

TEST เครื่องมือ ELECTROL

ก่อนที่จะนำเอาเครื่องมือนี้ไปใช้วัดความชื้นในทราย จำเป็นจะต้องทดสอบเสียก่อน เพื่อจะได้ทราบรอบคอบเครื่องมือ และทำการแก้ไขให้ดีขึ้น

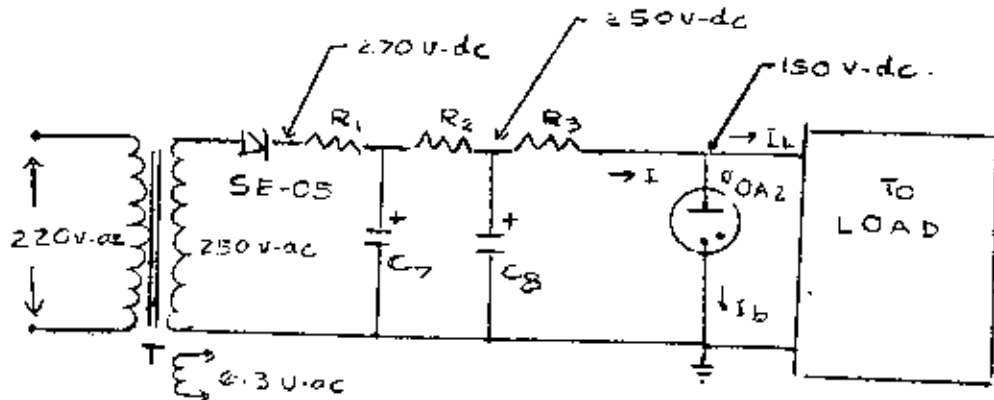
4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการ TEST

เครื่องมือที่ใช้ในการ test มีดังนี้

- (1) Telequipment Oscilloscopes D52, NO.75314.
- (2) Universal Avometer, Model 8XMK.
- (3) 2 - Milliampere Meters, Type M35, Sifam Electrical Instrument Co., Ltd., NO.M15921 และ NO.M15922 วัดได้ระหว่าง 0 ถึง 1.0 milliampere.
- (4) Milliampere Meter, Type M35, Sifam Electrical Instrument Co., Ltd., NO.M15920 วัดได้ระหว่าง 0 ถึง 10 milliamperes.
- (5) Standard Signal Generator, NO.52298/06, Marconi Instruments Ltd.
- (6) 1/4 % Universal Bridge, TF1313, Marconi Instruments Ltd.
- (7) Slide Regulator ของบริษัท Matunaga MFG.Co.,Ltd.
- (8) Microampere Meter, Simson, UA/D401.

4.2 DC - POWER SUPPLY

จากรูปที่ 4.1 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน Transformer T จะถูก rectified ด้วย SE - 05 ผ่าน RC - filter และหลอด Regulator OA2 ดังนั้น DC - voltage ของ load จะคงที่ตลอดเวลา



รูปที่ 4.1 Dc - supply ในหลอด π 604

$$R_1 = R_2 = 470 \Omega, 5 \text{ watts}$$

$$R_3 = 2500 \Omega, 10 \text{ watts}$$

$$C_7 = C_8 = 40 \mu\text{f.}, 450 \text{ v.-dc Electrolyte}$$

ตัวเลขที่ขึ้นออกตามจุดต่าง ๆ เป็น dc - voltage ขณะมี load อยู๋ และ output voltage เท่ากับ 150 v.

current ที่ผ่าน R_3 พอดีหาได้โดยคำนวณจาก

$$I = \frac{225 - 150}{R_3} \text{ amperes}$$

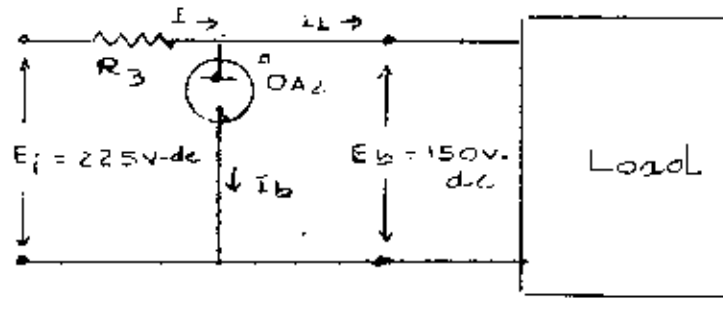
$$= \frac{75}{2,500} = 35 \text{ milliamperes}$$

หา LOAD CURRENT (I_L)

ถ้าเอาหลอด π OA2 ออกและลด ac-voltage ที่ input ของ power transformer (T) จนได้ voltage ของ load = 150 volts ใช้ milliamperemeter วัด I_L ได้เท่ากับ 20 milliamperes I_L จะมีค่า constant ถ้า load voltage มีค่า constant ตลอดเวลา



พว CURRENT ผ่านหลอด OA2 (I_L)



รูปที่ 4.2 REGULATOR TUBE WITH LOAD

จากรูปที่ 4.2 เมื่อนำเอา gas tube # OA2 ใส่นานกับ load, varies supply voltage จนได้ $E_i = 225 \text{ v. - dc}$ gas tube จะทำให้ voltage $E_b = 150 \text{ volts}$ คงที่ ดังนั้นจึงหา I_b ได้

$$\begin{aligned}
 I_b &= I - I_L && \text{milliamperes} \\
 &= 35 - 20 && \text{"} \\
 &= 15 && \text{"}
 \end{aligned}$$

4.3 OPERATING VOLTAGE ของหลอด REGULATOR

หลอด Regulator # OA2 จะทำให้ $E_b = 150 \text{ v.}$ คงที่ตลอดเวลาเมื่อ อยู่ใน range ของ voltage ดังนี้ คือ .

