

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสร้างแบบจำลองคลื่นไฟฟ้าหัวใจโดยใช้คณิตศาสตร์แบบไม่ต่อเนื่อง

AN IMPLEMENTATION OF DISCRETE MATHEMATICAL MODEL
FOR ECG WAVEFORM



จิรวัดน์ อธิสริยานนท์

JIRAWAT ITTISARIYANON

ฉพ.

๑๕/๒ ๗

๒๕๔๙

เลขหมู่.....67433.....
เลขทะเบียน.....15 S.ศ. 2549
วัน,เดือน,ปี.....

b.	116๗๐๙๘๘
i.	

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. ๒๕๔๙

ISBN 974-15-2792-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**AN IMPLEMENTATION OF DISCRETE MATHEMATICAL MODEL
FOR ECG WAVEFORM**

JIRAWAT ITTISARIYANON

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN TELECOMMUNICATION ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน **ISBN 974-15-2792-6** ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2006

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การสร้างแบบจำลองคลื่นไฟฟ้าหัวใจโดยใช้คณิตศาสตร์แบบไม่ต่อเนื่อง

นักศึกษา

นายจิรวุฒน์ อธิธิสริยานนท์

รหัสนักศึกษา

47061078

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมโทรคมนาคม

พ.ศ.

2549

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

รศ. สมยศ จุณณะปิยะ

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เสนอการสร้างแบบจำลองคลื่นไฟฟ้าหัวใจโดยใช้คณิตศาสตร์แบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งจะให้ความถูกต้องแม่นยำสูงและใช้พื้นที่หน่วยความจำต่ำ โดยการออกแบบจะใช้เทคนิคประมาณค่า Discrete Least Square สร้างสมการคณิตศาสตร์ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และสร้างเป็นสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจำลองแทนการสร้างด้วยวิธีการเปิดตาราง (Look up table) ผลการทดลองพบว่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบBipolar limb lead ที่สร้างโดยใช้เทคนิคประมาณค่า Discrete Least Square จะมีค่า PRD (percent root-mean-square difference) ต่ำและใช้หน่วยความจำในการเก็บข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจน้อยกว่าวิธีการเปิดตาราง

Thesis Title	An Implementation of Discrete Mathematical Model for ECG waveform
Student	Jirawat Ittisariyanon
Student ID.	47061078
Degree	Master of Engineering
Programme	Telecommunication Engineering
Year	2549
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Somyot Junnapiya

ABSTRACT

This paper proposes a new design of the ECG simulator with high resolution by using small amount of memories based on discrete least square estimation equations instead of reading the stored data inside the look-up table. The experimental results have shown that the ECG simulator using discrete least square estimation equations can display the bipolar limb leads ECG signals with low PRD (percent root-mean-square difference) while taking the less amount of memories than the previous method which used the look-up table to store ECG data for ECG simulation.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน.....	2
1.6 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.7 ขั้นตอนของการศึกษา.....	3
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และทฤษฎี Least Square.....	5
2.1 ความสัมพันธ์ของหัวใจและคลื่นไฟฟ้าหัวใจ.....	5
2.1.1 เซลล์เพซเมเกอร์ (Pacemaker Cell).....	6
2.1.2 เซลล์พิเศษ.....	6
2.1.3 เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ.....	7
2.2 กระบวนการรีโพลาไรเซชันและดีโพลาไรเซชันที่เกี่ยวกับคลื่นไฟฟ้าหัวใจ.....	8
2.3 สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ.....	11
2.3.1 คลื่น P (P wave).....	11
2.3.2 กลุ่มคลื่น QRS (QRS complex).....	12
2.3.3 คลื่น T (T wave).....	12
2.3.4 คลื่น U (U wave).....	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	44
4.1 การจำลองการสร้างสัญญาณไซน์ที่มีความถี่ 1Hz 10Hz และ 100Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งสมการมีดีกรีตั้งแต่ 2 ถึง 5.....	45
4.2 การจำลองการสร้างสัญญาณไซน์ที่มีความถี่ 1Hz 10Hz และ 100Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งสมการมีดีกรีตั้งแต่ 2 ถึง 5.....	51
4.3 การจำลองการสร้างสัญญาณไซน์ที่มีความถี่ 1Hz 10Hz และ 100Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งสมการมีดีกรีตั้งแต่ 2 ถึง 5.....	57
4.4 การจำลองการสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่มีความถี่สุ่ม 1 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งสมการมีดีกรีตั้งแต่ 2 ถึง 5.....	63
4.5 การจำลองการสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่มีความถี่สุ่ม 2 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งสมการมีดีกรีตั้งแต่ 2 ถึง 5.....	81
4.6 การจำลองการสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่มีความถี่สุ่ม 4 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งสมการมีดีกรีตั้งแต่ 2 ถึง 5.....	99
4.7 การสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ เปรียบเทียบกับเครื่อง ECG Simulation ความถี่สุ่ม 1 kHz.....	117
4.8 การสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ เปรียบเทียบกับเครื่อง ECG Simulation ความถี่สุ่ม 2 kHz.....	135
4.9 การสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ เปรียบเทียบกับเครื่อง ECG Simulation ความถี่สุ่ม 4 kHz.....	153
4.10 เปรียบเทียบค่า PRD ระหว่างสัญญาณที่ดีกรีต่างๆ.....	171
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	182
บรรณานุกรม.....	183

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก.....	185
ภาคผนวก ก. คุณสมบัติและวิธีใช้ Data acquisition card AD612.....	185
ภาคผนวก ข. ตัวอย่างข้อมูลสัญญาณขาขึ้น และสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และ สัมประสิทธิ์ของสัญญาณ.....	193
ภาคผนวก ค. โครงสร้างฟังก์ชัน polyfit และ ฟังก์ชัน polyval.....	213
ภาคผนวก ง. ตัวอย่างโปรแกรมที่ใช้ใน MATLAB และ โปรแกรมภาษา C ที่ใช้ใน ARM7.....	216
ภาคผนวก จ. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	226
ประวัติผู้เขียน.....	233

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ระยะปกติในคลื่นไฟฟ้าหัวใจ.....	13
2.2 ข้อกำหนดทิศทางการนำไฟฟ้าหัวใจกับสภาพการนำไฟฟ้าหัวใจจากการวัดโดยละเอียด.....	23
2.3 ข้อกำหนดทิศทางการนำไฟฟ้าหัวใจกับสภาพการนำไฟฟ้าหัวใจจากการวัดโดยคร่าวๆ.....	25
2.4 แสดงสัมประสิทธิ์การของประมาณค่าจากกรณีศึกษาที่ 1.....	29
2.5 ข้อมูลจากกรณีศึกษาที่ 2.....	30
2.6 แสดงสัมประสิทธิ์ของการประมาณค่าจากกรณีศึกษาที่ 2.....	33
3.1 แสดงตัวอย่างข้อมูลสัญญาณชาแนลความถี่ 1 Hz ความถี่สุ่ม 1 kHz ที่เก็บข้อมูลโดย Data acquisition card AD612.....	35
3.2 แสดงตัวอย่างข้อมูลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ความถี่สุ่ม 1 kHz ที่เก็บข้อมูลโดย Data acquisition card AD612.....	36
4.1 เปรียบเทียบขนาดข้อมูลที่ต้องจัดเก็บเมื่อใช้ความถี่สุ่ม 1 kHz.....	172
4.2 เปรียบเทียบขนาดข้อมูลที่ต้องจัดเก็บเมื่อใช้ความถี่สุ่ม 2 kHz.....	172
4.3 เปรียบเทียบขนาดข้อมูลที่ต้องจัดเก็บเมื่อใช้ความถี่สุ่ม 4 kHz.....	173
4.4 เปรียบเทียบค่า PRD จากผลการทดลองสร้างสัญญาณชาแนล และสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ความถี่สุ่ม 1 kHz.....	174
4.5 เปรียบเทียบค่า PRD จากผลการทดลองสร้างสัญญาณชาแนล และสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ความถี่สุ่ม 2 kHz.....	174
4.6 เปรียบเทียบค่า PRD จากผลการทดลองสร้างสัญญาณชาแนล และสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ความถี่สุ่ม 4 kHz.....	175

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ระบบการนำไฟฟ้าหัวใจ.....	6
2.2 กระบวนการดีโพลาไรเซชันและรีโพลาไรเซชันซึ่งแสดงการแลกเปลี่ยนไอเดียมและโปแตสเซียม (ก) หน้าคลื่นที่มีการดีโพลาไรซ์พุ่งเข้าหาขั้วบวจะได้สัญญาณหัวตั้ง (หัวข้อ A) (ข) หน้าคลื่นที่มีการดีโพลาไรซ์พุ่งออกจากขั้วบวจะได้สัญญาณหัวกลับ (หัวข้อ B) (ค) หน้าคลื่นที่มีการรีโพลาไรซ์พุ่งเข้าหาขั้วบวจะได้สัญญาณหัวกลับ (หัวข้อ C) (ง) หน้าคลื่นที่มีการรีโพลาไรซ์พุ่งออกจากขั้วบวจะได้สัญญาณหัวตั้ง (หัวข้อ D) (จ) เมื่อหน้าคลื่นทั้ง 2 มาพร้อมกัน แต่ไม่ตรงเข้าหาขั้วไฟฟ้า สัญญาณที่ได้จะแปรผันตามความเร็วในทิศทางของขั้วไฟฟ้า (หัวข้อ E).....	8
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางการกระจายตัวของไฟฟ้าหัวใจ และคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่เกิดขึ้น (ก) การเกิดคลื่น P โดยดีโพลาไรเซชันที่ Atrial และ Septal (ข) การเกิดคลื่น Q และการเริ่มต้นคลื่น R โดยการดีโพลาไรเซชันที่ Atrial และ Left Ventricle (ค) การสิ้นสุดคลื่น QRS โดยการดีโพลาไรเซชันที่ Left Ventricle (ง) การเกิดคลื่น T โดยการรีโพลาไรเซชัน ที่ Left Ventricle.....	9
2.4 ช่วงคลื่นความถี่คลื่นไฟฟ้าหัวใจเพื่อใช้ในงานต่างๆ (ก) เพื่อการวินิจฉัยโรค (Clinical) (ข) เพื่อการเฝ้าระวัง (Monitoring) (ค) เพื่อการวัดชีพจร (Rate).....	11
2.5 ลักษณะคลื่นไฟฟ้าหัวใจปกติและช่วงการเกิดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ.....	11
2.6 ระยะและความสูงของคลื่นต่างๆ เพื่อการคลื่นไฟฟ้าหัวใจ.....	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.7	วิธีการต่อขั้วไฟฟ้าสำหรับการวัดแบบ Frank lead
(ก)	การต่อ Lead แบบ Frank lead เพื่อแสดงเวกเตอร์คลื่นไฟฟ้าหัวใจ (vectorcardiogram)
(ข)	เครื่องขยายวงจรตัวต้านทานเพื่อรวมสัญญาณที่ได้จาก Frank Lead ให้เป็นเวกเตอร์ คลื่นไฟฟ้าหัวใจ
(ค)	ผลการวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบเวกเตอร์คาร์ดิโอกราฟ เวกเตอร์คลื่นไฟฟ้าหัวใจ ที่ได้จากคนไข้ที่มีอาการปกติจากวงจรในรูปที่ 2.7 (ข)..... 16
2.8	ระยะต่างๆในคลื่นไฟฟ้าหัวใจบนกระดาษกราฟที่ความเร็วปกติ 25 มม./วินาที และที่สเกลวัด โวลต์ปกติ (10 mm/mV)..... 17
2.9	ลักษณะขั้วไฟฟ้าเงิน – ซิลเวอร์คลอไรด์ 18
2.10	การติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแขนขาขั้วคู่
(ก)	Lead I
(ข)	Lead II
(ค)	Lead III..... 18
2.11	การติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแขนขาขั้วเดี่ยว
(ก)	Lead aVR
(ข)	Lead aVL
(ค)	Lead aVF..... 19
2.12	การติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจหน้าอกแบบขั้วเดี่ยว..... 20
2.13	ตำแหน่งการวางขั้วต่อทรงอก..... 20
2.14	คลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบ 12 เส้น ที่มีลักษณะปกติ..... 21
2.15	ตำแหน่งการติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจเพื่อเฟิระวัง..... 22
2.16	การรวมเวกเตอร์เพื่อหาทิศทางการนำคลื่นไฟฟ้าหัวใจ..... 22

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

2.17 เวกเตอร์ทิศทางการนำคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

(ก) เส้น Lead I มีมุม 0 องศา

(ข) เส้น Lead II มีมุม +60 องศา

(ค) เส้น Lead III มีมุม +120 องศา

(ง) เส้น Lead aVL มีมุม -30 องศา

(จ) เส้น Lead aVR มีมุม -150 องศา

(ฉ) เส้น Lead aVF มีมุม +90 องศา.....23

2.18 ทิศทางการนำไฟฟ้าของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

(ก) แบบปกติ

(ข) แบบทิศทางเบี่ยงเบนไปทางซ้าย

(ค) แบบทิศทางเบี่ยงเบนไปทางขวา..... 24

2.19 แสดงการประมาณค่า Least Square ของ $\sqrt{x}$

(ก) ดิกรีหนึ่ง

(ข) ดิกรีสอง

(ค) ดิกรีสาม.....27

2.20 แสดงการประมาณค่าด้วยวิธี Discrete Least Square

(ก) ดิกรีหนึ่ง

(ข) ดิกรีสอง

(ค) ดิกรีสาม

(ง) ดิกรีสี่.....31

3.1 แสดงสัญญาณขาเข้าความถี่ 1 Hz ที่เก็บข้อมูลโดย Data acquisition card AD612.....36

3.2 แสดงสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่เก็บข้อมูลโดย

Data acquisition card AD612.....37

3.3 แสดงช่วงของสัญญาณขาเข้าที่แบ่งพิจารณา..... 37

3.4 แสดงช่วงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่แบ่งพิจารณา..... 38

3.5 แสดงสัญญาณขาเข้า 1Hz ดิกรี 2 ที่สร้างขึ้นใหม่.....40

3.6 แสดงสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ดิกรี 2 ที่สร้างขึ้นใหม่.....40

3.7 แสดงวงจร Instrument Amplifier เบอร์ INA122.....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้จัดทำ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.8 แสดงวงจร ARM7 และ Multiplexer.....	42
3.9 แสดงวงจร Amplifier.....	42
4.1 Hardware และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	45
4.2 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณขาขึ้นที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาขึ้นที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี่ 2.....	45
4.3 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณขาขึ้นที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาขึ้นที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี่ 2.....	46
4.4 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณขาขึ้นที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาขึ้นที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี่ 2.....	46
4.5 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณขาขึ้นที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาขึ้นที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี่ 3.....	47
4.6 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณขาขึ้นที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาขึ้นที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี่ 3.....	47
4.7 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณขาขึ้นที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาขึ้นที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี่ 3.....	48
4.8 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณขาขึ้นที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาขึ้นที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี่ 4.....	48
4.9 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณขาขึ้นที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาขึ้นที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี่ 4	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 4	49
4.11 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 5	50
4.12 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 5	50
4.13 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 5	51
4.14 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 2	51
4.15 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 2.....	52
4.16 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 2	52
4.17 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 3	53
4.18 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 3	53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.19	ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 3	54
4.20	ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 4	54
4.21	ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 4	55
4.22	ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 4	55
4.23	ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 5	56
4.24	ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 5	56
4.25	ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 5.....	57
4.26	ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 2	57
4.27	ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 2	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.28 ผลการจำลองสร้างสัญญาณชาวน้ความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณชาวน้ที่ได้จากการค้ AD612 ล้าง สัญญาณชาวน้ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี้ 2	58
4.29 ผลการจำลองสร้างสัญญาณชาวน้ความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณชาวน้ที่ได้จากการค้ AD612 ล้าง สัญญาณชาวน้ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี้ 3	59
4.30 ผลการจำลองสร้างสัญญาณชาวน้ความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณชาวน้ที่ได้จากการค้ AD612 ล้าง สัญญาณชาวน้ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี้ 3	59
4.31 ผลการจำลองสร้างสัญญาณชาวน้ความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณชาวน้ที่ได้จากการค้ AD612 ล้าง สัญญาณชาวน้ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี้ 3	60
4.32 ผลการจำลองสร้างสัญญาณชาวน้ความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณชาวน้ที่ได้จากการค้ AD612 ล้าง สัญญาณชาวน้ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี้ 4	60
4.33 ผลการจำลองสร้างสัญญาณชาวน้ความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณชาวน้ที่ได้จากการค้ AD612 ล้าง สัญญาณชาวน้ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี้ 4	61
4.34 ผลการจำลองสร้างสัญญาณชาวน้ความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณชาวน้ที่ได้จากการค้ AD612 ล้าง สัญญาณชาวน้ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี้ 4	61
4.35 ผลการจำลองสร้างสัญญาณชาวน้ความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณชาวน้ที่ได้จากการค้ AD612 ล้าง สัญญาณชาวน้ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี้ 5	62
4.36 ผลการจำลองสร้างสัญญาณชาวน้ความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณชาวน้ที่ได้จากการค้ AD612 ล้าง สัญญาณชาวน้ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี้ 5	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.37 ผลการจำลองสร้างสัญญาณชาวน้ความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณชาวน้ที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณชาวน้ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5.....	63
4.38 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	63
4.39 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	64
4.40 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	64
4.41 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	65
4.42 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	65
4.43 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	66
4.44 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	66
4.45 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.46 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	67
4.47 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	68
4.48 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	68
4.49 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	69
4.50 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	69
4.51 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	70
4.52 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	70
4.53 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	71
4.54 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.55 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	72
4.56 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	72
4.57 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	73
4.58 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	73
4.59 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	74
4.60 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	74
4.61 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	75
4.62 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	75
4.63 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.64	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	76
4.65	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	77
4.66	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	77
4.67	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	78
4.68	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	78
4.69	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	79
4.70	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	79
4.71	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	80
4.72	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.73	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	81
4.74	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	81
4.75	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	82
4.76	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	82
4.77	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	83
4.78	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	83
4.80	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	84
4.81	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	84
4.82	ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.83 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	85
4.84 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	86
4.85 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	86
4.86 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	87
4.87 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	87
4.88 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	88
4.89 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	88
4.90 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	89
4.91 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.92 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	90
4.93 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	90
4.94 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	91
4.95 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	91
4.96 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	92
4.97 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	92
4.98 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	93
4.99 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	93
4.100 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.101 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	94
4.102 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	95
4.103 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	95
4.104 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	96
4.105 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	96
4.106 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	97
4.107 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	97
4.108 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	98
4.109 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.110 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5	99
4.111 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2	99
4.112 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2	100
4.113 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2	100
4.114 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2	101
4.115 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2	101
4.116 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2	102
4.117 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2	102
4.118 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2	103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.119 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2	103
4.120 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	104
4.121 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	104
4.122 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	105
4.123 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	105
4.124 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	106
4.125 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	106
4.126 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	107
4.127 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.128 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3	108
4.129 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	108
4.130 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	109
4.131 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	109
4.132 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	110
4.133 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	110
4.134 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	111
4.135 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	111
4.136 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.137 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4	112
4.138 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	113
4.139 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	113
4.140 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	114
4.141 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	114
4.142 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	115
4.143 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	115
4.144 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	116
4.145 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5	116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.146 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 5	117
4.147 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	117
4.148 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	118
4.149 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	118
4.150 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	119
4.151 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	119
4.152 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	120
4.153 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	120
4.154 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิจรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.155 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกิริ 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	121
4.156 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกิริ 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	122
4.157 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกิริ 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	122
4.158 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกิริ 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	123
4.159 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกิริ 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	123
4.160 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกิริ 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	124
4.161 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกิริ 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	124
4.162 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกิริ 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	125
4.163 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกิริ 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.164 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	126
4.165 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	126
4.166 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	127
4.167 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	127
4.168 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	128
4.169 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	128
4.170 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	129
4.171 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	129
4.172 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.173 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	130
4.174 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	131
4.175 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	131
4.176 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	132
4.177 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	132
4.178 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	133
4.179 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	133
4.180 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	134
4.181 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.182 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	135
4.183 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	135
4.184 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	136
4.185 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	136
4.186 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	137
4.187 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	137
4.188 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	138
4.189 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	138
4.190 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.191 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	139
4.192 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	140
4.193 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	140
4.194 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	141
4.195 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	141
4.196 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	142
4.197 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	142
4.198 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	143
4.199 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.200 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	144
4.201 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	144
4.202 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	145
4.203 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	145
4.204 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	146
4.205 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	146
4.206 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	147
4.207 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	147
4.208 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	148

