



บทที่ 7

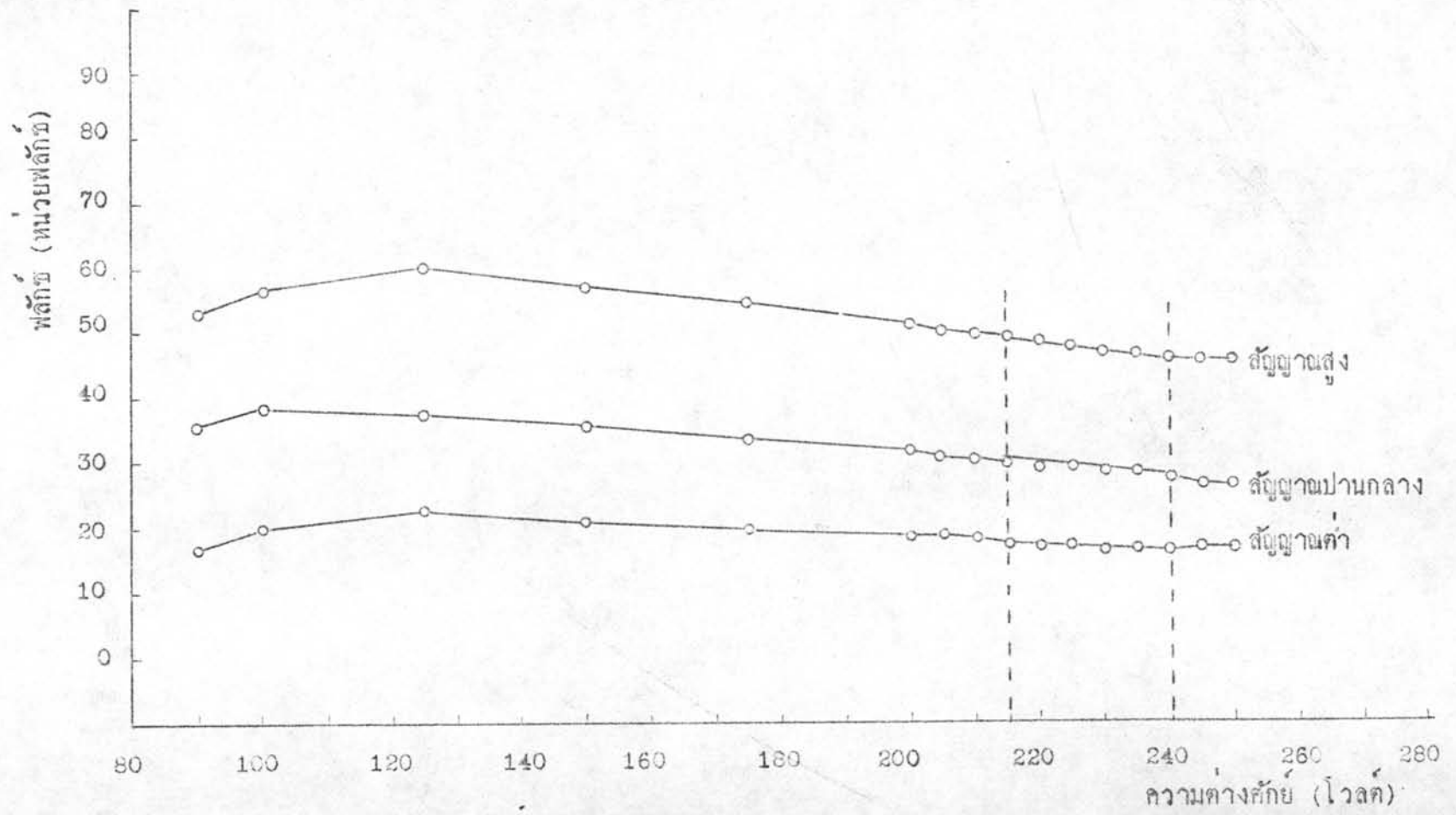
## การตรวจสอบเครื่องมือ

เครื่องมือที่จะตรวจสอบคือ เครื่องรับของโทรทรรศน์วิทยุและเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียม ทั้งนี้เพื่อให้ทราบคุณสมบัติและขีดความสามารถของเครื่องมือดังกล่าว สิ่งที่จะตรวจสอบมีดังนี้

### 1. การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมเนื่องจากความต่างศักย์และกระแสผลึก

ในการเทียบมาตรฐานเพื่อตรวจสอบหาการเปลี่ยนแปลงกำลังขยาย ทำโดยการนำเครื่องรับไปวัดฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมซึ่งให้สัญญาณแรงคงที่ ทั้งก่อนและหลังการวัดฟลักซ์ดวงอาทิตย์ ในกรณีนี้ เราจำเป็นต้องทราบว่า เครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมให้ฟลักซ์คงที่ตลอดเวลาหรือไม่ ในทางปฏิบัติฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมมีค่าขึ้นกับความต่างศักย์ของไฟบ้านที่จ่ายให้มัน และการวัดค่าฟลักซ์สำหรับเทียบมาตรฐานขึ้นกับกระแสผลึกของเครื่องรับด้วย ดังนั้น เราจึงจำเป็นต้องตรวจสอบว่าฟลักซ์ที่วัดได้จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมมีค่าขึ้นกับความต่างศักย์และกระแสผลึกอย่างไร มากน้อยเพียงใด โดยวิธีการดังนี้

1.1 ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมและความต่างศักย์ของไฟบ้านที่จ่ายให้มัน โดยต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมเข้ากับไฟบ้านโดยผ่านทางเครื่องแปรความต่างศักย์ (variostat) ซึ่งทำหน้าที่แปรค่าความต่างศักย์ แล้ววัดฟลักซ์จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ของเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมที่ละหลอด โดยค่อย ๆ แปรค่าความต่างศักย์ของแต่ละหลอดไปที่ละ 5 โวลต์ จาก 100 โวลต์ จนถึง 250 โวลต์ ปรับให้กระแสผลึกคงที่ (0.5 มิลลิแอมป์) ก่อนวัดฟลักซ์ทุกครั้ง ทำการทดลองเช่นนี้ซ้ำกัน 3 ครั้ง เพื่อลดความผิดพลาดจากการทดลอง แล้วนำค่าเฉลี่ยของฟลักซ์ที่วัดได้มา เขียนกราฟกับความต่างศักย์ จะได้กราฟตามรูป 7.1



รูป 7.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ซึ่งวัดได้จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียบกับความต่างศักย์

จากกราฟจะเห็นว่า เส้นกราฟในช่วงที่ความต่างศักย์มีค่า 215 - 240 โวลต์ ซึ่งเป็นช่วงที่ใช้งานมีลักษณะใกล้เคียงกับเส้นตรง ดังนั้นจึงปรับเส้นกราฟด้วยเส้นตรงโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ได้สมการเส้นตรงดังนี้

$$F_H = -0.13 v + 77 ; \quad r_{vH} = 0.99 \quad (7.1)$$

$$F_M = -0.09 v + 50 ; \quad r_{vM} = 0.99 \quad (7.2)$$

$$F_L = -0.04 v + 26 ; \quad r_{vL} = 0.91 \quad (7.3)$$

เมื่อ  $F_H$ ,  $F_M$  และ  $F_L$  เป็นค่าพลาซที่วัดได้จากหลอดซึ่งให้สัญญาณสูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ  $r_{vH}$ ,  $r_{vM}$  และ  $r_{vL}$  เป็นสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และพลาซที่วัดได้จากหลอดซึ่งให้สัญญาณสูง ปานกลาง และต่ำตามลำดับ  $v$  เป็นความต่างศักย์ จากสมการ 7.1, 7.2, และ 7.3 หาอัตราการเปลี่ยนแปลงของพลาซต่อโวลต์ได้ว่า

$$\frac{\Delta F_H}{\Delta v} = -0.13 \quad ; \quad \frac{\Delta F_M}{\Delta v} = -0.09 \quad ; \quad \frac{\Delta F_L}{\Delta v} = -0.04 \quad (7.4)$$

1.2 ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างพลาซจากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียบกับกระแสผลึก กระแสผลึกเป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอดผลึก (crystal diode) ของวงจรผสมสัญญาณไปยังวงจรขยายสัญญาณภาคแรก กระแสผลึกมีค่าขึ้นกับอิมพีแดนซ์ (impedance) ที่มาต่อเข้ากับทางเข้าสัญญาณของเครื่องรับ และความแรงของการคัปปลิง (coupling) กับสัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณภายใน ค่าของสัญญาณที่เครื่องรับวัดได้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอิมพีแดนซ์ที่มาต่อเข้ากับเครื่องรับ ซึ่งแสดงให้เห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงของกระแสผลึก เมื่อเราวัดพลาซจากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมแต่ละครั้ง อิมพีแดนซ์อาจมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งทำให้กระแสผลึกมีค่าไม่เท่ากันด้วย เราจึงทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลาซที่วัดได้กับกระแสผลึก ทำการทดลองโดยต่อสายนำสัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมเข้ากับเครื่องรับที่ละหลอด โดยแต่ละหลอดจะเพิ่มค่ากระแสผลึกครั้งละ .02 มิลลิแอมป์ จาก 0.4 ถึง 0.6 มิลลิแอมป์ ในการแปรค่ากระแสผลึกใช้วิธีเลื่อนหัวนำสัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณภายในเข้าไป ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนความแรงของการคัปปลิง บันทึกสัญญาณด้วยเครื่องบันทึกสัญญาณ ทำการทดลองเช่นนี้

ซ้ำกัน 3 ครั้ง เพื่อลดความผิดพลาดจากการทดลอง ฉะนั้นแต่ละค่าของกระแสลิกจะวัดได้ค่าฟลักซ์ 3 ค่า หากค่าเฉลี่ยของ 3 ค่านี้ แล้วเขียนกราฟระหว่างค่าฟลักซ์เฉลี่ยที่ได้กับกระแสลิก จะได้กราฟตามรูป 7.2 จากกราฟจะเห็นว่า เส้นกราฟมีลักษณะใกล้เคียงกับเส้นตรง ดังนั้นจึงปรับเส้นกราฟด้วยเส้นตรงโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ซึ่งจะได้อสมการเส้นตรงดังนี้

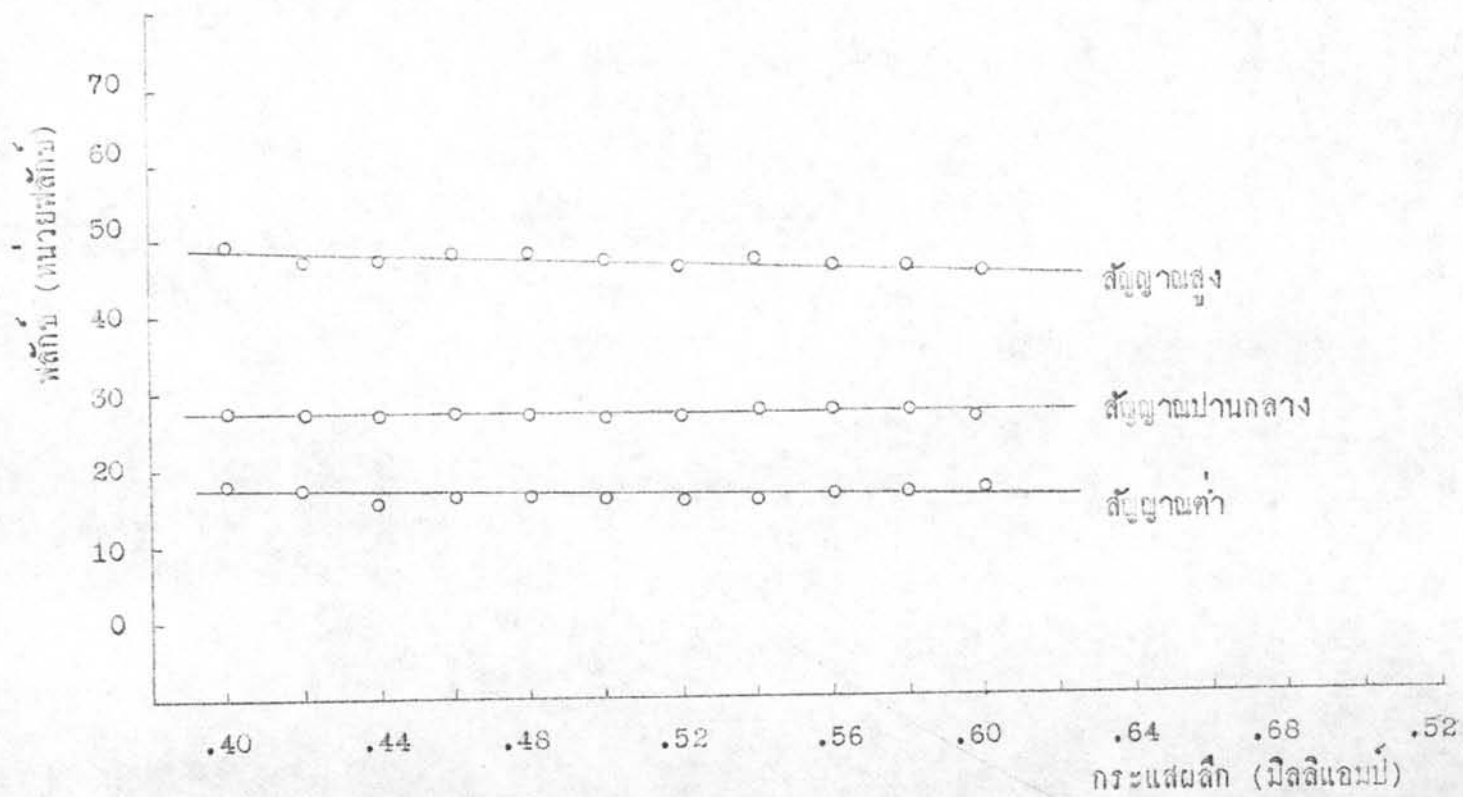
$$F_H = -16.0 XI + 55 ; \quad r_{XH} = 0.91 \quad (7.5)$$

$$F_M = -3.2 XI + 29 ; \quad r_{XM} = 0.52 \quad (7.6)$$

$$F_L = -6.1 XI + 20 ; \quad r_{XL} = 0.51 \quad (7.7)$$

เมื่อ XI เป็นกระแสลิก (มิลลิแอมป์)  $r_{XH}$ ,  $r_{XM}$  และ  $r_{XL}$  เป็นสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างกระแสลิกกับฟลักซ์จากหลอดสัญญาณสูง ปานกลางและต่ำตามลำดับ หวอัครากรเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียบกับกระแสลิก 1 มิลลิแอมป์ได้ว่า

$$\frac{\Delta F_H}{\Delta XI} = -16.0 ; \quad \frac{\Delta F_M}{\Delta XI} = -3.2 ; \quad \frac{\Delta F_L}{\Delta XI} = -6.1 \quad (7.8)$$



