
	N 6932	6.0	0.6	40	0.49	
L-G fault ที่ bus 12 KV.	BS 10	1.5	1.0	50	0.30	
	BS 11, BS 12					
	BS 13, BS 14	1.0	0.2	20	0.057	
L - G fault ที่ bus 69 KV.	N 6932	1.0	1.0	25	0.23	N 6932 สามารถ trip ด้วย inst. ได้

ตารางที่ 5.11

ผลการปรับตั้งระบบโซนนอน

ชนิดของ fault	หมายเลขของสวิทช์ที่ต้องการปรับตั้ง	Relay Setting			Tripping time inst.sec.	หมายเหตุ
		Plug setting current	Time multiplier	Inst.		
3 Ø fault ที่ bus 12 KV	P 10,P20, P 01	6.0	0.5	60	0.465	I.6932 จะ trip ก่อน D.O.C.Relay
	Feeder C.T.400/5	6.0	0.4	30	0.125	
	Feeder C.T.300/5	6.0	0.5	30	0.13	
	B 6942	6.0	0.2	20	No trip	
	L 6932	3.0	0.5	block	2.9	
3 Ø fault ที่ bus 69 KV	B 6942	6.0	0.2	20	0.36	B 6942 trip ไดก่อน inst. L 6932 trip ไดก่อน D.O.C.Relay
	L 6932	3.0	0.5	block	0.65	
L-G fault ที่ bus 12 KV	P10, P20, P 01	2.4	1.0	75	0.295	
	Feeder C.T.400/5	1.0	0.2	20	0.034	
	Feeder C.T.300/5	1.0	0.2	20	0.034	
L-G fault ที่ bus 69 KV	B 6942	1.0	0.5	20	0.163	B 6942 trip ไดก่อน inst.

ตารางที่ 5.12

สถานีย่อยบางกะปิ

ชนิดของ fault	หมายเลขของรีเลย์ที่ทำงาน	RELAY SETTING			Tripping Time in sec.	หมายเหตุ
		Plug setting current	Time multiplier.	Inst.		
3 ø fault ที่ bus 12 KV.	R 10	5.0	0.2	30	0.49	
	R 11, R 12 & R 14	6.0	0.2	30	0.115	
	R 16	6.0	0.3	30	0.13	
	R 6912	5.0	0.3	block	0.8	
	K 6912	5.0	0.2	20	No trip	
L - G fault ที่ bus 12	R 10	1.5	1.0	35	0.37	
	R 11, R 12, R 14, R 16	1.0	0.2	20	0.057	
	K 6912	1.0	0.5	20	No trip	
3 ø fault ที่ bus 69 KV.	R 6912	5.0	0.3	block	0.23	
	K 6912	5.0	0.2	20	0.65	
L-G fault ที่ bus 69 KV.	K 6912	1.0	0.5	20	0.33	

ตารางที่ 5.13

สถานีย่อยรามบุรี

ชนิดของ fault	หมายเลขของสวิทช์ตัดกระแสน้ำมัน	RELAY SETTING			Tripping time in sec.	หมายเหตุ
		Plug setting current	Time multiplior.	Inst.		
3 ø fault ที่ bus 12 KV.	Q 10	5.0	0.2	35	0.41	
	Q 11, Q 12 & Q 13	6.0	0.2	30	0.105	
	Q 14	6.0	0.3	30	0.12	
	Q 6912	5.0	0.4	block	0.90	
	K 6912	5.0	0.2	20	No trip	
3 ø fault ที่ bus 69 KV.	Q 6912	5.0.	0.4	block	0.21	
	K 6912	5.0	0.2	20	0.41	
L-G fault ที่ bus 12 KV.	Q 10	1.5	1.0	40	0.34	
	Q 11, Q 12 & Q 13	1.0	0.2	20	0.057	
	Q 14	1.0	0.2	20	0.056	
L-G fault ที่ bus 69 KV.	K 6912	1.0	0.5	20	0.218	

ตารางที่ 5.14

จากการคำนวณดังได้แสดงไว้ในตาราง เป็นการคำนวณเพื่อจะ set รีเลย์เฉพาะ over current และ earth fault รีเลย์ ส่วน Differential และDirectional over current relay set ได้ดังละไปนี้

Differential relay

set ไว้เท่ากันหมดทุกสถานีย่อย

Bias tap = 30%

Percent setting = 40%

Time multiplier = 2

จาก Characteristic curve รูปที่ 5.3 ถ้าเกิด fault ขึ้นเป็น 3 เท่าของ full load Tripping time จะเท่ากับ 0.15 sec.

Directional over current relay

set ไว้เกือบเท่ากันหมดทุกสถานีย่อย ยกเว้นบางสถานีย่อย (ที่มี Bank เดียว) ที่ใช้เป็น Over current relay และบางสถานีที่อยู่ใกล้กัน เมื่อเกิดfault อย่างรุนแรงทางด้าน 12 KV อาจจะทำให้สถานีย่อยใกล้เคียง trip ได้ด้วย D.O.C. relay

I = 2.5 A

T = 0.1

Inst. = block

ที่set ไว้ขนาดนี้ เพื่อป้องกันเมื่อมีกระแสไหลกลับทาง (ทางด้าน 69 กิโลโวลท์) ตั้งแต่ 100A ขึ้นไป D.O.C. รีเลย์จะ Trip breaker ออก

Under frequency relay

แต่ละสถานีย่อยตั้งไว้ไม่เท่ากัน แล้วแต่ความสำคัญของสถานที่ สถานที่บางแห่ง เช่น โรงพยาบาลไฟดับไม่ได้ แต่ถ้าเผื่อว่าจำเป็นจริง ๆ จะต้องให้ดับที่หลังสุด

Tripping time จะหาได้จาก Characteristic curve รูปที่ 5.4

5.2 การคำนวณหา Reliability ของ System

เนื่องจากทางฝ่ายการไฟฟ้านครหลวงเป็นฝ่ายจำหน่ายพลังไฟฟ้า(Distribution system) ทางฝ่ายการไฟฟ้ายันฮี (Y.E.A.) เป็นฝ่ายผลิต (Generation) ถ้าการไฟฟ้ายันฮีเกิดขัดข้องจ่ายพลังไฟฟ้าไม่ได้ การไฟฟ้านครหลวงก็ไม่มีไฟจ่ายให้ลูกค้า