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.209 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	148
4.210 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	149
4.211 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	149
4.212 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	150
4.213 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	150
4.214 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	151
4.215 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	151
4.216 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	152
4.217 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	152

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.218 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	153
4.219 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	153
4.220 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	154
4.221 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	154
4.222 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	155
4.223 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	155
4.224 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	156
4.225 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	156
4.226 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	157

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.227 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	157
4.228 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	158
4.229 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	158
4.230 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	159
4.231 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	159
4.232 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	160
4.233 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	160
4.234 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	161
4.235 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	161

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.236 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	162
4.237 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	162
4.238 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	163
4.239 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	163
4.240 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	164
4.241 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	164
4.242 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	165
4.243 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	165
4.244 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	166

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.245 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	166
4.246 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	167
4.247 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	167
4.248 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	168
4.249 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	168
4.250 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	169
4.251 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	169
4.252 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	170
4.253 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation	170

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.254 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 5 ถ่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation.....	171
4.255 แสดงค่า PRD ของสัญญาณชาชน้ความถี่ 1 Hz เทียบกับจำนวนคีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ	176
4.256 แสดงค่า PRD ของสัญญาณชาชน้ความถี่ 10 Hz เทียบกับจำนวนคีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ	176
4.257 แสดงค่า PRD ของสัญญาณชาชน้ความถี่ 100 Hz เทียบกับจำนวนคีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ	177
4.258 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL เทียบกับจำนวนคีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ	177
4.259 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA เทียบกับจำนวนคีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ	178
4.260 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA เทียบกับจำนวนคีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ	178
4.261 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 เทียบกับจำนวนคีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ	179
4.262 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 เทียบกับจำนวนคีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ	179
4.263 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 เทียบกับจำนวนคีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ	180
4.264 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 เทียบกับจำนวนคีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ	180
4.265 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 เทียบกับจำนวนคีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ	181
4.266 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 เทียบกับจำนวนคีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ	181

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การตรวจวัดและการบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจหรืออีซีจี (ECG : Electrocardiogram) เป็นวิธีการตรวจวัดซึ่งมีประโยชน์และมีความน่าเชื่อถืออย่างยิ่ง โดยแพทย์จะอาศัยผลการตรวจวัดนี้ในการวินิจฉัยความผิดปกติของการทำงานของหัวใจ

ซึ่งในปัจจุบันการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจเป็นวิธีการแพร่หลายใช้มากในวงการแพทย์ โดยสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจนั้นเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากการทำงานของหัวใจสามารถวัดค่าได้จากร่างกาย โดยรูปร่างและลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะแสดงให้เห็นถึงการบีบตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ ซึ่งเมื่อสภาวะที่หัวใจทำงานเป็นปกติสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจะมีรูปร่างลักษณะเป็นมาตรฐานเฉพาะตัว และเมื่อสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่วัดได้มีลักษณะผิดไปจากรูปแบบมาตรฐานนั้นหมายถึงการทำงานของหัวใจผิดปกติด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการวินิจฉัยอาการผิดปกติ

การวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจนั้นจำเป็นต้องใช้เครื่องวัดที่มีความถูกต้องสูงอย่างมาก ซึ่งเครื่องวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจนี้จะต้องถูกปรับแต่งให้ทำงานถูกต้องอย่างสม่ำเสมอ โดยในการปรับแต่งนั้นจำเป็นต้องอาศัยแหล่งกำเนิดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจำลอง (ECG Simulation) ที่มีรูปแบบมาตรฐานมาทำการปรับแต่ง ดังนั้นเครื่องจำลองสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจนั้นจึงเป็นเครื่องมือที่ต้องมีการทำงานอย่างเที่ยงตรง ในหลักการเดิมของเครื่องจำลองสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจนั้นสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากคนปกตินั้นจะถูกบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำแบบ Full table และเมื่อต้องการนำสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจมาใช้ก็จะทำการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำในลักษณะ Look up table โดยความละเอียดของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจะขึ้นอยู่กับจำนวน Bit ของข้อมูลที่จัดเก็บและจำนวน Bit rate ของข้อมูล ซึ่งถ้าต้องการสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่มีคุณภาพสูงก็จำเป็นต้องใช้หน่วยความจำที่มีความจุเป็นจำนวนมาก [5,12,13]

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจำลองโดยใช้เทคนิค Discrete Least Square Estimate เพื่อลดข้อมูลของคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่จำเป็นต้องจัดเก็บให้เหลือจำนวนน้อยที่สุด โดยเมื่อนำกลับมาสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจใหม่จะต้องให้สัญญาณที่มีความผิดเพี้ยนของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า สัญญาณค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การนำเสนอการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่มีคุณภาพสูงแต่ใช้พื้นที่หน่วยความจำต่ำ โดยจะใช้วิธีสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากสมการคณิตศาสตร์แบบไม่ต่อเนื่องแทนวิธีการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำในแบบ Look up table ในการสร้างคณิตศาสตร์แบบไม่ต่อเนื่องจะใช้วิธี Discrete Least Squares Estimate รูปคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่สร้างขึ้นจากสมการคณิตศาสตร์แบบไม่ต่อเนื่องนี้มีความถูกต้องสูงเนื่องจากจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด PRD (Percent Root Mean Square Different) ต่ำ นอกจากนี้ยังใช้พื้นที่หน่วยความจำน้อยกว่าหลักการเดิม

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

นำเสนอการออกแบบการสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ โดยใช้เทคนิค Discrete Least Squares Estimate มาประยุกต์ใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของสมการสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ซึ่งแตกต่างจากการสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบเดิมที่ใช้วิธีการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำในแบบ Look up table มีผลทำให้สามารถลดหน่วยความจำที่ต้องจัดเก็บ โดยการหาสมการสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจะทำการแบ่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจออกเป็นส่วนๆ จากนั้นจะใช้เทคนิค Discrete Least Squares Estimate หาสัมประสิทธิ์ของสมการและทดลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจใหม่ และนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณเดิมมาหาค่า PRD

1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน

การสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจำลองตามหลักการเดิมโดยใช้วิธี Look up table โดยมีหลักการทำงานคือ ข้อมูลแบบ Digital ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจทั้งหมดจะถูกเก็บอยู่ในหน่วยความจำ จากนั้นข้อมูลในหน่วยความจำก็จะถูกส่งมาทำการคำนวณที่ตัวประมวลผล (CPU) ผลจากการคำนวณก็จะถูกส่งไปยังวงจร Digital to analog converter (D/A) เพื่อแปลงผลการคำนวณให้เป็นสัญญาณ Analog ซึ่งจะเห็นได้ว่าความละเอียดของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจำลองนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำถ้าต้องการความละเอียดของสัญญาณมากก็จะต้องใช้ข้อมูลเป็นจำนวนมากทำให้ต้องใช้หน่วยความจำมากขึ้น

ส่วนการสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจโดยใช้เทคนิค Discrete Least Square Estimate นั้น จะใช้วิธีสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากสมการคณิตศาสตร์แบบไม่ต่อเนื่องแทนวิธีเดิม ซึ่งกราฟที่เกิดจากสมการแบบใหม่นี้จะมีความถูกต้องเที่ยงตรงสูง เนื่องจากจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดต่ำ และนอกจากนี้ยังใช้พื้นที่หน่วยความจำน้อยกว่าวิธีการแบบเดิมอีกด้วย

1.6 ขอบเขตการวิจัย

หาสัมประสิทธิ์ของสมการคลื่นไฟฟ้าหัวใจด้วยวิธี Discrete Least Squares Estimate และสามารถสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจโดยมีความผิดพลาดของสัญญาณต่ำ หรือค่า PRD ต่ำ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1.6.1 ศึกษาวิธี Discrete Least Squares Estimate

1.6.2 ใช้ Data acquisition card AD612 เพื่อเก็บสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

1.6.3 หาสัมประสิทธิ์ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจด้วยวิธี Discrete Least Squares Estimate

1.6.4 ค่าผิดพลาดของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่สร้างขึ้นใหม่เปรียบเทียบกับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจต้นฉบับ โดยแสดงเป็นค่า PRD

1.6.5 ออกแบบ Hardware

1.6.6 ออกแบบ Software

1.7 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกัน คือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งจะประกอบด้วยทฤษฎีสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ เทคนิคการประมาณค่า Discrete Least Square และการคำนวณหาค่า PRD

บทที่ 3 กล่าวถึงการเก็บข้อมูลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจโดยใช้ Data acquisition card AD612 การสร้างสมการคณิตศาสตร์แบบไม่ต่อเนื่อง การออกแบบ Hardware และการออกแบบ Software

บทที่ 4 กล่าวถึงผลการทดลองที่ได้จากการหาสัมประสิทธิ์ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจเปรียบเทียบกับค่าการเก็บข้อมูลแบบ Full Table การสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากสัมประสิทธิ์ที่ได้เปรียบเทียบกับสัญญาณต้นฉบับด้วยการคำนวณหาค่า PRD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ภาคผนวก ซึ่งอยู่ด้านหลังของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วยโปรแกรมที่ใช้ใน MATLAB ที่ใช้ในการหาสัมประสิทธิ์ของสัญญาณขาเข้า และสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และโปรแกรมภาษา C ที่ใช้กับบอร์ด ARM7 เพื่อสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากสัมประสิทธิ์ที่หาได้จากเทคนิค Least square อธิบายฟังก์ชัน polyfit ที่ใช้ในการหาสัมประสิทธิ์จากเทคนิค Least square และฟังก์ชัน polyval ที่นำสัมประสิทธิ์จากฟังก์ชัน polyfit มาสร้างสัญญาณ และเนื้อหาเพิ่มเติมบางส่วนเพื่อให้ผู้อ่านเกิดความเข้าใจมากขึ้น



บทที่ 2

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

และทฤษฎี Least Square

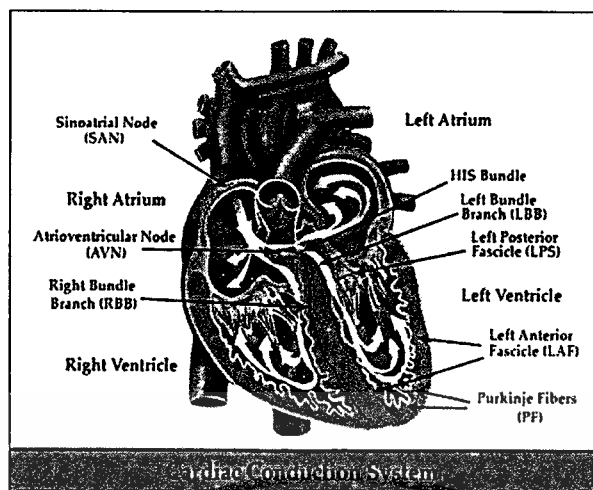
บทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างความสัมพันธ์ของหัวใจและคลื่นไฟฟ้าหัวใจ สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ตัวแปรร่วมในคลื่นไฟฟ้าหัวใจสำหรับการวินิจฉัยอาการทางหัวใจวิธีการวัดและบันทึกผลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ การวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ แนวแกนไฟฟ้า นอกจากนั้นในบทที่ 2 นี้จะกล่าวถึงทฤษฎี Least Square และ Percent root-mean-square difference (PRD) ด้วย

2.1 ความสัมพันธ์ของหัวใจและคลื่นไฟฟ้าหัวใจ [14]

หัวใจเป็นอวัยวะที่มีพลังมากที่สุดของร่างกาย ทำหน้าที่คล้ายเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กมีเซลล์พิเศษทำหน้าที่เป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการทางไฟฟ้าภายในหัวใจ ซึ่งเซลล์พิเศษดังกล่าวสามารถปล่อยกระแสไฟฟ้าแพร่กระจายไปทั่วหัวใจเกิดเป็นคลื่นไฟฟ้าหัวใจได้

ขบวนการทางไฟฟ้านี้จะกระตุ้นให้กล้ามเนื้อหัวใจเกิดการหดและคลายตัวเป็นจังหวะตามที่ได้รับการกระตุ้นทำให้หัวใจสามารถคลายตัวรับโลหิตและหดตัวสูบฉีดโลหิตไปเลี้ยงร่างกายออกไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ทั่วร่างกายได้ โดยที่เลือดจะไหลเข้าไปในหัวใจห้องบนขวา (Right Atrium) จากนั้นเลือดจากหัวใจห้องบนขวาจะเข้าสู่หัวใจห้องล่างขวา (Right Ventricle) ผ่านลิ้นไทรคัสปิด (Tricuspid Valve) โดยที่ลิ้นไทรคัสปิด จะปิดเพื่อไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับเข้าสู่หัวใจห้องบนขวาแล้ว หัวใจห้องล่างขวาจะสูบฉีดเลือดไปที่ปอดเพื่อเพิ่มออกซิเจนพร้อมกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดงที่สะสมตัว ขณะไหลเวียนในร่างกายออกไป จากนั้นเลือดที่มีออกซิเจนสูงจะเข้าสู่หัวใจห้องบนซ้าย (Left Atrium) ผ่านลิ้นไมตรัล (Mitral Valve) เข้าสู่หัวใจห้องล่างซ้าย (Left Ventricle) จากนั้นหัวใจ ห้องล่างซ้ายจะบีบตัวสูบฉีดโลหิตไปเลี้ยงร่างกายผ่านเส้นเลือดแดงใหญ่เอออร์ตา (Aorta Artery) โดยที่ลิ้นเอออร์ตา (Aortic Valve) จะปิดลงเพื่อป้องกันเลือดไหลย้อนกลับเข้าสู่หัวใจ

เซลล์ที่เกี่ยวข้องกับหัวใจแบ่งออกได้ 3 ประเภท ตามคุณสมบัติทางสรีรวิทยาไฟฟ้า (Electrophysiology) ซึ่งได้แสดงให้เห็นในรูปที่ 2.1 โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.1 ระบบการนำไฟฟ้าหัวใจ

2.1.1 เซลล์เพซเมเกอร์ (Pacemaker Cell)

ทำหน้าที่ให้กำเนิดจังหวะการเต้นหัวใจ โดยเป็นจุดกำเนิดไฟฟ้าและจุดเริ่มต้นของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ อันได้แก่

2.1.1.1 Sino-atrial Node (SA Node/Sinus Node/SAN) เป็นจุดเริ่มต้นระบบการเหนี่ยวนำไฟฟ้ามีตำแหน่งอยู่ตรงที่ด้านขวาของรู Superior Venacava เปิดเข้าไปในเส้นเลือดเอเดรียลขวา เป็นเซลล์ที่มีลักษณะกึ่งเซลล์ประสาทกึ่งเซลล์กล้ามเนื้อ ตั้งอยู่ตรงส่วนบนด้านขวาของหัวใจห้องบนขวา เซลล์ดังกล่าวทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าหัวใจด้วยอัตรา 60 – 100 ครั้งต่อนาทีซึ่งเร็วกว่าจุดอื่นๆ ของหัวใจ (หัวใจห้องบน 60 ครั้งต่อนาที, AV Node และ Bundle of HIS 20 – 40 ครั้งต่อนาที) ซึ่งจังหวะการทำงานของหัวใจจะขึ้นอยู่กับจุดที่กำเนิดสัญญาณได้เร็วที่สุด

2.1.1.2 Atrio-ventricular Node (AV Node/NA) เป็นเซลล์ที่มีลักษณะเหมือนเซลล์ประสาทผสมกับเซลล์กล้ามเนื้อซึ่งอยู่ปลายบนของผนังกันหัวใจห้องล่างก่อนลงมาทางหัวใจห้องบนขวา ใกล้ผนังกันระหว่างเอเทรียลทั้งสองข้าง ตรงบริเวณเหนือลิ้นหัวใจ Tricuspid Valve และอยู่ด้านหน้าแต่ต่ำกว่าช่องเปิดของ Coronary Sinus

2.1.2 เซลล์พิเศษ

ทำหน้าที่นำคลื่นไฟฟ้าหัวใจให้แพร่กระจายไปทั่วหัวใจอันได้แก่

2.1.2.1 Internodal Atrial Pathway นักกายวิภาคศาสตร์เชื่อว่า สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ผ่าน จากปม SA Node ไป AV Node โดยใช้เส้นทางนี้ เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของหัวใจห้องบนแล้วจะพบว่า Internodal Pathway มีผนังกล้ามเนื้อแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1) **Anterior Internodal Track (Bachmann's Bundle)** เริ่มจากจุด SA Node แล้วไปตามด้านหน้าของหัวใจห้องบนขวาแล้วแบ่งออกเป็น 2 ทาง คือทางหนึ่งอ้อมมาจากทางไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านหน้าไปสู่หัวใจห้องบนทั้งสองห้อง ส่วนอีกทางหนึ่งแยกลงตรงผนังกันหัวใจห้องบนทั้ง 2 ลงมาสู่ด้านบนของ AV Node

2) **Middle Internodal Track (Wenckebach)** เริ่มจากทางด้านหลัง SA Node อ้อมมาทางด้านหลังของเส้นเลือด Superior Venacava ลงมาสู่ผนังกันหัวใจห้องบน ลงมาสู่ด้านบนของ AV Node

3) **Posterior Internodal Track (Thorel)** เริ่มจากด้านหลังของ SA Node ลงมาตามผนังหัวใจห้องบนขวา ลงมาสู่ AV Node

2.1.2.2 **Bundle of His** เป็นส่วนที่ต่อออกมาจาก AV Node โดยตรงยาวประมาณ 2 cm อยู่ทางด้านขวาของผนังกันระหว่างหัวใจส่วนเอตริยม (Atrium) ทั้ง 2 ข้างและอยู่บนผนังกันระหว่างหัวใจส่วนเวนทริเคิล (Ventricle) ทั้ง 2 ข้าง

2.1.2.3 **Bundle Branch** จะแยกเป็น 2 แขนงคือ Right Bundle Branch และ Left Bundle Branch

1) **Right Bundle Branch** วางตัวลงมาทางขวาของผนังกันหัวใจห้องล่างก่อนลงมาทางด้านขวา โดยแทรกตัวเข้าไปอยู่ในเยื่อหัวใจ

2) **Left Bundle Branch** มีขนาดสั้นและหนากว่า ทอดตัวมาตามผนังกันหัวใจห้องล่างก่อนมาทางซ้ายและแยกออกเป็น 2 แขนงได้แก่แขนงด้านหน้าและแขนงด้านหลัง (Anterior and Posterior Fascicle)

2.1.2.4 **Purkinje System** เป็นส่วนปลายสุดของระบบเหนี่ยวนำด้วยไฟฟ้าซึ่งอยู่ใต้เยื่อหัวใจ (Endocardium) ลงไปแล้วแผ่กระจายไปทั่วเวนทริเคิลขวาและซ้าย