รูป 7.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ที่วัดได้จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียบกับกระแสดลิ่ง



1.3 คำนวณหาความผิดพลาดของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรายวันของความต่างศักย์และกระแสลิก เนื่องจากการทดลองในข้อ 1.2 และ 1.3 เราทำการทดลองในเวลาสั้น ๆ ดังนั้น ในขณะที่แปรค่า  $v$  เราถือว่า  $X_I$  คงที่ และขณะที่แปรค่า  $X_I$  ถือว่า  $v$  คงที่ แต่ในการเทียบมาตรฐานขณะที่เก็บข้อมูล  $X_I$  และ  $v$  เปลี่ยนแปลงได้ทั้งคู่ ดังนั้น ในการเทียบมาตรฐานทุกครั้งเราจึงได้วัดค่าความต่างศักย์และกระแสลิกไว้ ซึ่งมีค่าตามที่แสดงไว้ในกราฟรูป 7.3 และ 7.4 สำหรับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต่างศักย์และกระแสลิกแสดงไว้ในตารางที่ 7.1

จากค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระแสลิก เราสามารถคำนวณหาความเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟลักซ์เนื่องจากกระแสลิกได้ โดยอาศัยสมการ 7.9

$$\sigma_{FX} = \frac{\Delta F}{\Delta X_I} \sigma_{X_I} \quad (7.9)$$

เมื่อ  $\sigma_{FX}$  = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟลักซ์ (หน่วยฟลักซ์) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของกระแสลิก

$\sigma_{X_I}$  = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระแสลิก (มิลลิแอมป์) ที่วัดได้ตามลำดับวันต่าง ๆ ที่ทำการเทียบมาตรฐาน

$\frac{\Delta F}{\Delta X_I}$  = อัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์ต่อกระแสลิก 1 มิลลิแอมป์

ค่า  $\sigma_{FX}$  ที่คำนวณได้แสดงไว้ในตารางที่ 7.1

ในทำนองเดียวกัน สามารถคำนวณหาความเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟลักซ์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ได้ โดยอาศัยสมการ 7.10

$$\sigma_{FV} = \frac{\Delta F}{\Delta v} \sigma_v \quad (7.10)$$

เมื่อ  $\sigma_{FV}$  = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟลักซ์ (หน่วยฟลักซ์) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์

$\sigma_v$  = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต่างศักย์ (โวลต์) ซึ่งวัดได้ขณะที่ทำการเทียบมาตรฐานตามลำดับวันต่าง ๆ

$$\frac{\Delta F}{\Delta V} = \text{อัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์ต่อ 1 โวลต์}$$

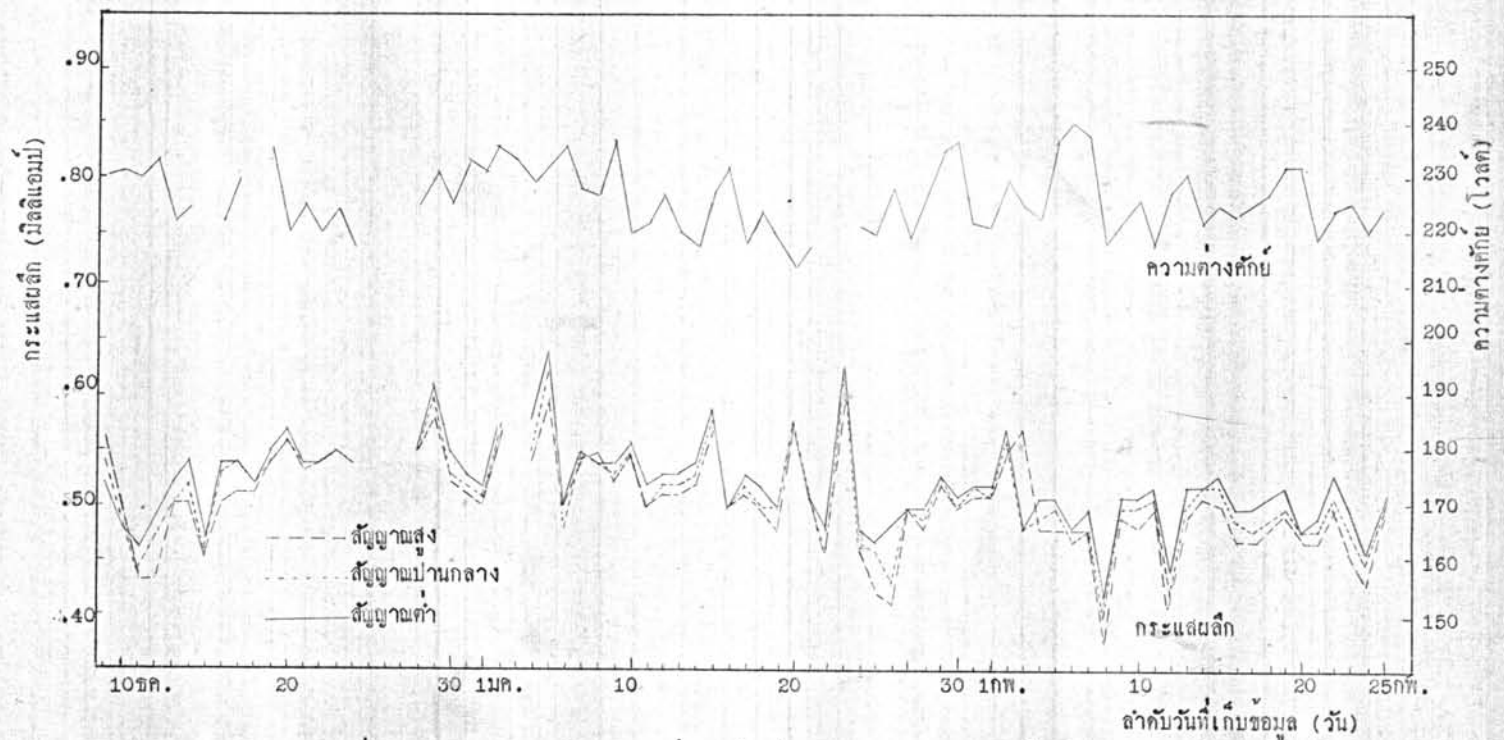
ค่า  $\phi_{FX}$  ที่คำนวณได้แสดงไว้ในตารางที่ 7.1

จากทฤษฎีทางสถิติในบทที่ 6 ข้อ 2 สามารถหาความเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟลักซ์เนื่องจากทั้งกระแสเฉลี่ยและความต่างศักย์ไฟฟ้ารวมกัน ( $\phi_{FVX}$ ) ได้โดยอาศัยสมการ 7.11

$$\phi_{FVX} = \left( \phi_{FV}^2 + \phi_{FX}^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (7.11)$$

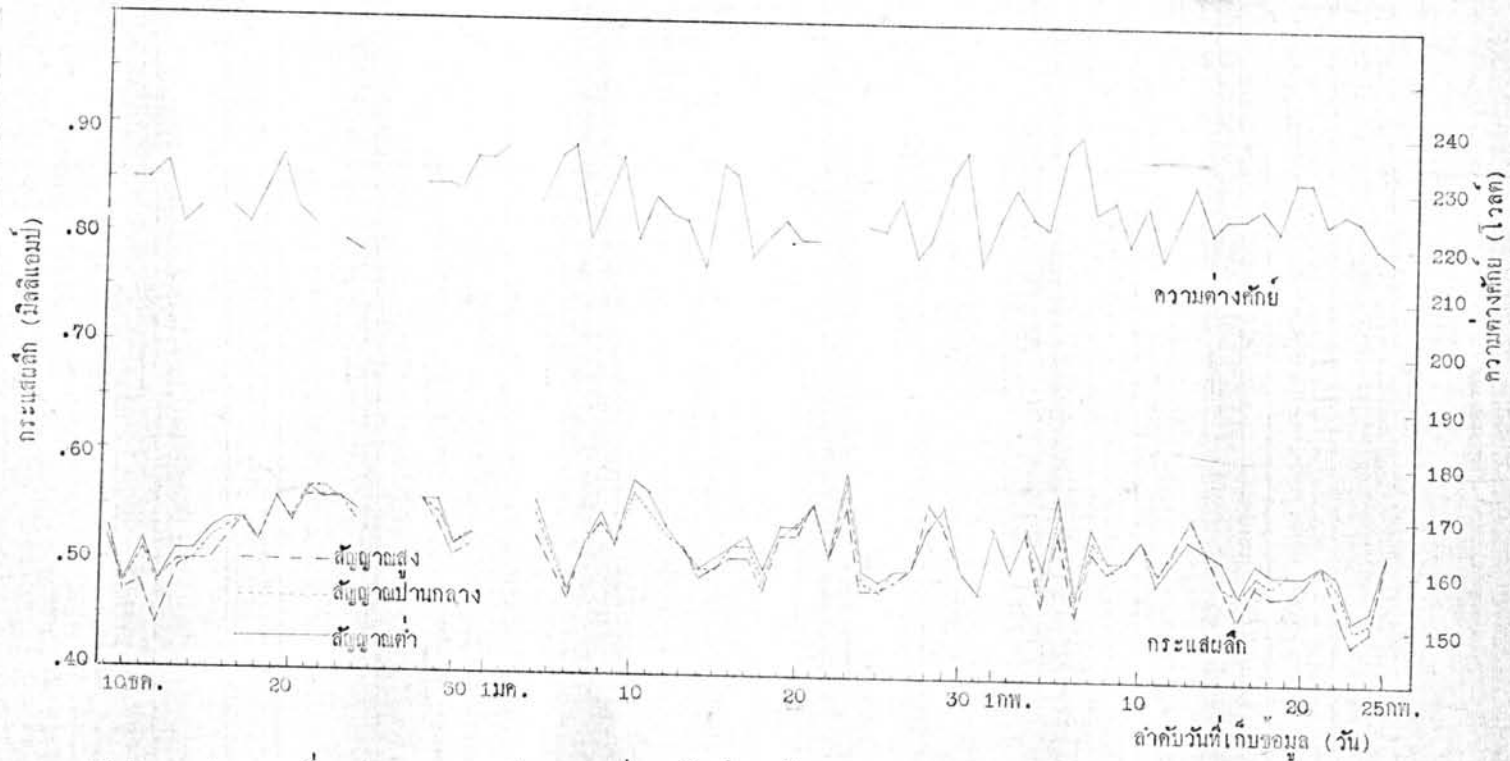
และแสดงความผิดพลาดของฟลักซ์เป็นร้อยละ เนื่องจากกระแสเฉลี่ยและความต่างศักย์ด้วยค่า  $\frac{\phi_{FVX}}{F} \times 100$  เมื่อ  $F$  เป็นค่าฟลักซ์เฉลี่ยที่วัดได้จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียบตลอดระยะเวลาที่เก็บข้อมูล ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 7.1

จากค่าความผิดพลาดของฟลักซ์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรายวันของกระแสเฉลี่ยและความต่างศักย์ ในตารางที่ 7.1 จะเห็นว่ามีความห่าง 1.9 - 2.3% แสดงว่าในการนำฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียบไปใช้เป็นฟลักซ์มาตรฐานจะมีความไม่แน่นอนเฉลี่ยประมาณ 2.1%



รูป 7.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำและค่าความต่างศักย์ ซึ่งวัดขณะเทียบมาตรฐานในช่วงก่อนการวัดพัลส์ขวางอาทิตย์