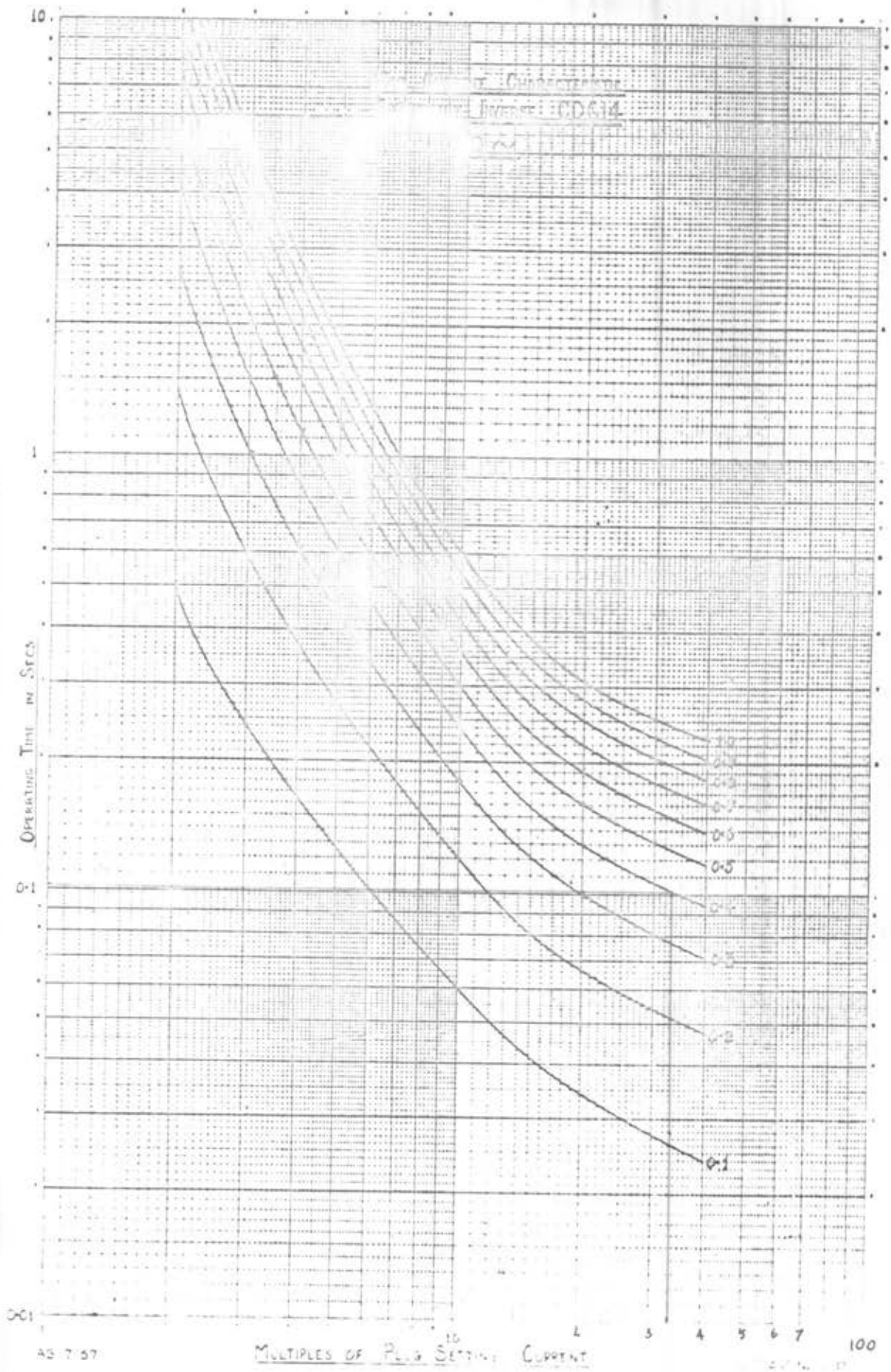

10.
1
0·1
0·01
OPERATING TIME IN SECS
0·5
0·1
AS 7 57
MULTIPLES OF PLUG SETTING CURRENT
1
2
3
4
5
6
7
10
100

FIG 5.1A

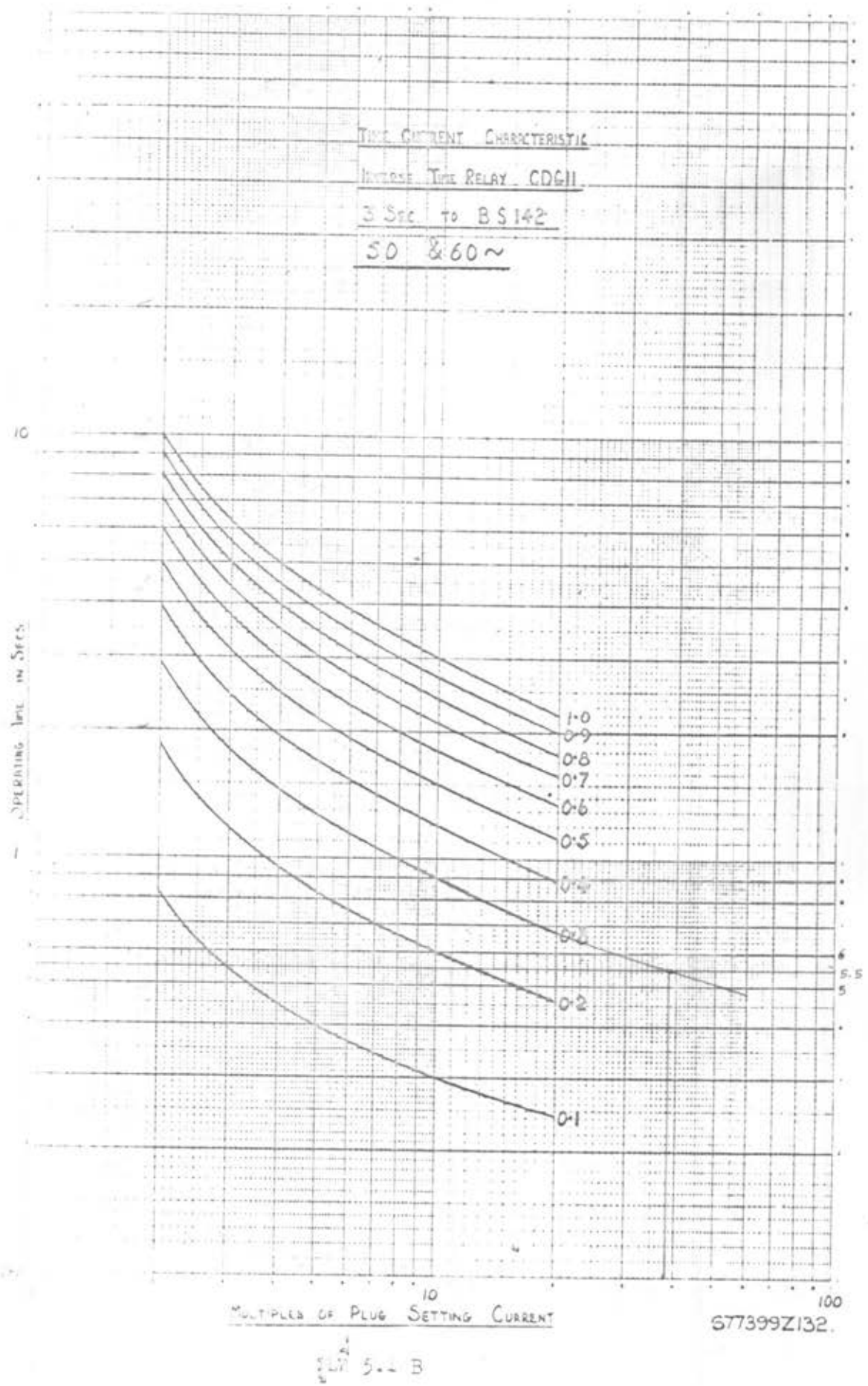
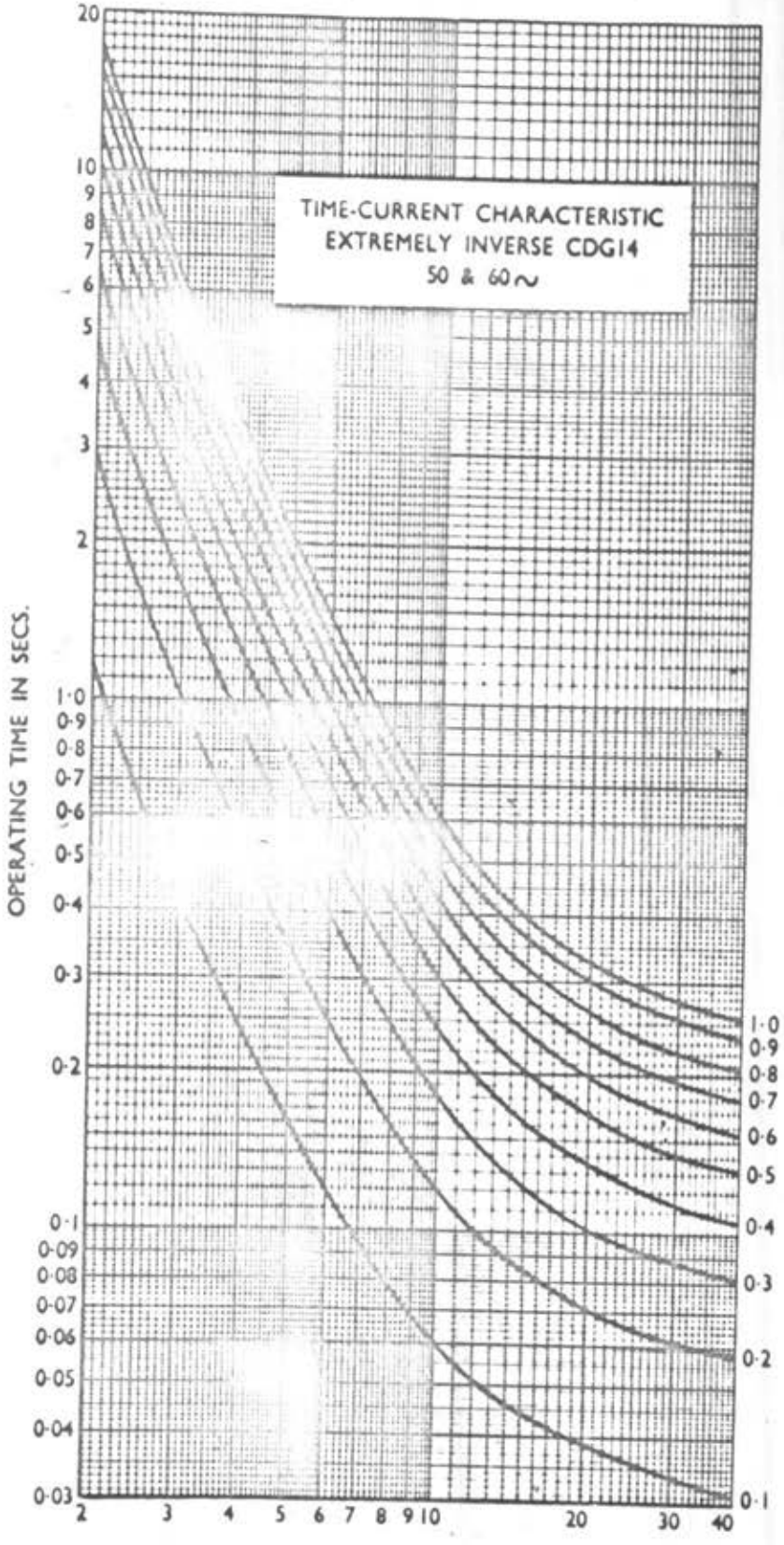

TIME CURRENT CHARACTERISTIC
INVERSE TIME RELAY. CDG11.
3 SEC TO B.S 142
50 & 60~
10
1
OPERATING TIME IN SECS.
1·0
0·9
0·8
0·7
0·6
0·5
0·4
0·3
0·2
0·1
6
5·5
5
10
100
MULTIPLES OF PLUG SETTING CURRENT
S77399Z132.