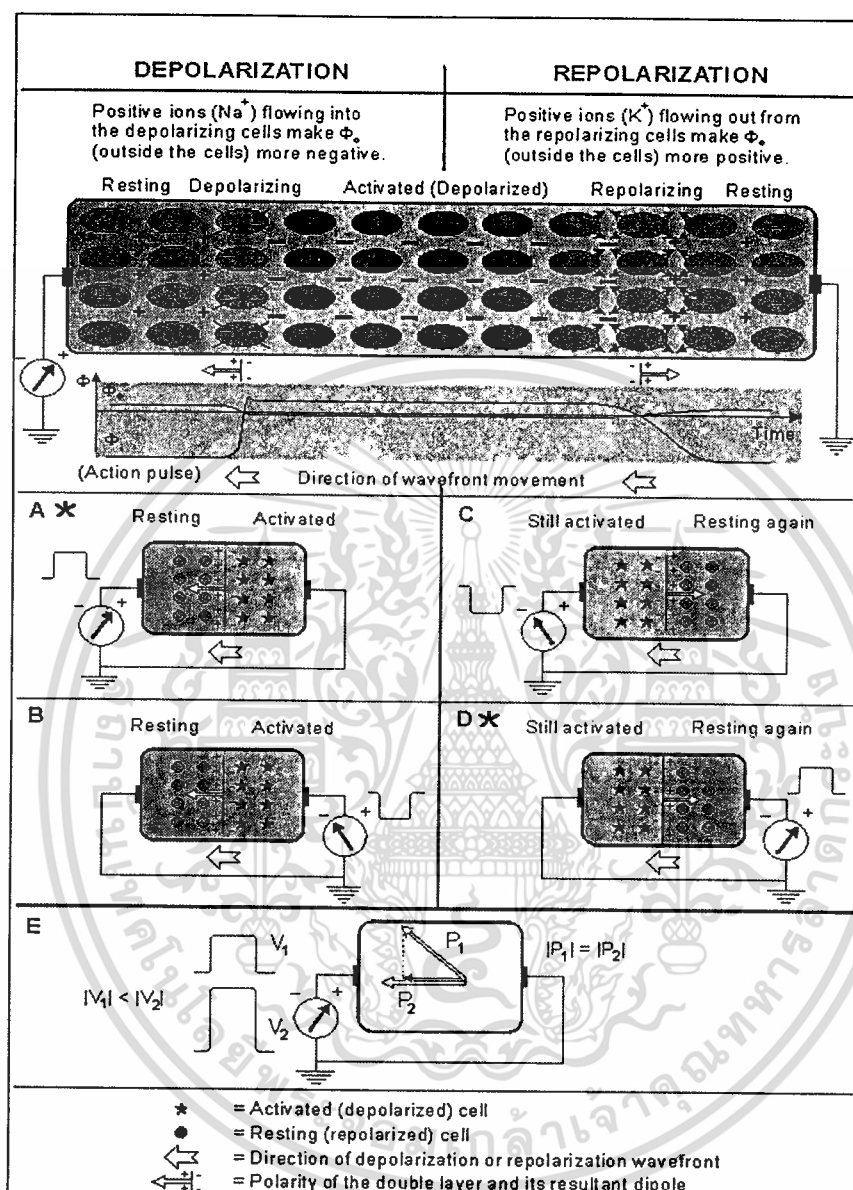
2.1.3 เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ

เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจทำหน้าที่หดตัวเมื่อได้รับการกระตุ้น ส่วนผนังหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจนั้นมีคุณสมบัติพิเศษทางไฟฟ้าที่ทำให้ศักย์ไฟฟ้าภายในและภายนอกเซลล์ต่างกัน คือความเข้มข้นไอออน Na^+ , K^+ และ Ca^{++} ที่ต่างกัน

ศักย์ไฟฟ้าภายในเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจขณะพักตัว (Φ_0) อยู่ที่ระดับ -85 mV ถึง -95 mV ในขณะที่ศักย์ไฟฟ้าภายในเซลล์เส้นใยพิเศษสำหรับนำศักย์ไฟฟ้าขณะพักตัว (Φ'_0) อยู่ที่ระดับ -90 mV ถึง -100 mV เมื่อเซลล์เกิดการกระตุ้น (Depolarize) แล้วศักย์ไฟฟ้าภายในเซลล์จะเกิดการ Overshoot ออกมาเป็นศักย์กระตุ้น (Action Potential) ถึงระดับ +20 mV ซึ่งแสดงให้เห็นใน รูปที่ 2.2 ซึ่งแสดงให้เห็นเส้นทางการนำไฟฟ้าและการใช้ขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว วัดการนำไฟฟ้าวางตรงข้ามกัน ซึ่งแบ่งได้ 4 กรณีตามชนิดของคลื่นและขั้วไฟฟ้าและกรณีที่หน้าคลื่นไม่ไปตามทิศทางเดียวกันกับขั้วไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 กระบวนการรีโพลาริเซชันและดีโพลาริเซชันที่เกี่ยวกับคลื่นไฟฟ้าหัวใจ [9]



รูปที่ 2.2 กระบวนการดีโพลาริเซชันและรีโพลาริเซชันซึ่งแสดงการแลกเปลี่ยนไอออนและโปแตสเซียม

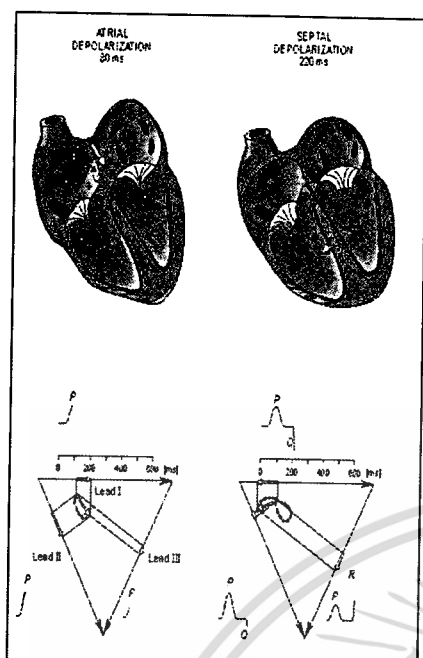
- หน้าคลื่นที่มีการดีโพลาริเซชันพุ่งเข้าหาขั้วบวกจะได้สัญญาณหัวตั้ง (หัวข้อ A)
- หน้าคลื่นที่มีการดีโพลาริเซชันพุ่งออกจากขั้วบวกจะได้สัญญาณหัวกลับ (หัวข้อ B)
- หน้าคลื่นที่มีการรีโพลาริเซชันพุ่งเข้าหาขั้วบวกจะได้สัญญาณหัวกลับ (หัวข้อ C)
- หน้าคลื่นที่มีการรีโพลาริเซชันพุ่งออกจากขั้วบวกจะได้สัญญาณหัวตั้ง (หัวข้อ D)
- เมื่อหน้าคลื่นทั้ง 2 มาพร้อมกัน แต่ไม่ตรงเข้าหาขั้วไฟฟ้า สัญญาณที่ได้จะแปรผันตามความเร็วในทิศทางของขั้วไฟฟ้า (หัวข้อ E)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

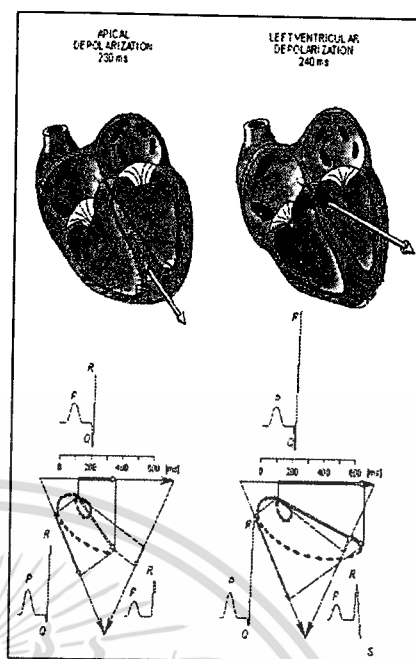
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศักย์กระตุ้นนั้นเกิดจากความเข้มข้นที่แตกต่างกันของไอออนภายในและภายนอกเซลล์เช่น โซเดียมไอออน (Na^+) และโปแตสเซียมไอออน (K^+) ตามปกติแล้ว ภายในเซลล์หัวใจโซเดียมไอออนจะมีความเข้มข้นต่ำเมื่อเทียบกับโปแตสเซียมไอออนที่มีความเข้มข้นสูงกว่า แต่ภายนอกเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจโซเดียมไอออนจะมีความเข้มข้นสูงเมื่อเทียบกับโปแตสเซียมไอออนที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า ไอออนเหล่านี้มีการซึมผ่านเข้าออกจากเซลล์เป็นระยะๆ ทำให้ศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ระยะใดที่ศักย์ไฟฟ้าภายในเซลล์ลดต่ำลงมาก เซลล์จะตอบสนองการกระตุ้นโดยการเปิดให้โซเดียมไอออนจากภายนอกเซลล์จะเข้าสู่ภายในเซลล์ ทำให้ศักย์ไฟฟ้าภายในเซลล์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นศักย์ไฟฟ้าก็จะค่อยๆ ลดลงเพราะโปแตสเซียมไอออนซึมออกจากเซลล์ ตามด้วยการที่เซลล์ขับโซเดียมไอออนออกไปในที่สุดศักย์ไฟฟ้าภายในเซลล์จะลดต่ำลงจนสามารถตอบสนองการกระตุ้นได้อีก

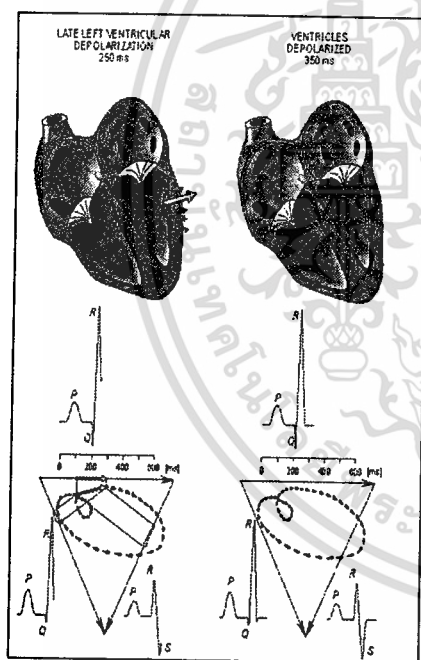
ปรากฏการณ์เหล่านี้เกิดขึ้นซ้ำเป็นจังหวะต่อเนื่อง ทำให้ศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงขึ้นลงลักษณะคล้ายคลื่นที่สามารถบันทึกได้เรียกว่า คลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram) โดยที่การเกิดคลื่น P จะแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.3 (ก) ส่วนการเกิดคลื่นสัญญาณ QRS จะแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.3 (ข) การสิ้นสุดคลื่น QRS จะแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.3 (ค) และการเกิดคลื่น T จะแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.3 (ง)



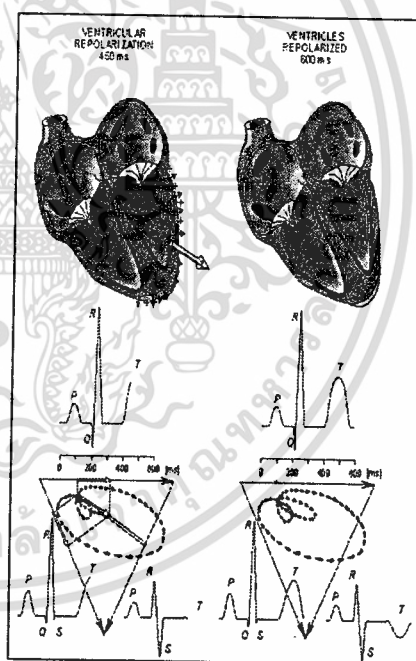
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางการกระจายตัวของไฟฟ้าหัวใจและคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่เกิดขึ้น

(ก) การเกิดคลื่น P โดยดีโพลาไรเซชันที่ Atrial และ Septal

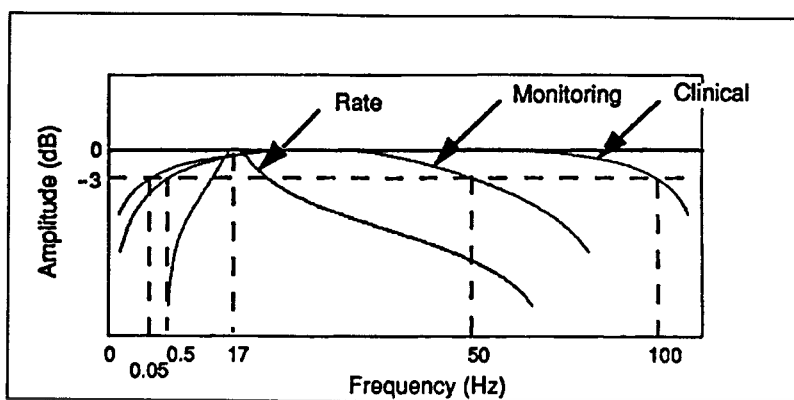
(ข) การเกิดคลื่น Q และการเริ่มต้นคลื่น R โดยการดีโพลาไรเซชันที่ Atrial และ Left Ventricle

(ค) การสิ้นสุดคลื่น QRS โดยการดีโพลาไรเซชันที่ Left Ventricle

(ง) การเกิดคลื่น T โดยการรีโพลาไรเซชัน ที่ Left Ventricle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

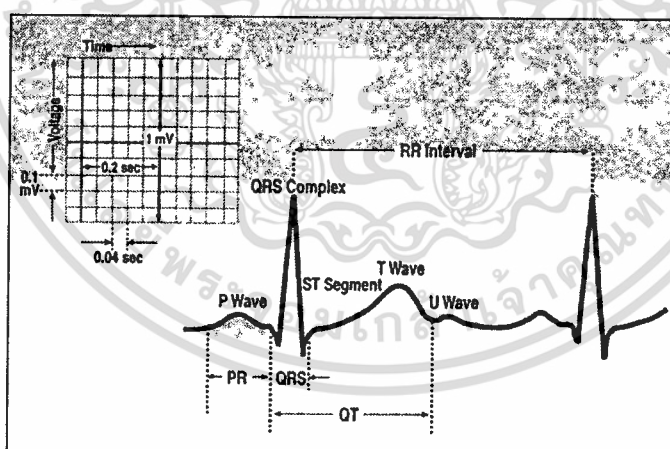


รูปที่ 2.4 ช่วงคลื่นความถี่คลื่นไฟฟ้าหัวใจเพื่อใช้ในงานต่างๆ

- (ก) เพื่อการวินิจฉัยโรค (Clinical)
- (ข) เพื่อการเฝ้าระวัง (Monitoring)
- (ค) เพื่อการวัดชีพจร (Rate)

2.3 ลักษณะคลื่นไฟฟ้าหัวใจ [9]

คลื่นไฟฟ้าหัวใจจะประกอบไปด้วยคลื่นตามที่แสดงในรูปที่ 2.5 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 2.5 ลักษณะคลื่นไฟฟ้าหัวใจปกติและช่วงการเกิดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

2.3.1 คลื่น P (P wave)

แสดงการดีโพลาไรเซชันของหัวใจห้องบนซ้ายและหัวใจห้องบนขวา (Depolarization of The Right and Left Atria) ซึ่งทำให้หัวใจห้องบนมีการบีบตัว โดยปกติแล้วคลื่น P จะหัวตั้งเว้นแต่คลื่น aVR ที่คลื่น P จะหัวกลับและคลื่น P จะมีขนาดใหญ่ที่สุดเมื่อใช้ขั้วไฟฟ้า Lead II วัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 กลุ่มคลื่น QRS (QRS complex)

แสดงการรีโพลาไรเซชันของหัวใจห้องล่างซ้ายและหัวใจห้องล่างขวา (Right and Left Ventricular Depolarization) ทำให้กล้ามเนื้อบีบตัวส่งโลหิตไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ภายในร่างกาย จุดที่เกิดการหักเหไปทางลง จุดแรกเรียกว่าคลื่น Q จุดที่หักเหขึ้นเรียกว่าคลื่น R และจุดหักเหซึ่งตามหลังคลื่น R เรียกว่าคลื่น S ในกรณีที่ไม่มีคลื่น R ให้เรียกว่า QS Complex และในกรณีที่มีคลื่น R ตามหลังคลื่น S นั้น ให้เรียกว่าคลื่น R' ถ้านำขั้วไฟฟ้าไปติดที่แขนขวาและแขนซ้าย (Lead II) จะได้สัญญาณ R ที่ใหญ่ที่สุดเนื่องจากผลรวมศักย์ไฟฟ้าของเซลล์มีจำนวนมาก สำหรับคลื่น Q ซึ่งมักพบใน lead I, aVL, aVF, V₄, V₅, V₆, นั้นเกิดจากการกระตุ้น Ventricular Septum

2.3.3 คลื่น T (T wave)

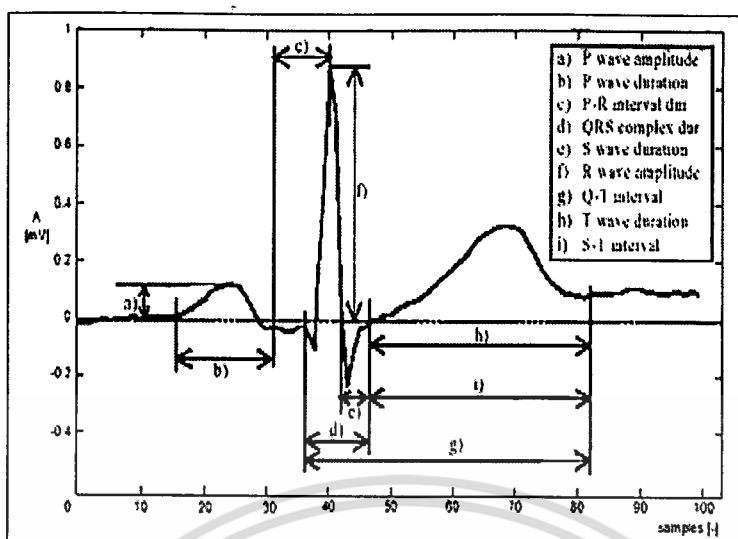
แสดงการรีโพลาไรเซชันของหัวใจห้องล่างและมีขนาดประมาณร้อยละ 30 ของคลื่น R โดยที่คลื่น T จะมีลักษณะหัวตั้งค่อนข้างสมมาตร โดยที่ด้าน Ascending จะชันน้อยกว่าด้าน Descending เล็กน้อย ในกรณีที่ใช้ lead I, II, V₃-V₆ วัดและได้คลื่น T หัวกลับในกรณีการวัดโดยใช้ Lead aVR หรือคลื่น T หัวตั้งหรือหัวกลับในกรณี Lead อื่นๆ

2.3.4 คลื่น U (U wave)

มีจุดกำเนิดไม่แน่ชัดแต่อาจแสดงถึงสภาพหลังการรีโพลาไรเซชันของเส้นใย Purkinje ก็ได้ มักเกิดกับ Lead V₄-V₅ คลื่น U มักมีขนาดไม่เกิน 0.1 mV

2.4 ตัวแปรร่วมในคลื่นไฟฟ้าหัวใจสำหรับการวินิจฉัยอาการทางหัวใจ [4,8]

แพทย์มักนิยมวิเคราะห์โดยการวัดความกว้างของคลื่น ขนาดช่วงคลื่นและระยะต่างๆ ในคลื่นไฟฟ้าหัวใจซึ่งเป็นตัวแปรร่วมเพื่อวินิจฉัยอาการทางหัวใจที่แสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ระยะและความสูงของคลื่นต่างๆ เพื่อการคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

ส่วนระยะที่เป็นปกติของคลื่นไฟฟ้าหัวใจจะเป็นดังที่แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ระยะปกติในคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

ระยะต่างๆ ในคลื่นไฟฟ้าหัวใจ	ระยะปกติ
ช่วงคลื่น P (P Wave Interval)	0.06 วินาที ถึง 0.11-0.12 วินาที และ หัวตั้งในกรณี V_4 , V_5 , V_6
ความสูงของคลื่น P (P Wave Amplitude)	น้อยกว่า 0.25 mV
ช่วงคลื่น PR (PR Interval)	0.12 – 0.20 วินาที
ช่วงคลื่น QRS (QRS Interval)	0.06-0.10 วินาที
ความสูงคลื่น Q (Q Wave Amplitude)	ไม่เกิน 0.1 mV หรือ ไม่เกิน $\frac{1}{4}$ ของความสูงคลื่น R
ระยะคลื่น Q	ไม่เกิน 0.04 วินาที
ขนาดคลื่น Q	น้อยกว่า $\frac{1}{4}$ ของคลื่น R (นับจาก Isoelectric Level) หรือ ≈ 0.2 mV
ความแปรผันช่วงคลื่น ST (ST Segment Deviation)	ไม่เกิน 0.1 mV เมื่อเทียบกับเส้นมาตรฐาน (Isoelectric Level) ณ 0.08 วินาทีหลังจุดสิ้นสุดคลื่น QRS
ระยะ QT	ผู้ชายไม่เกิน 0.40 วินาที ผู้หญิงไม่เกิน 0.44 วินาที

