

### บทที่ 3

#### ชุดทดลองสัญญาณอลวนสำหรับการชิงโครโนส

ในบทนี้แสดงการออกแบบสร้างสัญญาณอลวนที่สามารถทดลองการชิงโครโนสโดยการสร้างแอมพลิจูดที่สามารถปรับค่าได้ระหว่าง Lorenz และ Chen ขึ้นมาด้วยกันจากนั้นทดลองทำการชิงโครโนสเข้าด้วยกันเพื่อแสดงประโยชน์ในการสื่อสารแบบเข้ารหัสลับ

#### 3.1 การสร้างเคออสติกแอมพลิจูดแบบที่แสดงพฤติกรรมได้ทั้งรูปแบบ Lorenz และ Chen

จากแอมพลิจูดของ Lorenz เมื่อสังเกตค่า  $x, y$  แล้วมีค่าใกล้เคียงกันดังนั้นในบทวิจัยนี้จึงเสนอรูปแบบแอมพลิจูดใหม่โดยประมาณ  $xy \approx |x|$  และตัดทอน  $y$  ออกจากสมการ  $y'$  ซึ่งแสดงระบบใหม่ได้

$$x' = -ax + ay \quad (3.1.1)$$

$$y' = rx - kxz \quad (3.1.2)$$

$$z' = -bz + k|x| \quad (3.1.3)$$

โดยค่า  $k$  เป็นค่าคงที่เพื่อใช้ scale ขนาดของแอมพลิจูด จากสมการ (16) ระบบมีจุดสมดุลที่  $P^0 = (0,0,0)$ ,  $P^\pm = (\pm \frac{br}{k^2}, \pm \frac{br}{k^2}, \frac{r}{k})$  และค่า Jacobian matrix ของสมการ (3.1) แสดงได้

$$J = \begin{bmatrix} -a & a & 0 \\ -kz + r & 0 & -kx \\ k \operatorname{sgn}(x) & 0 & -b \end{bmatrix}$$

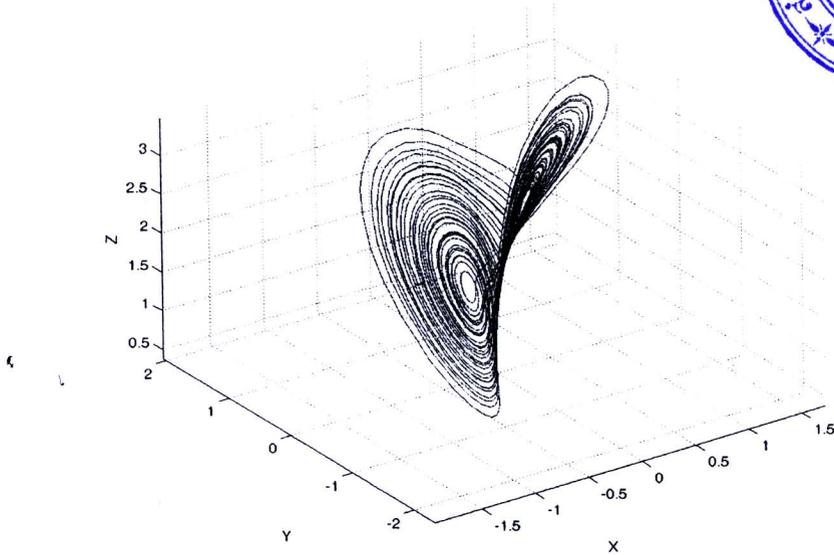
ซึ่งค่าของสมการคุณลักษณะหาได้จาก  $|J - \lambda I|$  มีค่า

$$\lambda^3 + (a+b)\lambda^2 + (ab - ar + kaz) + k^2 a|x| - k^2 a|x| - arb + kabz \quad (3.2)$$

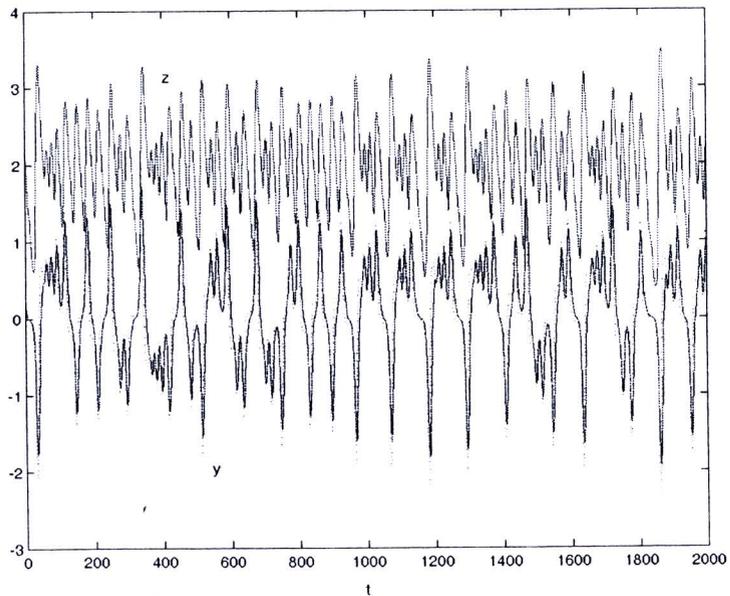
จากเงื่อนไขของ Routh-Hurwitz เลือกให้ที่จุดสมดุล  $P^0$  เป็น saddle point index 1 และให้จุดสมดุล  $P^\pm$  เป็น spiral index 2 และทำการหาค่า Lyapunov เพื่อให้  $\lambda_1 = +, \lambda_2 = 0, \lambda_3 = -$  แล้ว ที่พารามิเตอร์  $a = 10$ ,  $r = 20$ ,  $b = 3$  และ  $k = 10$  ระบบจะแสดงลักษณะแอมพลิจูดเป็น Lorenz และโดยมีค่า Lyapunov ของระบบเท่ากับ  $\lambda_1 = 0.704, \lambda_2 = 0, \lambda_3 = -13.7$  และที่พารามิเตอร์ขนาดเดียวกันแต่ปรับค่า  $r = 50$