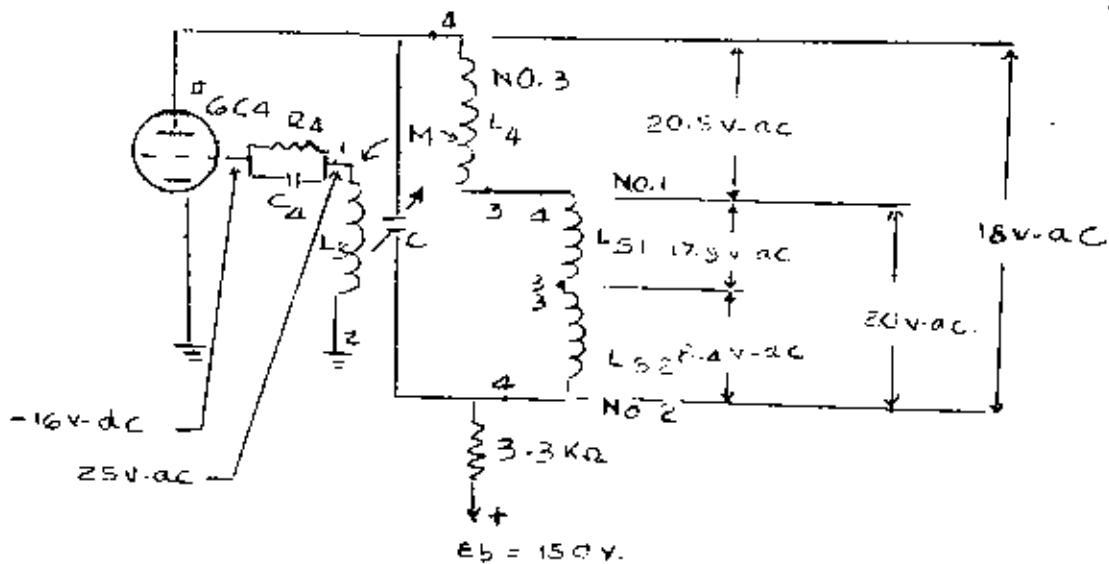
Ac-voltage ที่ input ของ transformer (T)	$E_i = \text{volts}$	$E_b = \text{volts}$
190	204	150
210	225	150
240	256	150

ดังนั้น ถ้า line voltage มีค่าอยู่ระหว่าง 190 ถึง 240 volts regulator จะ control ให้ load voltage = 150 v. คงที่อยู่เสมอ

4.4 ทดสอบ OSCILLATOR

เมื่อ supply dc → voltage ตามที่กล่าวในข้อ 4.2 และทำการทดสอบ frequency และ voltage ตามส่วนต่าง ๆ ของ circuit สำหรับ frequency นับวัดโดย Signal Generator, resonance frequency เท่ากับ 830 kilocycles per second grid bias เท่ากับ -16 volts-dc, grid feed back signal = 25 volts (peak to peak)

4.4.1 วัด VOLTAGE ของ OSCILLATOR

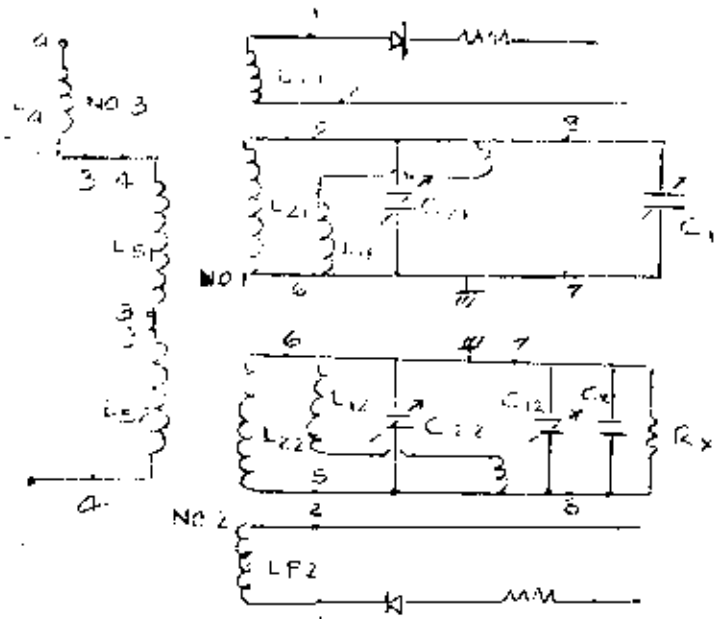


รูปที่ 4.3 Peak to Peak voltage (volts) ของ oscillator

จากรูปที่ 4.3 เป็น output voltage ของ oscillator ที่ 830 kilocycles per second วัดด้วย CRO, voltage ที่วัดได้เป็นค่าระหว่าง peak to peak

OUTPUT VOLTAGE voltage ที่จะนำไป coupling กับ coil L₁, L₂ ของ core NO.1 และ NO.2 วัดได้ 17.5 v. และ 8.4 v. ตามลำดับ ac - voltage นี้ดู wave form จาก CRO เกือบเป็น sine wave มี distortion น้อยมาก

4.4.2 วัด VOLTAGE ของ COUPLING CIRCUITS



รูปที่ 4.4 Connection ของ Coupling Circuits

จากรูปที่ 4.4 วัด voltage ของ coil L_2 และ L_{p1} ของ core NO.1 NO.2 ได้เป็น voltage วัด peak to peak คือ

core NO.1

ของ coil L_{11} (วัดระหว่าง 7 - 8)