รูป 7.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแผลลลลและความค่างตักย์ ซึ่งวัดได้จากการเทียบมาตรฐานในช่วงหลังการวัดหลักที่ดวงอาทิตย์

ตารางที่ 7.1

แสดงผลการคำนวณค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระแสเงินสด ความต่างศักย์และความผิดพลาดของฟลักซ์เป็นร้อยละ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรายวันของกระแสเงินสดและความต่างศักย์

สัญญาณจากเครื่อง กำเนิดสัญญาณเทียบ	$\sigma_{FX}$		$\sigma_{FV}$		$\sigma_{FVX}$		$\bar{F}$		$\frac{\sigma_{FVX}}{\bar{F}} \times 100$		$\frac{\sigma_{FVX}}{\bar{F}} \times 100$ เฉลี่ยทั้งช่วงก่อน และช่วงหลัง
	ช่วงก่อน	ช่วงหลัง	ช่วงก่อน	ช่วงหลัง	ช่วงก่อน	ช่วงหลัง	ช่วงก่อน	ช่วงหลัง	ช่วงก่อน	ช่วงหลัง	
ต่ำ	0.24	0.24	0.24	0.24	0.34	0.34	16.0	14.8	2.1	2.3	2.2
ปานกลาง	0.13	0.13	0.55	0.55	0.57	0.57	29.6	28.9	1.9	2.0	2.0
สูง	0.76	0.61	0.79	0.79	1.1	1.0	48.3	49.8	2.3	2.0	2.2

## 2. การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ

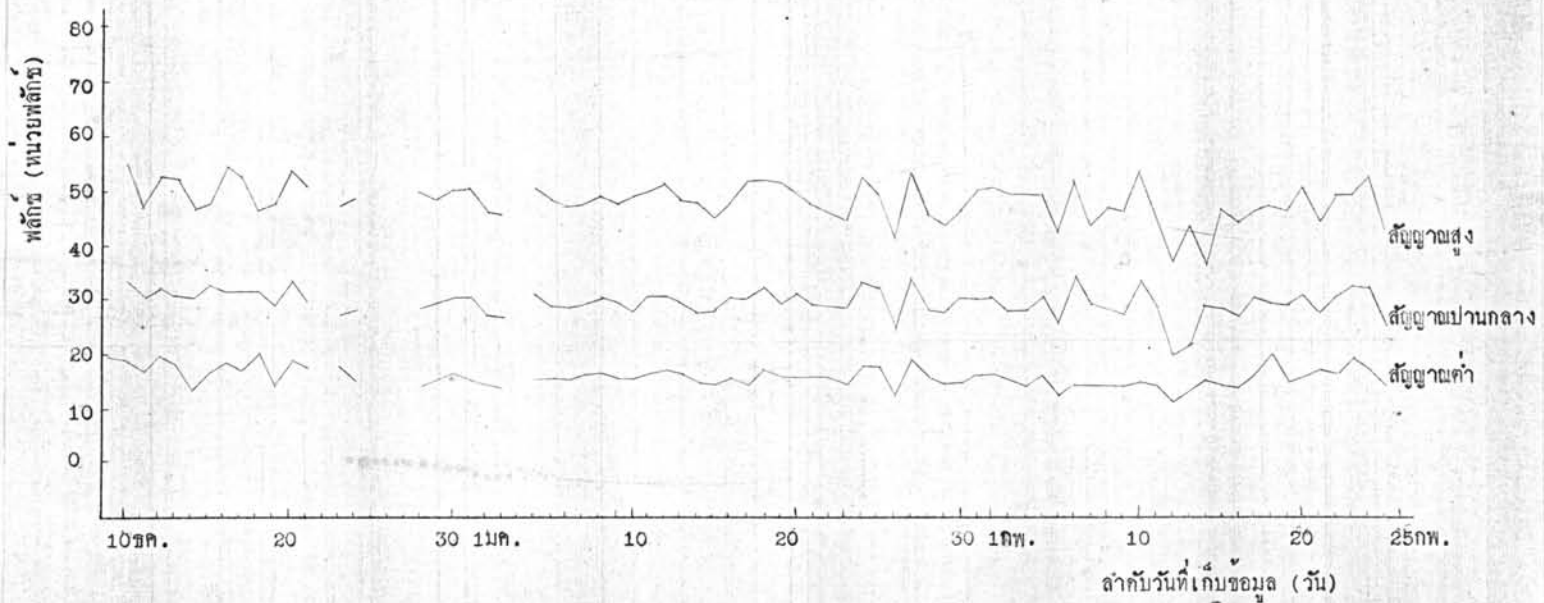
### 2.1 สัมประสิทธิ์การกระจายของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียม

เนื่องจากเครื่องรับที่ใช้วัดฟลักซ์ของคลื่นวิทยุจากดวงอาทิตย์ ไม่มีระบบที่ควบคุมกำลังขยายให้คงที่ กำลังขยายของเครื่องรับอาจเปลี่ยนแปลงไปในขณะใด ๆ ก็ได้ ทำให้ค่าฟลักซ์จากดวงอาทิตย์ที่วัดได้ มีความผิดพลาดเกิดขึ้น เราจึงจำเป็นต้องตรวจสอบว่ากำลังขยายเปลี่ยนแปลงไปตามเวลามากน้อยเพียงใด ทั้งนี้เพื่อที่จะได้ประเมินความผิดพลาดของค่าฟลักซ์ที่วัดได้จากดวงอาทิตย์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ การตรวจสอบดังกล่าวควบคู่ไปกับการเก็บข้อมูล โดยเราจะนำเครื่องรับไปวัดฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียม ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดฟลักซ์มาตรฐานที่ให้ฟลักซ์กับเครื่องรับคงที่ตลอดเวลา ดังนั้นความเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมที่เครื่องรับวัดได้รายวัน ถ้ามีขนาดมากกว่า 2.3% ย่อมถือได้ว่ากำลังขยายของเครื่องรับเปลี่ยนแปลง ค่าของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมตามลำดับวันต่างๆ ในช่วงก่อนและช่วงหลังการวัดฟลักซ์ดวงอาทิตย์ แสดงไว้ด้วยกราฟในรูป 7.5 และ 7.6 ตามลำดับ

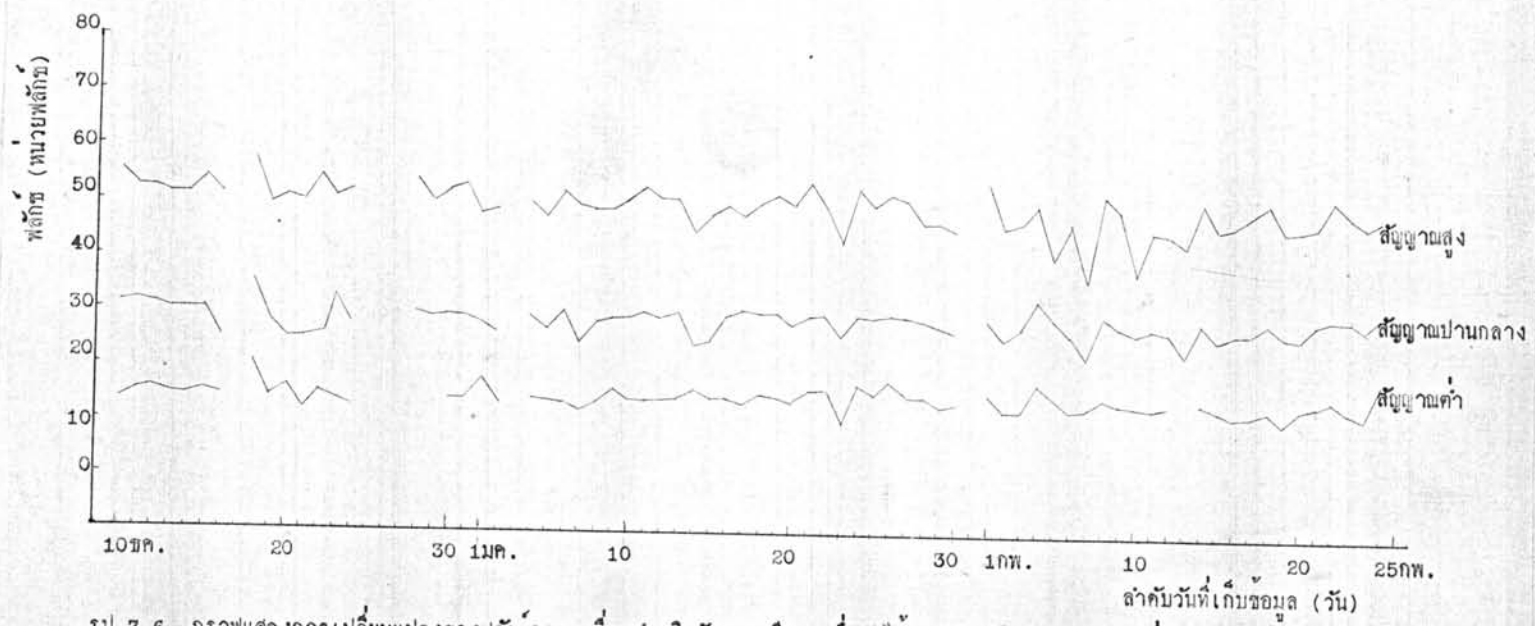
จากหลักการทางสถิติซึ่งกล่าวไว้ในบทที่ 6 ข้อ 4 เราสามารถหาขนาดการเปลี่ยนแปลงเป็นร้อยละของกำลังขยายของเครื่องรับได้ด้วยค่าของ  $\frac{\sigma_g}{F_0} \times 100$  โดย  $\sigma_g$  เป็นความเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมที่เปลี่ยนแปลงตามรายวัน  $F_0$  เป็นค่าเฉลี่ยของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียม ค่าที่คำนวณได้แสดงไว้ในตารางที่ 7.2

จากตารางที่ 7.2 จะเห็นว่าความเปลี่ยนแปลงกำลังขยายเป็นร้อยละของเครื่องรับมีค่าสูงสุดประมาณ 11.5% ซึ่งถ้าหักผลของความไม่แน่นอนของเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมออกตามสมการ 7.11 จะเหลือความเปลี่ยนแปลงกำลังขยายตามตารางที่ 7.3

ค่า  $\frac{\sigma_g}{F_0}$  เป็นค่าการกระจายของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียม อันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ เหล่านี้รวมกัน สาเหตุดังกล่าวได้แก่ การเปลี่ยนแปลงรายวันของกระแสลิกและความต่างศักย์ การเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ และสาเหตุอื่นๆ แต่เมื่อหักเอาผลจากการเปลี่ยนแปลงรายวันของกระแสลิกและความต่างศักย์ออกแล้ว จะเหลือการกระจายของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมเป็น  $(\sigma_g^2 - \sigma_{FVX}^2)^{\frac{1}{2}}$  ค่าที่คำนวณได้แสดงไว้ในตาราง 7.3 จะเห็นว่าค่า  $\frac{\sigma_g}{F_0}$  ลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น



รูป 7.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของฟลิกซ์จากเครื่องกำเนิดสวิตช์ความเต็ม ซึ่งวัดได้จากการเทียบมาตรฐานในช่วงก่อนการวัดฟลิกซ์ดวงอาทิตย์



รูป 7.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียม ซึ่งวัดได้จากการเทียบมาตรฐานในช่วง  
หลังการวัดฟลักซ์ควงอาทิตย์



ตารางที่ 7.2

แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียม ค่าเฉลี่ยของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียม และความเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ

สัญญาณจากเครื่อง กำเนิดสัญญาณเทียม	$\sigma_g$		$F$		$\frac{\sigma_g}{F} \times 100$		$\frac{\sigma_g}{F} \times 100$ เฉลี่ยทั้งช่วงก่อน และช่วงหลัง
	ช่วงก่อน	ช่วงหลัง	ช่วงก่อน	ช่วงหลัง	ช่วงก่อน	ช่วงหลัง	
ต่ำ	1.81	1.71	16.0	14.8	11.3	11.5	11.4
ปานกลาง	2.49	2.26	29.6	28.9	8.4	7.8	8.1
สูง	3.56	3.69	48.3	49.8	7.4	7.4	7.4

ตารางที่ 7.3

แสดงการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ

สัญญาณจากเครื่อง กำเนิดสัญญาณเทียบ	$\frac{G_g}{F} \times 100$	$\frac{G_{FVX}}{F} \times 100$	$\frac{(G_g^2 - G_{FVX}^2)^{\frac{1}{2}}}{F} \times 100$
ต่ำ	11.4	2.2	11.2
ปานกลาง	8.1	2.0	7.9
สูง	7.4	2.2	7.1

จึงกล่าวได้ว่าความไม่แน่นอน 2.1% ของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมไม่เป็นปัญหาในการนำฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมไปใช้เป็นฟลักซ์มาตรฐาน และไม่จำเป็นต้องคำนวณแก้ไขการกระจายของฟลักซ์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของกระแสหลักและความต่างศักย์ของไฟบ้านที่จ่ายให้เครื่องกำเนิดสัญญาณเทียม