ระบบแสดงลักษณะแอทแทรกเตอร์แบบ Chen โดยมีค่า Lyapunov เท่ากับ

$$\lambda_1 = 1.84, \lambda_2 = 0, \lambda_3 = -14.83$$

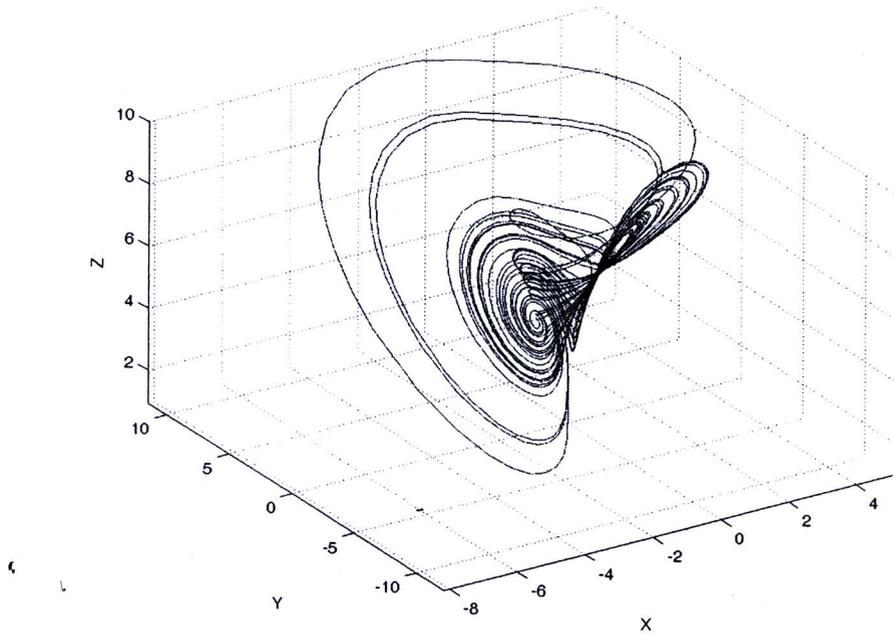


รูปที่ 3.1 แอทแทรกเตอร์แบบปรับได้โดยปรับเป็น Lorenz

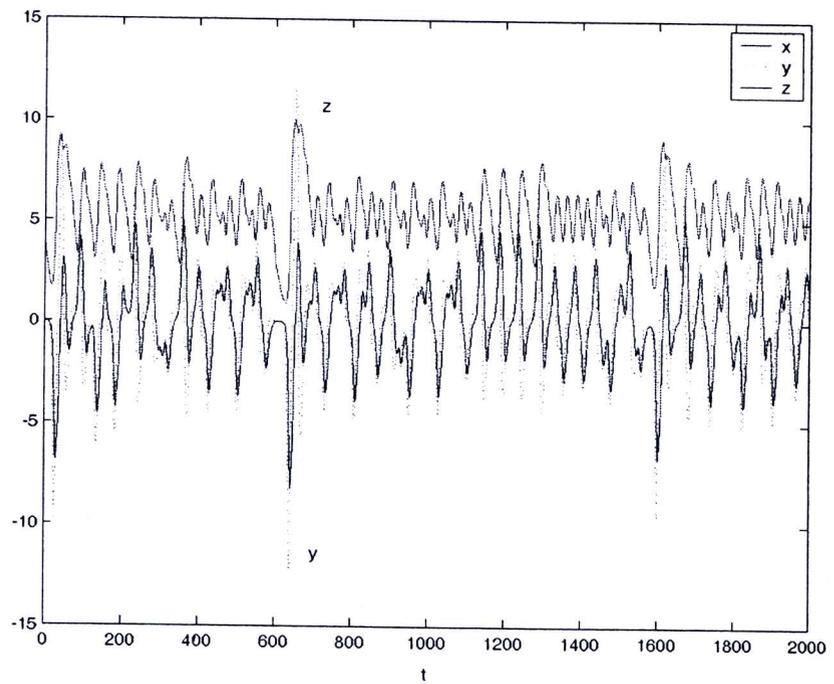


รูปที่ 3.2 แอทแทรกเตอร์แบบปรับได้โดยปรับเป็นLorenz ในแกนเวลา

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ  
 ห้องสมุดงานวิจัย  
 วันที่..... 11 ส.ค. 255๖ .....  
 เลขทะเบียน..... 245535 .....  
 เลขเรียกหนังสือ.....



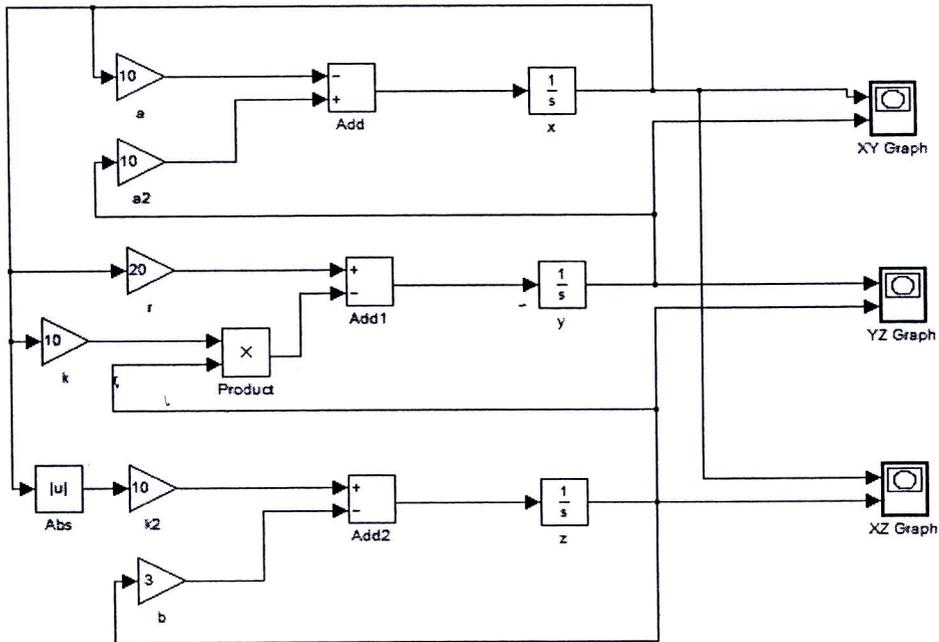
รูปที่ 3.3 แอทแทรกเตอร์แบบปรับได้โดยปรับเป็น Chen