$C_{11max.}$	วัดได้ 0.90 volt	} ให้ pure sine wave
$C_{11min.}$	" 1.20 "	

ของ coil L_{21} (วัดระหว่าง 5 - 6)

$C_{21max.}$	วัดได้ 0.68 volt	} ให้ pure sine wave
$C_{21min.}$	" 1.16 "	

ของ coil L_{p1} (วัดระหว่าง 1 - 2)

$C_{11max.}$	วัดได้ 1.25 volta	} ให้ pure sine wave
$C_{11min.}$	" 1.40 "	

Core NO.2

ของ coil L₁₂ (วัดระหว่าง 7 - 8)

C _{12max.}	วัดได้	0.72	volt
C _{12min.}	"	1.04	"

} มี distortion เล็กน้อย

ของ coil L₂₂ (วัดระหว่าง 5 - 6)

C _{22max.}	วัดได้	0.32	volt
C _{22min.}	"	0.60	"

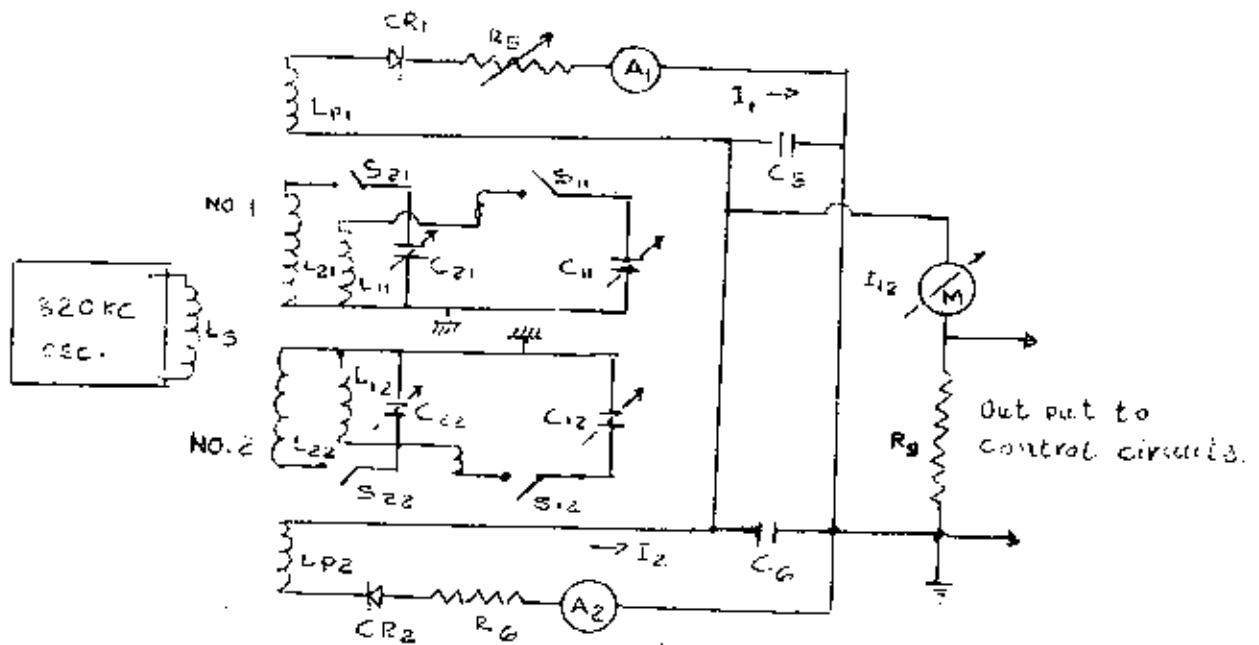
} ให้ pure sine wave

ของ coil L_{p2} (วัดระหว่าง 1 - 2)

C _{12max.}	วัดได้	1.50	volt
C _{12min.}	"	1.40	"

} มี distortion เล็กน้อย
sensitive กับ C₁₂
มากกว่า C₂₂

4.5 วัด CURRENT I₁, I₂, I₁₂



รูปที่ 4.5 Circuits ใช้วัด I₁, I₂ และ I₁₂

A₁, A₂ = Milliampere meter, range 0 - 1

M = Microampere meter, range 0 - 50

Current I_1 , I_2 และ different current ระหว่าง I_1 และ I_2 คือ I_{12} เปลี่ยนไปตามค่า capacitance ของ circuits เพื่อจะเลือกหาจุดที่คิดที่จะนำไปวัดความชื้นจึงจำเป็นจะต้องทราบ characteristic ระหว่าง current และ capacitance, circuit ในการ test ตามรูปที่ 4.5 มี milliammeter A_1 , A_2 microammeter M ส่วน switch S_1 , S_2 มีไว้เพื่อสะดวกในการ test circuit

4.5.1 วัด CURRENT I_1 กับ C_{11} ของ CIRCUIT NO.1

การหา characteristics ระหว่าง I_1 กับ C_{11} ของ circuit NO.1 ต้องตัด circuit NO.2 ออก โดยการ open S_{12} และ S_{22} และ meter A_2 เสีย และ short M ดังนั้น current ที่วัดได้จาก A_1 จะเปลี่ยนไปตามค่าของ C_{11} อย่างเดียว ขณะทดลองให้ C_{21} อยู่ที่ 420 pf. (ตำแหน่ง O.O) S_{11} และ S_{21} closed โดยผลตามตารางที่ 4.1