FIG 5.2 B



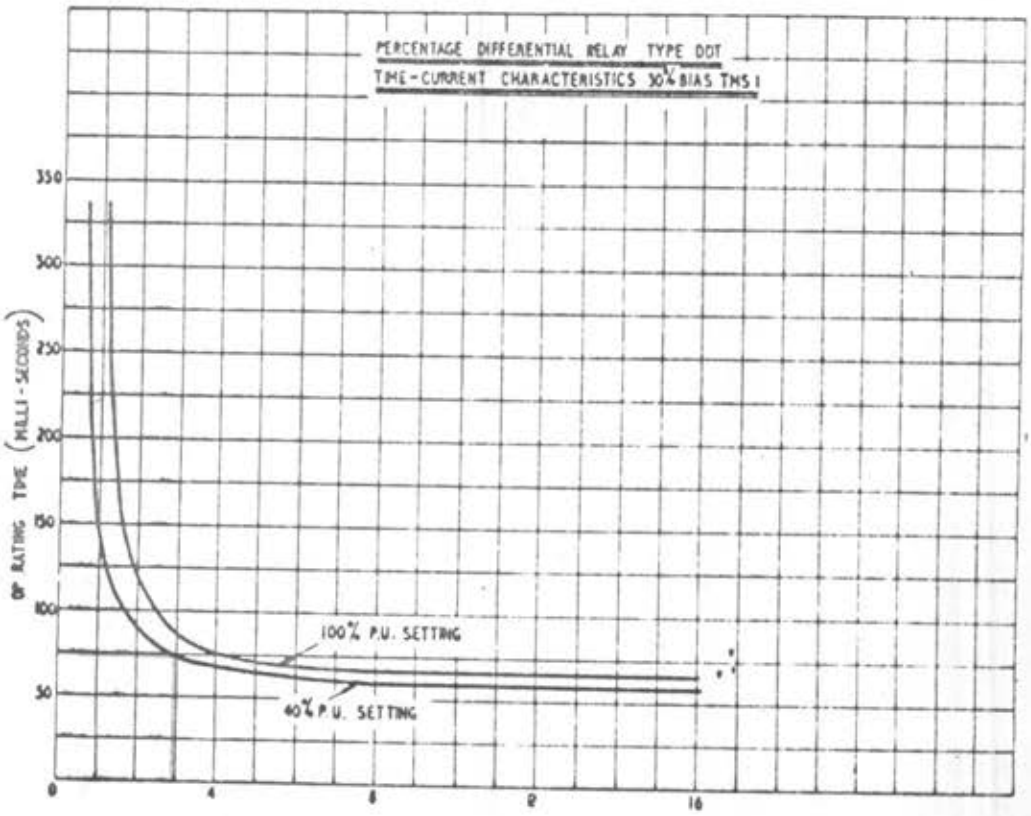
S77398Z05·018

SUPERSEDES 399Z152

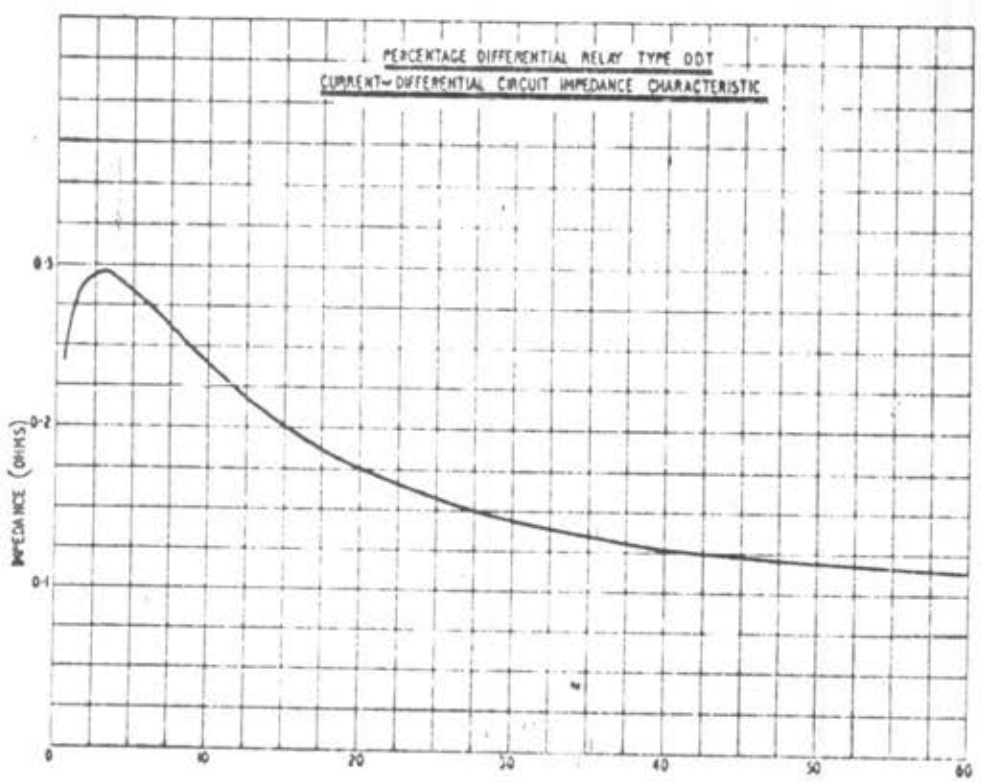
รูปที่ 5.2

หมายเหตุ

Characteristic curve นี้ ใช้กับ relay ของสถานีย่อยคอนเมือง หมอชิต มักกะสัน บางซื่อ



Time/Current characteristics 30% bias tap.
Time multiplier setting - 1.



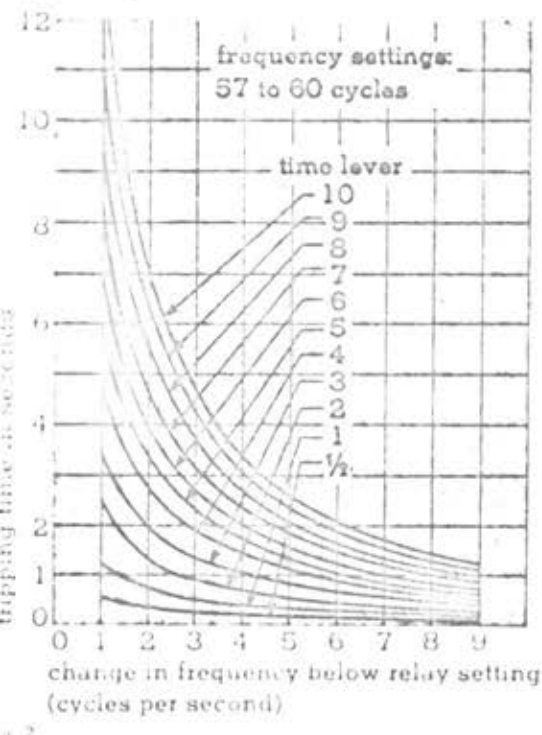
Impedance/Current characteristic 5 amp. rating relay.

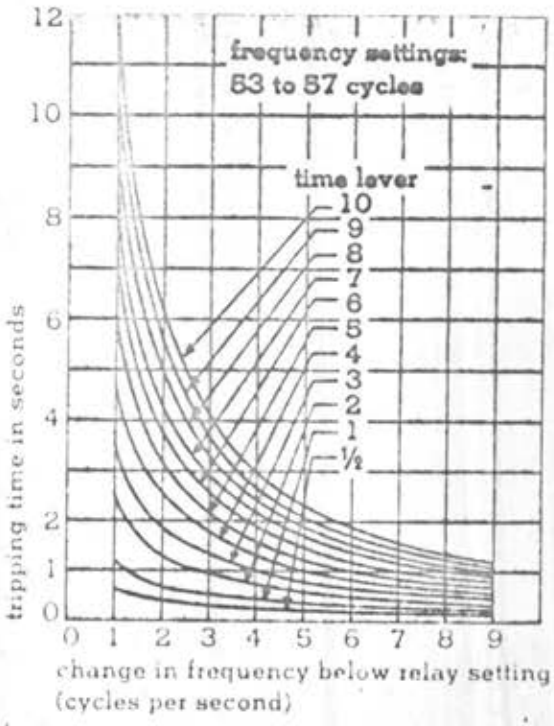
รูปที่ 5.3

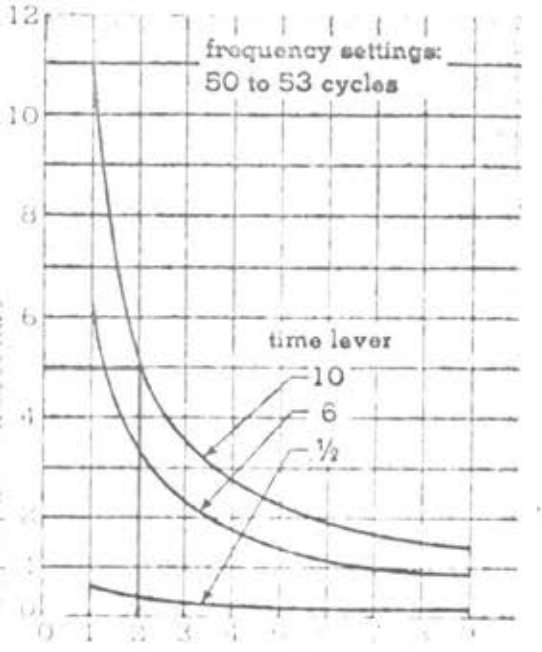
page 4

Time curves of typical settings

under frequency relays







Curves on page 6 show the insensitivity of CF-1 relays to wide voltage variations from standard voltage ratings.

This feature permits close coordination between steps in dropping blocks of load during load shedding.

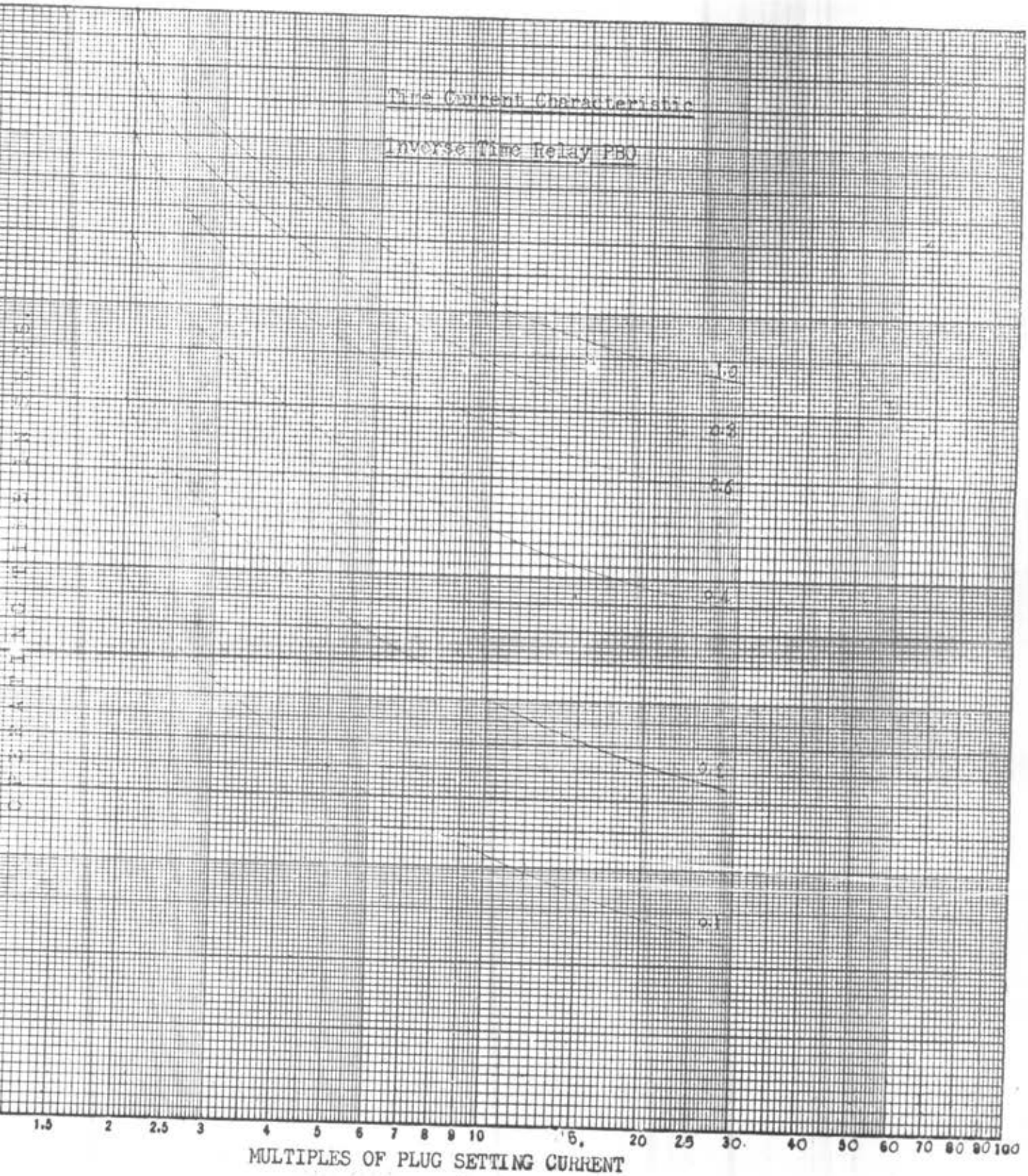
ตัวอย่าง เช่น ตั้งรีเลย์ไว้ Freq. setting = 50 c.p.s.

Time lever = 10

ถ้าเกิด Freq. ต่ำลงเหลือ 48 c.p.s.

รีเลย์จะ trip ภายในเวลา 5 sec.

