



รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ ALLAN VARIANCE และ OVERLAPPING
ALLAN VARIANCE ในการหารูปแบบสัญญาณรบกวนของออสซิลเลเตอร์

A COMPARISON OF ALLAN VARIANCE AND OVERLAPPING
ALLAN VARIANCE FOR PREDICT NOISE MODEL OF OSCILLATOR

โดย

ศักดิ์ดาว แนนเนียน

มหาวิทยาลัยสุรนารีฉบับพิเศษ

รายงานการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยสุรนารีฉบับพิเศษ

2554

b 00251765

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



245839



รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Allan Variance และ Overlapping
Allan Variance ในการหารูปแบบสัญญาณรบกวนของออสซิลเลเตอร์

A COMPARISON OF ALLAN VARIANCE AND OVERLAPPING
ALLAN VARIANCE FOR PREDICT NOISE MODEL OF OSCILLATOR

โดย



ทัตดาว แนบเนียน

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

รายงานการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2554

หัวข้อ : การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Allan Variance และ Overlapping
Allan Variance ในการหารูปแบบสัญญาณรบกวนของออสซิลเลเตอร์

ชื่อผู้แต่ง : นางทัศนาว แนบเนียน

สถาบัน : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ปีที่พิมพ์ : 2554

สถานที่พิมพ์ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

แหล่งที่เก็บรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต จำนวน : 154 หน้า

คำสำคัญ : 1. ความแปรปรวนของอลัน
2. รูปแบบสัญญาณรบกวน

ลิขสิทธิ์ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

บทคัดย่อ

245839

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการใช้ Allan Variance และ Overlapping Allan Variance ในการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนของออสซิลเลเตอร์ โดยทำการจำลองแบบข้อมูลอนุกรมเวลาของความถี่ที่มีรูปแบบสัญญาณรบกวน 5 รูปแบบ ได้แก่ White Phase Modulation, Flicker Phase Modulation, White Frequency Modulation, Flicker Frequency Modulation and Random Walk Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาที่ใช้คือ 100 200 500 และ 1,000 ทำซ้ำ 100 ครั้ง คำนวณค่า Allan Variance และ Overlapping Allan Variance แล้วนำไปทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนโดยใช้หลักการของแผนภาพ Sigma-Tau ค่าความถูกต้องของการทำนายจะใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ผลการศึกษาพบว่า การใช้ Overlapping Allan Variance ในการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนมีประสิทธิภาพสูงกว่า Allan Variance นอกจากนี้ ข้อมูลจริงที่ได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์ขนาดอนุกรมเวลา 5,000 ทำซ้ำ 3 ครั้ง ผลการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนพบว่า ข้อมูลทั้ง 3 ชุด ที่ได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์เครื่องนี้มีรูปแบบสัญญาณรบกวนแบบ White Frequency Modulation

Title : A Comparison of Allan Variance and Overlapping Allan Variance
for Predict Noise Model of Oscillator.