4.5.2 วัด CURRENT I_2 กับ C_{12} ของ CIRCUIT NO.2

ในทำนองเดียวกันวัด current I_2 กับ C_{12} ได้โดยปิด switch S_{12} และ S_{22} ของ circuit NO.2 และเปิด S_{11} , S_{21} ของ circuit NO.1 และให้ C_{22} อยู่ที่ 420 pf. (ตำแหน่ง O.O) short meter M และเอา A_1 ออก อ่าน I_2 จาก A_2 โดยผลตามตารางที่ 4.2

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 และ 4.2 จะได้ characteristics ของ I_1 กับ C_{11} และ I_2 กับ C_{12} ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และสรุปผลได้ดังนี้

- (1) I_1 มีค่าน้อยลงเมื่อ C_{11} เพิ่มขึ้น
- (2) I_2 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ C_{12} เพิ่มขึ้น
- (3) I_2 เพิ่มขึ้นตาม C_{12} เป็นเส้นตรงเมื่อ C_{12} อยู่ระหว่าง 100 pf. ถึง 1000 pf. ดังนั้นถ้าเอา C_X และ R_X มาต่อขนานกับ C_{12} , I_2 ที่ได้จะเปลี่ยนไปตามความชื้นของ molding sand

(4) Curves ทั้งสองอยู่ไกลจาก resonance ทำให้ meter M อ่านได้ stable เมื่อ varies C_{11} หรือ C_{12}

(5) ในการวัดความถี่ meter M จะอ่านผลต่างของ I_1 และ I_2 ถ้าให้ C_{12} คงที่ และเปลี่ยน C_{11} curve ของ I_{12} กับ C_{11} ควรจะเหมือนกับ curve ของ I_1 กับ C_{11}

(6) ห่วงของเดียวกัน ถ้าให้ C_{11} คงที่ และเปลี่ยน C_{12} curve ของ I_{12} กับ C_{12} ควรจะเหมือนกับ curve ของ I_2 กับ C_{12}

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง I_1 กับ C_{11} ของ
Circuit NO.1

C_{11} = picofarads	I_1 = milliampere..
50	0.380
66	0.370
107	0.360
146	0.342
186	0.330
226	0.310
264	0.305
318	0.292
372	0.282
441	0.272
491	0.265
601	0.263
681	0.256
766	0.253
846	0.250
911	0.250

หมายเหตุ เมื่อ $C_{11} = 0.0$ picofarad, $I_1 = 0.420$ milliampere.



ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่าง I_2 กับ C_{12} ของ
Circuit NO.2

C_{12} =picofarad	I_2 = milliampere
136	0.240
176	0.255
214	0.270
270	0.290
295	0.300
327	0.310
370	0.325
405	0.345
450	0.350
495	0.366
540	0.370
577	0.380
610	0.390
640	0.395
680	0.398
735	0.400
800	0.405
900	0.405