รูปที่ 3.4 แอทแทรกเตอร์แบบปรับได้โดยปรับเป็น Chen

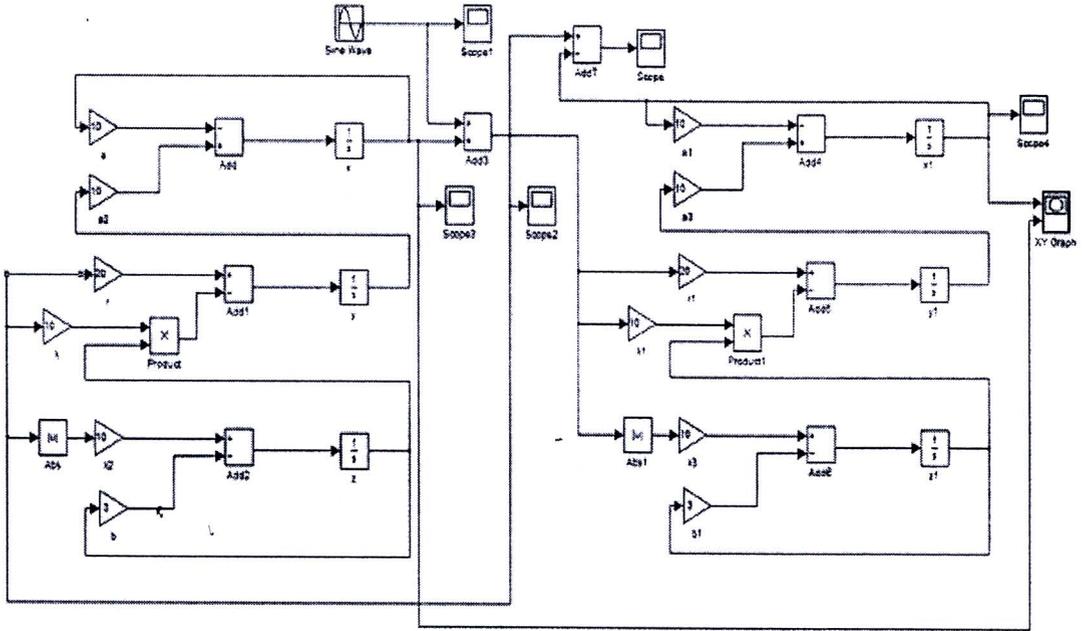
### 3.2 ขั้นตอนการจำลองพฤติกรรมมอลวนโดยใช้โปรแกรม Matlab

เพื่อการเรียนรู้ในโมดูลนี้การเริ่มต้นการทดลองกระทำโดยการเริ่มต้นที่การออกแบบจากสมการที่ 3.1 โดยโปรแกรม Simulink แสดงได้ดังรูป

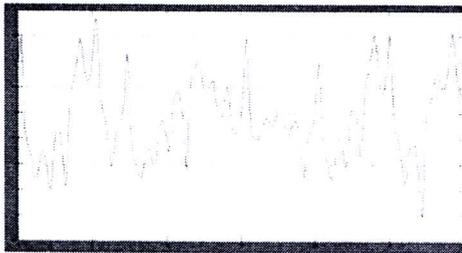


รูปที่ 3.5 แบบจำลองการสร้างสัญญาณเคออสของสมการ 3.1

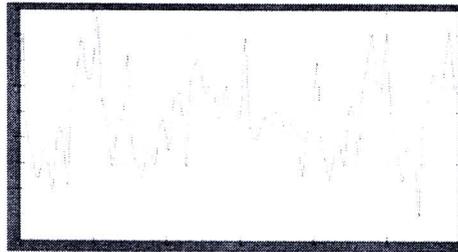
การทดลองซิงโครไนซ์โดยการจับสัญญาณเข้าที่ x,z



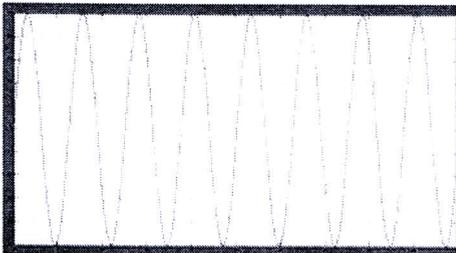
รูปที่ 3.6 แบบจำลองการสร้างวงจรทั้งภาคส่งและภาครับ