นอกจากนี้ จากตาราง 7.3 ยังแสดงให้เห็นว่า ในการนำเครื่องรับไปวัดฟลักซ์ดวงอาทิตย์สามารถเกิดความผิดพลาดเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับและสาเหตุอื่นๆได้ประมาณ 7-12%

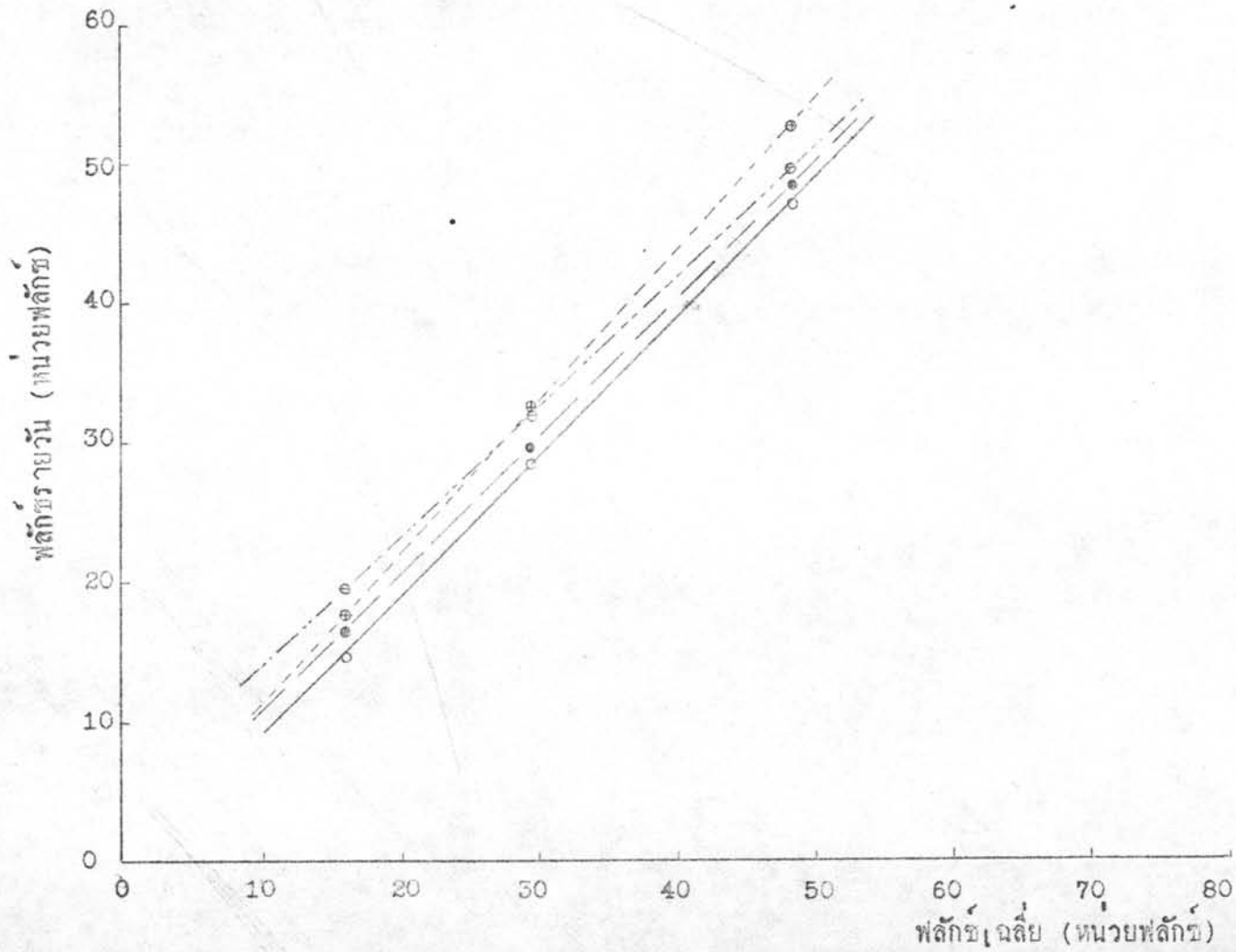
2.2 การแยกสาเหตุการกระจายของค่าฟลักซ์จากข้อ 2.1 เราแสดงแล้วว่า การกระจายของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับและสาเหตุอื่นๆซึ่งรวมกันแล้วมีค่าประมาณ 7-12% เราต้องการแยกให้เห็นชัดเจนว่า การกระจายของฟลักซ์นี้มีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับและจากสาเหตุอื่น เป็นจำนวนอย่างละเท่าไร วิธีการแยกทำได้โดยการนำค่าฟลักซ์รายวัน มาเขียนกราฟกับค่าฟลักซ์เฉลี่ย โดยจับคู่ดังนี้

$$\left. \begin{array}{l} \bar{F}_L \quad \text{กับ} \quad F_{L1} \\ \bar{F}_M \quad \text{กับ} \quad F_{M1} \\ \bar{F}_H \quad \text{กับ} \quad F_{H1} \end{array} \right\} \text{ให้ 3 จุดต่อกันเป็นกราฟ 1 เส้น}$$

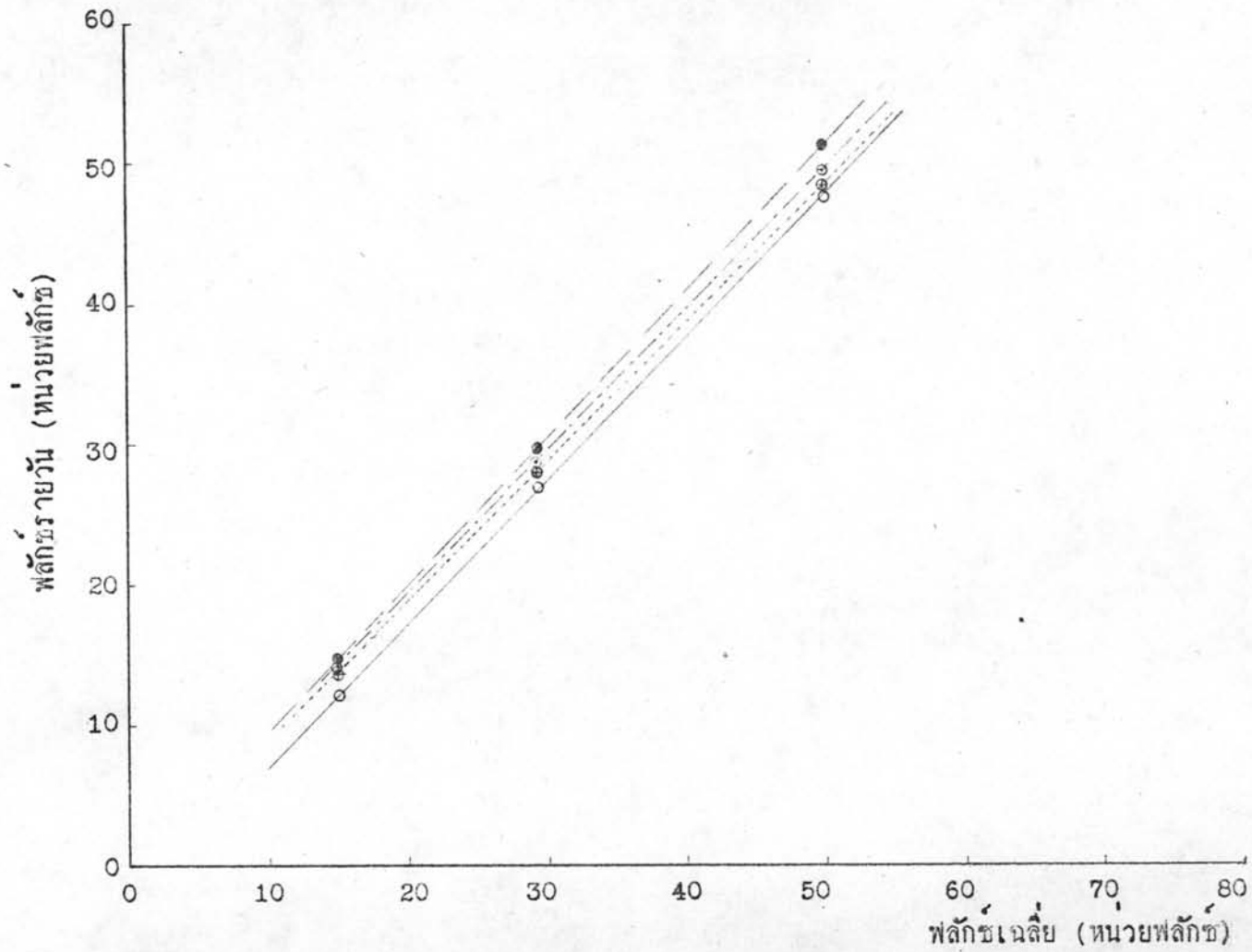
เมื่อ  $\bar{F}_L$ ,  $\bar{F}_M$  และ  $\bar{F}_H$  เป็นค่าเฉลี่ยของฟลักซ์รายวันตลอดระยะเวลาของการเก็บข้อมูล โดยวัดจากหลอดที่ให้สัญญาณต่ำ, ปานกลางและสูงตามลำดับ  $F_{L1}$ ,  $F_{M1}$  และ  $F_{H1}$  เป็นค่าฟลักซ์จากหลอดที่ให้สัญญาณต่ำ, ปานกลางและสูงตามลำดับ โดยวัดในวันที่ 1 ดังนั้นในการเทียบมาตรฐาน 1 ครั้งจะสามารถเขียนกราฟได้ 1 เส้น ผลที่ได้แสดงไว้ในกราฟรูป 7.7 แล้วแยกพิจารณาดังนี้

1) ถ้ากราฟไม่เป็นเส้นตรงแสดงว่า กำลังขยายเมื่อวัดฟลักซ์จากหลอดต่างๆในการเทียบมาตรฐานในครั้งนั้นๆเปลี่ยนแปลงไม่เท่ากัน เช่น ขณะวัดสัญญาณสูง กำลังขยายมากกว่าปกติ 2% เป็นต้น

2) ถ้ากราฟเป็นเส้นตรงผ่านจุดเริ่มต้น (origin) และมีความชัน (slope) เท่ากับ 1 แสดงว่ากำลังขยายของเครื่องรับในการเทียบมาตรฐานครั้งนั้นเท่ากับกำลัง



รูป 7.7 ก กราฟระหว่างฟลักซ์เฉลี่ยกับฟลักซ์รายวันซึ่งได้จากการเทียบมาตรฐานในช่วงก่อน  
วัดฟลักซ์ดวงอาทิตย์



รูป 7.7 ข กราฟระหว่างฟลักซ์เฉลี่ยกับฟลักซ์รายวันซึ่งได้จากการเทียบมาตรฐานในช่วงหลังวัดฟลักซ์  
ควงอาทิตย์



ขยายเฉลี่ยทั้ง 3 สัญญา ( สูง กลาง ต่ำ )

3) ถ้ากราฟเป็นเส้นตรงผ่านจุดเริ่มต้น แต่ความชันมีค่าไม่เท่ากับ 1 แสดงว่ากำลังขยายของเครื่องรับในขณะที่เทียบมาตรฐานครั้งนั้นเปลี่ยนแปลงไปจากกำลังขยายเฉลี่ย (คิดเป็นร้อยละ) เท่ากันทั้ง 3 สัญญา เช่นกำลังขยายมากกว่าปกติ 2% เท่ากันทุกขณะที่วัดสัญญาณสูง กลาง ต่ำ

4) ถ้ากราฟเป็นเส้นตรงไม่ผ่านจุดเริ่มต้น แต่ความชันมีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่ากำลังขยายของเครื่องรับเท่ากับกำลังขยายเฉลี่ย แต่ค่าฟลักซ์ที่วัดได้ในการเทียบมาตรฐานครั้งนั้นเปลี่ยนแปลงเนื่องจากสาเหตุอื่นๆ ซึ่งมีผลต่อการวัดฟลักซ์จากแต่ละหลอดในขนาดที่เท่าๆกันทั้ง 3 สัญญา

5) ถ้ากราฟเป็นเส้นตรงไม่ผ่านจุดเริ่มต้น และความชันไม่เท่ากับ 1 แสดงว่ากำลังขยายของเครื่องรับเปลี่ยนแปลงไปจากกำลังขยายเฉลี่ย และมีการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์ที่วัดได้เนื่องจากสาเหตุอื่นซึ่งมีผลต่อค่าฟลักซ์ที่วัดได้จากแต่ละหลอดในขนาดที่เท่าๆกัน

ในกรณีของข้อ 4 และข้อ 5 อาจเกิดจากกำลังขยายของเครื่องรับที่ขยายสัญญาณจากหลอดทั้ง 3 ไม่เท่ากัน (คิดเป็นร้อยละ) แล้วบังเอิญทำให้กราฟทั้ง 3 จุดมาเรียงเป็นเส้นตรง แต่การที่ 3 จุดซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างอิสระมาต่อกันเป็นเส้นตรง มีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาก จึงตัดกรณีเช่นนี้ออกจากการวินิจฉัย