รูปที่ 5.4



รูปที่ 5.5

หมายเหตุ

Characteristic curve นี้ใช้กับรีเลย์ที่สถานีย่อยสามเสนและวัดเลียบบางส่วน

ฉะนั้น ในการคำนวณหา Reliability ของ System ต้องสมมติว่า Generation ของการไฟฟ้านั้นดีไม่ขัดข้อง และมี Reliability 100%

เนื่องจากรีเลย์และสวิทช์ตัดตอนที่ใช้มีการตรวจตราและรักษาอยู่สม่ำเสมอ และยังได้ผ่านการ test มาจากบอกอย่างดีแล้ว ฉะนั้น จึงถือว่า wear out และ early failure ไม่มี จะมีก็แต่ chance failure เท่านั้น

5.2.1 <u>การคำนวณหา Reliability ของสถานีย่อยตอนเมือง</u>

สำหรับสถานีย่อยแห่งนี้ มี breaker อยู่ด้วยกัน 4 components ที่จะทำให้ system unreliability (ดูในรูปที่ 2.9)

จากสถิติปี 2509 (อยู่ในภาคผนวก) มีไฟดับเป็นบางส่วน 169 ครั้ง ส่วนไฟดับหมดไม่มี

<u>วิธีคำนวณ</u>

$$\text{Rate of failure} \quad \lambda = \frac{169}{4 \times 365 \times 24}$$

$$= \frac{169}{4 \times 8760}$$

$$= 0.00482 \text{ ครั้ง/ชั่วโมง}$$

สูตรที่ใช้ในการหา Reliability

$$R(t) = e^{-\lambda t} \qquad \text{จากสมการ (1.1)}$$

Reliability ของ system ภายใน 24 ช.ม. $R(24) = e^{-0.00482 \times 24}$

$$= 0.890$$

$$= 89\%$$

5.2.2 <u>การคำนวณหา Reliability ของสถานีย่อยหมอชิต</u>

สำหรับสถานีย่อยแห่งนี้ มี breaker อยู่ด้วยกัน 4 components ที่จะทำให้ system unreliability (ดูรูปที่ 2.8)

จากสถิติปี 2509 (อยู่ในภาคผนวก) มีไฟดับเป็นบางส่วน 104 ครั้ง ส่วนไฟดับหมดไม่มี

<u>วิธีคำนวณ</u>

$$\text{Rate of failure} \quad \lambda = \frac{104}{4 \times 365 \times 24}$$

$$= 0.00297$$

$R(t) = e^{-\lambda t}$ จากสมการ (1.1)

Reliability ของ system ภายใน 24 ช.ม. $R(24) = e^{-0.00297 \times 24}$

$$= e^{-0.07128}$$

$$= 0.933$$

$$= 93.3\%$$

5.2.3 <u>การคำนวณหา Reliability ของสถานีย่อยสุขุมวิท</u>

สำหรับสถานีแห่งนี้ มี breaker อยู่ด้วยกัน 10 components ที่ทำให้ system unreliability (ดูรูปที่ 2.5)

จากสถิติปี 2509 (ดูในภาคผนวก) มีไฟดับเป็นบางส่วน 169 ครั้ง ในกรณีไฟดับหมดไม่มี เนื่องจากมีหม้อแปลงถึง 3 ชุด (ดูรูปที่ 2.15)

<u>วิธีคำนวณ</u>

Rate of failure $\lambda = \frac{169}{10 \times 365 \times 24}$

$$= 0.00193$$

$R(t) = e^{-\lambda t}$ จากสมการ (1.1)

Reliability ของ system ภายใน 24 ช.ม. $R(24) = e^{-0.00193 \times 24}$

$$= e^{-0.04632}$$

$$= 0.9547$$

$$= 95.47\%$$

5.2.4 <u>การคำนวณหา Reliability ของสถานีต้นทางบางกอกน้อย</u>

สถานีต้นทางแห่งนี้ ส่งสายส่งศักย์สูง 69 กิโลโวลท์ไปยังสถานีย่อยต่าง ๆ รวม 2 ชุด เมื่อเร็ว ๆ นี้ ได้เริ่มจ่ายเป็นสายป้อน 12 กิโลโวลท์ออกไปอีก 1 สายป้อน (ดูรูปที่ 2.15)

จากสถิติปี 2509 (ดูในภาคผนวก) ทำให้สถานีย่อยอื่นไฟดับรวม 20 ครั้ง

วิธีคำนวณ

$$\text{Rate of failure} \quad \lambda = \frac{20}{2 \times 365 \times 24}$$

$$= 0.00114$$

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad \text{จากสมการ (1.1)}$$

Reliability ของ system ภายใน 24 ช.ม. $R(24) = e^{-0.00114 \times 24}$

$$= e^{-0.02736}$$

$$= 0.9730$$

$$= 97.3\%$$

5.2.5 การคำนวณหา Reliability ของสถานีต้นทางบางกะปิ

สถานีต้นทางแห่งนี้มีสายส่งศักย์สูง 69 กิโลโวลท์ จ่ายไปยังสถานีย่อยสุขุมวิทและพระโขนง 1 ชุด และเมื่อเร็ว ๆ นี้เริ่มจ่ายเป็นสายป้อน 12 กิโลโวลท์ออกไปอีก 2 สายป้อน (ดูรูปที่ 2.15)

จากสถิติปี 2509 สวิทช์ 69 กิโลโวลท์หักรวม 15 ครั้ง

วิธีคำนวณ

$$\text{Rate of failure} \quad \lambda = \frac{15}{1 \times 365 \times 24}$$

$$= 0.001712$$

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad \text{จากสมการ (1.1)}$$

Reliability ของ system ภายใน 24 ช.ม. $R(24) = e^{-0.001712 \times 24}$

$$= e^{-0.041088}$$

$$= 0.9597$$

$$= 95.97\%$$

5.2.6 การคำนวณหา Reliability ของสถานีต้นทางจักรนครเหนือ

สำหรับสถานีต้นทางแห่งนี้ จะมี breaker อยู่ด้วยกัน 8 components ที่ทำให้ system unreliability และยังทำให้สถานีย่อยอื่นอีก 4 แห่ง unreliability ด้วย (ดูรูปที่ 2.15)

จากสถิติปี 2509 (ดูในภาคผนวก) มีไฟดับและทำให้สถานีย่อยอื่นไฟดับรวม 184 ครั้ง

วิธีคำนวณ

$$\text{Rate of failure} \quad \lambda = \frac{184}{8 \times 365 \times 24}$$

$$= 0.00262$$

$$R(t) = e^{-\lambda t} \qquad \text{จากสมการ (1.1)}$$

Reliability ของ system ภายใน 24 ช.ม. $R(24) = e^{-0.00262 \times 24}$

$$= e^{-0.06288}$$

$$= 0.9391$$

$$= 93.91\%$$

5.2.7 การคำนวณหา Reliability ของสถานีย่อยธนบุรีใต้

สำหรับสถานีย่อยแห่งนี้ จะมีbreaker อยู่ด้วยกัน 4 components ที่จะทำให้ system unreliability (ดูรูปที่ 2.14)

จากสถิติปี 2509 (ดูในภาคผนวก) มีไฟดับเป็นบางส่วนรวม 46 ครั้ง และมีไฟดับหมด 1 ครั้ง

วิธีคำนวณ

$$\text{Rate of failure} \quad \lambda = \frac{46 + 1}{4 \times 365 \times 24}$$

$$= \frac{47}{4 \times 8760}$$

$$= 0.00134$$

$$R(t) = e^{-\lambda t} \qquad \text{จากสมการ (1.1)}$$

Reliability ของ system ภายใน 24 ช.ม. $R(24) = e^{-0.00134 \times 24}$

$$= e^{-0.03216}$$

$$= 0.9684$$

$$= 96.84\%$$

5.2.8 การคำนวณหา Reliability ของสถานีย่อยสามเสน

สำหรับสถานีย่อยแห่งนี้มี breaker S 01 ซึ่งติดตั้งไว้นานแล้ว ขณะนี้เปิดเอาไว้ (ดูในรูปที่ 2.7) เนื่องจาก capacity ของ breaker ต่ำ เมื่อเกิด short circuit ที่ bus 12 กิโลโวลท์จะเกิน capacity ของ breaker จึงไม่ได้สับใช้งาน ดังนั้น system จึงเป็น separate bus ทาง 12 กิโลโวลท์ ในกรณีนี้อาจจะมีไฟดับอีกไฟดับหนึ่งของ bus ก็ได้

ดังนั้น จะมี breaker อยู่ด้วยกัน 9 components ที่จะทำให้ system unreliability

จากสถิติในปี 2509 (ดูในภาคผนวก) มีไฟดับเป็นบางส่วน รวม 69 ครั้ง มีไฟดับทั้ง bus 2 ครั้ง

วิธีคำนวณ

$$\text{Rate of failure} \quad \lambda = \frac{69 + 2}{9 \times 365 \times 24}$$

$$= \frac{71}{78840}$$

$$= 0.0009$$

$$R(t) = e^{-\lambda t} \qquad \text{จากสมการ (1.1)}$$

Reliability ของ system ภายใน 24 ช.ม. $R(24) = e^{-0.0009 \times 24}$

$$= e^{-0.0216}$$

$$= 0.9787$$

$$= 97.87\%$$

5.2.9 การคำนวณหา Reliability ของสถานีย่อยธนบุรี

สำหรับสถานีย่อยแห่งนี้ จะมี breaker อยู่ด้วยกัน 7 components ที่ทำให้ system unreliability (ดูในรูปที่ 2.6)

จากสถิติปี 2509 (ดูในภาคผนวก) มีไฟดับบางส่วน รวม 123 ครั้ง ในกรณีไฟดับหมดไม่มี

วิธีคำนวณ

$$\text{Rate of failure} \quad \lambda = \frac{123}{7 \times 365 \times 24}$$

$= 0.002$

$R(t) = e^{-\lambda t}$ จากสมการ (1.1)

Reliability ของ system ภายใน 24 ช.ม. $R(24) = e^{-0.002 \times 24}$

$= e^{-0.048}$

$= 0.9531$

$= 95.31\%$

5.2.10 <u>การคำนวณหา Reliability ของสถานีย่อยบางระโขนง</u>

สำหรับสถานีย่อยแห่งนี้ จะมี breaker อยู่ด้วยกัน 8 components ที่ทำให้ system unreliability (ดูในรูปที่ 2.12)

จากสถิติปี 2509 (ดูในภาคผนวก) มีไฟดับเป็นบางส่วนรวม 259 ครั้ง ในกรณีไฟดับหมดไม่มี นอกจากสถานีต้นทางจะดับ

<u>วิธีคำนวณ</u>

Rate of failure $\lambda = \frac{259}{8 \times 365 \times 24}$

$= 0.00369$

$R(t) = e^{-\lambda t}$ จากสมการ (1.1)

Reliability ของ system ภายใน 24 ช.ม. $R(24) = e^{-0.00369 \times 24}$

$= e^{-0.08856}$

$= 0.9153$

$= 91.53\%$

5.2.11 <u>การคำนวณหา Reliability ของสถานีย่อยปากน้ำ</u>

สำหรับสถานีย่อยแห่งนี้ จะมี breaker อยู่ด้วยกัน 5 components ที่ทำให้ system unreliability (ดูในรูปที่ 2.13)

จากสถิติปี 2509 (ดูในภาคผนวก) มีไฟดับเป็นบางส่วน รวม 119 ครั้ง มีไฟดับหมด 1 ครั้ง

วิธีคำนวณ

$$\text{Rate of failure} \quad \lambda = \frac{119 + 1}{5 \times 365 \times 24}$$

$$= 0.00274$$

$$R(t) = e^{-\lambda t} \qquad \text{จากสมการ (1.1)}$$

Reliability ของ system ภายใน 24 ช.ม. $R(24) = e^{-0.00274 \times 24}$

$$= e^{-0.06576}$$

$$= 0.937$$

$$= 93.70\%$$

5.2.12 Reliability ของสถานีย่อยวัดเสียบ

สถานีย่อยแห่งนี้แตกต่างกับสถานีย่อยอื่นทุกแห่ง เนื่องจากทางด้านแรงต่ำ (secondary) จ่ายเป็นแบบวงจรตาข่าย (network) ซึ่งมีหม้อแปลงตั้งตามจุดต่าง ๆ ประมาณ 220 ตัว ขนาดของหม้อแปลงที่ใช้ 300 และ 500 KVA 12 KV/416 V สายป้อน (primary) ที่ออกจากสถานีย่อยแห่งนี้ไปเข้าหม้อแปลง network มีอยู่ด้วยกัน รวม 6 คู่ เดิน cable เป็นแบบ underground ดูรูปที่ 5.6 – 5.11