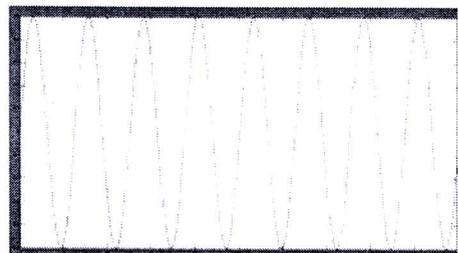
ก



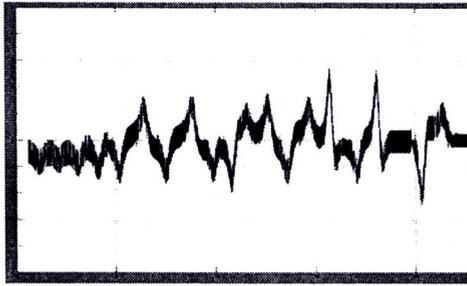
ข



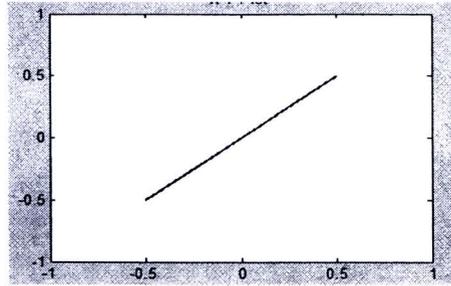
ค



ง



จ



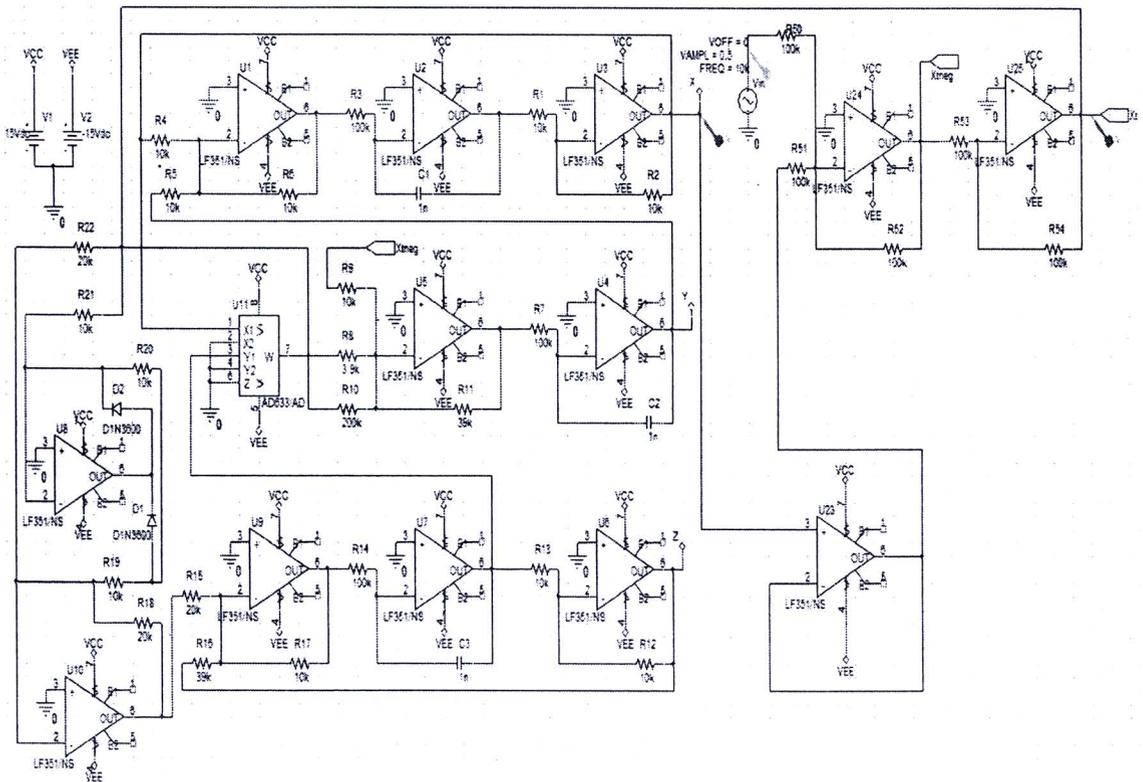
ฉ

รูปที่ 3.7 ผลการจำลอง

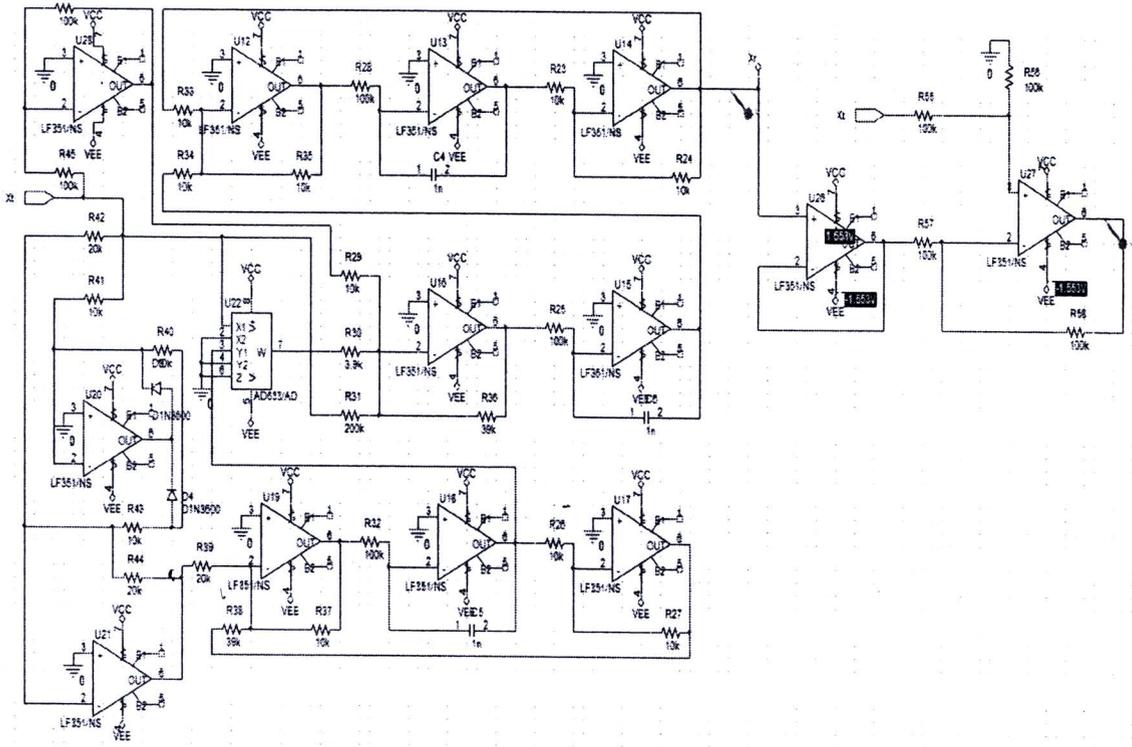
- ก. กราฟที่ได้จากการวัดค่า  $x$
- ข. กราฟที่ได้จากการวัดค่า  $x_r$
- ค. กราฟสัญญาณข้อมูลที่รับเข้า  $i(t)$
- ง. กราฟสัญญาณข้อมูลที่รับเข้า  $i_r(t)$
- จ. กราฟสัญญาณข้อมูลที่มอดูเลชันกับสัญญาณเคออดค
- ฉ. กราฟการซิงโครไนซ์ระหว่างสัญญาณเข้า  $i(t)$  กับสัญญาณออก  $i_r(t)$