จากกราฟในรูป 7.7 ก และ ข จะเห็นกราฟเป็นเส้นตรงและส่วนใหญ่ขนานกัน แสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์เนื่องจากสาเหตุอื่นๆโดยที่กำลังขยายของเครื่องรับไม่เปลี่ยนแปลง จากการตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลเพื่อหาสาเหตุการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์ ก็พบว่าสาเหตุหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงแบบนี้ก็คือ กระจกกราฟบันทึกสัญญาณของเครื่องบันทึกสัญญาณสามารถเลื่อนไปด้านข้างซ้ายได้ ซึ่งศูนย์บนกระจกกราฟจึงเปลี่ยนระดับไป ทำให้สัญญาณที่บันทึกได้จากหลอดที่ให้สัญญาณสูง ปานกลาง และต่ำ เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมในจำนวนเท่าๆกัน

2.3 ขนาดของการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ ถ้าความเบี่ยงเบน

มาตรฐานของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเต็มเกิดจากการเปลี่ยนแปลงกำลังขยาย

ของเครื่องรับเพียงอย่างเดียว จะได้ว่า  $\phi_g = k\bar{F}$  เมื่อ  $k =$  ค่าคงที่ แต่จากตารางที่ 7.2 พบว่า  $\phi_g \neq k\bar{F}$  และกราฟรูป 7.7 ก และ ข แสดงให้เห็นว่าขณะที่กำลังขยายไม่เปลี่ยนแปลง เส้นกราฟทั้งเส้นอาจเลื่อนขึ้นลงโดยไม่เปลี่ยนความชัน ซึ่งหมายความว่ามีส่วนอื่นที่ทำให้ฟลักซ์เปลี่ยนแปลงไป โดยที่ส่วนนั้นให้การกระจายที่ไม่ขึ้นกับฟลักซ์เฉลี่ย ดังนั้นเราจึงอาจแยกสาเหตุของการกระจายนี้ออกจากกันได้ โดยนำค่า  $\bar{F}$  และ  $\phi_g$  ในตารางที่ 7.2 มาเขียนกราฟจะได้กราฟตามรูป 7.8

จากกราฟในรูป 7.8 สามารถแทนเส้นกราฟด้วยสมการเส้นตรงได้ว่า

$$\phi_g = 0.84 + 0.056 \bar{F} \quad (7.12)$$

หรือ 
$$\phi_g = a + b\bar{F} \quad (7.13)$$

จากกราฟในรูป 7.8 จึงเป็นการยืนยันสาเหตุของการกระจายของฟลักซ์ว่ามี 2 ส่วนจริง แต่ละส่วนเป็นไปตามกฎดังนี้

ส่วนแรก 
$$[\phi_g]_1 = b\bar{F} \quad (7.14)$$

ส่วนหลัง 
$$[\phi_g]_2 = a \quad (7.15)$$

เมื่อ  $a$  และ  $b$  เป็นค่าคงที่

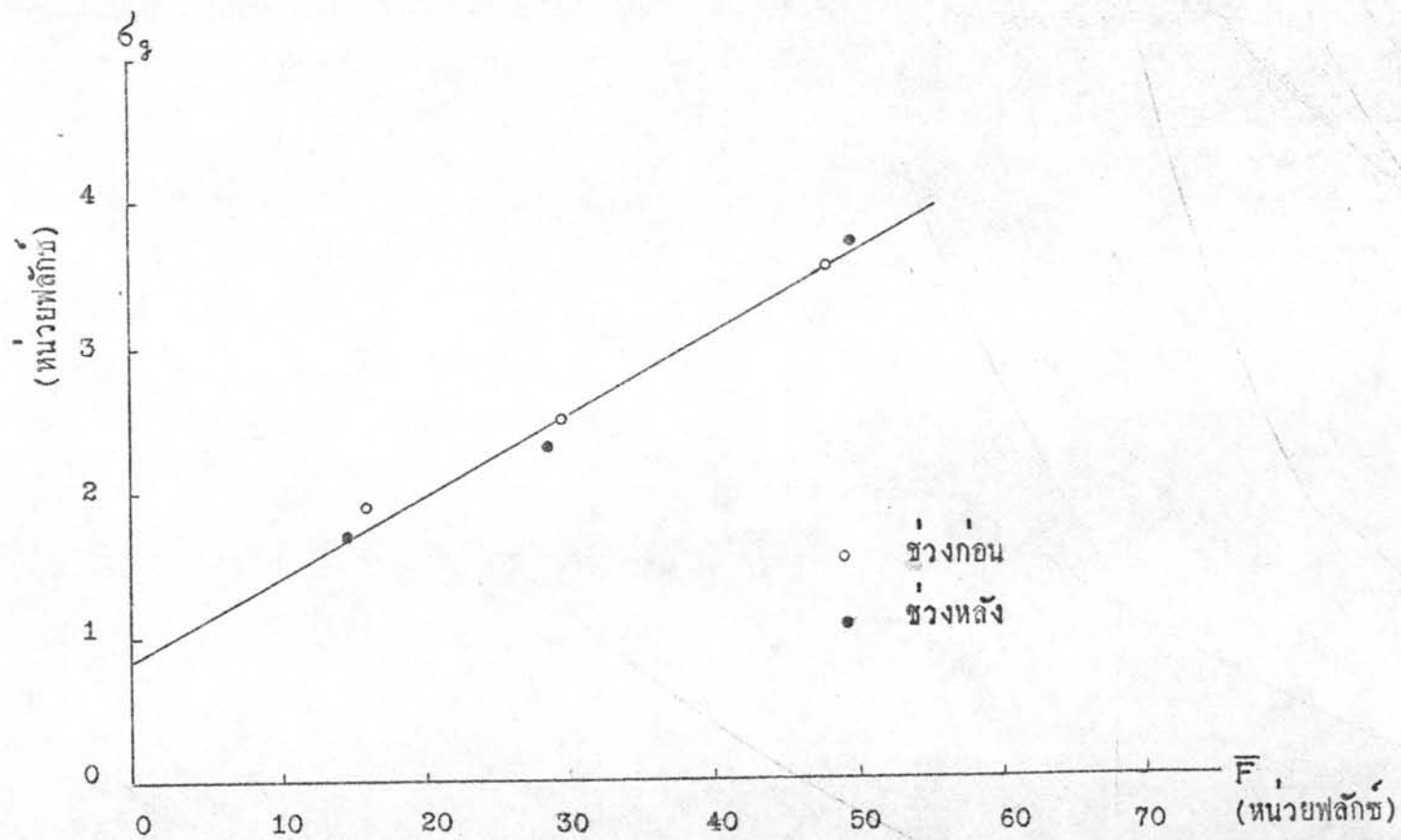
จากสมการ 7.14 
$$b = \frac{[\phi_g]_1}{\bar{F}}$$

หรือ

$$b = \frac{\text{ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟลักซ์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ}}{\text{ค่าเฉลี่ยของฟลักซ์}}$$

ดังนั้นขนาดของการกระจายของฟลักซ์อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับเป็นร้อยละจึงมีค่าเท่ากับ  $b \times 100$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.6% ส่วนขนาดของการกระจายของฟลักซ์เนื่องจากสาเหตุอื่นๆซึ่งไม่ขึ้นกับค่าเฉลี่ยของฟลักซ์จึงมีค่าเท่ากับ  $a$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.84 หน่วยฟลักซ์

เนื่องจากการกระจายของฟลักซ์ 5.6% นี้ได้รวมเอาผลจากความไม่แน่นอนของเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมซึ่งมีค่าประมาณ 2.1% ไว้ด้วย นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับกับความไม่แน่นอนของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมเป็น



รูป 7.8 กราฟระหว่างค่าฟลักซ์เฉลี่ย ( $\bar{F}$ ) กับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากหลอดที่ให้สัญญาณสูงปานกลางและค่าทั้งช่วงก่อนและช่วงหลัง ( $\sigma_g$ )

อิสระต่อกัน ดังนั้นจึงสามารถหาการกระจายของฟลักซ์อันเนื่องมาจากความเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับเพียงอย่างเดียวได้เท่ากับ  $\sqrt{(5.6)^2 - (2.1)^2} = 5.2\%$

2.4 การคำนวณหาความผิดพลาดของฟลักซ์ดวงอาทิตย์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ จากข้อ 2.1 แสดงให้เห็นแล้วว่า การเปลี่ยนแปลงของความกว้างสัณฐาน และกระแสลึกลับมีผลต่อการกระจายของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมทั่วๆ ไปได้น้อยกว่าสาเหตุอื่นมาก ดังนั้นการกระจายของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมจึงมีสาเหตุที่สำคัญ 2 ประการเท่านั้น คือ

2.4.1 การเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับเท่ากับ 5.2%

2.4.2 การเปลี่ยนแปลงซึ่งไม่ขึ้นกับขนาดของฟลักซ์เท่ากับ 0.64 หน่วยฟลักซ์ ซึ่งถ้าคิดเป็นร้อยละจะใกล้เคียงกับ 5.4%, 2.9% และ 1.7% สำหรับฟลักซ์จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งให้สัญญาณค่า ปานกลาง และสูงตามลำดับ

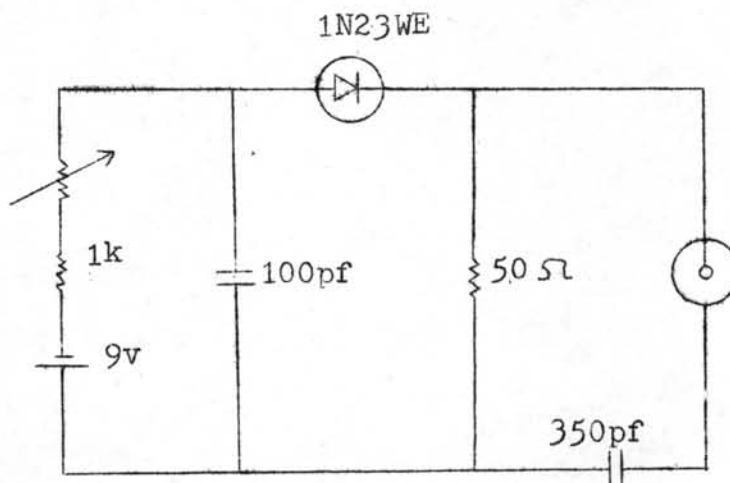
สัญญาณจากดวงอาทิตย์มีขนาดโดยประมาณเท่ากับสัญญาณจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ของเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมซึ่งให้สัญญาณปานกลาง ทำให้ฟลักซ์ดวงอาทิตย์ทั่วๆ ไปได้มีความผิดพลาดเนื่องจากสาเหตุในข้อ 2.4.2 มีค่าประมาณ 2.9% ด้วย ดังนั้นฟลักซ์ดวงอาทิตย์ทั่วๆ ไปได้จึงมีความผิดพลาดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ (b) และการเปลี่ยนแปลงซึ่งไม่ขึ้นกับขนาดของฟลักซ์ (a) เนื่องจากทั้ง 2 ส่วนนี้เป็นอิสระต่อกัน ความผิดพลาดรวมจึงมีค่าเท่ากับ  $\sqrt{(5.2)^2 + (2.9)^2} = 6.0\%$

จะเห็นว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับค่าของฟลักซ์ดวงอาทิตย์ทั่วๆ ไปได้ถึง 2 ส่วน ซึ่งเป็นอิสระต่อกัน ถ้าหากจะคำนวณแก้ไขความผิดพลาดนี้ จะต้องทราบกฎเกณฑ์ของความผิดพลาดเหล่านี้ สำหรับความผิดพลาดที่มีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ ซึ่งสามารถหาขนาดของความผิดพลาดนี้ได้จากการเทียบมาตรฐาน แต่เราไม่สามารถนำเอาการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมซึ่งได้จากการเทียบมาตรฐานไปใช้คำนวณแก้ไขความผิดพลาดของฟลักซ์ดวงอาทิตย์ได้ ทั้งนี้เพราะว่ากำลังขยายของเครื่องรับขณะที่เทียบมาตรฐานกับขณะที่วัดฟลักซ์ดวงอาทิตย์อาจไม่เท่ากัน ส่วนความผิดพลาดอีกส่วนหนึ่งซึ่งไม่ขึ้นกับขนาดของฟลักซ์ เราไม่สามารถหากฎเกณฑ์ของความผิดพลาดส่วนนี้ได้เช่นกัน ดังนั้นเราจึงไม่คำนวณแก้ไขความผิดพลาด

ของฟลักซ์ควงอาทิตย์ที่วัดได้และจะยอมรับว่าความผิดพลาดของค่าฟลักซ์ควงอาทิตย์ที่วัดได้มีค่าประมาณ 6%