Researcher : Taddown Nabnean

Institution : Dhurakij Pundit University

Year of Publication : 2011

Publisher : Dhurakij Pundit University

Sources : Dhurakij Pundit University

No. of page : 154 pages

Keywords : 1. Allan Variance

2. Noise Model

Copyright : Dhurakij Pundit University

ABSTRACT

245839

This research presents comparison between Allan Variance and Overlapping Allan Variance to predict noise model in oscillator circuit. There are five noise models; White Phase Modulation, Flicker Phase Modulation, White Frequency Modulation, Flicker Frequency Modulation and Random Walk Frequency Modulation. Oscillator noise signal were simulated in time series for prediction. Time series data for all forms of noise were simulated size of 100, 200, 500 and 1,000 which all of them were repeated 100 times. After that, these data were calculated to be forecast the noise model by sigma tau diagram. The accuracy measured of forecasting; Mean Square Error (MSE) was used to select the suitable statistics. Consequence, the results show that the Overlapping Allan Variance is efficiency more than Allan Variance because MSE value of forecasting noise model by Overlapping Allan Variance is lower than Allan Variance in all time series. Moreover, there are experimental data from oscillator circuit with size of time series 5,000 and were repeated 3 times in order to forecast noise model by sigma tau diagram. The results of 3 sets are White Frequency Modulation.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ เนื่องจากการอนุเคราะห์ให้คำปรึกษาจากรองศาสตราจารย์ ดร.สรชัย พิศาลบุตร และกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ อีกทั้งยังได้รับความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล จากที่ห้องปฏิบัติการมาตรวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยธุรกิจ บัณฑิตยที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในการสร้างงานวิจัยชิ้นนี้ และขอขอบพระคุณ คุณแม่ น้องสาว หัวหน้าครอบครัว และบุตรของผู้วิจัย ที่เป็นกำลังใจให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในทุกๆ ด้าน เสมอมา สุดท้ายขอขอบคุณกำลังใจจากเพื่อนๆ ทุกคน ทำให้งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ทัตดาว แนบเนียน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญรูปภาพ	(8)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 สมมติฐานงานวิจัย	3
1.4 ขอบเขตงานวิจัย	4
1.5 ระเบียบวิธีวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการหา Noise Model ของข้อมูลความถี่	6
2.1.1 ความถี่ของวงจรรออสซิลเลเตอร์	6
2.1.2 เสถียรภาพของความถี่	9
2.1.3 ความแปรปรวน	12
2.1.4 Allan Variance	13
2.1.5 Overlapping Allan Variance	14
2.1.6 รูปแบบสัญญาณรบกวน	15
2.1.7 แผนภาพ Sigma-tau	15
2.1.8 วิธีกำลังสองน้อยที่สุด	17
2.1.9 ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน	17
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา	21
3.1 เก็บรวบรวมข้อมูล	21
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล	23
3.3 การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์	26
3.4 วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา	26
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล	27
4.1 ผลการคำนวณค่า Allan Variance และ Overlapping Allan Variance	27
4.2 การหารูปแบบสัญญาณรบกวนโดยใช้ Allan Variance และ Overlapping Allan Variance	33
4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนโดย Allan Variance และ Overlapping Allan Variance	48
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	49
5.1 สรุปผลการวิจัย	49
5.2 อภิปรายผล	50
5.3 ข้อเสนอแนะ	50
บรรณานุกรม	51
ภาคผนวก	
ก. ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน	53
ข. ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน	89
ค. โปรแกรมจำลองแบบสัญญาณรบกวน AlaNoise 3.0	125
ง. โปรแกรมคอมพิวเตอร์เก็บข้อมูลจากวงจรออสซิลเลเตอร์	133
จ. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัย	143
ฉ. ประวัติผู้วิจัย	154

สารบัญญัตินี้

ตารางที่	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบสัญญาณรบกวนและค่า α	15
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบสัญญาณรบกวนและค่า μ	16
4.1 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100	28
4.2 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100	28
4.3 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100	29
4.4 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100	29
4.5 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Random Walk Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100	30
4.6 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White phase modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100	31
4.7 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100	31
4.8 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100	32
4.9 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100	32
4.10 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Random Walk Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100	33
4.11 ค่า μ ของการใช้ Allan Deviation สร้างความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$ จากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลา เท่ากับ 100 ทำซ้ำ 100 ครั้ง	34
4.12 ค่า μ ของการใช้ Allan Deviation สร้างความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$ จากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลา เท่ากับ 100 ทำซ้ำ 100 ครั้ง	35

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 ค่า μ ของการใช้ Allan Deviation สร้างความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$ จากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100 ทำซ้ำ 100 ครั้ง	36
4.14 ค่า μ ของการใช้ Allan Deviation สร้างความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$ จากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100 ทำซ้ำ 100 ครั้ง	37
4.15 ค่า μ ของการใช้ Allan Deviation สร้างความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$ จากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Random Walk Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100 ทำซ้ำ 100 ครั้ง	38
4.16 ค่า μ ของการใช้ Overlapping Allan Deviation สร้างความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$ จากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Random Walk Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100 ทำซ้ำ 100 ครั้ง	39
4.17 ค่า μ ของการใช้ Overlapping Allan Deviation สร้างความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$ จากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100 ทำซ้ำ 100 ครั้ง	40
4.18 ค่า μ ของการใช้ Overlapping Allan Deviation สร้างความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$ จากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100 ทำซ้ำ 100 ครั้ง	41
4.19 ค่า μ ของการใช้ Overlapping Allan Deviation สร้างความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$ จากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100 ทำซ้ำ 100 ครั้ง	42
4.20 ค่า μ ของการใช้ Overlapping Allan Deviation สร้างความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$ จากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Random Walk Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100 ทำซ้ำ 100 ครั้ง	43
4.21 การทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนจากข้อมูลจริงที่วัดได้จากวงจรรอสซซิลเลเตอร์ โดยใช้ Allan Variance และ Overlapping Allan Variance	47
4.22 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวน 5 รูปแบบ ด้วยวิธี Allan Variance และ Overlapping Allan Variance	48