### 3.3 ขั้นตอนการจำลองพฤติกรรมอลวนโดยใช้โปรแกรม Pspice

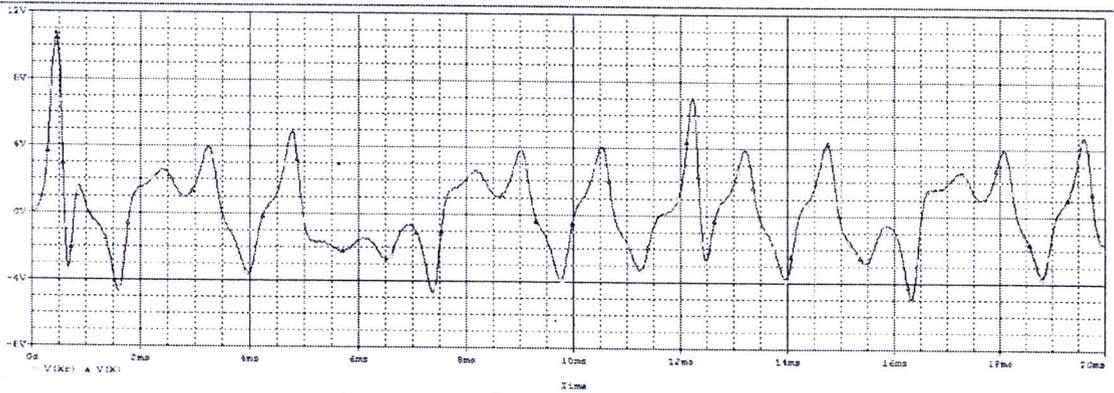
จากรูป 3.6 แสดงการการวงจรได้



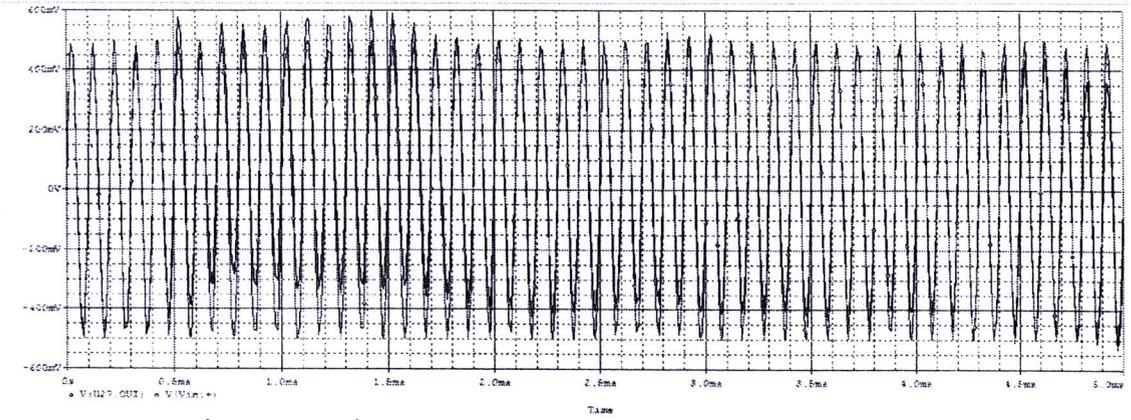
รูปที่ 3.8 การจำลองวงจรภาคส่ง โดยใช้โปรแกรม Pspice



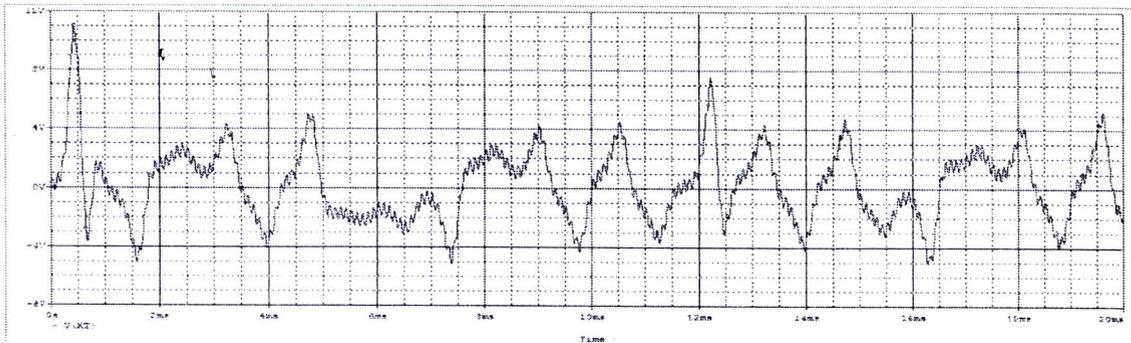
รูปที่ 3.9 การจำลองวงจรภาครับ โดยใช้โปรแกรม Pspice



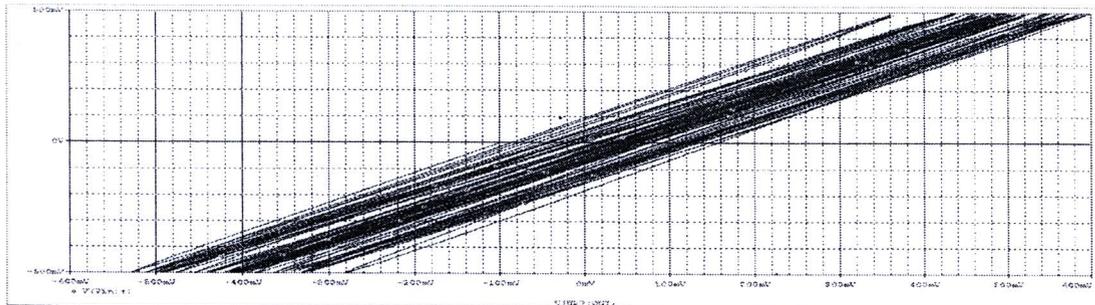
รูปที่ 3.10 กราฟที่ได้จากการวัดค่า  $x$  กับ  $x_2$