หมายเหตุ เมื่อ $C_{12} = 0.0$ picofarad ; $I_2 = 0.142$ milliampere

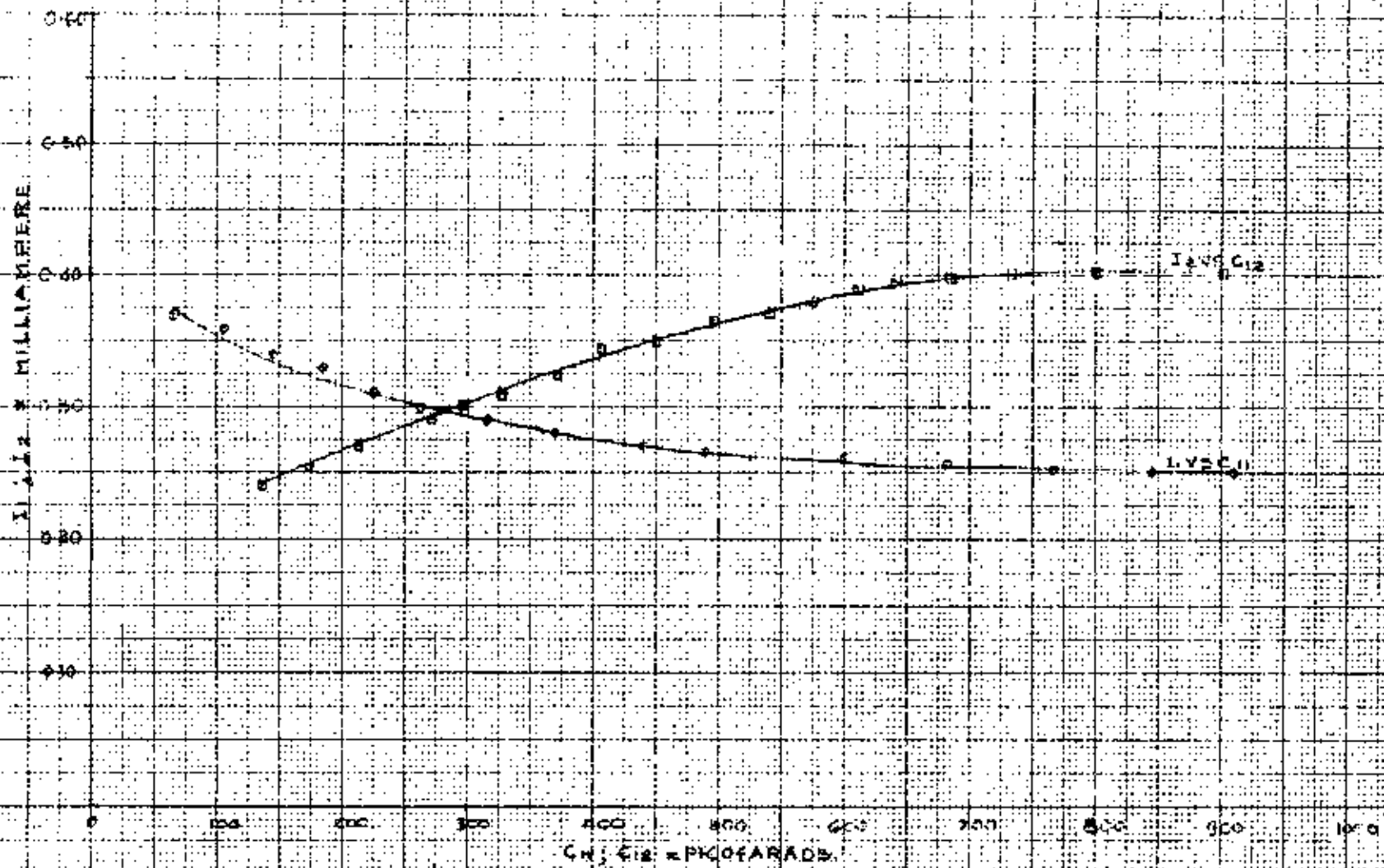


Fig. 4.6. $I_2 V_2$ vs. C_{12} for $C_{11} = 10^{-10}$ F. $I_2 V_2$ vs. C_{11} for $C_{12} = 10^{-10}$ F.

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง I_{12} กับ C_{11} และ C_{12}

I_{12} ที่อ่านจาก meter M จะเปลี่ยนค่าต่าง ๆ กัน แล้วแต่ C_{11} และ C_{12} เพื่อจะเป็นประโยชน์ในการเลือก operating point ที่จะใช้วัดความชื้นของ molding sand จึงได้ทำการทดลอง ดังนี้

- (1) วัด I_{12} กับ C_{11} เมื่อ C_{12} คงที่
- (2) วัด I_{12} กับ C_{12} เมื่อ C_{11} คงที่

4.6.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง I_{12} กับ C_{11} เมื่อ C_{12} คงที่

จากรูปที่ 4.5 เมื่อเปิด switch S_{11} , S_{21} , S_{12} และ S_{22} แล้ว microampere meter M จะอ่าน I_{12} ทั้ง $C_{21} = C_{22} = 420$ pf. (ค่าแทน 0.0) และให้ C_{12} คงที่ เปลี่ยน C_{11} เริ่มตั้งแต่ $I_{12} = 0$ เป็นต้นไป ค่า capacitance ของ C_{11} และ C_{12} เมื่อ $I_{12} = 0$ เรียกว่า Zero Condition ผลการทดลอง วัด I_{12} กับ C_{11} เมื่อ C_{12} คงที่ ตามตารางที่ 4.3 และเขียน curves ได้ดังรูปที่ 4.7

จากการทดลองนี้จะเห็นว่า I_{12} กับ C_{11} ให้ curves เป็นเส้นโค้งเหมือนกัน ตั้งแต่ curve ที่ 1 ถึง curve ที่ 7 curves เหล่านี้กลับตรงกันข้ามกับ curve ของ I_1 กับ C_{11} ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า ขณะที่ C_{11} เพิ่มขึ้น I_1 กลับลดลง (แต่ I_2 คงที่) ดังนั้น meter M จะอ่าน $I_2 - I_1 = I_{12}$ มากขึ้นตาม C_{11}

4.6.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง I_{12} กับ C_{12} เมื่อ C_{11} คงที่

ในทำนองเดียวกันได้ทำการทดลองเปลี่ยนค่า C_{12} ขณะที่ C_{11} คงที่ จะได้ I_{12} เปลี่ยนไปตาม C_{12} ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 และ plot curves ได้ดังรูปที่ 4.8 จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าให้ curves เป็นเส้นตรงทั้งนั้น แสดงว่า current I_2 มากขึ้นตาม C_{12} เป็นเส้นตรง ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้ C_{12} เป็น input capacitance ของ molding sand ที่ใช้วัดความชื้น

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง I_{12} กับ C_{11} เมื่อ C_{12} คงที่

Zero Condition	$C_{11} = \text{pf.}$	$I_{12} = \text{microamperes}$
<u>NO.1</u>		
C_{11} อยู่พ 5.0 = 50 pf.	50.0	0.0
C_{12} อยู่พ 2.8 = 220+205=425pf.	65.8	0.4
	106.8	5.0
	145.7	9.5
	186.3	14.2
	226.0	19.1
	264.4	22.3
	317.7	26.6
	372.6	30.0
	441.0	33.8
	491.0	36.5
<u>NO.2</u>	107.0	0.0
C_{11} อยู่พ 4.0 = 107 pf.	135.0	4.0
C_{12} อยู่พ 3.2=220+170=390pf.	163.8	7.4
	202.7	11.6
	243.3	15.2
	283.0	19.0
	321.4	22.2
	374.7	25.0
	429.6	27.9
	498.0	30.5
	548.0	32.7

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง I_{12} กับ C_{11} เมื่อ C_{12} คงที่ (คง)