เอกสารนี้ 2.4.1 รายละเอียดตัวแปรร่วมในคลื่นไฟฟ้าหัวใจ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดเกี่ยวกับตัวแปรร่วมเพื่อใช้วิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าหัวใจมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1.1 ความกว้างคลื่น P เป็นระยะเวลาการดีโพลาไรเซชันในหัวใจส่วนเอเตรียมเพื่อบีบตัว

2.4.1.2 ความสูงของคลื่น P ซึ่งเป็นขนาดของศักย์ไฟฟ้าที่ปล่อยออกมาจาก SA Node ซึ่งวัดจากระดับเส้นมาตรฐาน (Isoelectric Level) ถึงยอดคลื่น P

2.4.1.3 ความกว้างคลื่น QRS เป็นระยะเวลาการดีโพลาไรเซชันในหัวใจส่วนเวนทริเคิลซึ่งทำให้กล้ามเนื้อหัวใจส่วนเวนทริเคิลเกิดการบีบตัวและนับจากจุดเริ่มต้นของคลื่น R ในกรณีทั่วไปหรือจุดเริ่มต้นของคลื่น Q ในกรณีที่มิคลื่น Q จนถึงจุดสิ้นสุดของคลื่น QRS ที่จุดสิ้นสุดคลื่น

2.4.1.4 ความสูงของคลื่น QRS ซึ่งเป็นขนาดของศักย์ไฟฟ้าที่ปล่อยออกมาจาก AV Node ซึ่งวัดจากระดับเส้นมาตรฐาน (Isoelectric Level) ถึงยอดคลื่น QRS

2.4.1.5 ความกว้างคลื่น T เป็นระยะเวลาการรีโพลาไรเซชันในหัวใจส่วนเวนทริเคิลซึ่งเป็นช่วงเวลาที่หัวใจส่วนเวนทริเคิลคลายตัว

2.4.1.6 ความสูงของคลื่น T ซึ่งเป็นขนาดของศักย์ไฟฟ้าที่ปล่อยออกมาขณะที่หัวใจส่วนเวนทริเคิลกำลังคลายตัว ซึ่งวัดจากระดับเส้นมาตรฐาน (Isoelectric Level) ถึงยอดคลื่น T

2.4.1.7 ช่วง QT (QT Interval) ช่วงเวลาดังแต่กล้ามเนื้อหัวใจเวนทริเคิลเกิดการ ดีโพลาไรเซชันถึงจุดสิ้นสุดการรีโพลาไรเซชันที่กล้ามเนื้อหัวใจเวนทริเคิล ซึ่งจะตรงกับจุดเริ่มต้นของคลื่น QRS จนถึงจุดสิ้นสุดคลื่น T และช่วงคลื่น QT เป็นช่วงคลื่นที่ยาวที่สุด ประกอบด้วยความยาวคลื่น 2 ช่วงได้แก่ คลื่น QRS กับ คลื่น T และส่วน ST Segment โดยทั่วไปแล้วระยะ QT จะขึ้นกับระยะ RR ตามสมการของ Bazette ในสมการที่ 2.1

$$QT_c = \frac{QT}{\sqrt{RR}} \quad (2.1)$$

2.4.1.8 ช่วง RR (RR Interval) วงรอบการทำงานของหัวใจห้องเวนทริเคิล ใช้บ่งชี้อัตราการเต้นหัวใจห้องล่างซึ่งเป็นอัตราการเต้นหัวใจหลัก

2.4.1.9 ช่วง PP (PP Interval) วงรอบการทำงานของหัวใจห้องเอเตรียล (หัวใจห้องบน) ใช้บ่งชี้อัตราการเต้นหัวใจห้องบน โดยทั่วไประยะ PP และระยะ RR จะมีขนาดที่เท่ากัน เว้นแต่ในกรณีที่เกิดความผิดปกติของหัวใจห้องบนและห้องล่างเต้นไม่พร้อมกัน ค่าทั้ง 2 จึงจะมีขนาดต่างกัน

2.4.1.10 ส่วน PR (PR Segment) ช่วงเวลาดังแต่เริ่มการดีโพลาไรเซชันหัวใจห้องบน ซึ่งเวลาที่ SA Node ได้รับการกระตุ้น (จุดเริ่มต้นคลื่น P) ถึงสิ้นสุดการดีโพลาไรเซชันของหัวใจ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องล่างหรือจุดที่สัญญาณจาก SA Node ไปถึง AV Node (จุดเริ่มต้นคลื่น R ในกรณีทั่วไป หรือจุดเริ่มต้นคลื่น Q ในกรณีที่มิลคลื่น Q) ดังนั้นจึงมีการเรียกช่วงนี้ว่าระยะ PQ โดยทั่วไปแล้วจะไม่ค่อยมีการวัด เว้นแต่จะมีการเลื่อนขึ้นลงจากระดับเส้นมาตรฐาน (Isoelectric Level)

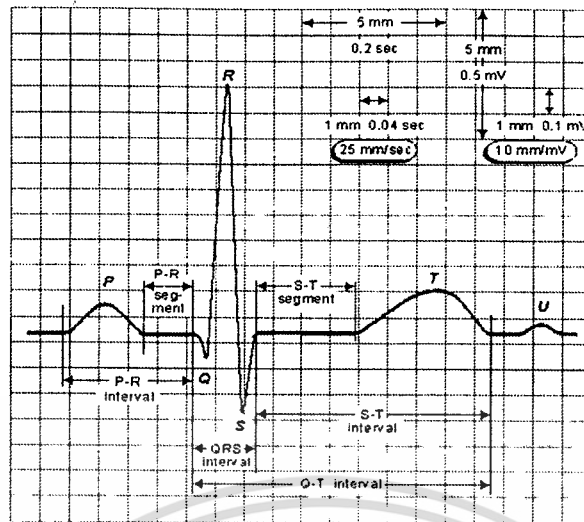
2.4.1.11 ส่วน ST (ST Segment) ซึ่งเป็นช่วงระหว่างที่หัวใจส่วนเวเนทรีเคลรีโพลาร์ไรซ์เซชันถึงช่วงหัวใจส่วนเวเนทรีเคลรีโพลาร์ไรซ์เซชัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงระดับของ ST Segment นั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งในการวินิจฉัยอาการโรคหัวใจเพราะการเลื่อนขึ้นลงของส่วน ST เมื่อเทียบกับระดับเส้นมาตรฐาน แสดงให้เห็นว่ามีความผิดปกติในกล้ามเนื้อหัวใจ เช่น กล้ามเนื้อหัวใจตาย (Myocardial Infarction) หรือกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด (Myocardial Ischemia) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อเส้นเลือดแดงโคโรนารีที่นำออกซิเจนและสารอาหารไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ เกิดการตีบหรืออุดตันทำให้กล้ามเนื้อหัวใจส่วนที่เส้นเลือดโคโรนารีเกิดการตีบตันไม่มีอาหารและออกซิเจนไปเลี้ยงทำให้กล้ามเนื้อหัวใจในส่วนดังกล่าวขาดเลือดหรือตายได้

2.5 วิธีการวัดและบันทึกผลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ [2,9,13]

การวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจสามารถทำได้ 2 รูปแบบ คือการวัดแบบเวกเตอร์คาร์ดิโอกราฟ (Vector Cardiograph) และการวัดแบบอิเล็กโตรคาร์ดิโอกราฟ (Electrocardiograph) ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.5.1 การวัดแบบเวกเตอร์คาร์ดิโอกราฟ (Vector cardiograph - VCG)

คือการวัดการเปลี่ยนแปลงเวกเตอร์ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นบนแกนหนึ่งเมื่อเทียบกับอีกแกนหนึ่งโดยพิจารณาจากแกนตั้งฉาก 3 ระนาบคือระนาบที่มองจากด้านหน้า ด้านซ้ายและด้านบน การวัดด้วยวิธีดังกล่าวมีข้อจำกัดคือต้องใช้ตำแหน่งในการวัดเป็นจำนวนมาก การสร้างอุปกรณ์สำหรับใช้วัดค่อนข้างยุ่งยากและต้องให้แพทย์ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้วินิจฉัย ขณะนี้ได้มีการคิด Lead แบบนี้เพื่อหาสัญญาณที่ซ่อนอยู่หลังคลื่น QRS (Late Potential) ซึ่งมักเกิดกับผู้ป่วย อาการบรูเกดา หรือโรคไหลตาย ตัวอย่างการติดขั้วไฟฟ้าเพื่อวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบ เวกเตอร์คาร์ดิโอกราฟ จะแสดงในรูปที่ 2.7 (ก) ส่วนวงจรขยาย สำหรับการติดขั้วไฟฟ้าเพื่อวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบเวกเตอร์คาร์ดิโอกราฟจะแสดงในรูปที่ 2.7 (ข) ส่วนผลการวัด คลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบเวกเตอร์คาร์ดิโอกราฟ จะแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.7 (ค)



รูปที่ 2.8 ระยะต่างๆในคลื่นไฟฟ้าหัวใจบนกระดาษกราฟที่ความเร็วปกติ 25 มม./วินาที และที่สเกลวัด โวลเตจปกติ (10 mm/mV)

2.5.3 การวัดอัตราการเต้นหัวใจ

การวัดอัตราการเต้นหัวใจจะทำได้ 3 วิธีคือ

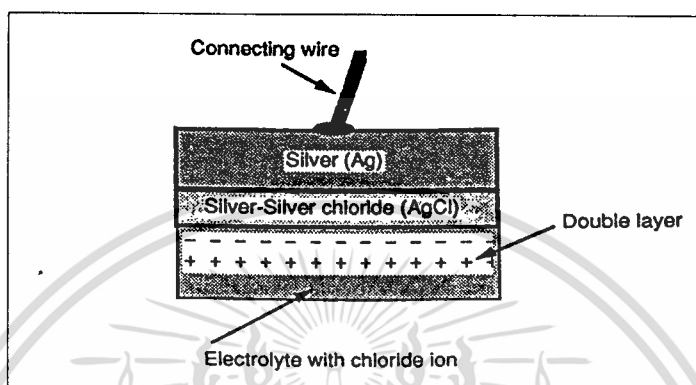
2.5.3.1 วัดระยะระหว่างยอดคลื่น R จำนวน 2 ลูก โดยวัดจากยอดคลื่น R ลูกแรกไปลูกคลื่น R ลูกที่ 2 เพื่อหาระยะ RR ออกมาโดยนับตามจำนวนช่องใหญ่ของกระดาษกราฟคลื่นแสดงสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ วิธีนี้เหมาะสำหรับกรณีที่ผู้ป่วยมีอัตราการเต้นหัวใจสม่ำเสมอ ไม่แตกต่างกันมากนัก

2.5.3.2 ในกรณีที่เก็บข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจเส้นใดเส้นหนึ่ง ที่ระยะเวลาตั้งแต่ 3 วินาทีขึ้นไป ให้นับตามจำนวนลูกคลื่น R ที่อยู่ในช่วง 15 ช่องใหญ่ (ระยะเวลา 3 วินาทีสำหรับกรณีความเร็วกระดาษที่ระดับ 25 mm/sec) แล้วคูณด้วย 20 เพื่อให้ได้อัตราการเต้นหัวใจต่อนาทีออกมา วิธีนี้เหมาะสำหรับกรณีที่ผู้ป่วยมีอัตราการเต้นหัวใจที่เกิดการผันผวน

2.5.3.3 ใช้ไม้บรรทัดพิเศษสำหรับการวัดอัตราการเต้นหัวใจ โดยเฉพาะซึ่งต้องใช้ลูกคลื่นไฟฟ้าหัวใจ 4 ลูก โดยให้ยอดคลื่นไฟฟ้าหัวใจลูกแรกอยู่ที่จุดอ้างอิงส่วนคลื่นไฟฟ้าหัวใจลูกที่ 4 จะอยู่ที่สเกลวัดอัตราการเต้นหัวใจ วัดได้เท่าไรก็ให้ถือว่าอัตราการเต้นหัวใจมีค่าเท่ากับที่แสดงในสเกลนั้น

2.6 การวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ [3,13,14]

ในการติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจนั้น จะต้องมีการทำความสะอาดบริเวณที่จะติดขั้วไฟฟ้า (Electrodes) ซึ่งขั้วไฟฟ้างดงามมีโครงสร้างที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 2.9

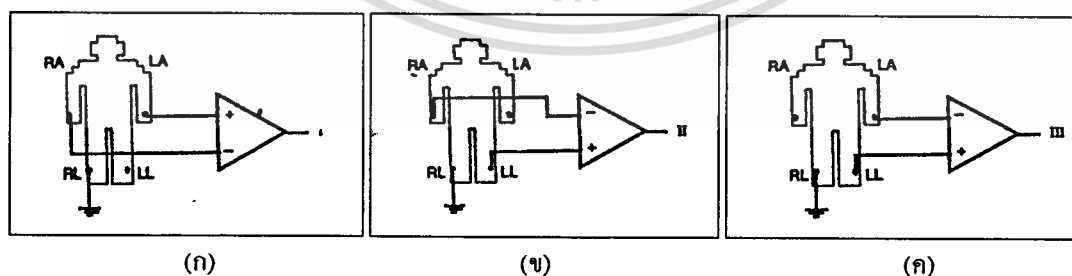


รูปที่ 2.9 ลักษณะขั้วไฟฟ้าเงิน – ซิลเวอร์คลอไรด์

จากนั้นให้ทาเจล ณ จุดที่ติดขั้วไฟฟ้าเพื่อลดความต้านทานอิมพีแดนซ์ลงเพื่อให้สื่อไฟฟ้าได้ดีขึ้น ส่วนการติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ 12 เส้น จะมีการต่อสายที่แขนขาเพื่อรับสัญญาณจำนวน 6 เส้นโดยใช้สายต่อ 4 เส้นติดแขนขาและที่อกอีก 6 เส้นซึ่งสามารถจัดเป็นหมวดหมู่ได้ดังนี้

2.6.1 การติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแขนขาขั้วคู่ (Bipolar Limb Leads)

การติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแขนขาขั้วคู่ซึ่งเป็นการต่อแบบมาตรฐาน (Standard Limb Lead) จำนวน 3 ตำแหน่ง ตามวงจรที่แสดงในรูปที่ 2.10 ได้แก่



รูปที่ 2.10 การติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแขนขาขั้วคู่

(ก) Lead I (ข) Lead II (ค) Lead III

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

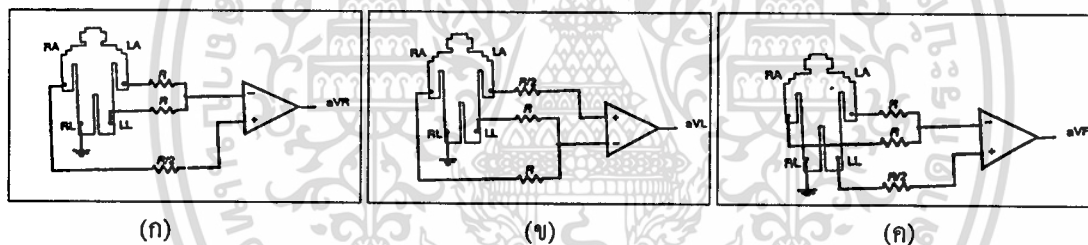
2.6.1.1 ตำแหน่ง I ระหว่างแขนขวากับแขนซ้ายซึ่งแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.10 (ก) สำหรับหาแนวแกนไฟฟ้าว่าได้เอียงไปทิศทางใดแล้วหรือยัง อยู่ในช่วงปกติคู่กับการติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแขนขาซ้ายเดี่ยวแบบ aVF

2.6.1.2 ตำแหน่ง II ระหว่างแขนขวากับขาซ้ายเพื่อวัดอัตราการเดินของหัวใจในรูปที่ 2.10 (ข)

2.6.1.3 ตำแหน่ง III ระหว่างแขนซ้ายกับขาซ้ายในรูปที่ 2.10 (ค)

2.6.2 การติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบขั้วเดียว (Single Polar Limb lead)

การติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบขั้วเดียวหรือแบบ Augmented Limb Lead ที่ขั้วบวกต่อกับแขนขาส่วนขั้วลบต่อกับกัลวานอมิเตอร์เพื่อให้ได้ค่าที่ขั้วลบเป็นศูนย์ แต่ในทางปฏิบัติแล้วจะต้องมีการปรับสมดุลค่าความต้านทานอินพุท (Input Resistance) โดยต่อตัวต้านทานขนาด $R/2$ เข้ากับขั้วบวกวงจรขยายนอกเหนือจากการต่อตัวต้านทาน ขนาด $R/2$ ตัวขนานกันเข้ากับขั้วลบวงจรขยาย ตามที่แสดงเป็นวงจรในรูปที่ 2.11 ซึ่งได้แก่



รูปที่ 2.11 การติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแขนขาขั้วเดียว

(ก) Lead aVR (ข) Lead aVL (ค) Lead aVF

2.6.2.1 aVR ต่อแขนขวาซึ่งแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.11 (ก)

2.6.2.2 aVL ต่อแขนซ้าย ซึ่งแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.11 (ข)

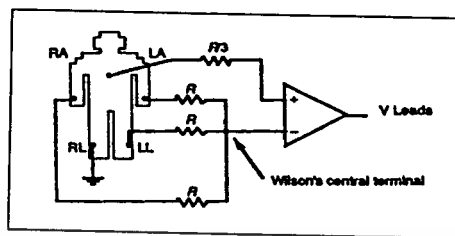
2.6.2.3 aVF ต่อขาซ้ายซึ่งแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.11 (ค)

สำหรับหาแนวแกนไฟฟ้าว่าได้เอียงไปทิศทางใดแล้วหรือยังอยู่ในช่วงปกติคู่กับการติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแขนขาขั้วเดี่ยวแบบ I

2.6.3 การติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบขั้วเดียว (Unipolar Chest Lead)

การติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบขั้วเดียวเป็นการวัดขนาดคลื่นไฟฟ้าหัวใจระหว่างตำแหน่งใดๆ บนหน้าอกซึ่งเป็นขั้วบวกเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของความต่างศักย์ในตำแหน่ง RA LA LL (แขนขวา แขนซ้าย ขาซ้าย) ที่อยู่ในรูป Wilson's Network Terminal ทำให้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่ติด Chest Lead มาตรฐานทั้ง 6 ตั้งแต่ V_1 ถึง V_6 จะต้องอ้างอิงกับ Wilson's Central Terminal ตามวงจรที่แสดงในรูปที่ 2.12 อันได้แก่



รูปที่ 2.12 การติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจหน้าอกแบบขั้วเดียว