รูปที่ 3.11 กราฟที่ได้จากการวัดค่า  $i(t)$  กับ  $i_r(t)$  ขนาดแอมพลิจูด 0.5 V



รูปที่ 3.12 กราฟสัญญาณข้อมูล  $i(t)$  ที่มีคุณลักษณะกับสัญญาณเคออดิต x

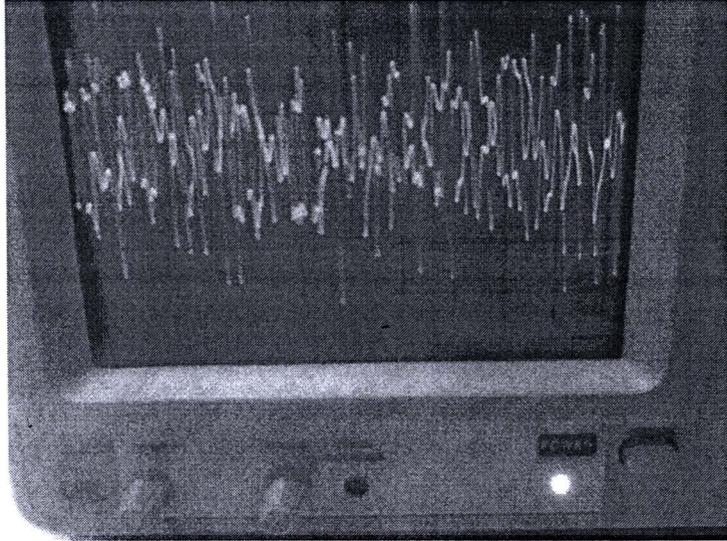


รูปที่ 3.13 กราฟการซิงโครไนซ์ระหว่างสัญญาณเข้า  $i(t)$  กับสัญญาณออก  $i_r(t)$

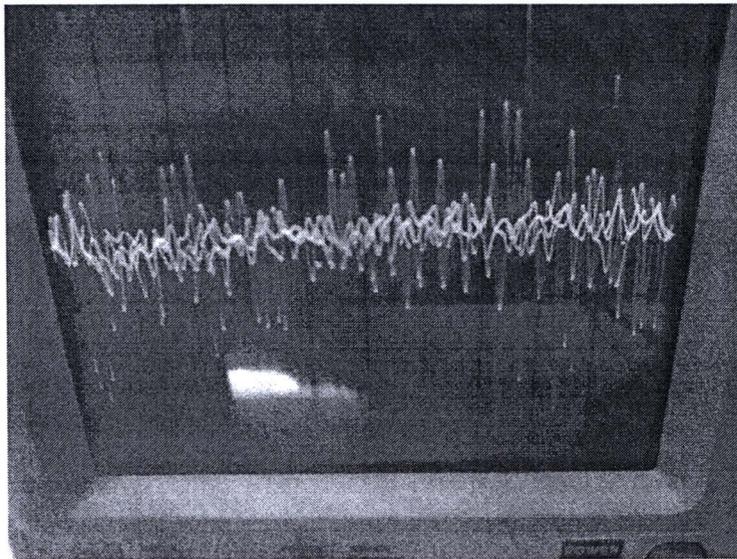
### 3.4 ผลที่ได้จากการทดลอง

วงจรภาคส่ง

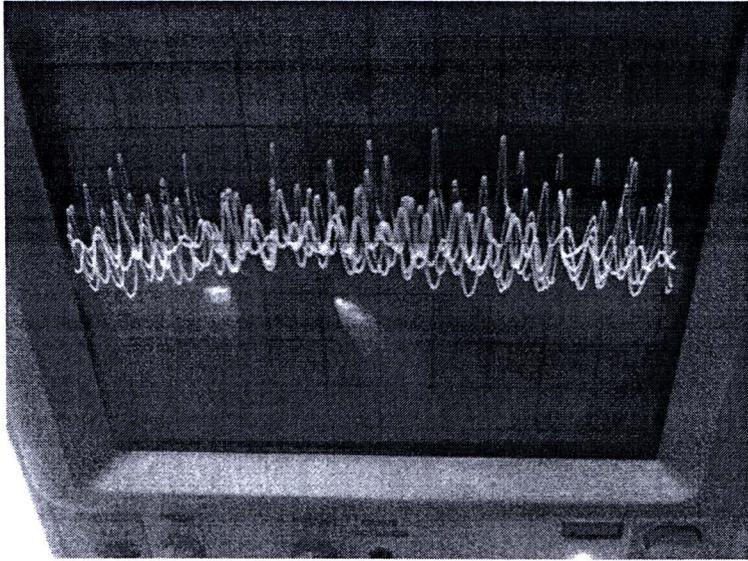
ใช้ออสซิลโลสโคปวัดค่า V-Output จาก OP-AMP ทั้งสเตท  $x, y, z$



รูปที่ 3.14 กราฟค่า  $x$  ที่ได้จากออสซิลโลสโคป



รูปที่ 3.15 กราฟค่า  $y$  ที่ได้จากออสซิลโลสโคป



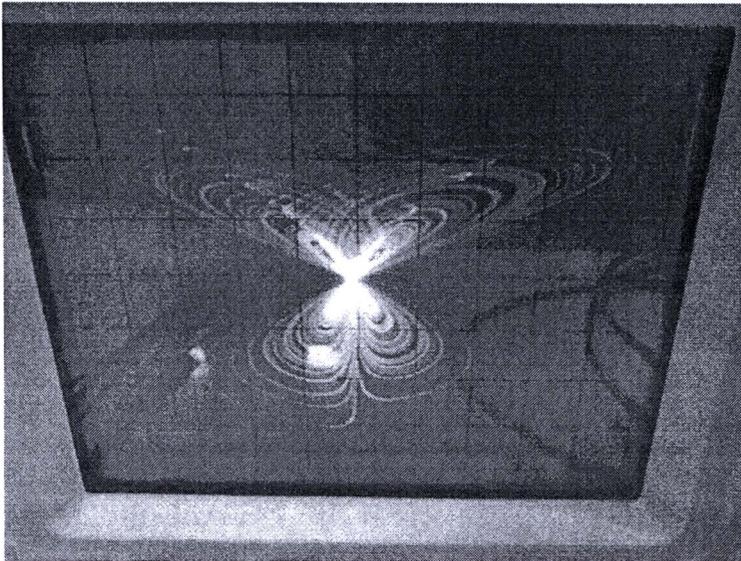
รูปที่ 3.16 กราฟค่า  $z$  ที่ได้จากออสซิลโลสโคป



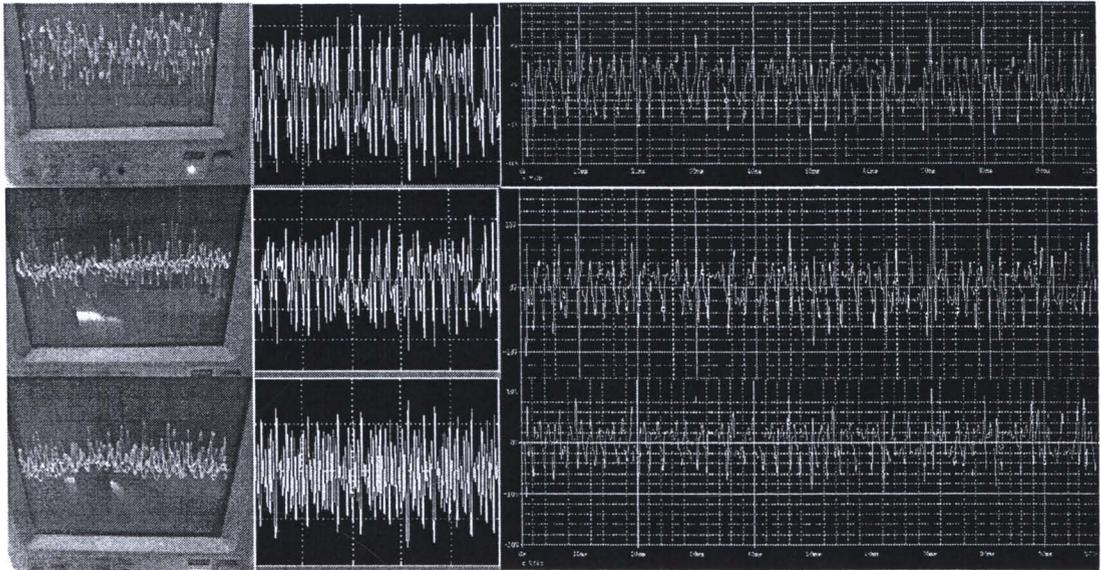
รูปที่ 3.17 กราฟค่า  $x-y$  ที่ได้จากออสซิลโลสโคป