### 3. การตรวจสอบสภาพเชิงเส้นของเครื่องรับ

สภาพเชิงเส้นเป็นตัวบอกความสามารถของเครื่องรับในการถ่ายทอดสัญญาณระดับต่างๆที่เข้าเครื่องรับ ออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่บันทึกลงบนกระดาษกราฟของเครื่องบันทึกสัญญาณ ถ้าเครื่องรับมีสภาพเชิงเส้นดี สัญญาณที่อ่านได้จากเครื่องจะแปรผันโดยตรงกับพลังงานต่อหน่วยเวลาที่รับได้จากจานสายอากาศ ดังนั้นก่อนจะนำเครื่องรับไปวัดฟลักซ์ควงอาทิตย์ จึงต้องตรวจสอบสภาพเชิงเส้นของเครื่องรับสัญญาณก่อน การตรวจสอบโดยตรงนั้นจะต้องใช้วงจรทอนสัญญาณ (attenuator) ต่อคั่นระหว่างเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียบกับเครื่องรับ และแปรค่าความแรงของสัญญาณที่จะเข้าเครื่องรับ อ่านค่าที่วัดได้สำหรับสัญญาณเข้าขนาดต่างๆ แต่เนื่องจากเราไม่มีวงจรทอนสัญญาณที่เหมาะสมจึงได้แต่เพียงทดสอบสภาพเชิงเส้นของเครื่องรับอย่างหยาบๆ โดยใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณแบบไดโอด (diode noise generator) ซึ่งสร้างขึ้นอย่างง่ายดังวงจรในรูป 7.9

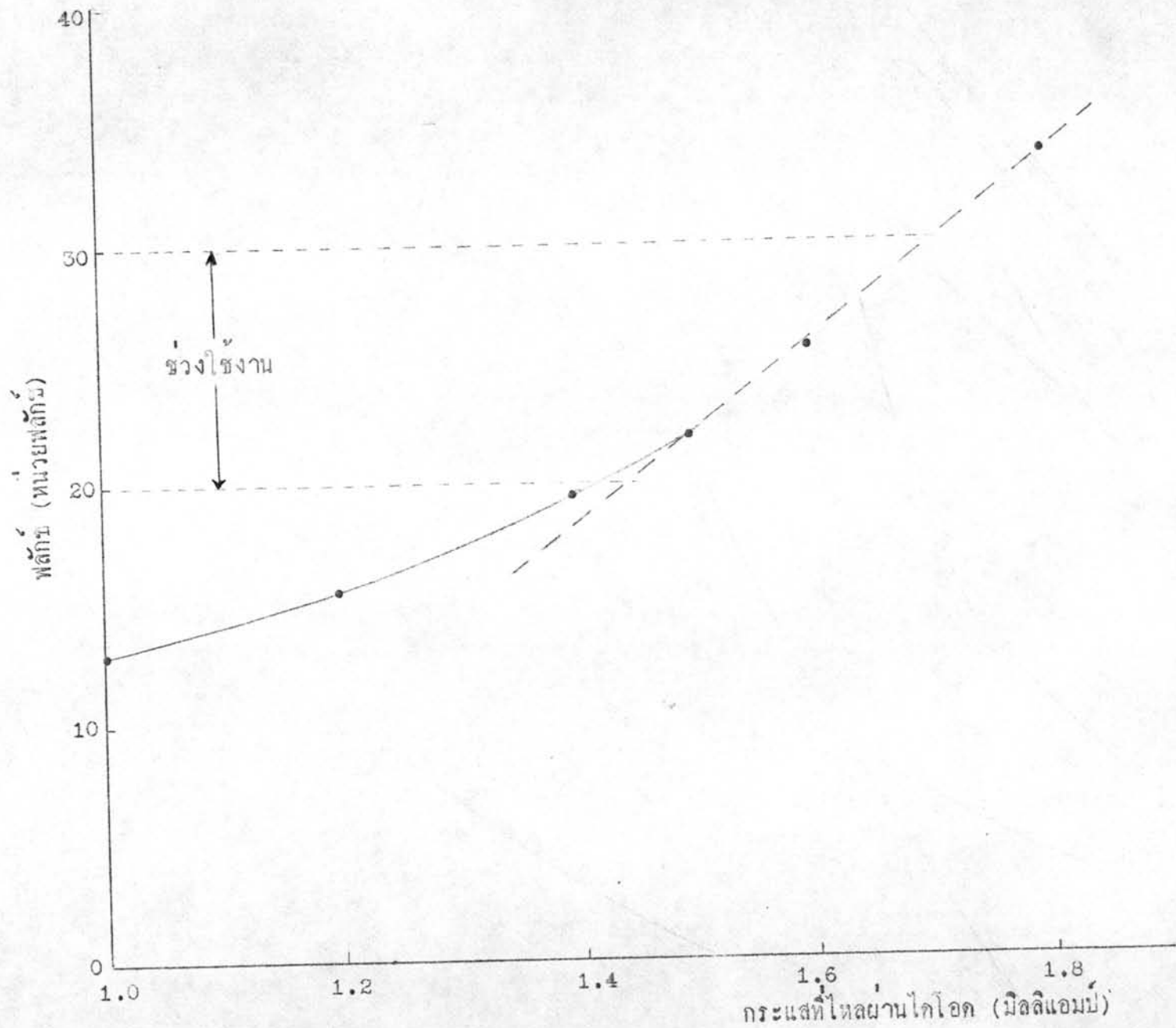


รูป 7.9 แสดงวงจรของเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียบแบบไดโอด



จากหลักการของเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียบแบบไดโอด พลังงานของสัญญาณรบกวน ( noise ) ที่ได้จากหลอดไดโอดใน 1 หน่วยเวลา จะแปรผันตามกระแสที่ไหลผ่านไดโอด ( Kraus, 1966 ) ดังนั้นจึงได้ทดสอบสภาพเชิงเส้นของเครื่องรับได้ โดยการแปรค่ากระแสที่ไหลผ่านไดโอด ถ้าสภาพเชิงเส้นของเครื่องรับก็จะได้กราฟระหว่างค่าพลาซซ์ที่อ่านได้กับกระแสเป็นเส้นตรง

ผลที่ได้เป็นไปตามกราฟรูปที่ 7.10 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นแนวโค้งเล็กน้อย แต่เมื่อเทียบกับค่าพลาซซ์ที่วัดได้แล้ว ปรากฏว่าค่าพลาซซ์จากดวงอาทิตย์กระจายในช่วงแคบๆ ซึ่งการเปลี่ยนความชันของเส้นโค้ง ( second derivative ) ในช่วงแคบๆดังกล่าวมีค่าไม่มากนักเมื่อเทียบกับความชันของเส้นโค้งเอง จึงประมาณว่าเป็นเส้นตรงได้สำหรับงานนี้ ดังนั้นจึงถือได้ว่าค่าพลาซซ์ที่อ่านได้จากเครื่องรับแปรผันโดยตรงกับค่าพลาซซ์ดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนจานสายอากาศ



รูป 7.10 กราฟแสดงสภาพเชิงเส้นของเครื่องรับ

#### 4. การวัดความถี่ของคลื่นวิทยุจากวงจรกำเนิดสัญญาณภายใน ( Local oscillator )

คลื่นวิทยุที่ผ่านลำโพงรับสัญญาณเข้ามายังทางเข้าสัญญาณของเครื่องรับ จะถูก ลำโพงรับสัญญาณเลือกไว้แต่ความถี่อยู่ในช่วง 1350-1450 เมกกะเฮิรตซ์ แต่ช่วงความถี่ ที่สามารถผ่านเข้าเครื่องรับได้จะถูกกำหนดให้แคบเข้าโดยความถี่ของคลื่นวิทยุจากวงจร ก่อเกิดสัญญาณภายใน ซึ่งทำหน้าที่ปล่อยคลื่นวิทยุความถี่สูงออกมาผสมกับคลื่นวิทยุจาก วงจรอาศัยที่ผ่านลำโพงรับสัญญาณเข้ามาได้ ทำให้เกิดความถี่บีต ( beat frequency ) ประมาณ 0-50 เมกกะเฮิรตซ์ ซึ่งวงจรขยายสัญญาณภาคแรกจะเลือกขยายแต่ความถี่ 10 เมกกะเฮิรตซ์ ( 5-15 เมกกะเฮิรตซ์ ) แล้วจึงส่งไปขยายในวงจรขยายสัญญาณ ภาคต่อไป ความถี่ของสัญญาณที่เครื่องรับรับได้จึงเท่ากับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณ ภายใน  $\pm 10$  เมกกะเฮิรตซ์ ( รับทั้งบีตจากความถี่สูงและความถี่ต่ำ ) ดังนั้นการที่จะ รัวความถี่คลื่นวิทยุจากวงจรอาศัยที่เครื่องรับรับได้ จึงต้องรัวความถี่ของคลื่นวิทยุจากวงจร ก่อเกิดสัญญาณภายในเสียก่อน ในการวัดความถี่ของคลื่นวิทยุจากวงจรกำเนิดสัญญาณ ภายใน ใ้ใช้วิธีการ 2 อย่าง เพื่อเปรียบเทียบผลกันดังนี้

##### 4.1 วัดความถี่โดยอาศัยโพรงอกินาท ( Resonant cavity )

การวัดความถี่โดยวิธีนี้ทำโดยใช้หลักการว่าจะแบ่งเอาสัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณ ภายในที่ส่งไปยังวงจรผสมสัญญาณ โดยนำสัญญาณส่วนที่แบ่งมานี้ส่งเข้าไปในโพรงอกินาท ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นสถิต ( standing wave ) ขึ้นในโพรงนั้น หลังจากนั้นจะ เปลี่ยนความยาวโพรงอกินาทแล้วสังเกตการคลุกคลื่นคลื่นของโพรงอกินาทจากกระแสผลึก ถ้าความยาวของโพรงอกินาทเป็น  $\frac{n}{2} \lambda_g$  โดย  $n$  เป็นเลขจำนวนเต็มและ  $\lambda_g$  เป็น ความยาวคลื่นสถิตในโพรงอกินาทจะเกิดอกินาท ( resonance ) ขึ้น โพรง อกินาทจะถูกคลื่นพลังงานจากวงจรผสมสัญญาณมากที่สุดซึ่งจะทำให้กระแสผลึกซึ่งเป็นกระ- แสที่ไหลผ่านไดโอดผลึกของวงจรผสมสัญญาณลดลงต่ำสุดด้วย จากความยาวของโพรง อกินาทระหว่างตำแหน่งที่เกิดอกินาทครั้งแรกกับครั้งถัดไปจะเป็นครึ่งหนึ่งของความยาว คลื่นสถิตที่เกิดขึ้นในโพรงอกินาท (  $\lambda_g$  ) ซึ่งสามารถนำมาคำนวณหาความยาวและความถี่ ของคลื่นจากวงจรกำเนิดสัญญาณภายในได้

ในการทดลองได้สร้างโพรงอินาทสี่เหลี่ยมขนาด  $2 \times 16 \times 52$  ลูกบาศก์ เซนติเมตร ซึ่งทำขึ้นโดยใช้โฟมขนาด  $2 \times 16 \times 52$  ลูกบาศก์เซนติเมตร หุ้มด้วย กระดาษอะลูมิเนียม (aluminium foil) โดยรอบ วางโพรงอินาทที่สร้าง ขึ้นให้ระนาบด้านกว้างอยู่ในแนวนอน เสียบปลายสายนำสัญญาณซึ่งต่อออกมาจากช่องนำ สัญญาณเข้าของเครื่องรับ เข้กับด้านบนของโพรงอินาทที่ระยะห่างจากปลายด้านหนึ่ง ประมาณ 5.5 เซนติเมตร ดังในรูป 7.11 สัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณภายใน จะเหนี่ยวนำให้เกิดสัญญาณขึ้นที่แกนของช่องนำสัญญาณเข้า สัญญาณจะถูกส่งผ่านเข้าไป ในโพรงอินาท ทำให้เกิดคลื่นสถิตขึ้นในโพรงอินาท เนื่องจากเรขาคณิตความยาว คลื่นจากวงจรกำเนิดสัญญาณภายในโดยประมาณแล้ว ดังนั้นเราจึงสร้างโพรงอินาท ให้มีขนาดยาวกว่า 1 ความยาวคลื่นของคลื่นสถิตที่เกิดขึ้นเล็กน้อย และมีความหนาที่จะ ทำให้เกิดคลื่นสถิตเฉพาะโหมด  $TE_{m,0}$  ซึ่งเป็นโหมดที่ง่ายที่สุดเท่านั้น หลังจากนั้น จึงค่อยๆเปลี่ยนความยาวของโพรงอินาท โดยการตัดโพรงอินาทให้สั้นลงทีละ 2 มิลลิเมตรตรงปลายด้านที่อยู่ห่างจากจุดเสียบสายนำสัญญาณ ทุกครั้งที่เปลี่ยนความยาว ของโพรงอินาท จะอ่านค่ากระแสแอมพลิจูดเอาไว้ แล้วนำค่ากระแสแอมพลิจูดนี้มาเขียนกราฟ กับความยาวของโพรงอินาทซึ่งจะได้กราฟรูป 7.12

จากกราฟจะเห็นว่าความยาวของโพรงอินาทที่เกิดอินาทครั้งแรกและครั้งที่ถัด ไปมีค่าเท่ากับ 16.6 เซนติเมตร ดังนั้นความยาวคลื่นของคลื่นสถิตในโพรงอินาทจึง มีค่าเท่ากับ 33.2 เซนติเมตร ความยาวคลื่นในโพรงอินาทกับความยาวคลื่นในสุญญากาศ มีความสัมพันธ์กันตามสมการ

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_0}{2a}\right)^2}} \quad (7.16)$$