2.6.3.1 V_1 ที่ระหว่างกระดูกซี่โครงช่องที่ 4 ทางด้านขวาติดกับขอบกระดูกหน้าอก

2.6.3.2 V_2 ที่ระหว่างกระดูกซี่โครงช่องที่ 4 ทางด้านซ้ายติดกับขอบกระดูกหน้าอก

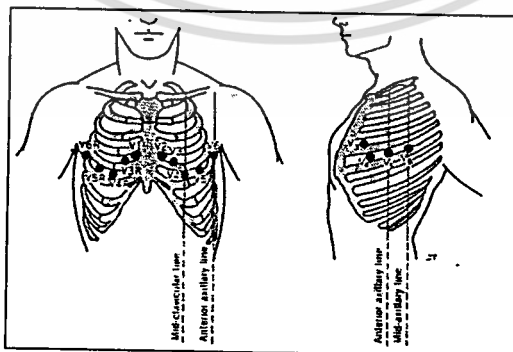
2.6.3.3 V_3 ที่ระหว่าง V_2 และ V_4

2.6.3.4 V_4 ที่เส้นกึ่งกลางกระดูกไหปลาร้าในช่องระหว่างกระดูกซี่โครงช่องที่ 5

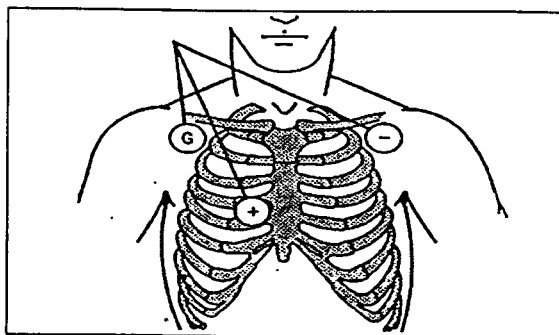
2.6.3.5 V_5 ที่จุดตัดกันระหว่างเส้นขนานที่ลากจาก V_4 และเส้น Anterior Axillary Line ตำแหน่งนี้สำคัญมากเพราะใช้ในการวินิจฉัยว่าผู้ป่วยมีอาการหัวใจขาดเลือด (Myocardial Ischemia) หรือกล้ามเนื้อหัวใจตาย (Myocardial Infarction)

2.6.3.6 V_6 ที่จุดตัดกันระหว่างเส้นขนานที่ลากจาก V_4 และ เส้น Mid-Axillary Line

โดยทั่วไปแล้ว Lead V_1 - V_2 ถือว่าเป็น Right Precordial Lead, V_5 - V_6 เป็น Left Precordial Lead และให้ขั้ว V_3 - V_4 จะอยู่ตรง Interventricular Septum ที่แบ่งเวนตริเคิลซ้ายและขวาออกจากกัน ตำแหน่งที่ใช้ในการติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่หน้าอกทั้ง 6 จุด จะแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ตำแหน่งการวางขั้วต่อทรวงอก

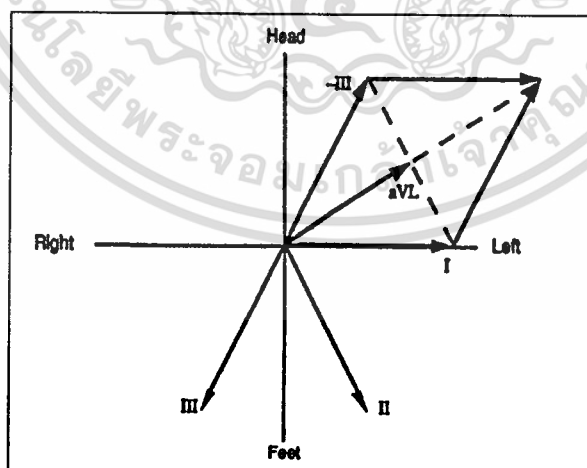


รูปที่ 2.15 ตำแหน่งการติดสายบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจเพื่อเฟ้าะวัง

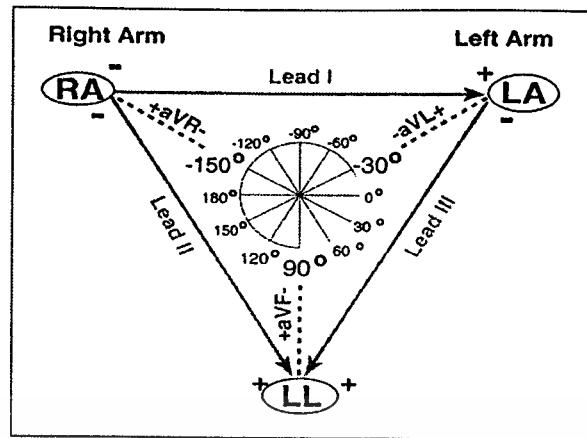
2.7 แนวแกนไฟฟ้า [1,7,13,14]

นอกเหนือจากการศึกษาตัวแปรร่วมที่เกี่ยวข้องกับระยะต่างๆ ในคลื่นไฟฟ้าหัวใจแล้ว ยังมี การศึกษาแนวแกนทางกายวิภาค (Anatomical Axis) ซึ่งได้แก่ทิศทางการติดสายวัดสัญญาณคลื่น ไฟฟ้าหัวใจและแนวแกนทิศทางการนำไฟฟ้า (Electrical Axis - EA) ในระนาบ Frontal Plane ซึ่ง โดยปกติแล้วสัญญาณจะวิ่งจากหัวใจห้องเอเตรียมขวาลงไปห้องเวนตริเคิลซ้าย

ในการวัดว่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจมีทิศทางไปทางไหนและมีขนาดเท่าไรนั้น ได้มีการ ใช้การวัดขนาดของคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่วัดจากแขนทั้ง 6 เส้น แล้วนำค่าที่ได้มารวมกันในเชิงเวกเตอร์ 6 แกน (Hexa Axial System) ดังที่แสดงในรูปที่ 2.16 โดยกำหนดทิศทางการนำไฟฟ้าไว้ซึ่งได้แสดง ให้เห็นในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.16 การรวมเวกเตอร์เพื่อหาทิศทางการนำคลื่นไฟฟ้าหัวใจ



รูปที่ 2.17 เวกเตอร์ทิศทางการนำคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

- (ก) เส้น Lead I มีมุม 0 องศา
- (ข) เส้น Lead II มีมุม +60 องศา
- (ค) เส้น Lead III มีมุม +120 องศา
- (ง) เส้น Lead aVL มีมุม -30 องศา
- (จ) เส้น Lead aVR มีมุม -150 องศา
- (ฉ) เส้น Lead aVF มีมุม +90 องศา

การตรวจสอบว่าทิศทางการนำไฟฟ้าหัวใจโดยรวม ($\ominus$) อย่างละเอียดให้ตามหลักต่อไปนี้ ซึ่งแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อกำหนดทิศทางการนำไฟฟ้าหัวใจกับสภาพการนำไฟฟ้าหัวใจจากการวัดโดยละเอียด

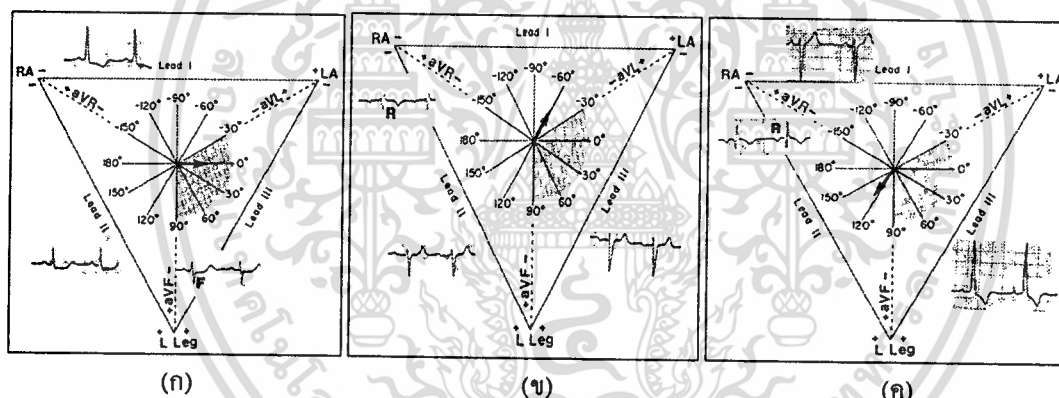
ช่วงของมุม	ผลที่ได้
$0^\circ \leq \ominus \leq +90^\circ$	ทิศทางปกติ (Normal Axis)
$-120^\circ \leq \ominus \leq 0^\circ$	ทิศทางเบี่ยงเบนไปทางซ้าย (Left Axis Deviation)
$-30^\circ \leq \ominus \leq 0^\circ$	ทิศทางเบี่ยงเบนไปทางซ้ายเล็กน้อย (Slightly Left Axis Deviation)
$-90^\circ \leq \ominus \leq -30^\circ$	ทิศทางเบี่ยงเบนไปทางซ้ายพอสมควร (Marked Left Axis Deviation)
$-120^\circ \leq \ominus \leq -90^\circ$	ทิศทางเบี่ยงเบนไปทางซ้ายมาก (Extreme Left Axis Deviation)
$90^\circ \leq \ominus \leq 240^\circ$	ทิศทางเบี่ยงเบนไปทางขวา (Right Axis Deviation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ช่วงของมุม	ผลที่ได้
$90^{\circ} \leq \Theta \leq 120^{\circ}$	ทิศทางเบี่ยงเบนไปทางขวาเล็กน้อย (Slightly Right Axis Deviation)
$120^{\circ} \leq \Theta \leq 180^{\circ}$	ทิศทางเบี่ยงเบนไปทางขวาพอสมควร (Marked Right Axis Deviation)
$180^{\circ} \leq \Theta \leq 240^{\circ}$	ทิศทางเบี่ยงเบนไปทางขวามาก (Extreme Right Axis Deviation)

ส่วนภาพทิศทางการเดินหัวใจที่มีลักษณะปกติจะแสดงในรูปที่ 2.18 (ก) ทิศทางการเดินหัวใจที่เบี่ยงเบนไปทางซ้ายจะแสดงในรูปที่ 2.18 (ข) และทิศทางการเดินหัวใจที่เบี่ยงเบนไปทางขวาจะแสดงในรูปที่ 2.18 (ค)



รูปที่ 2.18 ทิศทางการนำไฟฟ้าของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

(ก) แบบปกติ

(ข) แบบทิศทางเบี่ยงเบนไปทางซ้าย

(ค) แบบทิศทางเบี่ยงเบนไปทางขวา

อย่างไรก็ตาม แพทย์มักจะหาทิศทางการนำไฟฟ้าโดยสังเขปโดยการวัดยอดคลื่นไฟฟ้าหัวใจเฉพาะเส้น I และเส้น aVF ซึ่งจะแสดงให้เห็นตามตารางที่ 2.3 ในที่นี้ได้กำหนดว่าถ้าคลื่น R มีขนาดใหญ่กว่าคลื่น Q และคลื่น S จึงจะถือว่าเป็นสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจมีค่าเป็นบวกและถ้าคลื่น R มีขนาดเล็กกว่าคลื่น Q และคลื่น S จึงจะถือว่าเป็นสัญญาณไฟฟ้าหัวใจมีค่าเป็นลบ ถ้าคลื่น R มีขนาดเท่ากับคลื่น Q และคลื่น S ให้ถือว่าเป็นบวกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ข้อกำหนดทิศทางการนำไฟฟ้าหัวใจกับสภาพการนำไฟฟ้าหัวใจจากการวัดโดยคร่าวๆ

ECG เส้น I	ECG เส้น aVF	ผลที่ได้
บวก	บวก	ทิศทางปกติ (Normal Axis)
บวก	ลบ	ทิศทางเบี่ยงเบนไปทางซ้าย (Left Axis Deviation)
ลบ	บวก	ทิศทางเบี่ยงเบนไปทางขวา (Right Axis Deviation)
ลบ	ลบ	ทิศทางเบี่ยงเบนไปทางตะวันตกเฉียงเหนือ (Northwestern Axis) หรือ ทิศทางเบี่ยงเบนผิดปกติ (Bizarre QRS Axis)

2.8 เทคนิคประมาณค่า Least Square

เทคนิคประมาณค่า Least Square เป็นวิธีการประมาณค่าฟังก์ชัน โดยฟังก์ชันที่สร้างขึ้นใหม่นี้จะอยู่ในรูปสมการโพลิโนเมียล และจะทำการสร้างข้อมูลใหม่ที่มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลเดิมมากที่สุด ความถูกต้องของฟังก์ชันจะขึ้นอยู่กับดีกรีของโพลิโนเมียล

2.8.1 การประมาณค่า Least Square เป็นเทคนิคที่ใช้ได้หลากหลาย ในขั้นต้นจะกล่าวถึงการประมาณค่า Continuous Least Square ซึ่งจะประมาณค่า $f \in C[a, b]$ ในรูปแบบพื้นฐานจะหาค่าประมาณโพลิโนเมียล Π_n นั่นคือจะหาค่า $p \in \Pi_n$

$$\|f - p\|_2^2 = \int_a^b (f(x) - p(x))^2 dx \tag{2.3}$$

เขียน p ในรูปแบบพื้นฐานได้

$$p(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n \tag{2.4}$$

จากนั้นหาค่าสัมประสิทธิ์ $a_0, a_1, \dots, a_n$ ได้จาก

$$F(a_0, a_1, \dots, a_n) = \int_a^b (f(x) - a_0 - a_1x - \dots - a_nx^n)^2 dx \tag{2.5}$$

จากนั้นทำการหาอนุพันธ์เทียบกับ a_i แสดงได้ดังสมการที่ 2.6

$$\frac{\partial F}{\partial a_i} = -2 \int_0^1 x^i (f(x) - a_0 - a_1 x - \dots - a_n x^n) dx \quad (2.6)$$

จากสมการที่ 2.6 F จะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อ $\partial F / \partial a_i = 0$ สำหรับทุก i และสามารถจัดให้อยู่ในรูปได้ดังสมการที่ 2.7 และอยู่ในรูปเมตริกได้ดังสมการที่ 2.8

$$a_0 \int_0^1 x^0 dx + a_1 \int_0^1 x^{1+1} dx + \dots + a_n \int_0^1 x^{i+n} dx = \int_0^1 x^i f(x) dx \quad (2.7)$$

$$Xa = f \quad (2.8)$$

จากสมการที่ 2.8 เมตริก X และเวกเตอร์ข้างขวาของ f มีองค์ประกอบดังสมการที่ 2.9

$$x_{ij} = \int_0^1 x^{i+j-2} dx \quad f_i = \int_0^1 x^{i-1} f(x) dx \quad (2.9)$$

กรณีศึกษาที่ 1 หาค่าประมาณด้วยวิธี Least Square ของ $\sqrt{x}$ ตั้งแต่ 0 ถึง 1 ที่ดีกรีหนึ่งถึงสาม
วิธีทำ ใช้สมการที่ 2.9 จะพบว่าเมตริก X จะได้ดังสมการที่ 2.10

$$x_{ij} = \frac{1}{i+j-1} \quad (2.10)$$

ค่า f จะหาได้ดังสมการที่ 2.11

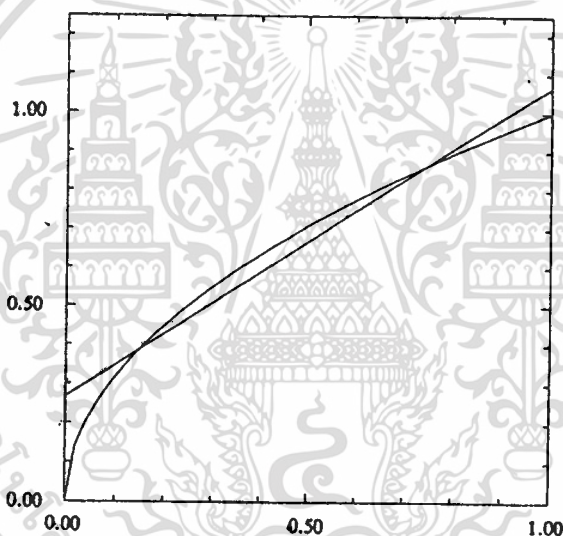
$$\begin{aligned} f_1 &= \int_0^1 \sqrt{x} dx = \frac{2}{3} \\ f_2 &= \int_0^1 x\sqrt{x} dx = \frac{2}{5} \\ f_3 &= \int_0^1 x^2 \sqrt{x} dx = \frac{2}{7} \\ f_4 &= \int_0^1 x^3 \sqrt{x} dx = \frac{2}{9} \end{aligned} \quad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

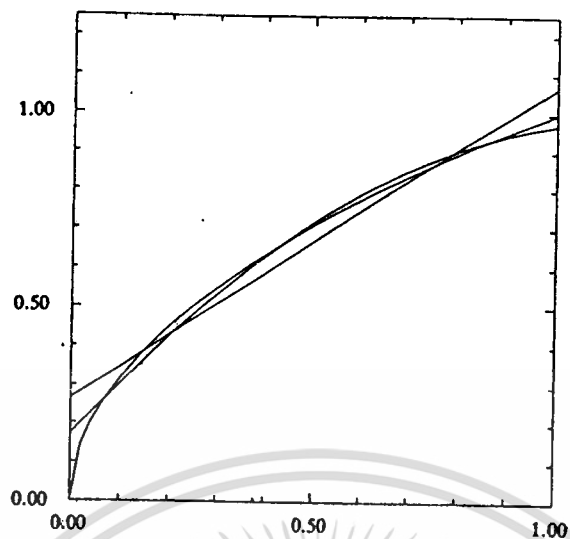
ที่ติกรหนึ่ง จะได้สมการที่ 2.12

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2}{3} \\ \frac{2}{5} \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

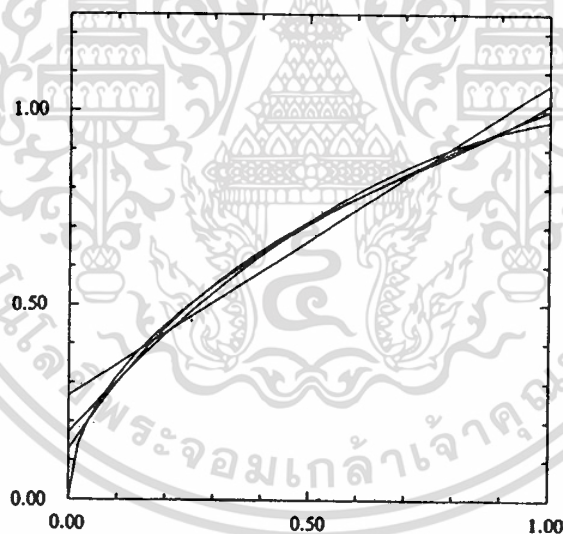
ซึ่งจะได้ $a_0 = 0.267, a_1 = 0.800$ ที่ทศนิยมสามตำแหน่ง ฟังก์ชันนี้และ $\sqrt{x}$ สามารถนำมาพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 2.19 (ก) กราฟอีก 2 รูปจะเป็นติกร สอง และ สาม ตามลำดับ สัมประสิทธิ์ของการประมาณค่าในกรณีศึกษาที่ 1 นี้ แสดงดังตารางที่ 2.4



(ก)



(ก)



(ค)

รูปที่ 2.19 แสดงการประมาณค่า Least Square ของ $\sqrt{x}$

(ก) ดีกรีหนึ่ง

(ข) ดีกรีสอง

(ค) ดีกรีสาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงสัมประสิทธิ์การของประมาณค่าจากกรณีศึกษาที่ 1

	ดีกรีหนึ่ง	ดีกรีสอง	ดีกรีสาม
a_0	0.267	0.171	0.127
a_1	0.800	1.371	1.905
a_2		-0.571	-1.905
a_3			0.889

2.8.2 เทคนิคประมาณค่า Discrete Least Square เป็นการประมาณค่า Least Square ชนิดหนึ่ง โดยที่ข้อมูลเดิมจะเป็นข้อมูลไม่ต่อเนื่อง ซึ่งการประมาณค่าจะจัดให้อยู่ในรูปของโพลิโนเมียล $p \in \Pi_n$ ที่ดีกรี n ที่มากที่สุดที่จะทำให้ผลรวมกำลังสองของน้ำหนักของค่าผิดพลาดมีค่าน้อยที่สุด แสดงได้ดังสมการที่ 2.13

$$\sum_{i=0}^N w_i (f(x_i) - p(x_i))^2 = \sum_{i=0}^N w_i (f(x_i) - a_0 - a_1 x_i - \dots - a_n x_i^n)^2 \quad (2.13)$$