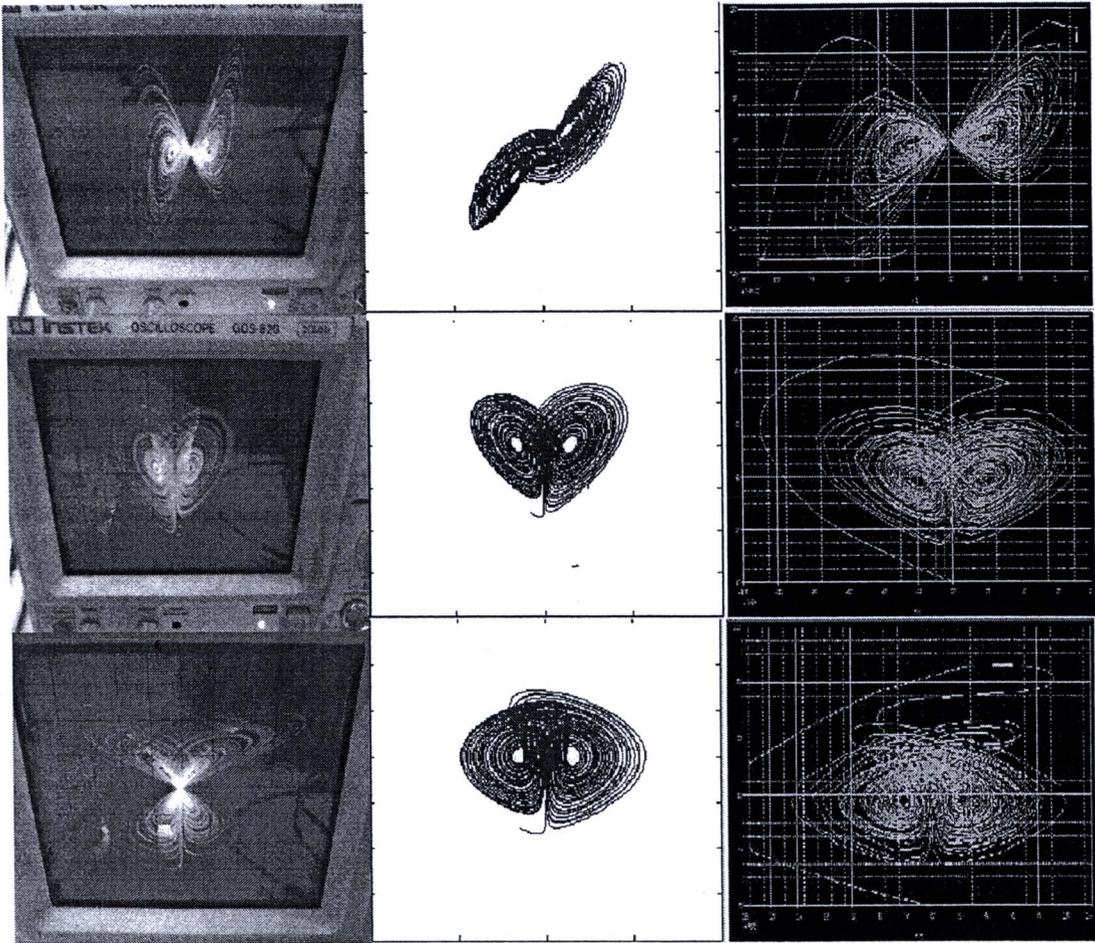
รูปที่ 3.18 กราฟค่า  $x-z$  ที่ได้จากออสซิลโลสโคป



รูปที่ 3.19 กราฟค่า  $y-z$  ที่ได้จากออสซิลโลสโคป

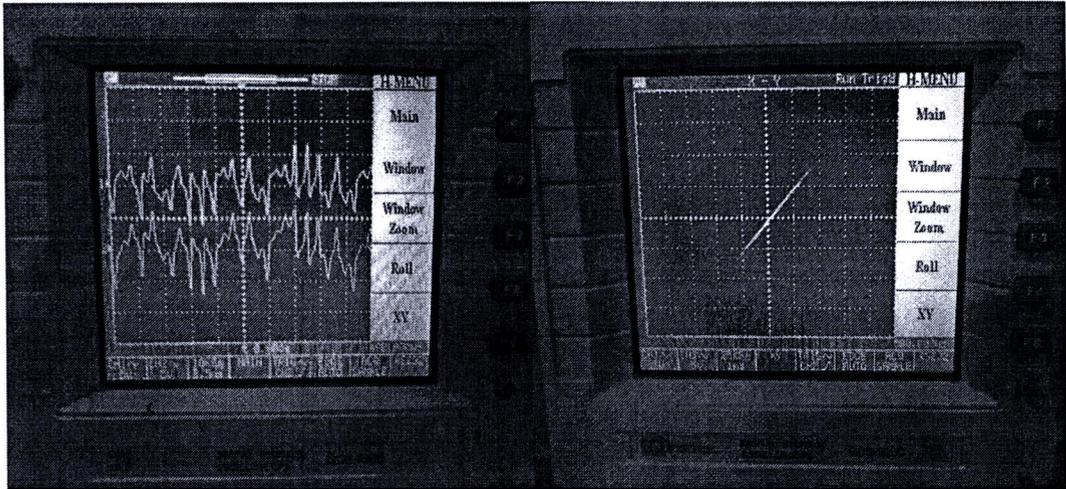


รูปที่ 3.20 แสดงการเปรียบเทียบค่า  $x$ ,  $y$ ,  $z$  จากผลที่ได้รับกับโปรแกรม MATLAB และ PSPICE