Zero Condition	$C_{11} = \text{pf.}$	$I_{12} = \text{microamperes}$
<u>NO.3</u> C_{11} คงที่ 3.5 = 150 pf. C_{12} คงที่ 3.5 = 220+150=370 pf.	150.0	0.0
	176.0	3.0
	206.8	5.8
	245.7	10.1
	286.0	13.6
	326.0	17.2
	364.4	20.0
	427.7	22.5
	472.6	25.0
	541.0	27.5
591.0	29.2	
<u>NO.4</u> C_{11} คงที่ 3.0 = 185 pf. C_{12} คงที่ 3.8 = 220+125=345 pf.	185.0	0.0
	200.8	2.0
	241.8	5.8
	280.7	9.6
	321.3	12.8
	361.0	15.5
	399.4	18.0
	452.7	20.0
	507.6	22.5
	576.6	25.0
626.0	26.4	

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง I_{12} กับ C_{11} เมื่อ C_{12} คงที่ (ต่อ)

Zero Condition	$C_{11} = \text{pf.}$	$I_{12} = \text{microamperes}$
<u>NO.5</u>		
C_{11} อยู่ 2.5 = 230 pf.	230.0	0.0
C_{12} อยู่ 4.0 = 220+110=330 pf.	255.0	2.0
	286.8	4.2
	325.7	8.0
	366.3	11.0
	406.0	13.8
	444.4	16.0
	497.7	17.8
	552.6	20.0
	621.0	22.2
	671.0	23.6
<u>NO.6</u>		
C_{11} อยู่ 2.0 = 270 pf.	270.0	0.0
C_{12} อยู่ 4.4 = 220+85=305 pf.	295.0	2.0
	326.8	4.4
	365.7	7.0
	406.3	9.6
	446.0	12.0
	484.4	14.0
	537.7	16.0
	592.6	17.6
	661.0	19.4
	711.0	21.0

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง I_{12} กับ C_{11} เมื่อ C_{12} คงที่ (ต่อ)

Zero Condition	$C_{11} = \text{pf.}$	$I_{12} = \text{microamperes}$
<u>NO.7</u>	317.0	0.0
C_{11} อยู่ 1.5 = 317 pf.	350.0	2.0
C_{12} อยู่ 5.0 * 220+50=270 pf.	373.8	3.6
	412.7	5.8
	453.3	8.0
	493.0	9.9
	531.4	11.0
	584.7	13.2
	639.6	14.5
	708.0	16.0
	758.0	16.8

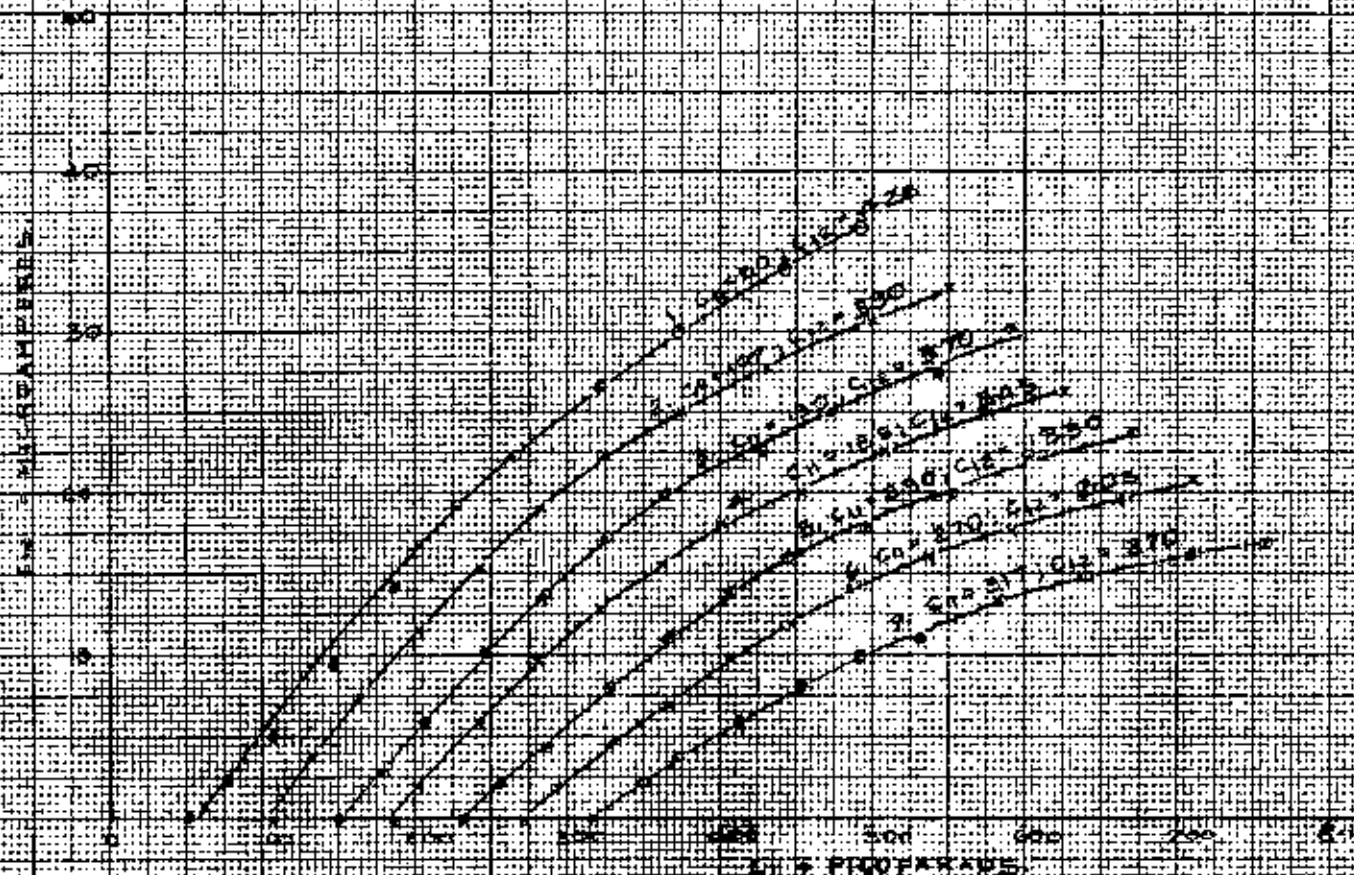


FIG. 4.7. CHARACTERISTICS OF THE FILM IN THE CIR. 111.