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.1 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 200	54
ก.2 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 500	55
ก.3 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 1,000	57
ก.4 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 200	61
ก.5 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 500	62
ก.6 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 1,000	64
ก.7 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 200	68
ก.8 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White frequency modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 500	69
ก.9 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 1,000	71
ก.10 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 200	75
ก.11 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 500	76
ก.12 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 1,000	78

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.13 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณ Random Walk Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 200	82
ก.14 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Random Walk Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 500	83
ก.15 ค่า Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Random Walk Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 1,000	85
ข.1 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 200	90
ข.2 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 500	91
ข.3 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 1,000	93
ข.4 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 200	97
ข.5 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 500	98
ข.6 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Phase Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 1,000	100
ข.7 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 200	104
ข.8 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White frequency modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 500	105
ข.9 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน White Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 1,000	107
ข.10 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 200	111
ข.11 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 500	112

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.12 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Flicker Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 1,000	114
ข.13 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณ Random Walk Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 200	118
ข.14 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Random Walk Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 500	119
ข.15 ค่า Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน Random Walk Frequency Modulation ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 1,000	121

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สัญญาณรูปไซน์ที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนทางแอมพลิจูดและมุมเฟส	7
2.2 สัญญาณรูปไซน์ที่มีความคลาดเคลื่อนทางมุมเฟส	7
2.3 รูปแบบของค่าของความคลาดเคลื่อน($\phi(t)$)	8
2.4 ความถี่ $f(t)$ ที่ได้จากการสมการความคลาดเคลื่อน $\phi(t) = 0.2\sin 1000\pi t$	8
2.5 ค่า fractional frequency ณ เวลาต่างๆ	9
2.6 ความสัมพันธ์ของ t_i และ τ_0 ในการหาค่า \bar{y}_i	11
2.7 การเปรียบเทียบการเข้าสู่ค่าจำกัดของ Allan Deviation กับ Standard Deviation	13
2.8 ความแตกต่างระหว่าง Overlapping และ Non Overlapping Allan	14
2.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$	16
3.1 แผนผังการทำงานของโปรแกรมวัดความถี่จากวงจรออสซิลเลเตอร์	22
3.2 แผนผังการคำนวณค่า Allan Variance และ Overlapping Allan Variance	24
3.3 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมการคำนวณค่าความชันจากข้อมูล Allan Variance และ Overlapping Allan Variance	25
4.1 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$ ของข้อมูลชุดที่ 1 โดยการคำนวณ Allan Variance	44
4.2 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$ ของข้อมูลชุดที่ 1 โดยการคำนวณ Overlapping Allan Variance	44
4.3 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$ ของข้อมูลชุดที่ 2 โดยการคำนวณ Allan Variance	45
4.4 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$ ของข้อมูลชุดที่ 2 โดยการคำนวณ Overlapping Allan Variance	45
4.5 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$ ของข้อมูลชุดที่ 3 โดยการคำนวณ Allan Variance	46
4.6 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง $\log \sigma_y(\tau)$ กับ $\log \tau$ ของข้อมูลชุดที่ 3 โดยการคำนวณ Overlapping Allan Variance	46

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ค.1 แสดงการเปิดโปรแกรม สำเร็จรูป AlaNoise 3.0 เพื่อใช้จำลองข้อมูล	126
ค.2 แสดงการเลือกรูปแบบสัญญาณรบกวนที่ต้องการจำลองแบบ	127
ค.3 แสดงการกำหนดขนาดของอนุกรมเวลาเท่ากับ 100	128
ค.4 แสดงการสร้างข้อมูลสัญญาณรบกวนแบบ White PM	129
ค.5 แสดงการบันทึกข้อมูลสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้น	130
ค.6 แสดงการสร้างข้อมูลสัญญาณรบกวนแบบ White PM จำนวน 100 ไฟล์	131
ค.7 แสดงข้อมูลสัญญาณรบกวนแบบ White PM ที่บันทึกเป็น text file	132