เมื่อ $x_0, x_1, \dots, x_n$ เป็นข้อมูลไม่ต่อเนื่อง และ $w_0, w_1, \dots, w_n$ ซึ่งเกี่ยวข้องกับน้ำหนักของข้อมูล สมมติว่า $N > n$ จะเน้นค่าความผิดพลาดสามารถกำหนดให้เป็นศูนย์ โดยการใช้การแก้สมการโพลิโนเมียล ในกรณีนี้จำนวนของข้อมูลไม่ต่อเนื่องจะสำคัญมากกว่าดีกรีของการประมาณค่า

สำหรับกรณีที่เป็นข้อมูลแบบต่อเนื่อง สามารถแยกแยะความแตกต่างของสมการที่ 2.13 ที่มีความเกี่ยวข้องกับสัมประสิทธิ์แต่ละตัวที่มาจากสมการทั่วไป

$$a_0 \sum_{i=0}^N w_i x_i^j + a_1 \sum_{i=0}^N w_i x_i^{j+1} + \dots + a_n \sum_{i=0}^N w_i x_i^{j+n} = \sum_{i=0}^N w_i x_i^j f(x_i) \quad (2.14)$$

เมื่อ $j = 0, 1, \dots, n$ หรือ

$$\text{เมื่อ } j = 0 \quad a_0 \sum_{i=0}^N w_i x_i^0 + a_1 \sum_{i=0}^N w_i x_i^1 + \dots + a_n \sum_{i=0}^N w_i x_i^n = \sum_{i=0}^N w_i x_i^0 f(x_i) \quad (2.15)$$

$$\text{เมื่อ } j = 1 \quad a_0 \sum_{i=0}^N w_i x_i^1 + a_1 \sum_{i=0}^N w_i x_i^2 + \dots + a_n \sum_{i=0}^N w_i x_i^{n+1} = \sum_{i=0}^N w_i x_i^1 f(x_i) \quad (2.16)$$

$$\text{เมื่อ } j = n \quad a_0 \sum_{i=0}^N w_i x_i^n + a_1 \sum_{i=0}^N w_i x_i^{n+1} + \dots + a_n \sum_{i=0}^N w_i x_i^{2n} = \sum_{i=0}^N w_i x_i^n f(x_i) \quad (2.17)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งอยู่ในรูปของสมการโพลิโนเมียลดังสมการที่ 2.18

$$f(x) = a_0 + a_1x + \cdots + a_nx^n \quad (2.18)$$

สามารถเขียนสมการที่ 2.17 ให้อยู่ในรูปของเมตริกได้

$$Xa = f \quad (2.19)$$

ซึ่งเมตริก X และ f เมื่อนำหนักของข้อมูลมีค่าเท่ากันทั้งหมด ($w_i = 1$) คือ

$$\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^m x_{ki}^0 & \sum_{i=1}^m x_i^1 & \sum_{i=1}^m x_i^2 & \cdots & \sum_{i=1}^m x_i^n \\ \sum_{i=1}^m x_{ki}^1 & \sum_{i=1}^m x_i^2 & \sum_{i=1}^m x_i^3 & \cdots & \sum_{i=1}^m x_i^{n+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^m x_{ki}^n & \sum_{i=1}^m x_i^{n+1} & \sum_{i=1}^m x_i^{n+2} & \cdots & \sum_{i=1}^m x_i^{2n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^m x_i^0 f(x_i) \\ \sum_{i=1}^m x_i^1 f(x_i) \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^m x_i^n f(x_i) \end{bmatrix} \quad (2.20)$$

กรณีศึกษาที่ 2 ประมาณค่าด้วยวิธี Least Square คือกรณีหนึ่ง ถึง ที่ ด้วยข้อมูลดังตารางที่ 2.5 ซึ่งมาจากสมการเส้นโค้งแต่มีค่าผิดพลาดจากการทดลอง

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลจากกรณีศึกษาที่ 2

x	1.47	1.83	3.02	3.56	5.86	8.75	9.45
f	2.09	1.92	2.19	2.64	3.19	3.13	3.61

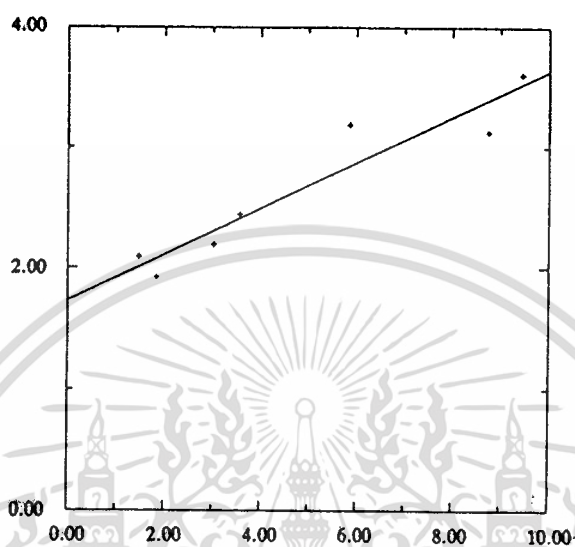
วิธีทำ สำหรับการประมาณค่าเชิงเส้นจะได้เมตริกดังสมการที่ 2.21

$$\begin{bmatrix} 7 & 33.94 \\ 33.94 & 227.5084 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 18.57 \\ 102.0815 \end{bmatrix} \quad (2.21)$$

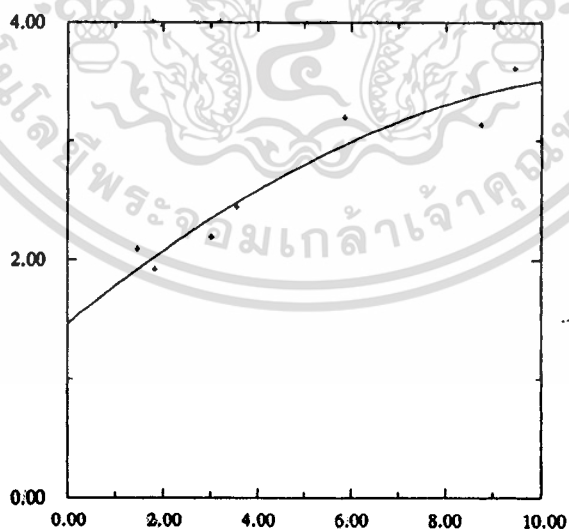
ซึ่งที่ทศนิยมสี่ตำแหน่งจะได้ดังสมการที่ 2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลและการประมาณค่าเชิงเส้นนี้จะแสดงอยู่ในรูปที่ 2.20 (ก) คีกรที่สูงกว่าจะแสดงอยู่ในรูปที่ 2.20 คัวย และสัมประสิทธิ์จะแสดงอยู่ในตารางที่ 2.6

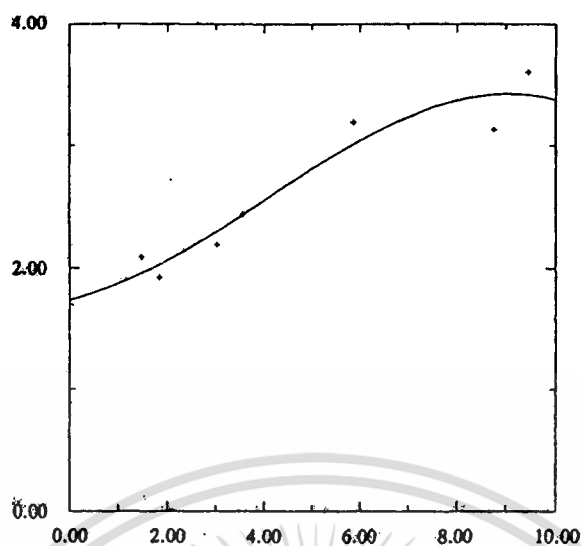


(ก)

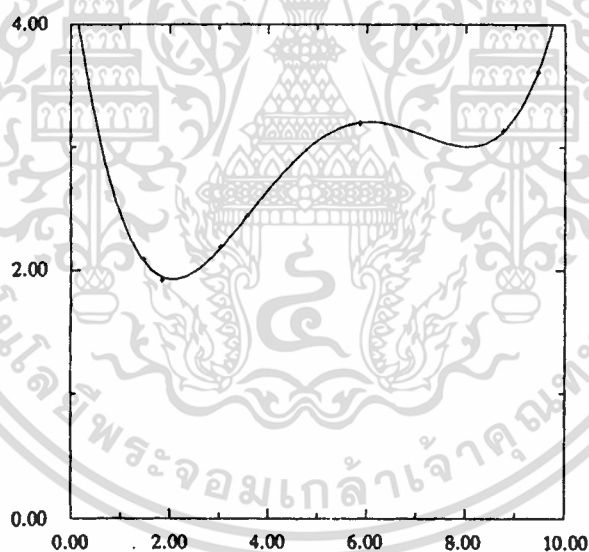


(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค)



(ง)

รูปที่ 2.20 แสดงการประมาณค่าด้วยวิธี Discrete Least Square

(ก) ดีกรีหนึ่ง

(ข) ดีกรีสอง

(ค) ดีกรีสาม

(ง) ดีกรีสี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดงสัมประสิทธิ์ของการประมาณค่าจากกรณีศึกษาที่ 2

สัมประสิทธิ์	ดีกรีหนึ่ง	ดีกรีสอง	ดีกรีสาม	ดีกรีสี่
a_0	1.72520	1.46216	1.74035	4.44357
a_1	0.19133	0.32974	0.09383	-2.99877
a_2		-0.01256	0.04061	1.16355
a_3			-0.00336	-0.16135
a_4				0.00749

2.9 การคำนวณหาค่า PRD (Percent Root-Mean-Square Difference) [13]

โดยทั่วไปกระบวนการจัดเก็บข้อมูลและการใช้คอมพิวเตอร์คำนวณข้อมูลทางการแพทย์ที่ได้มานั้นมีจำนวนมาก ยากที่จะจัดเก็บและส่งต่อข้อมูล ดังนั้นจึงต้องหาวิธีการที่จะลดเนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูล ในขณะที่ต้องคงฐานข้อมูลที่สำคัญทางการแพทย์ไว้เพื่อนำมาสร้างขึ้นมาใหม่ ในการนำมาประยุกต์ใช้นั้นกระบวนการของการลดพื้นที่และสร้างขึ้นมาใหม่นั้นต้องการการแสดงผลตามฐานเวลาจริง (real-time performance) (Jalaleddine et al., 1988)

วิธีการลดข้อมูลต้องการหาตัวเลขของจำนวนจัดเก็บบิตที่น้อยที่สุดโดยการลดจำนวนตัวเลขที่ซ้ำกันที่แสดงอยู่ในฐานข้อมูลเดิม ทั้งนี้การรวบรวมทำได้โดยเปรียบเทียบสัดส่วนโดยการหารจำนวนของบิตกับจำนวนของตัวเลขในฐานเดิม ซึ่งนำมาจากตัวเองที่เก็บย่อไว้ โดยทั่วไปแล้วต้องการอัตราส่วนการลดข้อมูลที่สูง วิธีการลดข้อมูลยังต้องการการแสดงผลข้อมูลที่เป็นที่เชื่อถือได้ แต่ต้องระวังการใช้ตัวแปร โดยต้องใช้ฐานข้อมูลเดียวกันในการเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการลดข้อมูล ตัวประกอบเช่น แบนด์วิด ความถี่สุ่ม และความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลเดิมจะมีผลกระทบกับอัตราส่วนการลดข้อมูลด้วย

อัลกอริทึมที่ใช้ลดข้อมูลจะต้องแสดงข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ ในการลดข้อมูลทางการแพทย์โดยปกติแล้วจะตัดสินใจยอมรับโดยการตรวจสอบอย่างละเอียดด้วยตา ซึ่งเราอาจจะต้องวัดส่วนที่เหลือด้วย ซึ่งเป็นความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่กับข้อมูลเดิม จำนวนที่ตัวเลขที่แสดงออกมาเพื่อการวัดนี้คือ Percent root-mean-square difference (PRD) แสดงได้ดังสมการที่

2.18

$$PRD = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n [x_{org}(i) - x_{rec}(i)]^2}{\sum_{i=1}^n [x_{org}(i)]^2} \right\}^{\frac{1}{2}} \times 100\% \quad (2.23)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อ n คือจำนวนของตัวอย่าง
- x_{org} คือข้อมูลเดิม
- x_{rec} คือข้อมูลที่สร้างขึ้นใหม่

ข้อมูลส่วนที่หายจากกระบวนการลดข้อมูลไปจะถูกกำหนดให้เป็นศูนย์ และข้อมูลที่สร้างขึ้นใหม่จะถูกทำซ้ำขึ้นใหม่แทนที่ข้อมูลเดิม อย่างไรก็ตามคุณภาพที่ยอมรับได้มีสองอย่าง คือให้มีค่าใกล้เคียงศูนย์ หรือขีดฆ่าไว้ (Moody et al., 1988) ตัวอย่างเช่น อัลกอริทึมของการลดข้อมูล สำหรับการบันทึก ECG อาจกำจัดสัญญาณที่แอมพลิจูดเล็กๆทิ้ง ในกรณีนี้ สิ่งที่เหลืออยู่จะประกอบด้วยข้อมูลทางการแพทย์ที่ไม่สำคัญ ดังนั้นข้อมูลสัญญาณ ECG ที่ถูกสร้างขึ้นใหม่จึงเป็นสิ่งที่เชื่อถือได้



บทที่ 3

การออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีเก็บข้อมูลของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ การหาสัมประสิทธิ์ของสมการคลื่นไฟฟ้าหัวใจ การออกแบบ Hardware และการออกแบบ Software

การสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์จะใช้สัญญาณซายน์เป็นสัญญาณทดลองการสร้าง โดยจะสร้างสัญญาณซายน์ด้วยเทคนิค Discrete Least Square ซึ่งหากสามารถสร้างสัญญาณซายน์ด้วยวิธีนี้ได้ก็จะสามารถสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจด้วยวิธีเดียวกันได้

3.1 การเก็บข้อมูลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจโดยใช้ Data acquisition card AD612

การเก็บข้อมูลสัญญาณซายน์โดยใช้ Data acquisition card AD612 จะใช้สัญญาณซายน์ที่มีความถี่ 1 Hz 10 Hz และ 100 Hz โดยใช้ความถี่สุ่มที่ 1 kHz 2 kHz และ 4 kHz ในทุกความถี่ โดยใช้วิธีการใช้ Data acquisition card AD612 จะอธิบายไว้ดังภาคผนวก ก. ตัวอย่างข้อมูลสัญญาณซายน์ความถี่ 1 Hz ความถี่สุ่ม 1 kHz และตัวอย่างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz แสดงไว้ดังตารางที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับโดยข้อมูลของสัญญาณอื่นจะแสดงไว้ในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่างข้อมูลสัญญาณซายน์ความถี่ 1 Hz ความถี่สุ่ม 1 kHz ที่เก็บข้อมูลโดย Data acquisition card AD612

	0	1	2	3	4
0	0.000000	-0.003418	-0.007324	-0.009277	-0.011719
5	-0.014648	-0.017578	-0.021973	-0.023926	-0.025879
10	-0.029297	-0.032227	-0.037598	-0.039551	-0.043457
15	-0.045898	-0.048828	-0.052734	-0.058105	-0.060059
...	...				
1005	-0.011719	-0.015137	-0.018066	-0.021484	-0.024902
1010	-0.026367	-0.031738	-0.034180	-0.036133	-0.039063
1015	-0.042969	-0.045410	-0.049316	-0.053223	-0.059082
1020	-0.058105	-0.063477	-0.065430	-0.069336	-0.070313

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ในการค้า

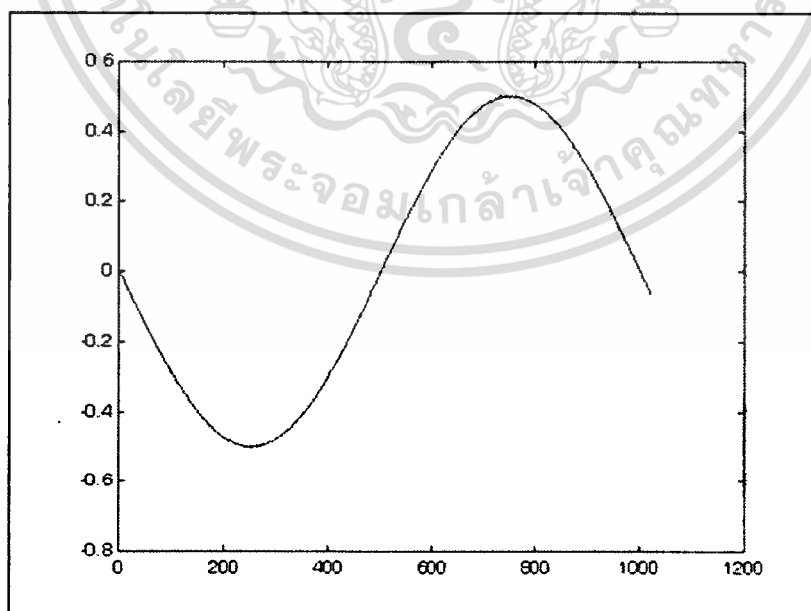
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงตัวอย่างข้อมูลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ความถี่สุ่ม 1 kHz ที่เก็บข้อมูลโดย Data acquisition card AD612

	0	1	2	3	4
0	0.269047	0.263013	0.258128	0.262032	0.278587
5	0.259858	0.261560	0.260472	0.261399	0.265922
10	0.268815	0.264475	0.262131	0.264952	0.261408
15	0.268602	0.262951	0.261218	0.259721	0.264711
...	...				
1005	0.267020	0.269360	0.261825	0.265376	0.269557
1010	0.263585	0.260194	0.264089	0.263534	0.264424
1015	0.268511	0.267977	0.261159	0.262259	0.274879
1020	0.259002	0.273105	0.260047	0.261230	0.263953

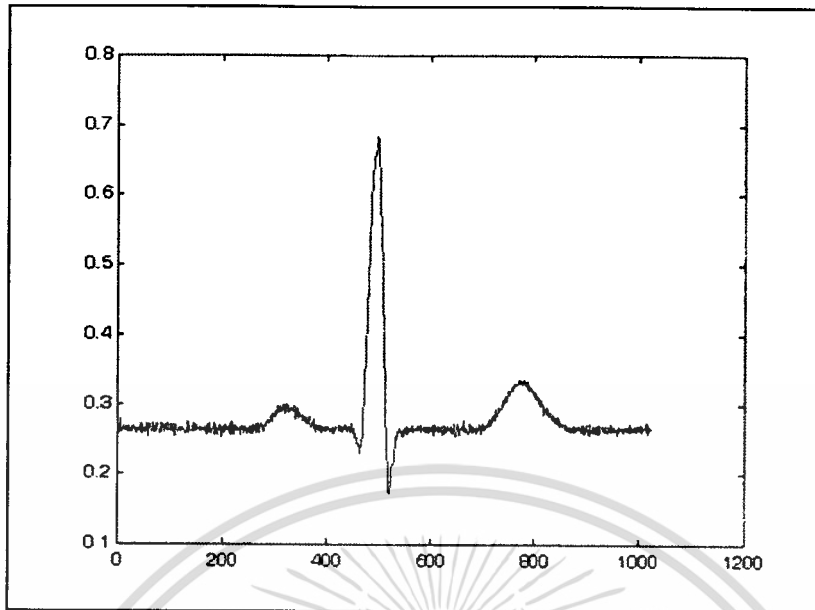
3.2 การสร้างสมการคณิตศาสตร์แบบไม่ต่อเนื่อง

เมื่อนำข้อมูลข้างต้นมาพล็อตกราฟด้วย MATLAB สัญญาณชานน์ และสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจะได้ดังรูปที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ



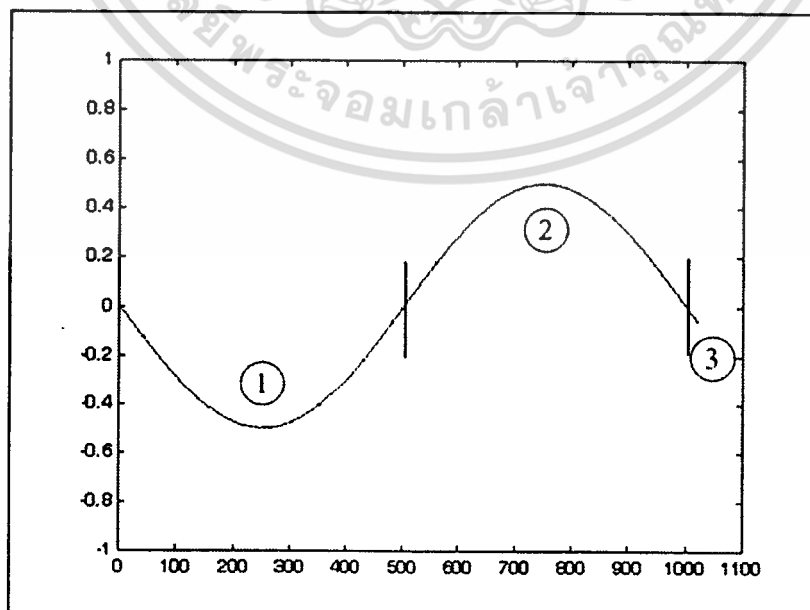
รูปที่ 3.1 แสดงสัญญาณชานน์ความถี่ 1 Hz ที่เก็บข้อมูลโดย Data acquisition card AD612

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



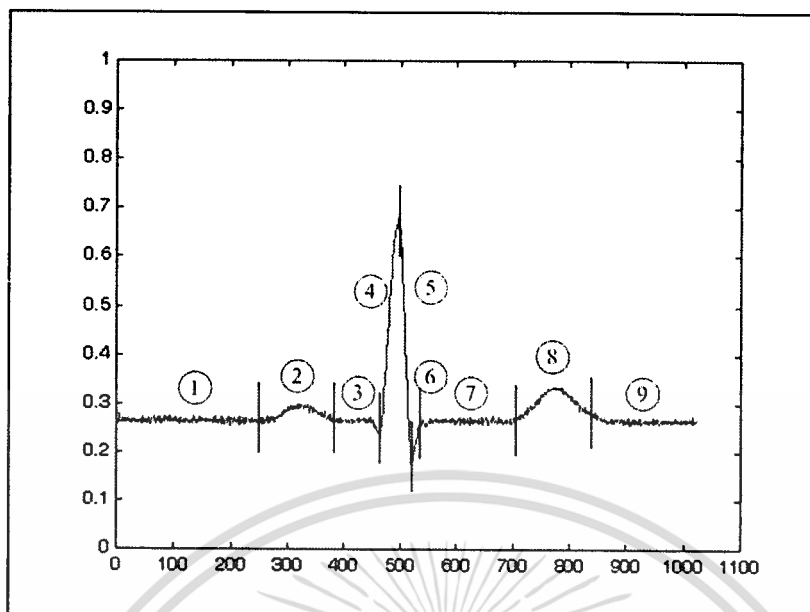
รูปที่ 3.2 แสดงสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่เก็บข้อมูล โดย Data acquisition card AD612

หากใช้เทคนิคการประมาณ Discrete Least Square กับสัญญาณทั้งหมดจะทำให้สัญญาณที่สร้างใหม่ไม่เหมือนกับของเดิม จึงจำเป็นต้องแบ่งสัญญาณเป็นออกช่วงๆ โดยการแบ่งสัญญาณจะพิจารณาจากลักษณะของสัญญาณที่มีลักษณะของสัญญาณเปลี่ยนไป หากช่วงที่แบ่งมีความละเอียดมากก็จะทำให้สัญญาณที่สร้างใหม่มีความผิดพลาดน้อย แต่ก็จะทำให้ข้อมูลที่ต้องจัดเก็บเพิ่มขึ้นตามช่วงที่แบ่ง โดยการแบ่งสัญญาณขายน้ความถี่ 1 Hz จะใช้ 3 ช่วง และสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจะใช้ 9 ช่วง ดังรูปที่ 3.3 และ 3.4



รูปที่ 3.3 แสดงช่วงของสัญญาณขายน้ที่แบ่งพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงช่วงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่แบ่งพิจารณา

จากสมการที่ 2.20 สามารถใช้โปรแกรม MATLAB ช่วยคำนวณโดยใช้ฟังก์ชัน polyfit[10] เพื่อหาสัมประสิทธิ์สามารถศึกษาโครงสร้างของฟังก์ชันได้จากภาคผนวก ค.

สัญญาณความถี่ 1 Hz ความถี่สุ่ม 1 kHz ถูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วง เมื่อผ่านกระบวนการต่างๆ แล้วจะหาสมการ โพลิโนเมียลของสัญญาณชาแนลที่มีดีกรีสอง โดยเขียนอยู่ในรูปแบบสมการที่ 2.17 ได้ดังสมการที่ 3.1 ถึง 3.3

ส่วนที่ 1

$$y_1 = 8.2343256675e-006x^2 - 4.1400764603e-003x + 3.0550338746e-002 \quad (3.1)$$

ส่วนที่ 2

$$y_2 = -8.2328223834e-006x^2 + 4.1632352310e-003x - 3.6217393795e-002 \quad (3.2)$$

ส่วนที่ 3

$$y_3 = -1.0136029901e-005x^2 - 2.8832755432e-003x + 8.7931636765e-003 \quad (3.3)$$

และสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ถูกแบ่งออกเป็น 9 ช่วงจะมีสมการ โพลิโนเมียลดีกรีสองได้ดังสมการที่ 3.4 ถึง 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1

$$y = -7.3627137811e - 008x^2 + 1.7915041207e - 005x + 2.6332844716e - 001 \quad (3.4)$$

ส่วนที่ 2

$$y = -5.6953567011e - 006x^2 + 9.3681025212e - 004x + 2.4942401288e - 001 \quad (3.5)$$

ส่วนที่ 3

$$y = -8.0237734245e - 006x^2 + 4.6533654716e - 004x + 2.6010131707e - 001 \quad (3.6)$$

ส่วนที่ 4

$$y = -3.8087962649e - 004x^2 + 2.6614790433e - 002x + 2.1914540474e - 001 \quad (3.7)$$

ส่วนที่ 5

$$y = 3.9837281221e - 004x^2 - 3.3893340358e - 002x + 6.8379666743e - 001 \quad (3.8)$$

ส่วนที่ 6

$$y = -4.8303888960e - 005x^2 + 7.1655326406e - 003x + 1.7318235900e - 001 \quad (3.9)$$

ส่วนที่ 7

$$y = 9.0023335237e - 008x^2 + 1.7734984435e - 005x + 2.6159942089e - 001 \quad (3.10)$$

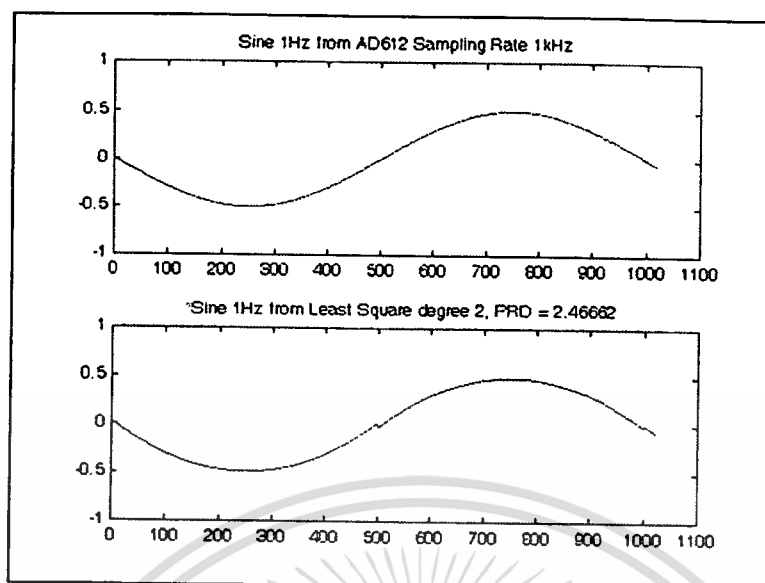
ส่วนที่ 8

$$y = -1.9131841344e - 005x^2 + 2.1669170773e - 003x + 2.6737609267e - 001 \quad (3.11)$$

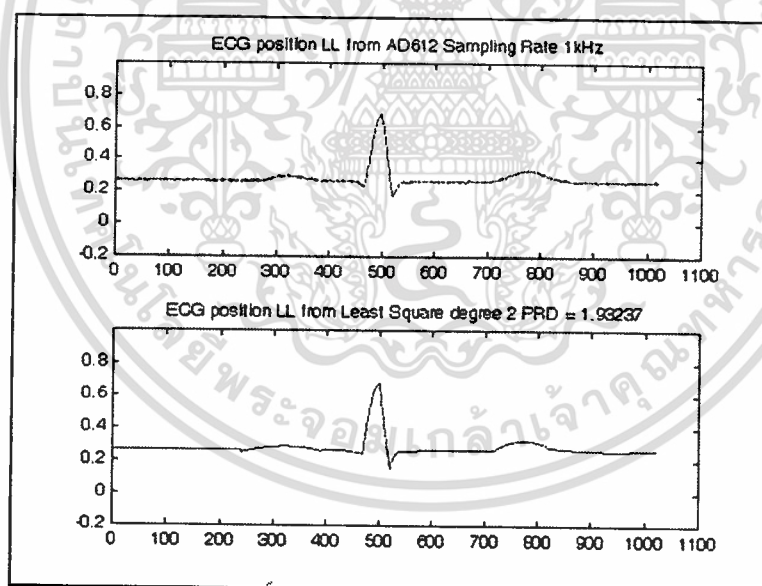
ส่วนที่ 9

$$y = 1.4121142100e - 006x^2 - 3.6362747216e - 004x + 2.8494350521e - 001 \quad (3.12)$$

จากสัมประสิทธิ์ที่หาได้ด้วยฟังก์ชัน polyfit สามารถสร้างสัญญาณใหม่ได้ด้วยฟังก์ชัน polyval[11] โดยสัญญาณขาขึ้นและสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่สร้างใหม่แสดงในรูปที่ 3.5 และ 3.6 ตามลำดับ โครงสร้างของฟังก์ชันสามารถศึกษาได้จากภาคผนวก ก.



รูปที่ 3.5 แสดงสัญญาณไซน์ 1Hz ดิกรี 2 ที่สร้างขึ้นใหม่
บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square



รูปที่ 3.6 แสดงสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ดิกรี 2 ที่สร้างขึ้นใหม่
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LLที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LLที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square

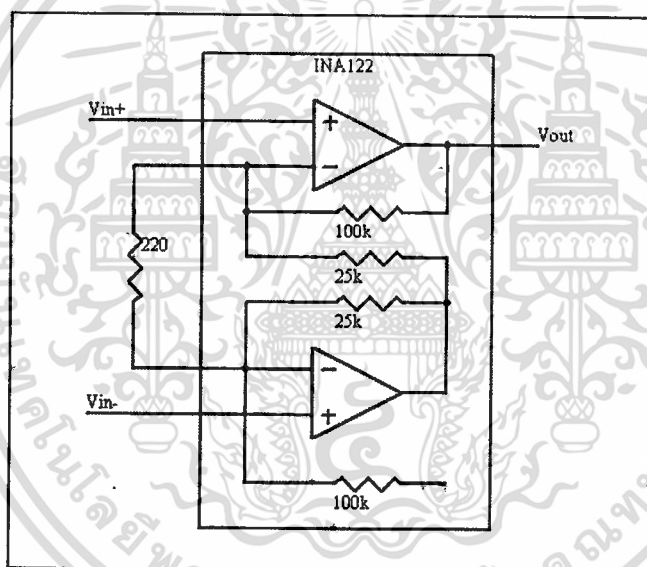
จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ออกค่า PRD โดยใช้สมการที่ 2.23 เพื่อหาค่าผิดพลาดจากการใช้เทคนิค Discrete Least Square

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบ Hardware

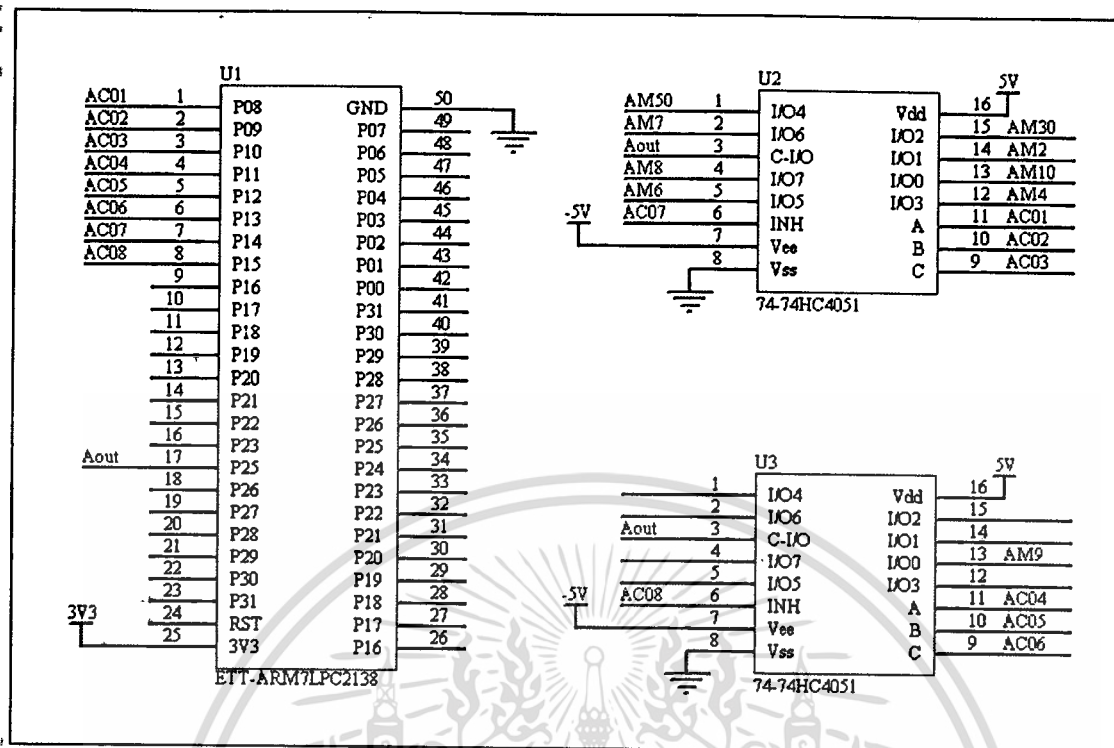
การเก็บข้อมูลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจก่อนเนื่องจากสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจริงมีแอมพลิจูดที่ต่ำมากจึงต้องขยายขนาดสัญญาณเพื่อให้ Data acquisition card AD612 สามารถเก็บข้อมูลได้โดยเลือกใช้ Instrument Amplifier ไมโครคอนโทรลเลอร์เลือกใช้ ARM7 LPC2139 จากบริษัท Philips จากนั้นจะผ่าน Amplifier เพื่อลดขนาดสัญญาณให้ใกล้เคียงกับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจริง

3.3.1 วงจร Instrument Amplifier ใช้ IC เบอร์ INA122 มีอัตราขยาย 1000 เท่า เพื่อขยายสัญญาณ ECG จาก ECG Simulation ให้มีแอมพลิจูดสูงขึ้นเพื่อป้อนให้กับ AD612



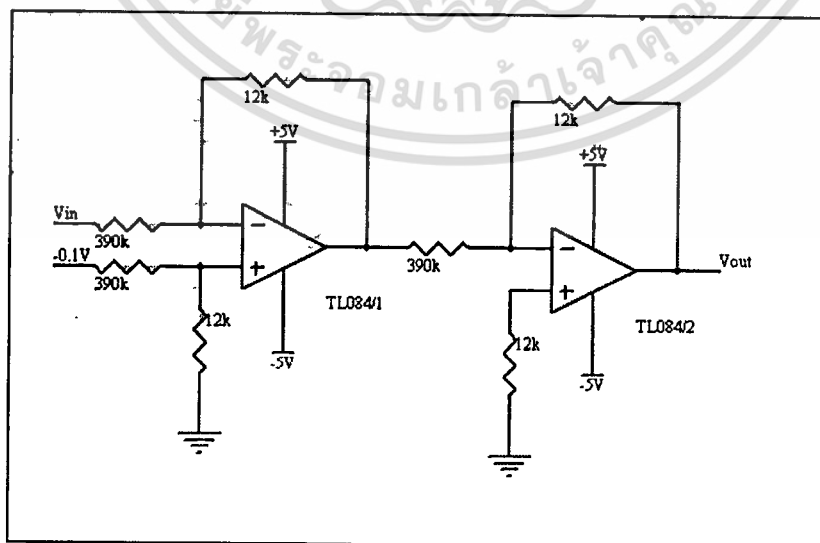
รูปที่ 3.7 แสดงวงจร Instrument Amplifier เบอร์ INA122

3.3.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 LPC2138 เนื่องจากสามารถพัฒนาได้ด้วยภาษา C และเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ 16/32 บิต ซึ่งเหมาะสมกับการนำมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ และมี D/A ในตัวทำให้ต่อ D/A ภายนอก โดยจะใช้การ Multiplex เพื่อสลับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจให้ครบทั้ง 9 ตำแหน่ง โดยใช้เบอร์ 74HC4051



รูปที่ 3.8 แสดงวงจร ARM7 และ Multiplexer

3.3.3 วงจร Amplifier เลือกใช้วงจร Differential Amplifier เพื่อลดขนาดของระดับสัญญาณ และมีอัตราขยาย 0.0301 และ Inverting Amplifier เพื่อลดขนาดของสัญญาณให้ใกล้เคียงสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจริง โดยใช้อัตราขยาย 0.0301 ทำให้มีอัตราขยายรวม 0.001 เท่า โดยใช้เบอร์ OP-AMP TL084



รูปที่ 3.9 แสดงวงจร Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบ Software

การหาสัมประสิทธิ์จะใช้โปรแกรม MATLAB เป็นตัวคำนวณหาสัมประสิทธิ์ที่ช่วงต่างๆ โดยโปรแกรมที่พัฒนาสามารถอ่านได้จากภาคผนวก ง.

โปรแกรมที่ใส่ในไมโครคอนโทรเลอร์จะพัฒนาด้วยภาษา C จะทำหน้าที่คำนวณค่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากสัมประสิทธิ์โดยโปรแกรมที่พัฒนาสามารถอ่านได้จากภาคผนวก ง.