หม้อแปลง network จะมี protector ติดอยู่ด้วย ในตัว protector ประกอบไปด้วย A.C.B. (Air circuit breaker) และ relay เพื่อทำหน้าที่ตัด fault ที่เกิดทางด้าน primary และยังทำหน้าที่ trip A.C.B. ออกเมื่อโวลท์ทางด้าน network สูงกว่าทางด้าน secondary ของหม้อแปลง

เขตที่จ่ายเป็นแบบ network มีอยู่เขตเดียว คือเขตจำหน่ายวัดเสียบ ในบริเวณพื้นที่ล้อมรอบด้วยแม่น้ำเจ้าพระยาและคลองผดุงกรุงเกษม (ดังในรูปที่ 2.16)

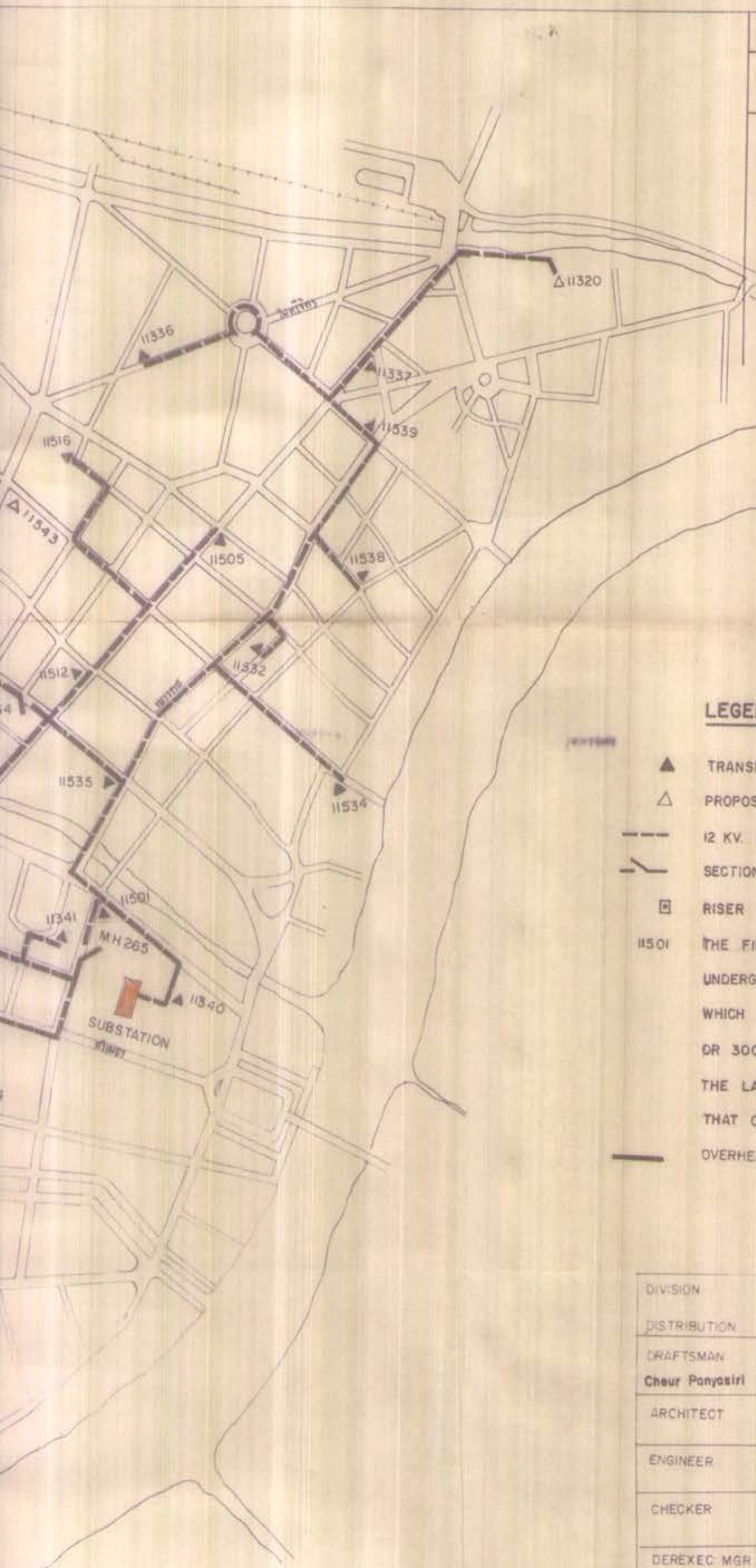
การจ่ายพลังไฟฟ้าด้วยวิธีนี้ ถึงแม้ว่าสายป้อนใดสายป้อนหนึ่งไฟจะดับไป จะไม่มีผลกระทบกระเทือนต่อผู้ใช้ไฟเลย

ระบบการจ่ายไฟแบบ secondary network primary radial underground นี้ จึงถือว่ามี reliability 100% เต็ม

ส่วนสถานีย่อยมักกะสันและสถานีย่อยบางซื่อ เป็นสถานีย่อยที่เพิ่งเริ่มจ่ายไฟใหม่ ฉะนั้น จึงไม่สามารถจะหา reliability ได้ เนื่องจาก data มีไม่มากพอ

11318
11502
11322
11321
11317
11324
11315
11514
11519
FOR SANTITHAM
ASSEMBLY HALL
11523
11329
11331
11325
11328
11526
11333
11303
11230
(1200 KVA)
SPOT LOAD
11327
11506
11542
11508
11310
11309
11307

ČHAO PHRAYA RIVER.



SECTIONALIZING SWITCH

NO.	LOCATION		MANUFAC—TURER	SIZE & TYPE
	MANHOLE NO.	ADDRESS		
1	54	CHAKRAWAT RD. NEAR CHALERMNAKORN THEATRE	G & W	RA 374 E 400 A
2	265	PHAHURAT RD. NEAR CHAKRAPHET RD.	G & W	RA 374 E 400A

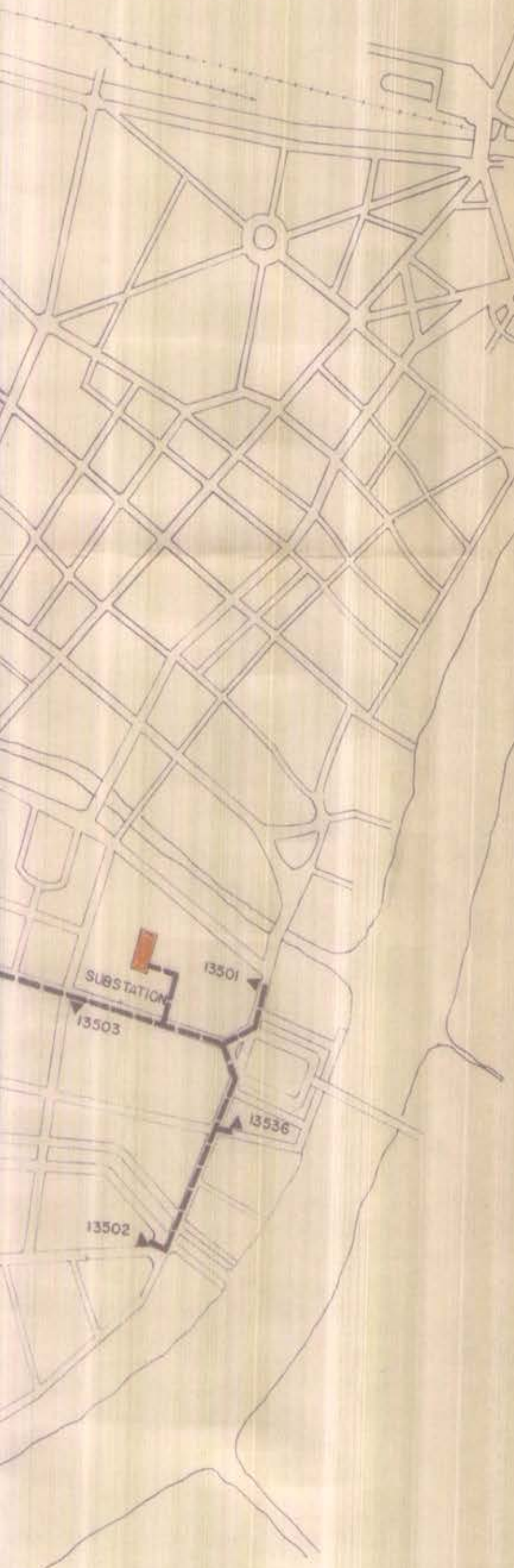
LEGEND

- ▲ TRANSFORMER ENERGIZED.
- △ PROPOSED TRANSFORMER.
- ——— 12 KV. UNDERGROUND CABLE.
- —\— SECTIONALIZING SWITCH
- ⊡ RISER POLE
- 1150 I THE FIRST TWO DIGITS DENOTE CIRCUIT NUMBER OF 12 KV. UNDERGROUND PRIMARY. THE MIDDLE DIGIT SHOWS 5 OR 3 WHICH MEANS THE TRANSFORMER IN THE STATION IS 500 KVA. OR 300 KVA.
  THE LAST TWO DIGITS DENOTE NUMBER OF STATION IN THAT CIRCUIT.
- ——— OVERHEAD

DIVISION DISTRIBUTION	METROPOLITAN ELECTRICITY AUTHORITY	SUPERSEDING
DRAFTSMAN Cheur Panyasiri	GENERAL MANAGER	SUPERSEDED BY
ARCHITECT		ISSUED
ENGINEER	NETWORK AREA	REVISED
CHECKER		DIMENSION IN
DEREXEC MGR	12KV. UNDERGROUND CABLE	SCALE 1: 10000
EXEC. MGR		CIRCUIT NUMBER W—11

รูปที่ 5.6

13523
13537
13325
13331
13317
13322
13333
13315
13318
13524
13532
13534
13535
13319
13528
13529
13316
13314
13310
13527
M.H 286A
13304
13326
13221
(1200KVA)
SPOT LOAD
13312
13309
13506
13305
13507
13508
13513
13511
13530
FOR THAMASAT
AUDITORIUM
13520
CHAO PHRAYA RIVER.



SECTIONALIZING SWITCH

NO.	LOCATION		MANUFAC-TURER	SIZE & TYPE.
	MANHOLE NO.	ADDRESS		
1	286 A	BAMRUNG MUANG RD. NEAR UNAGAN	G & W	RA 374 E 400 A.

LEGEND

▲ TRANSFORMER ENERGIZED.

△ PROPOSED TRANSFORMER.

——— 12 KV. UNDERGROUND CABLE.