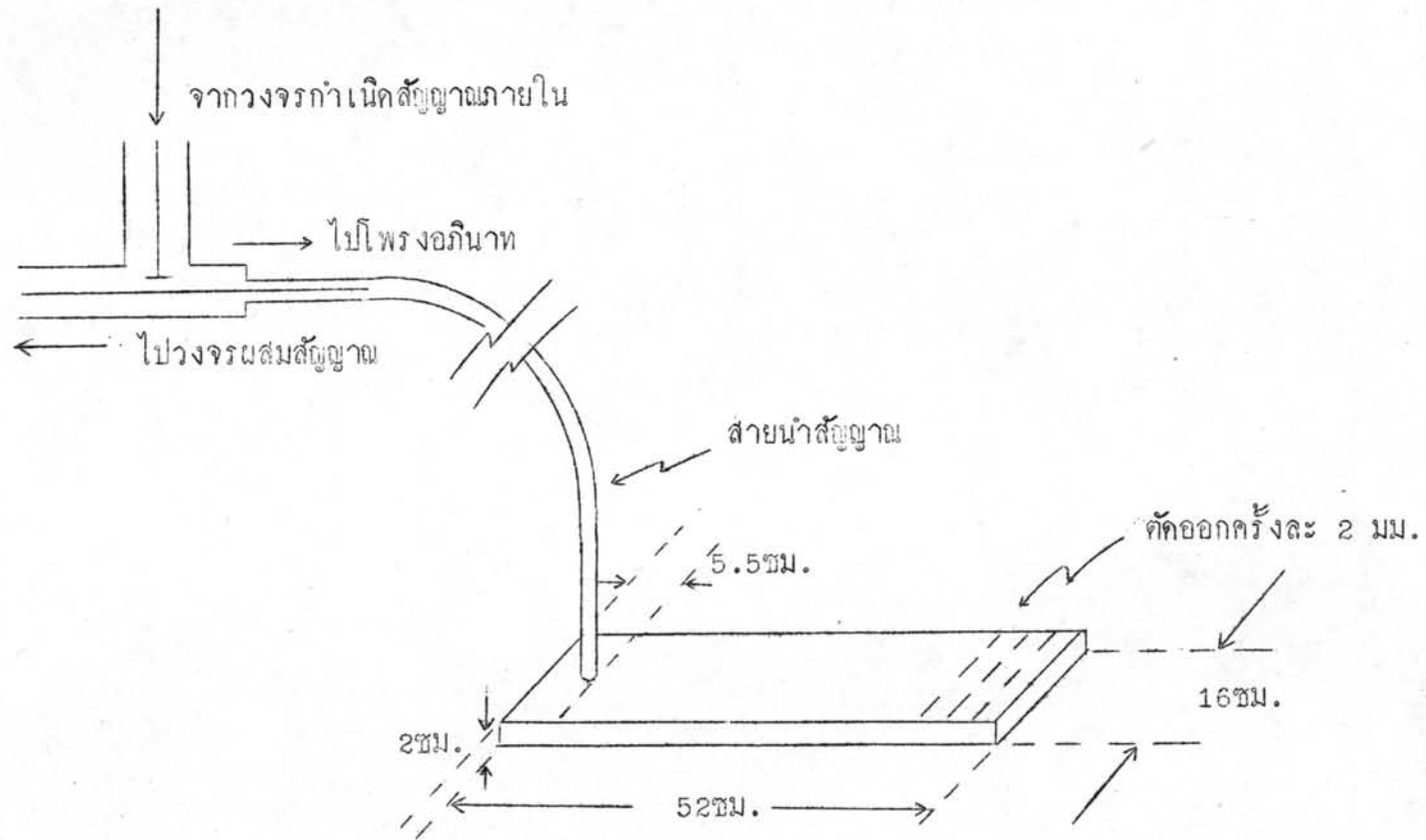
เมื่อ  $\lambda_g$  = ความยาวคลื่นในโพรงอินาท (เซนติเมตร)

$\lambda_0$  = ความยาวคลื่นในสุญญากาศ (เซนติเมตร)

$a$  = ความกว้างของโพรงอินาท (เซนติเมตร)

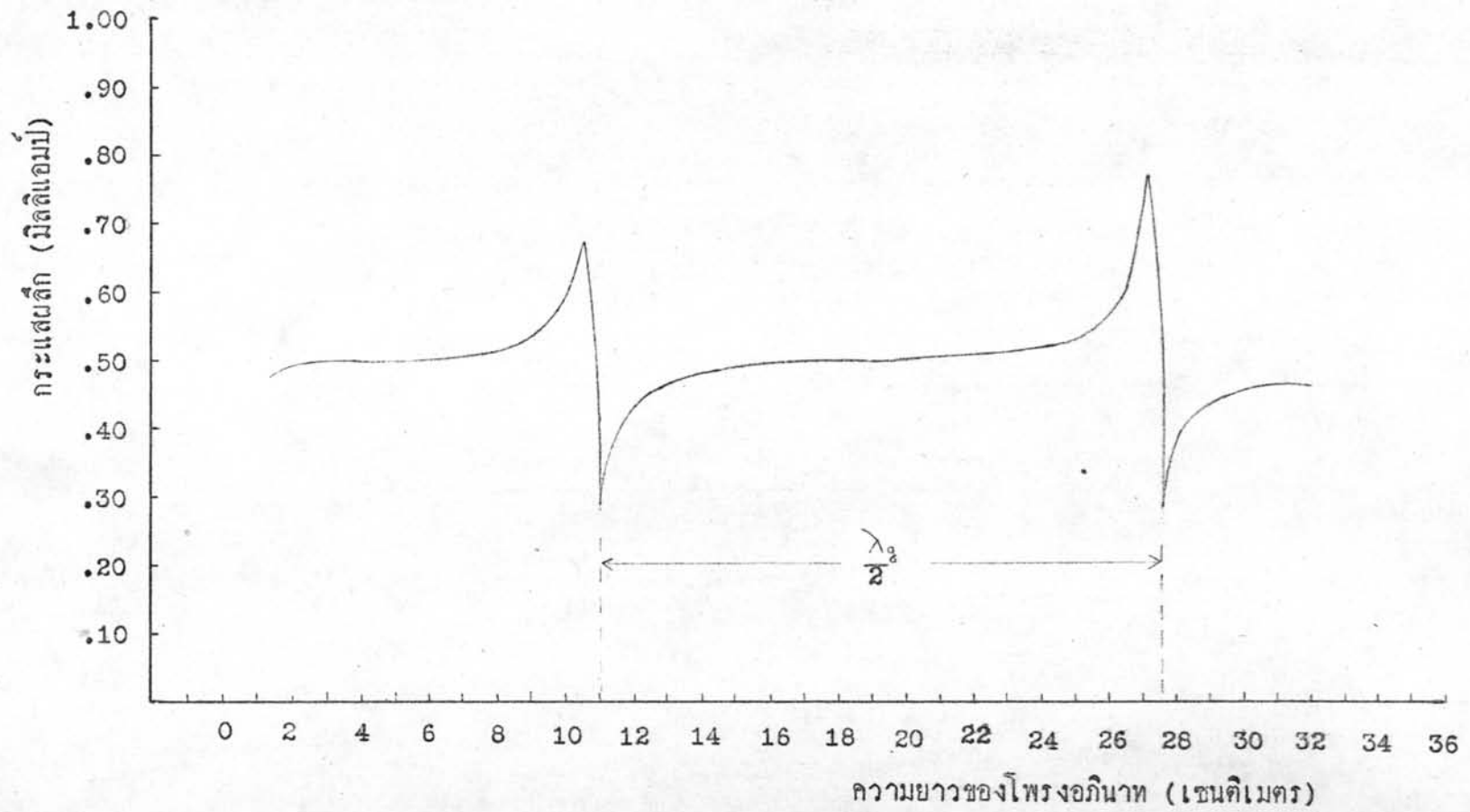
อาศัยสมการ 7.16 คำนวณหาความยาวของคลื่นในสุญญากาศได้เท่ากับ 23.0 เซนติเมตร

สมการ 7.16 โดยปกติใช้คำนวณหาความยาวคลื่นเมื่อโพรงอินาทมีตัวกลาง เป็นสุญญากาศซึ่งมีค่าคงที่วชิขุมขมิมีเท่ากับ 1 แต่ในกรณีนี้เราใช้โฟมเป็นตัวกลาง