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง I_{12} กับ C_{12} เมื่อ C_{11} คงที่

Zero Condition	$C_{12} = \text{pf.}$	$I_{12} = \text{Microamperes}$
<u>NO.1</u>		
C_{12} อยู่ท 2.0 = 275 pf.	298	4.0
C_{11} อยู่ท 1.0 = 357 pf.	332	9.0
	346	13.5
	371	19.6
	389	24.5
	411	31.1
	434	38.4
	451	45.5
	480	49.0
<u>NO.2</u>		
C_{12} อยู่ท 1.5 = 315 pf.	372	7.4
C_{11} อยู่ท 2.2 = 255 pf.	386	11.0
	411	15.8
	429	20.2
	451	25.5
	474	31.8
	491	37.4
	508	42.9
	529	48.2

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง I_{12} กับ C_{12} เมื่อ C_{11} คงที่

Zero Condition	$C_{12} = \text{pf.}$	$I_{12} = \text{microamperes}$
<u>NO.3</u>	414	6.8
C_{12} อยู่ที่ย่าน 1.0 = 357 pf.	428	10.1
C_{11} อยู่ที่ย่าน 3.2 = 170 pf.	452	14.5
	471	17.9
	493	22.6
	516	27.6
	533	33.5
	550	37.5
	571	42.0
	590	48.5
<u>NO.4</u>	477	5.8
C_{12} อยู่ที่ย่าน 0.0 = 420 pf.	490	8.0
C_{11} อยู่ที่ย่าน 4.2 = 90 pf.	516	11.5
	556	19.6
	579	23.9
	596	28.5
	613	31.3
	634	35.2
	669	41.4
	705	49.6