—/— SECTIONALIZING SWITCH

⊡ RISER POLE.

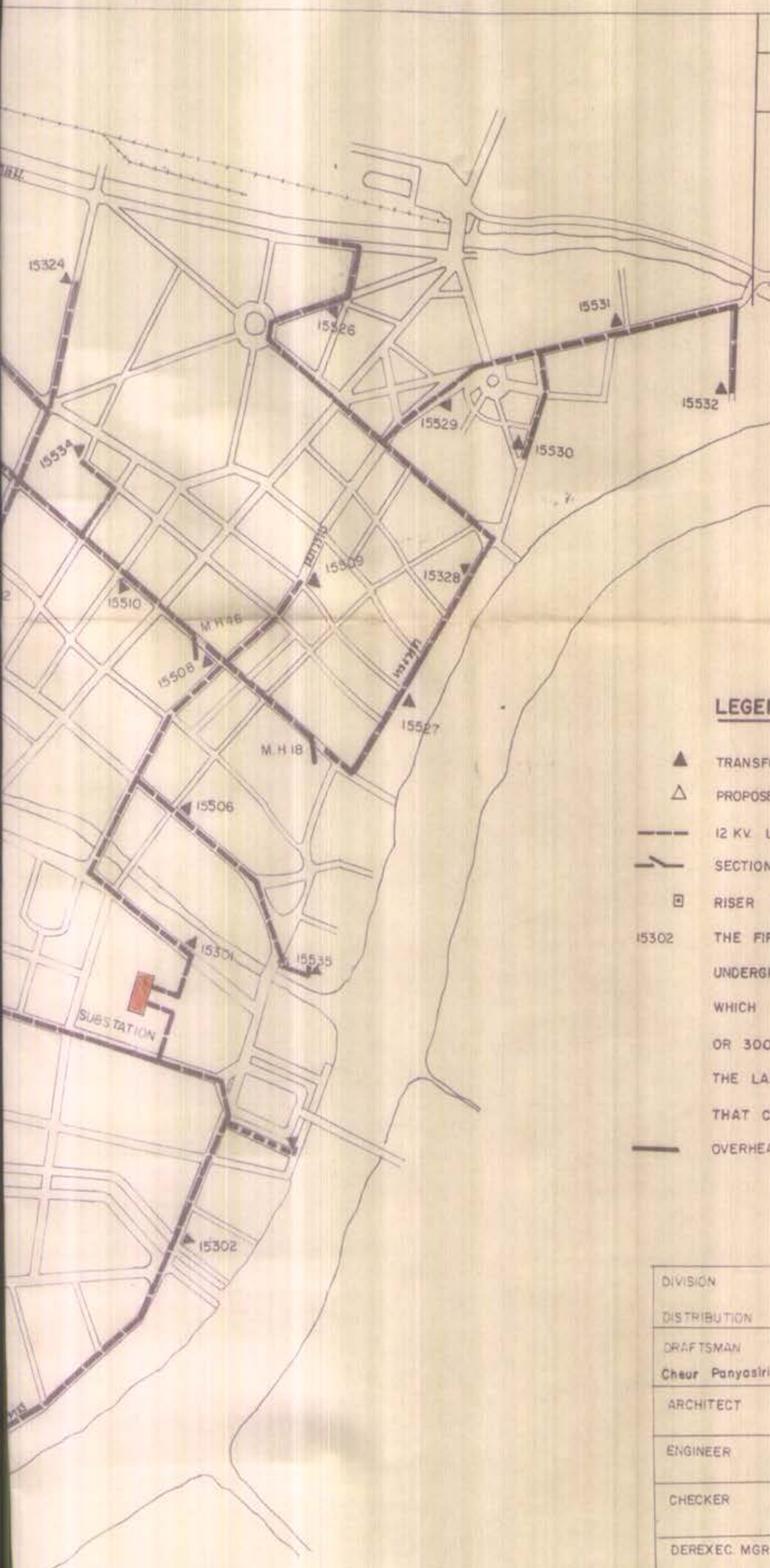
13501 THE FIRST TWO DIGITS DENOTE CIRCUIT NUMBER OF 12 KV. UNDERGROUND PRIMARY THE MIDDLE DIGIT SHOWS 5 OR 3 WHICH MEANS THE TRANSFORMER IN THE STATION IS 500KVA OR 300 KVA.
THE LAST TWO DIGITS DENOTE NUMBER OF STATION IN— THAT CIRCUIT.

——— OVERHEAD

DIVISION DISTRIBUTION	METROPOLITAN ELECTRICITY AUTHORITY	SUPERSEDING
DRAFTSMAN Cheur Panyosiri	GENERAL MANAGER	SUPERSEDED BY
ARCHITECT		ISSUED
ENGINEER	NETWORK AREA	REVISED
CHECKER		DIMENSION IN
DEREXEC. MGR	12 KV. UNDERGROUND CABLE	SCALE 1: 10000
EXEC. MGR		CIRCUIT NUMBER W—13

รูปที่ 5.7

15521
15322
15520
15323
15313
15314
15311
15515
15537
15317
15516
15303
15318
15319
15304
15536
15533
15507
15305
CHAO PHRAYA RIVER.



SECTIONALIZING SWITCH

NO.	LOCATION		MANUFAC—TURER	SIZE & TYPE
	MANHOLE NO	ADDRESS		
1	18	RAJAWONG RD. NEAR ANUWONG	G & W	RA 374 E 400A
2	46	RAJAWONG RD. NEAR TAI FA	G & W	RA 374 E 400A

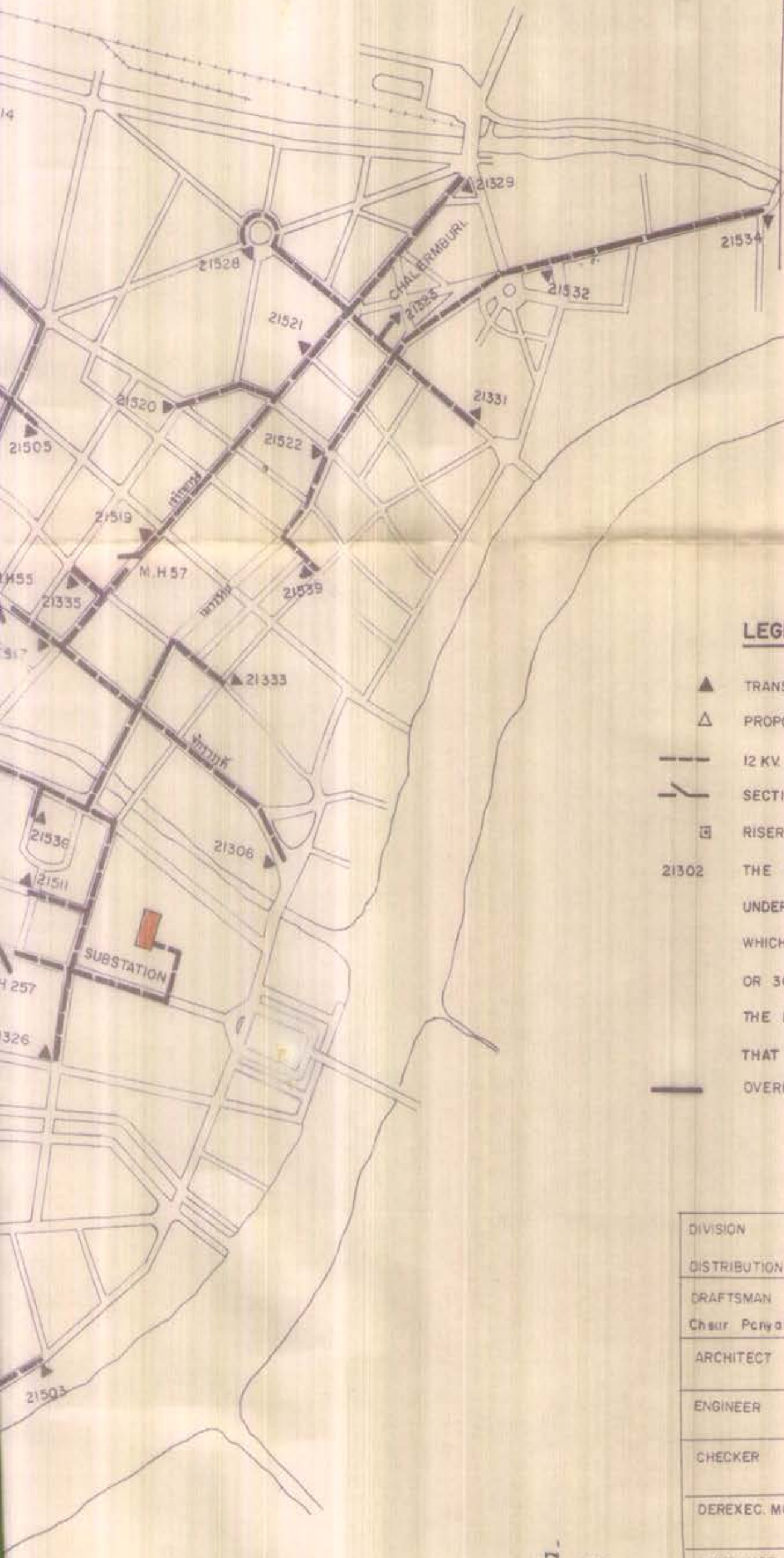
LEGEND

- ▲ TRANSFORMER ENERGIZED.
- △ PROPOSED TRANSFORMER
- ——— 12 KV. UNDERGROUND CABLE.
- —/— SECTIONALIZING SWITCH
- ⊡ RISER POLE.
- 15302 THE FIRST TWO DIGITS DENOTE CIRCUIT NUMBER OF 12 KV. UNDERGROUND PRIMARY THE MIDDLE DIGIT SHOWS 5 OR 3 WHICH MEANS THE TRANSFORMER IN THE STATION IS 500 KVA. OR 300 KVA. THE LAST TWO DIGITS DENOTE NUMBER OF STATION IN — THAT CIRCUIT.
- ——— OVERHEAD

DIVISION DISTRIBUTION	METROPOLITAN ELECTRICITY AUTHORITY	SUPERSEDING
DRAFTSMAN Cheur Panyosiri	GENERAL MANAGER	SUPERSEDED BY
ARCHITECT		ISSUED
ENGINEER	NETWORK AREA	REVISED
CHECKER		DIMENSION IN
DEREXEC. MGR	12 KV. UNDERGROUND CABLE	SCALE 1: 10000
EXEC. MGR		CIRCUIT NUMBER W—15

รูปที่ 5.8

21542
21325
21324
21327
21541
21515
21513
21312
21310
21508
21301
21338
21509
21330
21307
21516
21540
21518
21302
21537
21504
CHAO PHRAYA RIVER.



SECTIONALIZING SWITCH

NO.	LOCATION		MANUFAC—TURER	SIZE & TYPE.
	MANHOLE NO.	ADDRESS		
1	257	TEEPHET RD. OPPOSITE THAI PHANIT BANK	G & W	RA 374E 400 A
2	57	CHAREONKRUNG RD. NEAR CAPITAL THEATRE	G & W	RA 374E 400 A
3	55	CHAKRAWAT RD. NEAR CHALERMNAKORN THEATRE.	G & W	RA 374 E 400 A

LEGEND

▲ TRANSFORMER ENERGIZED.