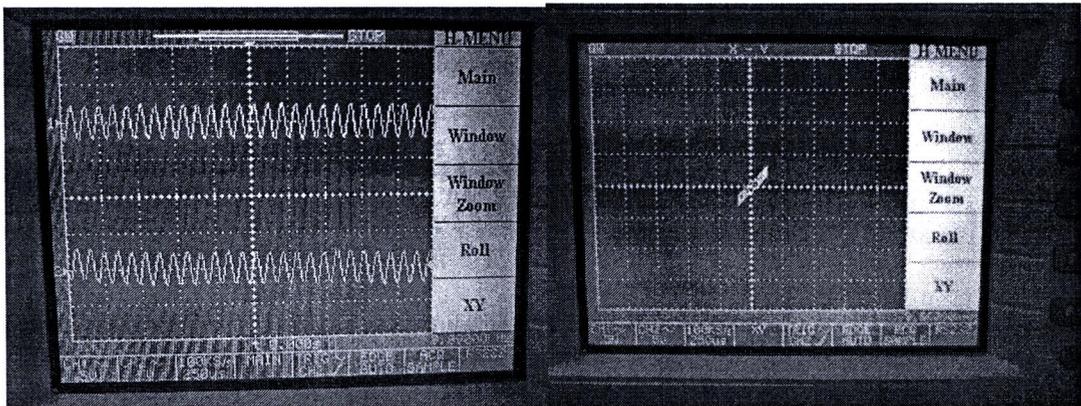


รูปที่ 3.21 แสดงการเปรียบเทียบค่า  $x-y$ ,  $x-z$ ,  $y-z$  จากผลที่ได้รับกับ โปรแกรม MATLAB และ PSPICE

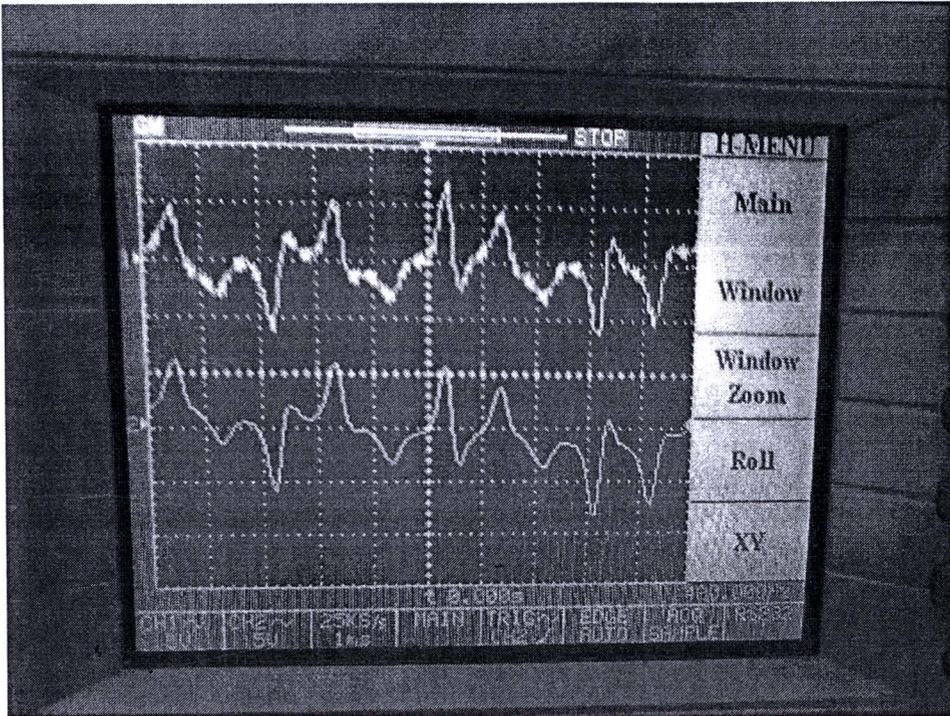
#### 4.2.2 วงจรที่ทำการซิงโครไนซ์แล้ว



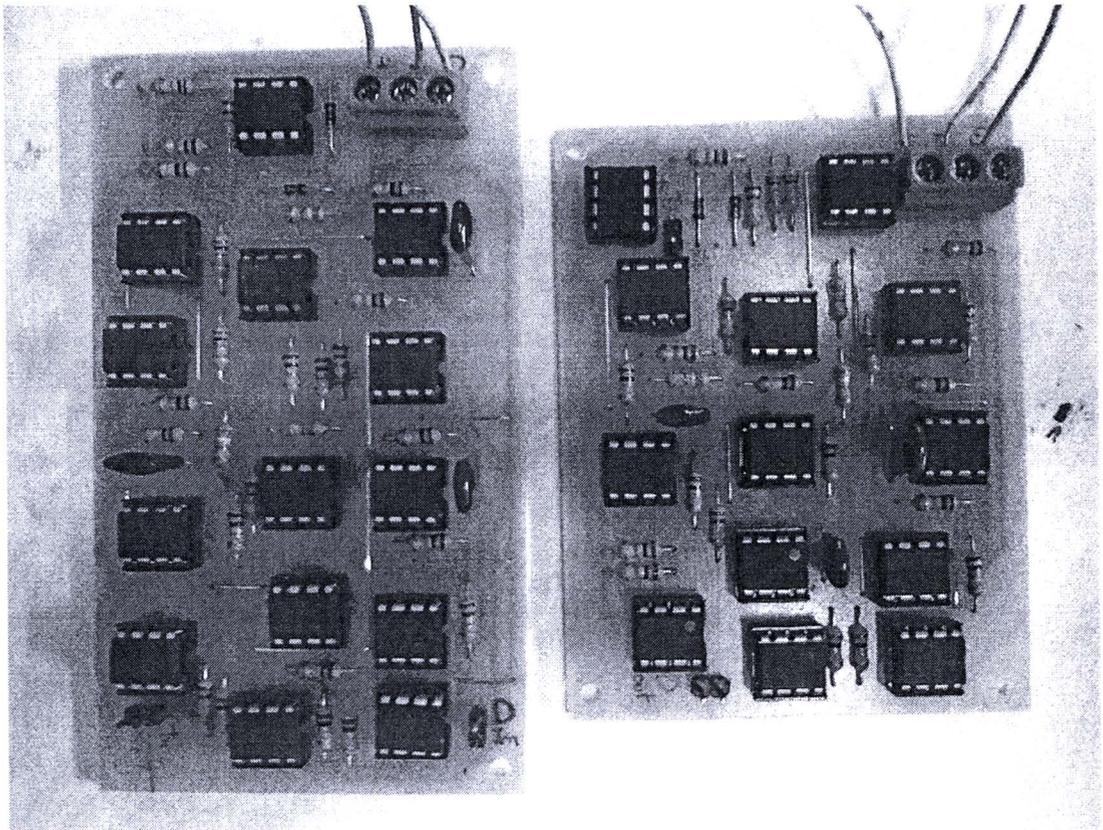
รูปที่ 3.22 แสดงการเปรียบเทียบค่า  $x, x_r$  จากผลการทดลองจริง



รูปที่ 3.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ  $i, i_r$  จากผลการทดลองจริง



รูปที่ 3.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ  $xt+ir,xt$  จากผลการทดลองจริง



รูปที่ 3.25 วงจรต้นแบบที่สำเร็จแล้ว