รูป 7.11 แสดงการต่ออุปกรณ์ที่ใช้วัดความถี่โดยอาศัยโฟรงอกินาท

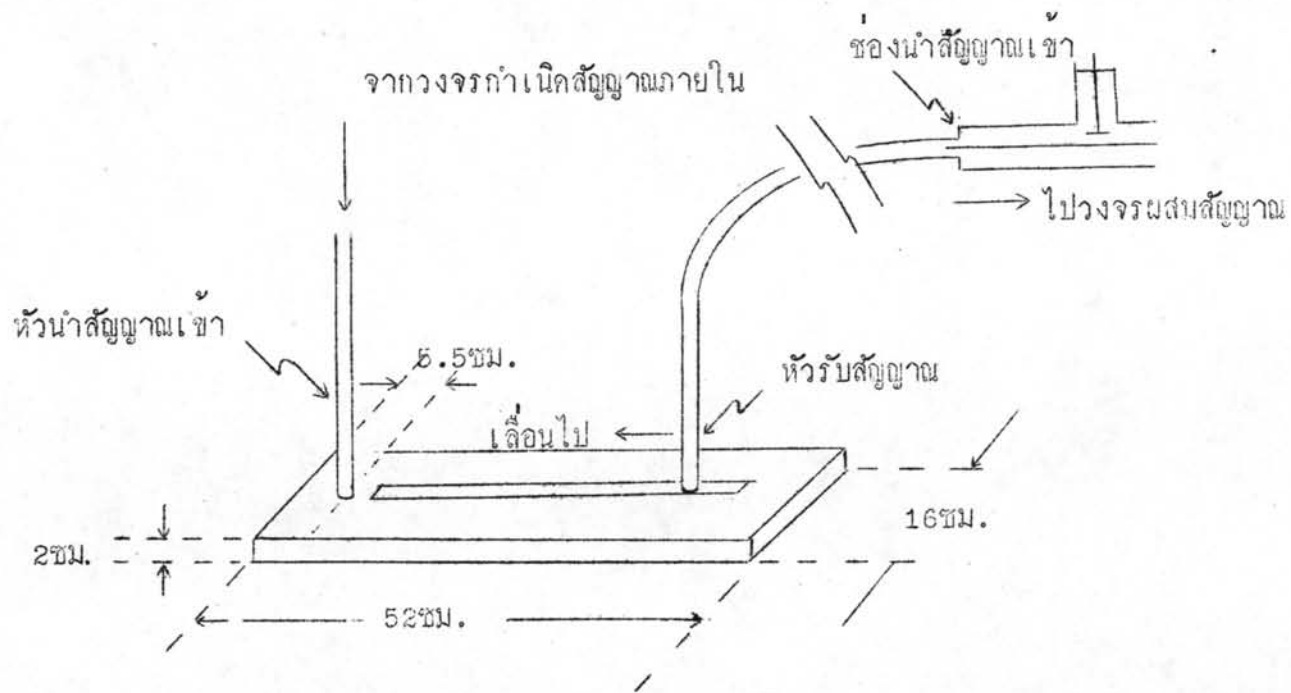




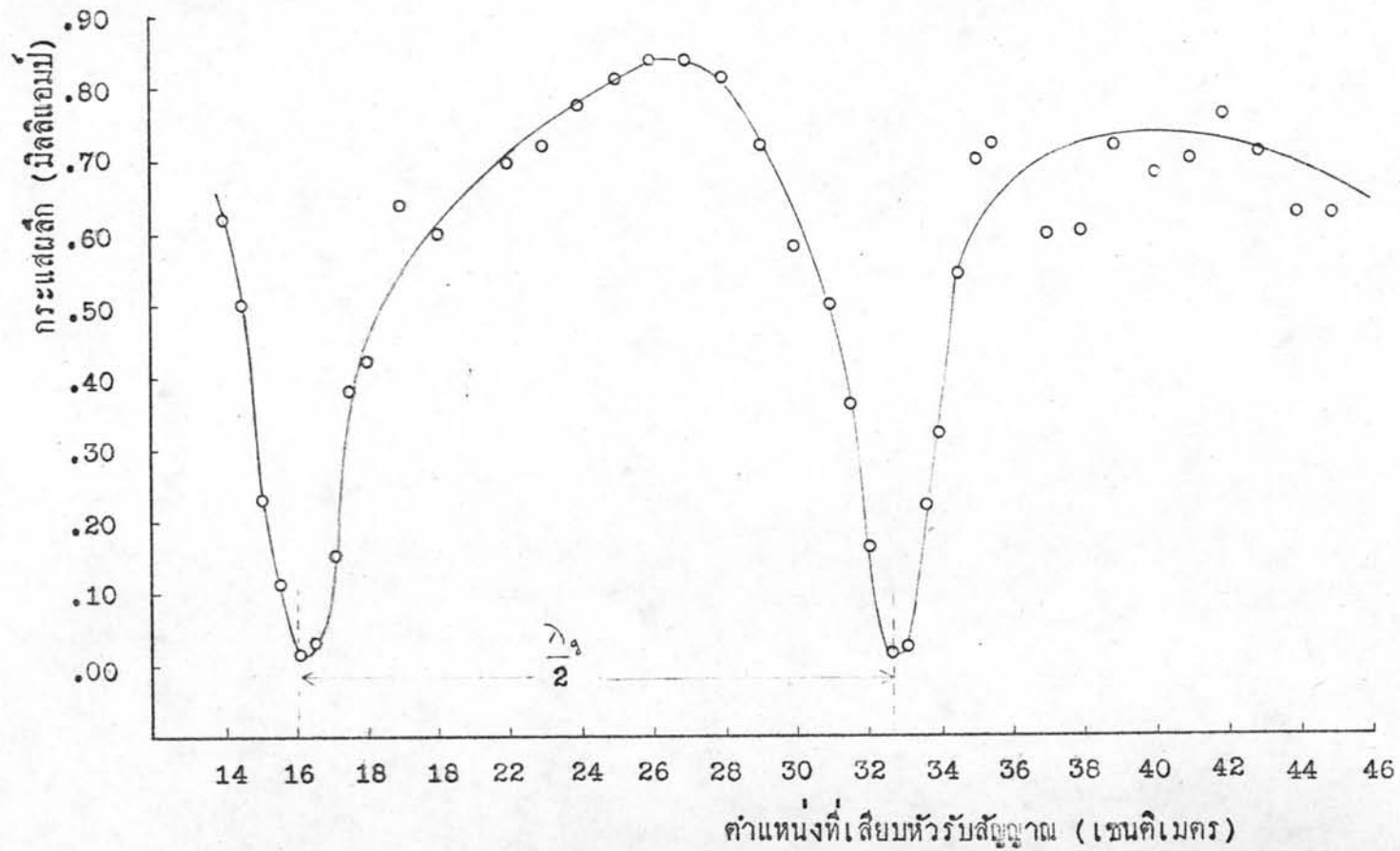
รูป 7.12 กราฟแสดงการเกิดอภินาตของคลื่นสถิติในโพรงอภินาต

โพลีเมอร์จากสารโพลีสไตรีน ( polystyrene ) สารชนิดนี้มีค่าคงที่วิซซุมซิม ( dielectric constant ) ระหว่าง 2.4 ถึง 2.6 มีความหนาแน่น 1.05 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อนำสารนี้มาทำเป็นโพลีเมอร์ ความหนาแน่นของโพลีเมอร์ได้  $1.2 \times 10^{-2}$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แสดงว่าในการใช้โพลีเมอร์เป็นตัวกลางของโพรงอภินาตจะมีสารโพลีสไตรีนแทรกตัวอยู่ในโพรงอภินาต 1.1 % โดยน้ำหนัก เมื่อประมาณค่าคงที่วิซซุมซิมเฉลี่ยของตัวกลางในโพรงอภินาตแล้วใกล้เคียงกับ 1 มาก ดังนั้นในการคำนวณหาความยาวคลื่นในโพรงอภินาตจึงถือว่าตัวกลางเป็นสูญญากาศได้

4.2 วัดความถี่โดยอาศัยท่อนำคลื่น ( Wave guide ) วิธีการคือสร้างท่อนำคลื่นขนาด  $2 \times 16 \times 52$  ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้โพลีเมอร์เป็นตัวกลางหุ้มโดยรอบด้วยกระดาษอะลูมิเนียม จัดเครื่องมือเช่นเดียวกับข้อ 4.1 แล้วค่อยๆ ตัดจนเหลือยาวเท่ากับ  $\frac{3\lambda_g}{2}$  โดยวิธีในข้อ 4.1 หลังจากนั้นจะเจาะช่องแคบๆ ที่คานบนของท่อนำคลื่นตามความยาวของท่อ เราจะเอาสายนำสัญญาณจากวงจรถ่ายสัญญาณภายในเสียบเข้าไปที่คานบนของท่อนำคลื่นโดยให้ตั้งฉากกับระนาบคานกว้างของท่อ เพื่อนำสัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณภายในส่งเข้าไปภายในท่อโดยตรง ปลายสายซึ่งต่อมาจากช่องรับสัญญาณของเครื่องรับ จะถูกเสียบเข้าไปในช่องแคบที่เจาะไว้ตามรูป 7.13 เพื่อทำหน้าที่รับสัญญาณจากท่อนำคลื่นจากตำแหน่งต่างๆ ส่งให้เครื่องรับ หลังจากนั้นจะเลื่อนตำแหน่งที่เสียบหัวรับสัญญาณตามช่องแคบเข้าไปใกล้หัวนำสัญญาณเข้าครั้งละ 0.5 เซนติเมตร แล้วอ่านค่ากระแสผลึก เมื่อหัวรับสัญญาณอยู่ตรงตำแหน่งโน้ตของคลื่นสถิตที่เกิดขึ้นภายในท่อนำคลื่น หัวรับสัญญาณจะรับสัญญาณได้ค่าสูงสุด ทำให้กระแสผลึกลดลงต่ำสุดด้วย ฉะนั้นระยะทางที่หัวรับสัญญาณเลื่อนไประหว่างตำแหน่งที่ทำให้กระแสผลึกลดลงต่ำสุดครั้งแรกกับครั้งถัดไปจึงเท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นสถิตที่เกิดขึ้นภายในท่อนำคลื่นหรือเมื่อนำระยะที่หัวรับสัญญาณเลื่อนไปมา เขียนกราฟกับกระแสผลึกจะได้อกราฟตามรูป 7.14



รูป 7.13 แสดงการต่ออุปกรณ์ที่ใช้วัดความถี่โดยอาศัยท่อนำคลื่น



รูป 7.14 กราฟระหว่างตำแหน่งที่เลียบหัวรับสัญญาณกับกระแสแสงเล็ก

จากกราฟจะเห็นว่าระยะที่หัวรับสัญญาณเลื่อนไปแล้วค่ากระแสผลลดลงต่ำสุด ครั้งแรกกับครั้งที่ถัดไปมีค่าเท่ากับ 16.7 เซนติเมตร แสดงว่าความยาวของคลื่นสถิติน ท่อนำคลื่นมีค่าเท่ากับ 33.4 เซนติเมตร

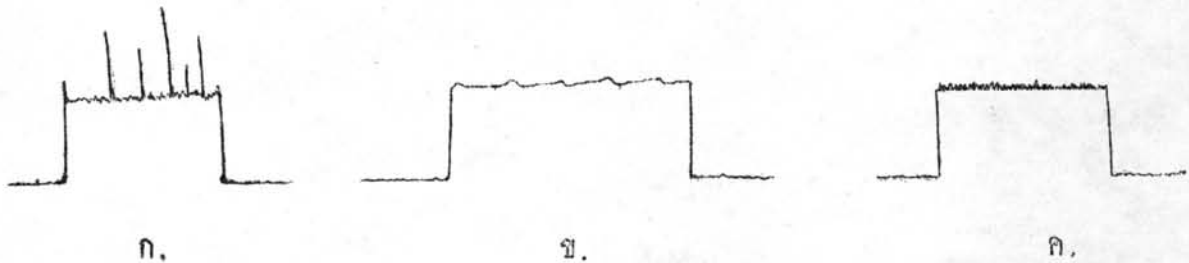
จากความยาวคลื่นที่วัดได้นี้ อาศัยสมการ 7.16 คำนวณหาค่าความยาวคลื่นใน สูญญากาศได้เท่ากับ 23.1 เซนติเมตร จากผลวัดความยาวคลื่นจากวงจรกำเนิดสัญญาณ ภายในห้อง 2 วิธี ปรากฏว่าใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าจะอาศัยวิธีการต่างกันก็ตาม ได้ค่าเฉลี่ยของความยาวคลื่นเท่ากับ 23.0 เซนติเมตร ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเครื่องรับ ที่เราใช้สังเกตการณ์ดวงอาทิตย์รับคลื่นวิทยุที่มีความยาวคลื่น 23 เซนติเมตร

#### 5. การตรวจสอบสัญญาณรบกวน

ในการสังเกตการณ์ดวงอาทิตย์ด้วยโทรทรรศน์วิทยุ มีสัญญาณรบกวนที่บันทึก ได้เกิดขึ้น 2 ชนิดดังนี้

5.1 สัญญาณรบกวนแบบไม่เป็นคาบ มีลักษณะปรากฏบนกระดาษกราฟของเครื่อง บันทึกสัญญาณดังในรูป 7.15 ก. สัญญาณรบกวนแบบนี้มีความเข้มมากกว่าความเข้มสัญญาณ จากดวงอาทิตย์ตั้งแต่ 0.5-4 เท่า เกิดขึ้นในเวลาไม่แน่นอน บางวันพบมาก บางวัน พบน้อย ไม่ขึ้นกับทิศทางที่จานสายอากาศหันไปในตำแหน่งต่างๆ สัญญาณรบกวนแต่ละ ครั้งกินเวลาประมาณ 1 วินาที ฉะนั้นถ้าให้กระดาษกราฟของเครื่องบันทึกสัญญาณเคลื่อน ที่ด้วยอัตราเร็วต่ำ จะเห็นสัญญาณรบกวนชนิดนี้เป็นเส้นอยู่เหนือสัญญาณจากดวงอาทิตย์ การทดสอบหาแหล่งที่มาของสัญญาณรบกวนชนิดนี้ทำได้โดยการหันจานสายอากาศออกจาก ดวงอาทิตย์ไปยังท้องฟ้าทั่วไป ซึ่งจะพบว่ายังคงมีสัญญาณรบกวนแบบนี้เกิดขึ้นได้อยู่ เมื่อนำเครื่องรับไปวัดฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียบก็ยังคงพบสัญญาณรบกวนแบบนี้ อยู่เช่นกัน โดยเฉพาะถ้าเราอุ่นเครื่องรับในเวลาสั้นๆ จะเกิดสัญญาณรบกวนแบบนี้ มาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สัญญาณรบกวนแบบไม่เป็นคาบนี้เกิดขึ้นภายในเครื่องรับเนื่อง จากระบบอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องรับ สัญญาณรบกวนแบบไม่เป็นคาบที่เกิดขึ้น ไม่เป็น อุปสรรคต่อการวัดฟลักซ์ดวงอาทิตย์มากนัก เพราะมิได้เกิดตลอดเวลาและไม่ทำให้การ อ่านค่าฟลักซ์ที่วัดได้ผิดพลาดไป





รูป 7.15 ก. สัญญาณรบกวนแบบไม่เป็นคาบ

ข. สัญญาณรบกวนแบบเป็นคาบเมื่อกระดาษกราฟของเครื่องบันทึกสัญญาณเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูง

ค. สัญญาณรบกวนแบบเป็นคาบเมื่อกระดาษกราฟของเครื่องบันทึกสัญญาณเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต่ำ

5.2 สัญญาณรบกวนแบบเป็นคาบ มีลักษณะปรากฏบนกระดาษกราฟของเครื่องบันทึกสัญญาณ เมื่อกระดาษกราฟเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูงและต่ำตามรูป 7.15 ข. และ ค. ตามลำดับ สัญญาณรบกวนแบบเป็นคาบมีความเข้มสัญญาณต่ำ เมื่อเทียบกับสัญญาณจากดวงอาทิตย์และความเข้มนี้ไม่คงที่ ขึ้นกับทิศทางของจานสายอากาศ โดยจะมีความเข้มสูงเมื่อจานสายอากาศหันไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ สัญญาณรบกวนแบบนี้เกิดขึ้นตลอดเวลาที่วัดฟลักซ์ดวงอาทิตย์ มีลักษณะเป็นคาบ 1 คาบใช้เวลาประมาณ 5 วินาที เมื่อหันจานสายอากาศออกจากดวงอาทิตย์ก็ยังคงมีสัญญาณรบกวนแบบนี้อยู่ แต่ถ้านำเครื่องรับไปรับสัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียบก็จะไม่ปรากฏสัญญาณรบกวนแบบนี้เลย ในขณะที่มีสัญญาณรบกวนแบบนี้ปรากฏ ถ้าเรานำแผ่นโลหะหรือกระดาษอะลูมิเนียมไปปิดปากลำโพงรับสัญญาณของจานสายอากาศ สัญญาณรบกวนแบบเป็นคาบนี้จะหายไป จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงว่า สัญญาณรบกวนแบบเป็นคาบที่ปรากฏบนกระดาษกราฟของเครื่องบันทึกสัญญาณ เกิดจากสัญญาณวิทยุจากภายนอกที่มีความยาวคลื่นประมาณ 23 เซนติเมตร หรือที่ความยาวคลื่นฮาโมนิกใกล้เคียงกับ 23 เซนติเมตร เข้ามารบกวน จากลักษณะ

ของสัญญาเป็นคาบที่แน่นอน สันนิษฐานว่าเป็นสัญญาครบถ้วนจากระบบเรคาร์จากที่ใดที่  
หนึ่ง อย่างไรก็ตามสัญญาครบถ้วนชนิดนี้ก็มีขนาดเล็กและไม่เป็นอุปสรรคต่อการอ่านค่า  
ผลลัพธ์จากดวงอาทิตย์มากนัก