△ PROPOSED TRANSFORMER.

——— 12 KV. UNDERGROUND CABLE.

—/— SECTIONALIZING SWITCH

⊡ RISER POLE.

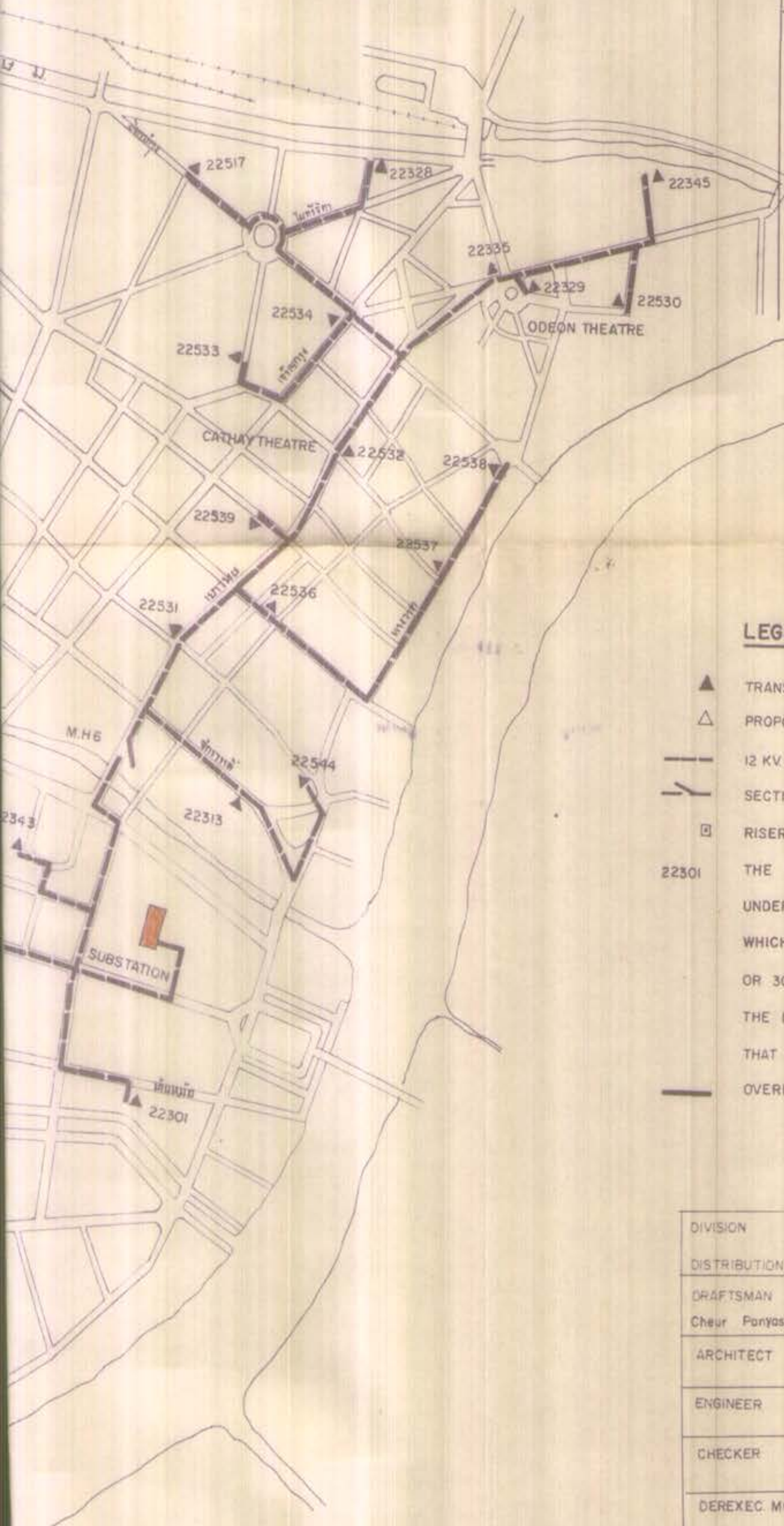
21302 THE FIRST TWO DIGITS DENOTE CIRCUIT NUMBER OF 12 KV. UNDERGROUND PRIMARY THE MIDDLE DIGIT SHOWS 5 OR 3 WHICH MEANS THE TRANSFORMER IN THE STATION IS 500 KVA. OR 300 KVA.
THE LAST TWO DIGITS DENOTE NUMBER OF STATION IN — THAT CIRCUIT.

——— OVERHEAD

DIVISION DISTRIBUTION	METROPOLITAN ELECTRICITY AUTHORITY	SUPERSEDING
DRAFTSMAN Chaur Ponyasiri	GENERAL MANAGER	SUPERSEDED BY
ARCHITECT		ISSUED
ENGINEER	NETWORK AREA	REVISED
CHECKER		DIMENSION IN _____
DEREXEC. MGR	12 KV. UNDERGROUND CABLE	SCALE 1 : 10000
EXEC. MGR		CIRCUIT NUMBER W—21

รูปที่ 5.9

22526
22325
22327
22519
22323
22521
22522
FOR SANTITHAM
ASSEMBLY HALL
22320
22524
22318
22516
22340
CHALERMTHAI
THEATRE
22515
22314
M.H
307
22304
MUNICIPALITY
BLDG.
M.H
281
22303
22311
22302
22312
22507
22510
FOR LOTTERY
BLDG.
22505
ROYAL HOTEL
22547
22306
22309
22541
FOR THAMASAT
AUDITORIUM
22308
CHAO PHRAYA RIVER.



SECTIONALIZING SWITCH

NO.	LOCATION		MANUFAC-TURER	SIZE & TYPE.
	MANHOLE NO.	ADDRESS		
1	6	YAOWARAJ RD. NEAR NAKORNKASEM THEATRE.	G & W	RA 374E 400A
2	307	RAJDAMNOEN KLANG RD. NEAR T.O.T		RA 374E 400A
3	281	RAJDAMNOEN KLANG RD. NEAR — THONBURI CO. LTD.		RA 374E 400A

LEGEND

- ▲ TRANSFORMER ENERGIZED.
- △ PROPOSED TRANSFORMER.
- ——— 12 KV. UNDERGROUND CABLE.
- —/— SECTIONALIZING SWITCH
- ⊡ RISER POLE.
- 22301 THE FIRST TWO DIGITS DENOTE CIRCUIT NUMBER OF 12 KV. UNDERGROUND PRIMARY THE MIDDLE DIGIT SHOWS 5 OR 3 WHICH MEANS THE TRANSFORMER IN THE STATION IS 500 KVA OR 300 KVA. THE LAST TWO DIGITS DENOTE NUMBER OF STATION IN — THAT CIRCUIT.
- ——— OVERHEAD

DIVISION DISTRIBUTION	METROPOLITAN ELECTRICITY AUTHORITY	SUPERSEDING
DRAFTSMAN Cheur Ponyasiri	GENERAL MANAGER	SUPERSEDED BY
ARCHITECT		ISSUED
ENGINEER	NETWORK AREA	REVISED
CHECKER		DIMENSION IN
DEREXEC. MGR	12 KV. UNDERGROUND CABLE	SCALE 1 : 10000
EXEC. MGR		CIRCUIT NUMBER W-22

รูปที่ 5.10

24531
24521
24317
24323
24324
24330
24329
24307
24315
24534
24501
24508
M.H 377
24306
24303
M.H III
24311
24332
24336
24210
(1200 KVA)
SPOT LOAD
24304
24305
24312
24313
24316
24538
24518
24528
24514
CHAO PHRAYA RIVER.

SECTIONALIZING SWITCH

NO.	LOCATION		MANUFAC-TURER	SIZE & TYPE
	MANHOLE NO.	ADDRESS		
1	III	LUANG RD. NEAR VORACHAK INTERSECTION	G.E.W.	FA 374 E 400A
2	377	MAHACHAI RD. NEAR CHALERMTHAI THEATRE	G.E.W.	FA 374 E 400A

LEGEND

- ▲ TRANSFORMER ENERGIZED
- △ PROPOSED TRANSFORMER
- ——— 12 KV. UNDERGROUND CABLE
- —\— SECTIONALIZING SWITCH.
- ▣ RISER POLE.
- 24302 THE FIRST TWO DIGITS DENOTE CIRCUIT NUMBER OF 12 KV. UNDERGROUND PRIMARY THE MIDDLE DIGIT SHOWS 5 OR 3 WHICH MEANS THE TRANSFORMER IN THE STATION IS 500 KVA. OR 300 KVA. THE LAST TWO DIGITS DENOTE NUMBER OF STATION IN — THAT CIRCUIT.
- ——— OVERHEAD

DIVISION DISTRIBUTION	METROPOLITAN ELECTRICITY AUTHORITY	SUPERSEDING
DRAFTSMAN Cheur Ponyosiri	GENERAL MANAGER	SUPERSEDED BY
ARCHITECT		ISSUED
ENGINEER	NETWORK AREA	REVISED
CHECKER		DIMENSION IN ____
DEREXEC MGR	12 KV. UNDERGROUND CABLE	SCALE 1: 10000
EXEC MGR		CIRCUIT NUMBER W—24

รูปที่ 5.11

ตารางที่ 5.15

รายชื่อสถานีย่อย	System Reliability in %
สถานีย่อยวัดเลียบ	100
สถานีย่อยสามเสน	97.87
สถานีต้นทางบางกอกน้อย	97.30
สถานีย่อยธนบุรีใต้	96.84
สถานีต้นทางบางกะปิ	95.97
สถานีย่อยลุมพินี	95.47
สถานีย่อยธนบุรี	95.31
สถานีต้นทางพระนครเหนือ	93.91
สถานีย่อยปากน้ำ	93.70
สถานีย่อยหมอชิต	93.30
สถานีย่อยพระโขนง	91.53
สถานีย่อยดอนเมือง	89.00

ตารางนี้ได้จากผลการคำนวณหา Reliability ของ system นำไปเขียนเป็น curve ได้ดังในรูปที่ 5.12

จาก curve รูปที่ 5.12 จะเห็นว่า สถานีย่อยดอนเมืองมี Reliability ต่ำที่สุด คือ 89.00% และสถานีย่อยวัดเลียบมี Reliability ที่ดีที่สุด คือ 100%

5.3 <u>เปรียบเทียบ Load density ของเขตที่จ่ายไฟจากสถานีย่อยวัดเลียบและสถานีย่อยลุมพินี</u>

5.3.1 <u>หา Load density ของเขตที่จ่ายไฟจากสถานีย่อยวัดเลียบ (เขตจำหน่ายวัดเลียบ)</u>