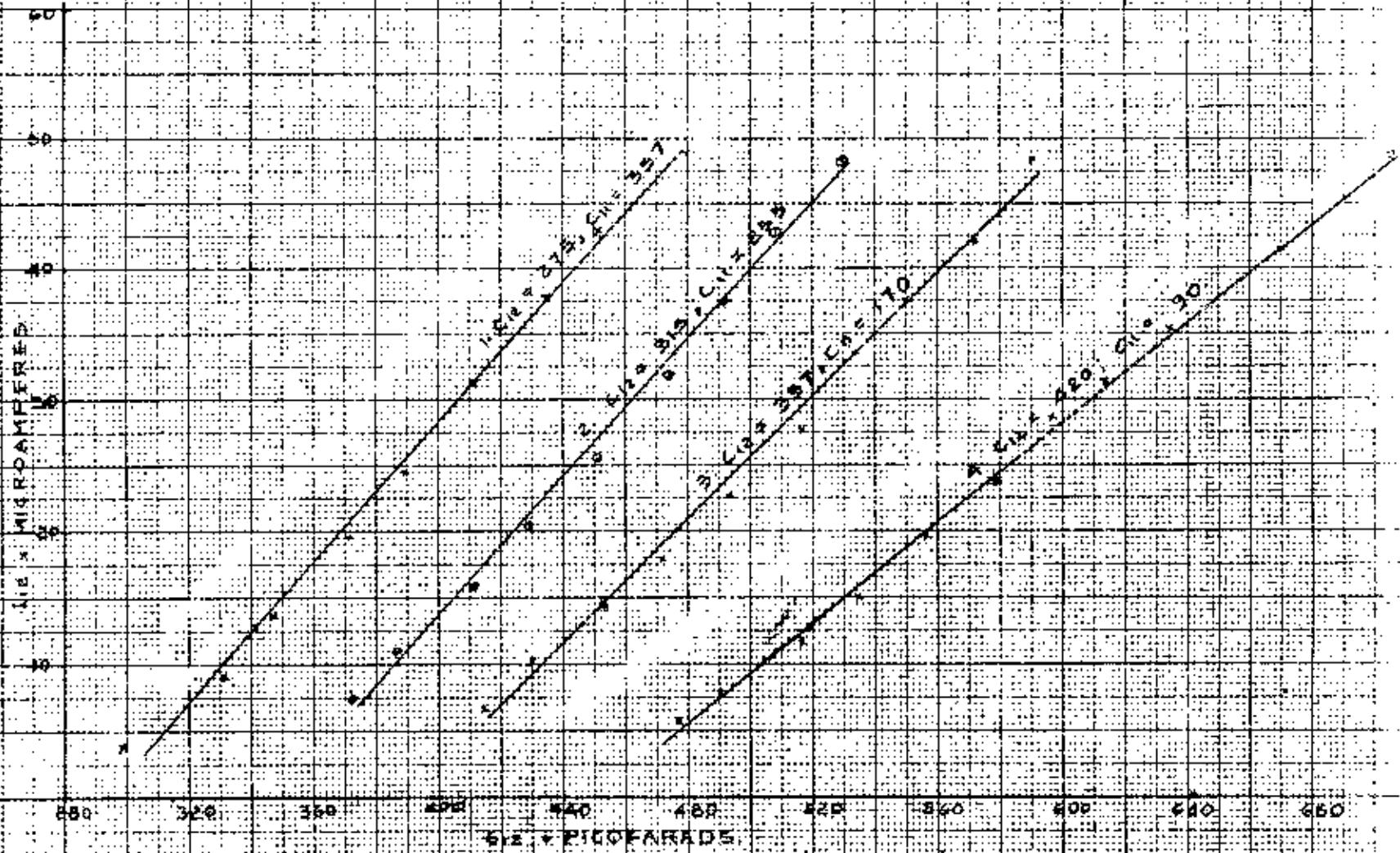


Fig 4-B admittance vs C in. 150 CH 157

4.7 วัดค่า Capacitance ของ C_{11} และ C_{12}

capacitance C_{11} และ C_{12} เป็น variable capacitance เพื่อต้องการจะทราบค่า capacitance ที่ตำแหน่งตัวเลข (digit position) ต่าง ๆ กัน จึงได้ทำการวัด ปรากฏว่า capacitance อยู่ระหว่าง 55 ถึง 420 picofarads ตารางที่ 4.5 เป็นผลของการวัด capacitance และ plot curve ใ้ตามรูปที่ 4.9 curve ที่ได้นี้จะเป็นประโยชน์ในการทราบค่าของ capacitance ที่แท้จริงของ C_{11} และ C_{12} ที่ digit positions ต่าง ๆ กัน

ตารางที่ 4.5 ค่า capacitance C_{11} และ C_{12} ที่ตำแหน่งต่าง ๆ

digit position	C_{11} or C_{12} = picofarads
0	420
0.5	386
1.0	365
1.5	320
2.0	270
2.5	236
3.0	190
3.5	150
4.0	110
4.5	70
5.0	55

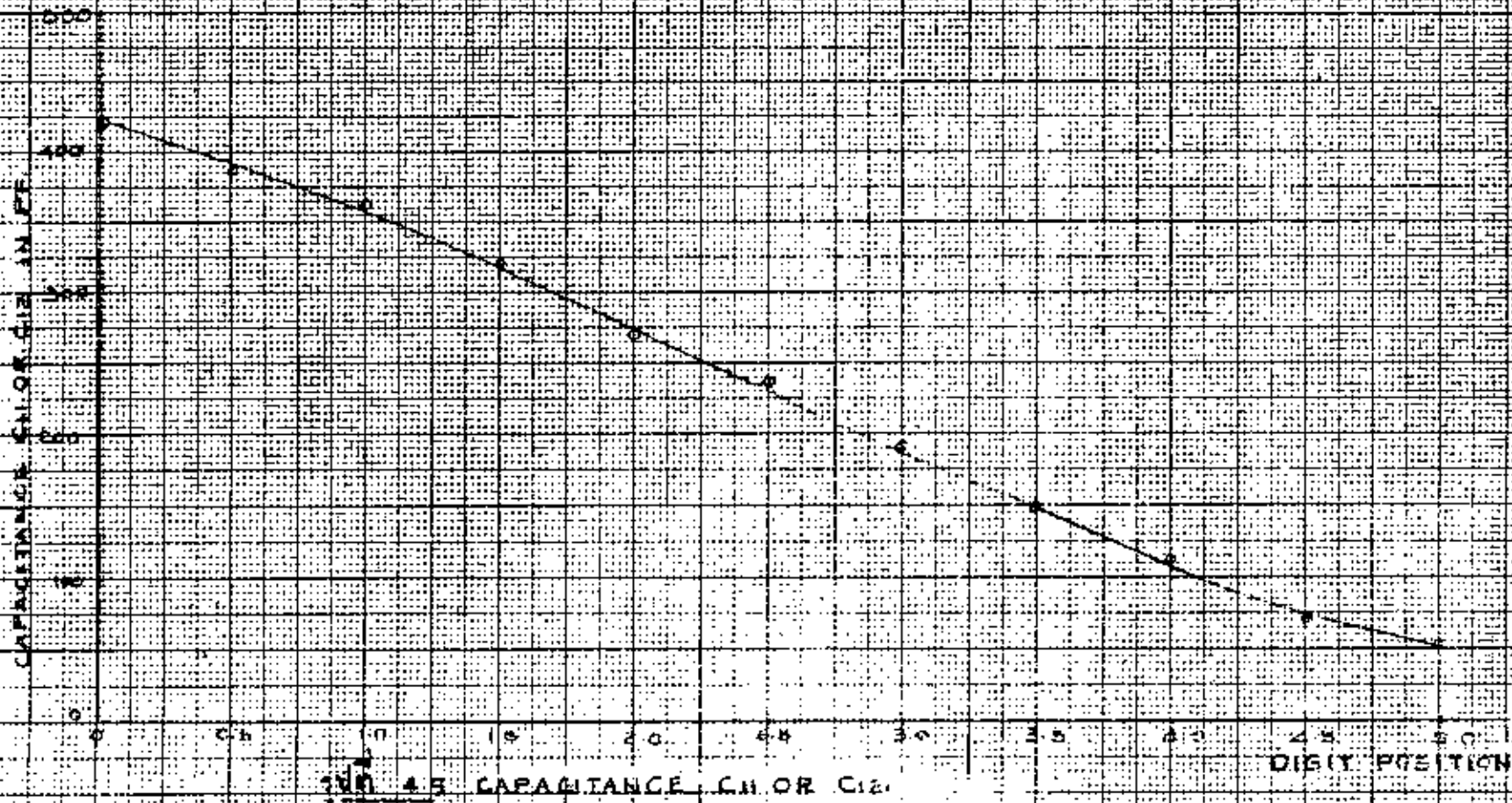


FIG. 4.5 CAPACITANCE C₁₁ OR C₁₂