พื้นที่ของ network area = 8.5 km^2

พลังไฟฟ้าที่จ่ายจากสถานีย่อยวัดเลียบ = 45,000 KVA

$$\text{Load density} = \frac{45,000}{8.5}$$

$$= 5294.117 \text{ KVA/km}^2$$

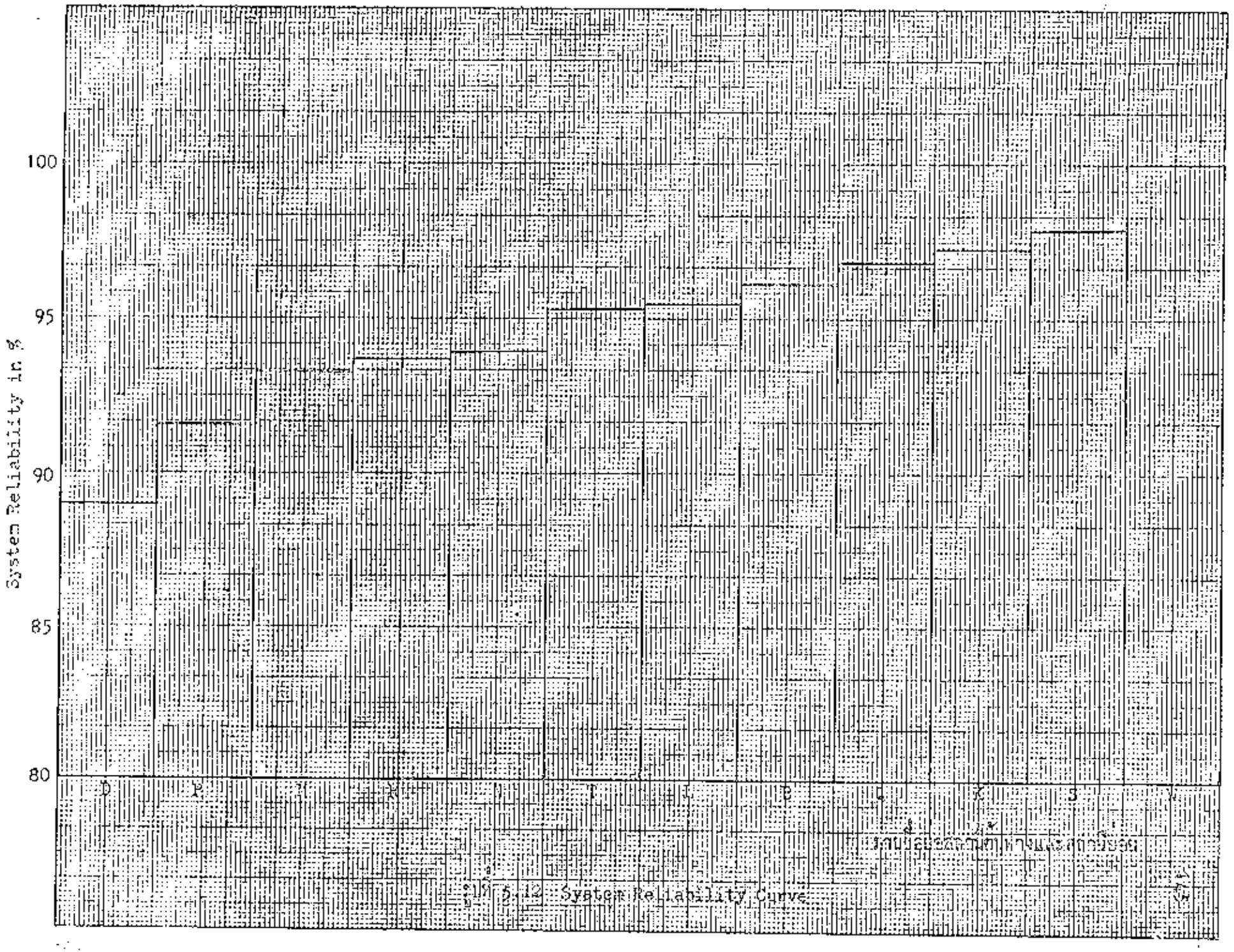


Fig. 5.12 System Reliability Curve

5.3.2 หา Load density ของเขตที่จ่ายไฟจากสถานีย่อยสุขุมวิท (เขตจำหน่ายคลองเตย)

จ่ายไฟฟ้าเป็นแบบ secondary radial primary overhead line

Load density ที่จะหาต่อไปนี้เป็นพื้นที่ที่มี load density สูงที่สุดในพระนครและธนบุรี (คือบริเวณตำบลสุริยวงศ์ และบางรัก)

พื้นที่ = 3.54 km^2

พลังไฟฟ้าที่ใช้ = 41,500 KVA

Load density = $\frac{41,500}{3.54}$

= 11,700 KVA/km^2

จากการคำนวณจะเห็นว่า ทั้งสองแห่งนี้มีload density ต่างกันมาก ทั้ง 2 เขต ต่างก็เป็นย่านการค้าและที่อยู่อาศัย แต่ทางเขตวัดเสียบหม้อแปลง network ที่ติดตั้งอยู่ขณะนี้สามารถจะจ่ายได้ถึง 11,000KVA/km^2

ส่วนทางเขตที่จ่ายพลังไฟฟ้าจากสถานีย่อยสุขุมพินี เป็นเขตที่มีload density สูงสุด แต่มีReliability เพียง 95.47% เป็น unreliability เสีย 4.53%

ถ้าคิดถัวเฉลี่ยค่าไฟฟ้าหน่วยละ + 0.6388 บาท ในหนึ่งวัน การไฟฟ้านครหลวงจะขาดรายได้ไป 1022.08 บาท หรือ 373,059.20 บาท ในหนึ่งปี เนื่องจากไฟดับ

5.4 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและการสูญเสียรายได้ในระหว่างไฟดับภายใน 1 ปีของสถานีย่อยธรรมดากับสถานีย่อยที่จ่ายแบบ network

5.4.1 เขตที่จ่ายพลังไฟฟ้าจากสถานีย่อยสุขุมพินี จ่ายไฟฟ้าเป็นแบบ secondary radial primary overhead line

เงินที่การไฟฟ้านครหลวงขาดรายได้ไปภายใน 1 ปี มีดังต่อไปนี้ จะสมมุติเป็นตัวอักษรก่อนเพื่อสะดวกในการ derive สูตร

1.เกิดจากไฟดับเป็นเงิน = A บาท

2.ค่าบำรุงรักษา (maintenance)

ไปรวมค่าบำรุงรักษาสถานีย่อย = B บาท

3.คิดดอกเบี้ยทบต้น (อัตรา 6%) ของ

เงินที่สูญเสียไป = * $A\left\{(1+i_g)^n - 1\right\}$ บาท

+ เป็น rate ประเภท 3 (บริการธุรกิจ, ที่อยู่อาศัย และอุตสาหกรรมย่อย) ของการไฟฟ้านครหลวงที่คิดไว้ในปี 2510

* D. J. Bolton, Engineering Economics Vol.I Chapmann & Hall Ltd.

4. คิด depreciation 10% สมมติว่า period แรก = Ai_d

(Matheson or Constant Method)

ภายในปีแรกก่อเสียผลประโยชน์ไป = $A+B+A\left\{(1+i_a)-1\right\}+Ai_d$ บาท

$$= A + B + Ai_a + Ai_d \qquad (1)$$

5.4.2 เวลาที่จ่ายพลังไฟฟ้าจากสถานีย่อยขัดเสียน (จ่ายเป็นแบบ network)

การจ่ายพลังไฟฟ้าแบบ secondary network primary radial underground การลงทุนครั้งแรก (initial invesment) จะแพงกว่าจ่ายแบบ primary over head line ประมาณ 6 เท่า ส่วนค่า maintenance ระหว่างปีจะถูกกว่าจ่ายแบบ over head line ประมาณ 5 เท่า

ฉะนั้น จะเห็นได้ว่า มีอยู่กรณีเดียวที่การไฟฟ้าต้องจ่ายเงิน คือการบำรุงรักษา (maintenance) ส่วนเรื่องต้องสูญเสียรายได้เนื่องจากไฟฟ้าดับไม่มี เท่ากับ $\frac{B}{5}$ (2)

ให้ x คือจำนวนเงินที่สูญเสียและต้องจ่ายไปใน 1 ปี เป็นบาท ในการจ่ายพลังไฟฟ้าแบบsecondary radial primary radial overhead line มากกว่าเมื่อจ่ายแบบ secondary network primary radial underground

ซึ่งจะคำนวณได้ดังนี้ x = สมการ (1) − สมการ (2) (3)

i_a = 6%

i_d = 10%

A = 373,059.20 บาท

* B = 1,438,226.67 บาท

จากสมการที่ (3)

$$x = \frac{4}{5}B + A(1 + i_a + i_d)$$

$$= \frac{4}{5} \times 1,438,226.67 + 373,059.20 \quad (1.16)$$

$$= 1,150,581.336 + 432,748.672$$

$$= 1,583,330.008 \text{ บาท}$$

* จากหนังสืองบทำการของกองจำหน่าย การไฟฟ้านครหลวง ปี 2509

จากตัวเลขจะเห็นว่าใน 1 ปี การไฟฟ้าขาดรายได้และต้องจ่ายเงินไปถึง 1,583,330.006 บาท เมื่อเทียบกับการจ่ายแบบsecondary network primary radial underground ถึงแม้ว่าระบบการจ่ายแบบนี้ การลงทุนครั้งแรกจะแพงกว่า แต่เมื่อคิดถึงในระยะยาวแล้วจะถูกกว่า และมี reliability ดีถึง 100%

อย่างไรก็ตามระบบการจ่ายพลังไฟฟ้าแบบsecondary network primary radial underground มีการจำกัดขอบเขตเหมือนกัน บางกรณีไม่เหมาะสม อาทิเช่น

1. Load density น้อย (Load แต่ละจุดอยู่ห่างกันมาก)

2. Load ไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงมากในปีหนึ่งปีหนึ่ง

Reliability จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการลงทุน ถ้าต้องการให้ Reliability 100% การลงทุนจะมาก บางครั้งจำเป็นจะต้องพิจารณาถึงเหตุผลว่าจะสมควรเพียงไรที่จะสร้างแบบ network ถ้าต้องการไม่ให้มีไฟฟ้าดับเลยและพื้นที่นั้นมี load density สูง ดอกเบี้ยในการลงทุนถูก จะเป็นการเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะสร้างแบบ secondary network primary radial underground แต่ถ้า load density ต่ำ ดอกเบี้ยเงินกู้สูง การสร้างแบบsecondary network primary radial underground ไม่เหมาะสม ผลที่ลงทุนไปจะไม่คุ้มกัน

อีกประการหนึ่ง ประเทศเราเป็นประเทศที่สร้างอะไรขึ้นมาใช้เองไม่ได้ ต้องสั่งจากต่างประเทศทั้งสิ้น ฉะนั้น ของใหม่ต่าง ๆ ที่ใช้ถึง mean life แล้ว ควรเปลี่ยนใหม่ เพื่อขจัด wear out failure ที่เกิดขึ้น แต่ทางปฏิบัติแล้ว เราทำไม่ได้ เพราะของที่สั่งเข้ามามีราคาแพง เราจะเปลี่ยนใหม่ต่อเมื่อของนั้นหมดสภาพ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ system reliability ไม่ดีเท่าที่ควร