บทที่ 4

ผลการทดลอง

การใช้เทคนิค Discrete Discrete Least Square จะใช้สัญญาณขาขึ้นที่มีความถี่ 1Hz 10Hz และ 100Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz 2 kHz และ 4 kHz เป็นตัวเปรียบเทียบผลของการใช้เทคนิค Discrete Least Square เทียบกับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตามตำแหน่งต่างๆ ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz 2 kHz และ 4 kHz เช่นกัน ซึ่งการทดลองแบ่งออกเป็น 10 ส่วน ดังนี้

4.1 การจำลองการสร้างสัญญาณขาขึ้นที่มีความถี่ 1Hz 10Hz และ 100Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งสมการมีดีกรีตั้งแต่ 2 ถึง 5

4.2 การจำลองการสร้างสัญญาณขาขึ้นที่มีความถี่ 1Hz 10Hz และ 100Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งสมการมีดีกรีตั้งแต่ 2 ถึง 5

4.3 การจำลองการสร้างสัญญาณขาขึ้นที่มีความถี่ 1Hz 10Hz และ 100Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งสมการมีดีกรีตั้งแต่ 2 ถึง 5

4.4 การจำลองการสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่มีความถี่สุ่ม 1 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งสมการมีดีกรีตั้งแต่ 2 ถึง 5

4.5 การจำลองการสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่มีความถี่สุ่ม 2 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งสมการมีดีกรีตั้งแต่ 2 ถึง 5

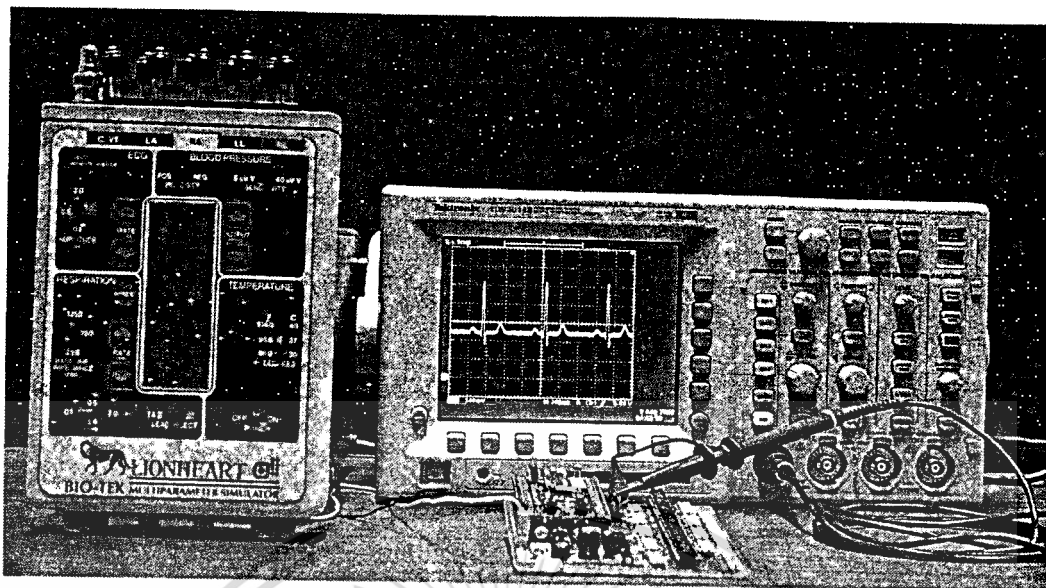
4.6 การจำลองการสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่มีความถี่สุ่ม 4 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งสมการมีดีกรีตั้งแต่ 2 ถึง 5

4.7 การสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ เปรียบเทียบกับเครื่อง ECG Simulation ความถี่สุ่ม 1 kHz

4.8 การสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ เปรียบเทียบกับเครื่อง ECG Simulation ความถี่สุ่ม 2 kHz

4.9 การสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ เปรียบเทียบกับเครื่อง ECG Simulation ความถี่สุ่ม 4 kHz

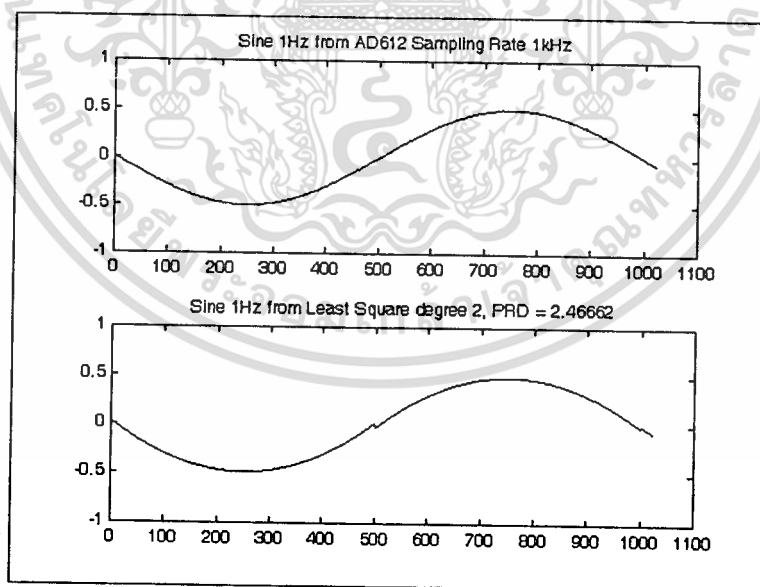
4.10 เปรียบเทียบค่า PRD ระหว่างสัญญาณที่ดีกรีต่างๆ



รูปที่ 4.1 Hardware และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.1 การจำลองการสร้างสัญญาณชานน์ที่ความถี่ 1 Hz 10 Hz และ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB

1. สมการดีกรี 2

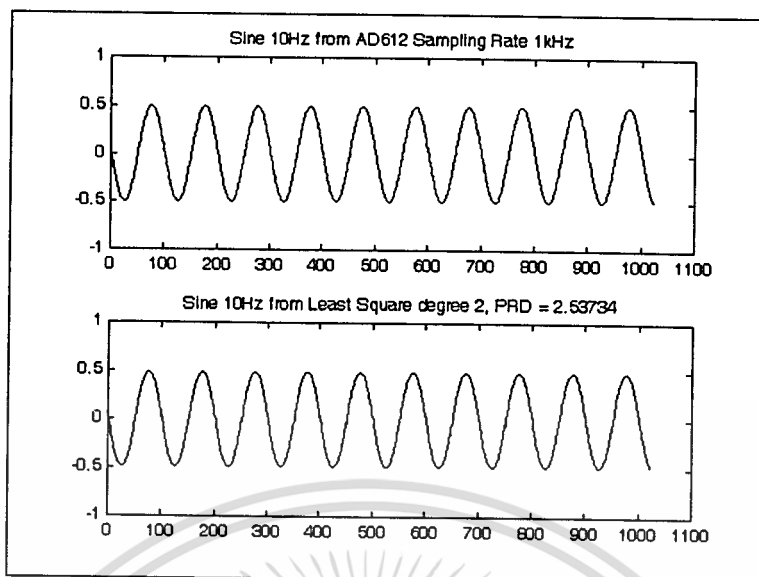


รูปที่ 4.2 ผลการจำลองสร้างสัญญาณชานน์ความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz

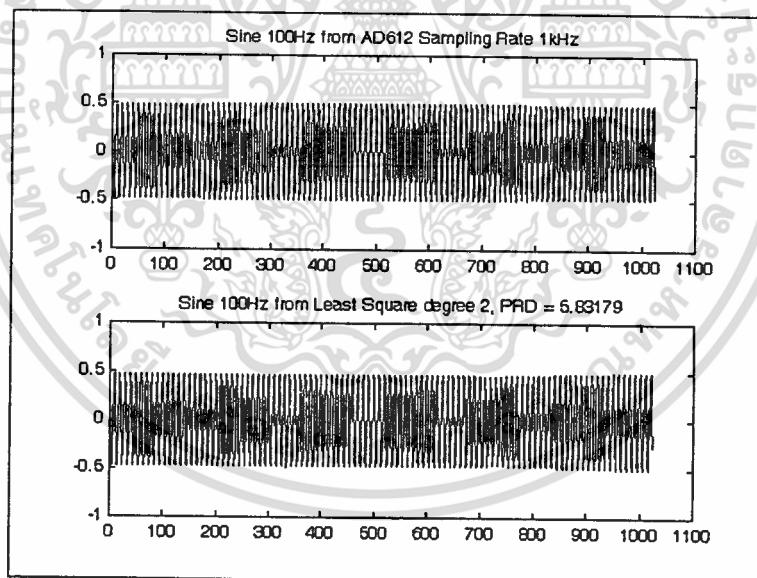
บน สัญญาณชานน์ที่ได้จากการ์ด AD612

ล่าง สัญญาณชานน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

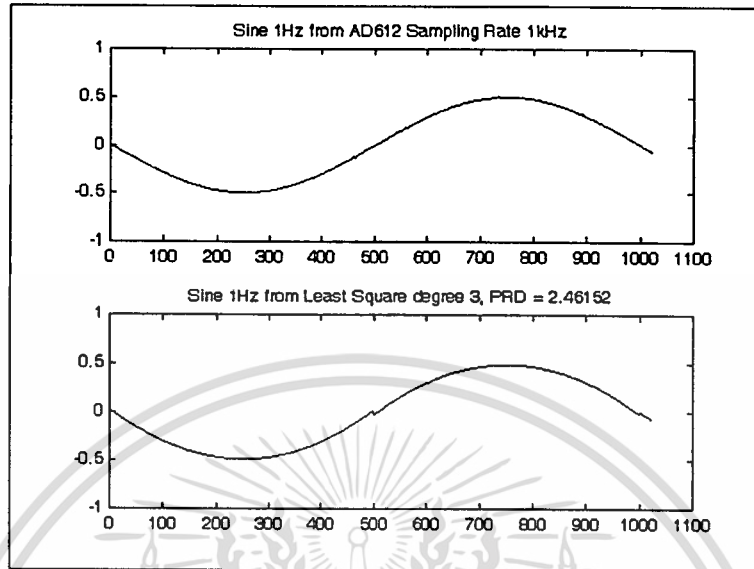


รูปที่ 4.3 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

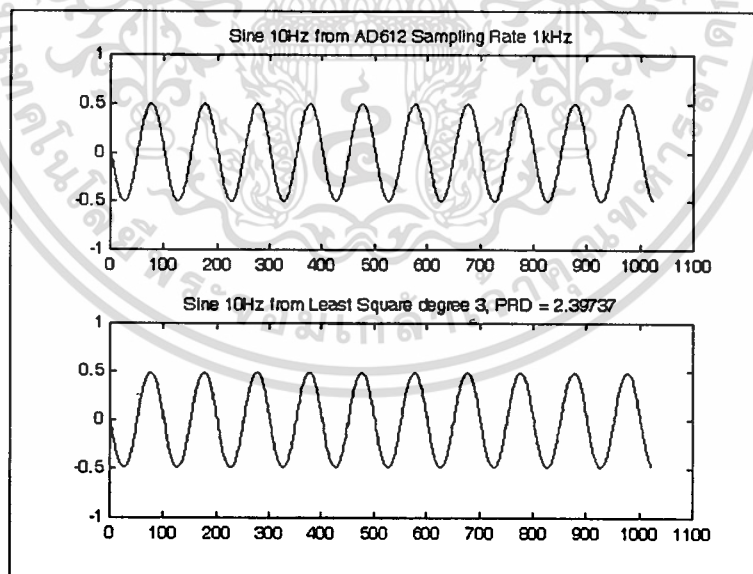


รูปที่ 4.4 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

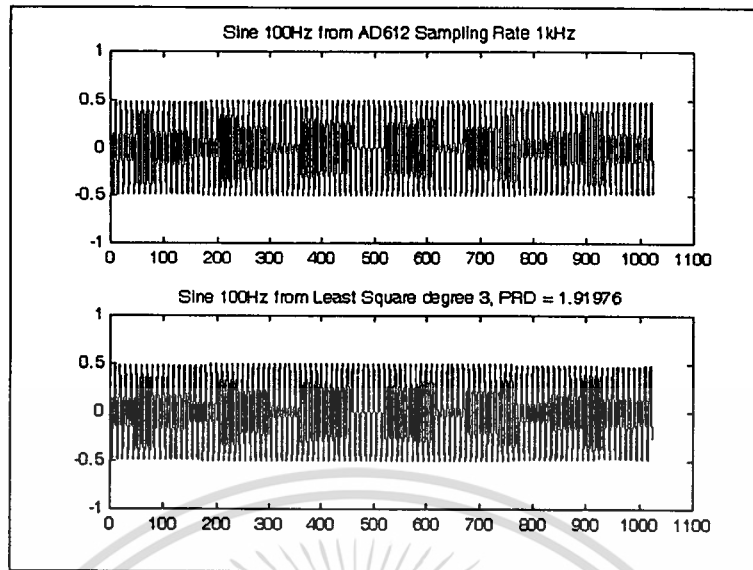
2. สมการดีกรี 3



รูปที่ 4.5 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

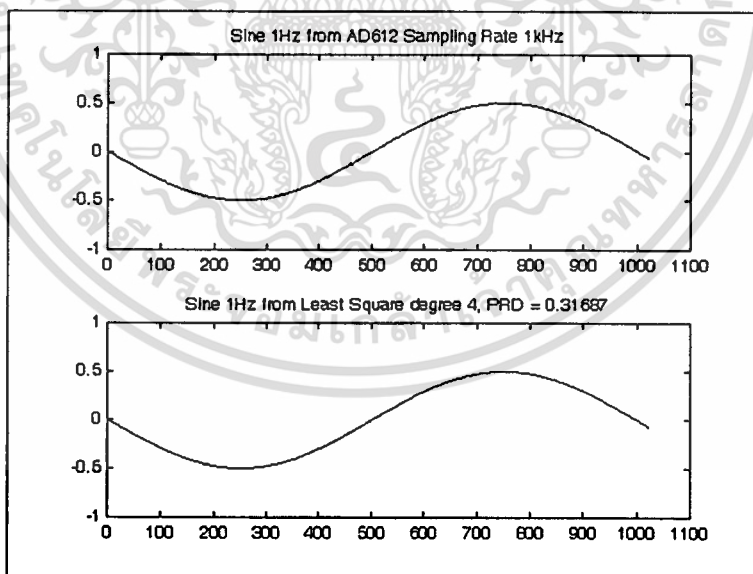


รูปที่ 4.6 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

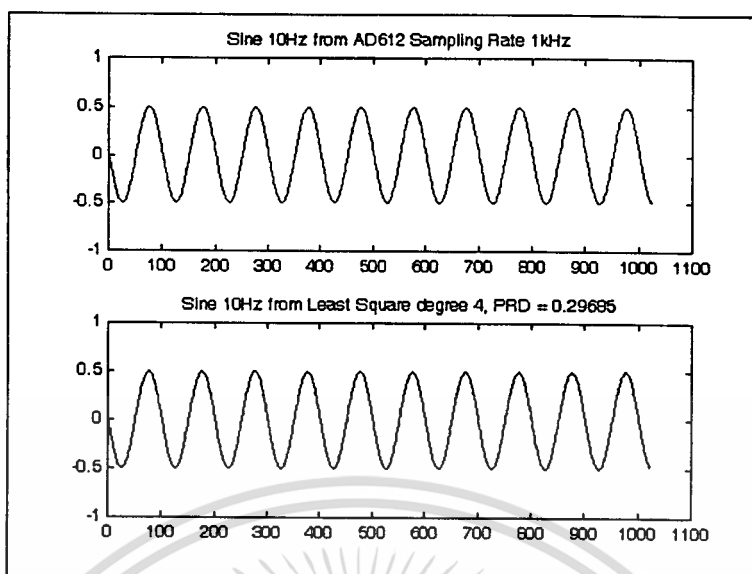


รูปที่ 4.7 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

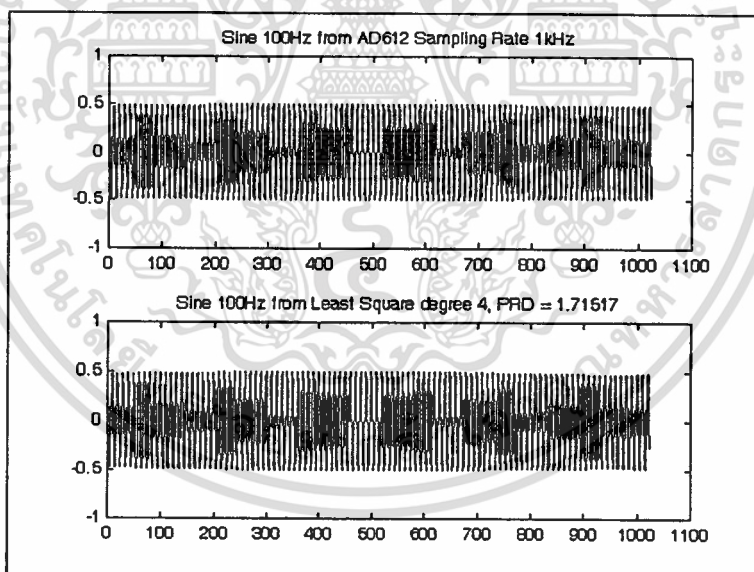
3. สมการดีกรี 4



รูปที่ 4.8 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

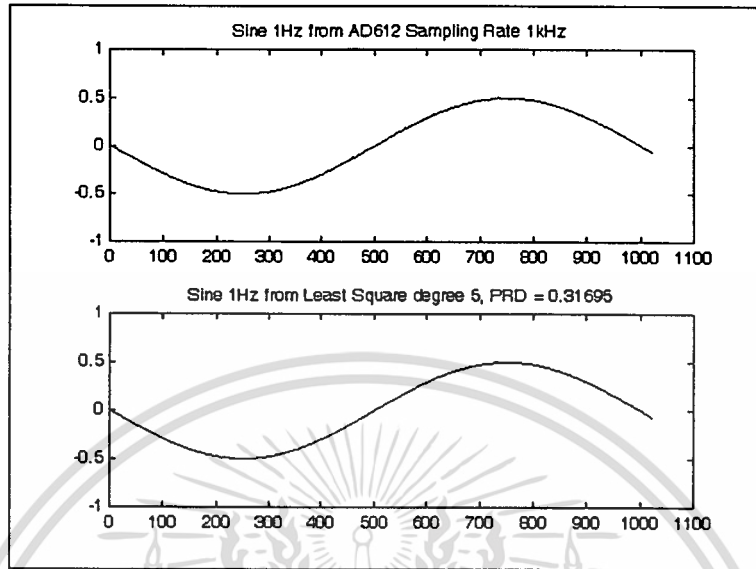


รูปที่ 4.9 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

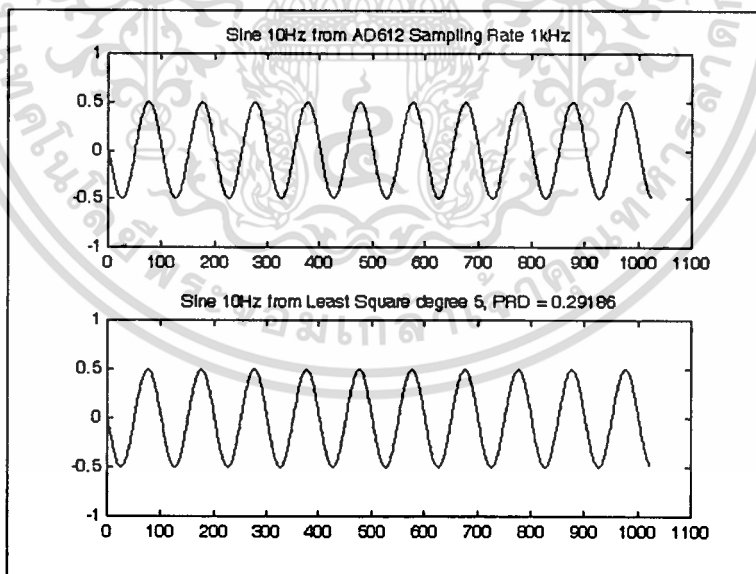


รูปที่ 4.10 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

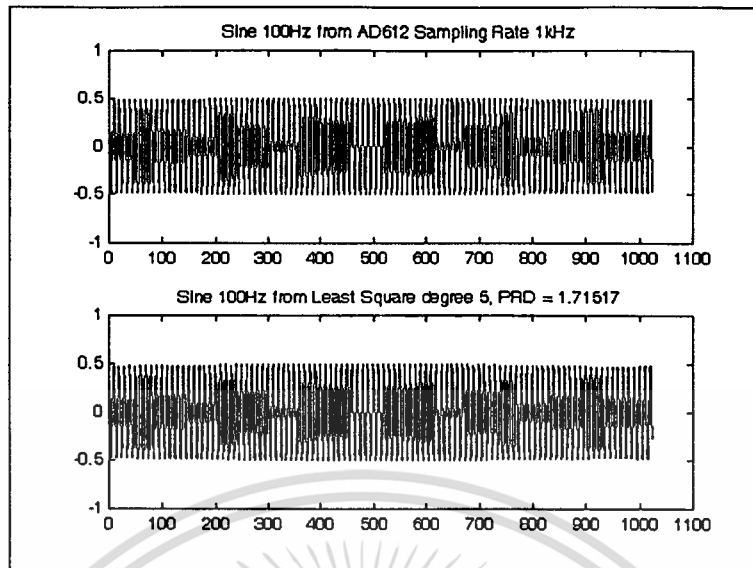
4. สมการดีกรี 5



รูปที่ 4.11 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



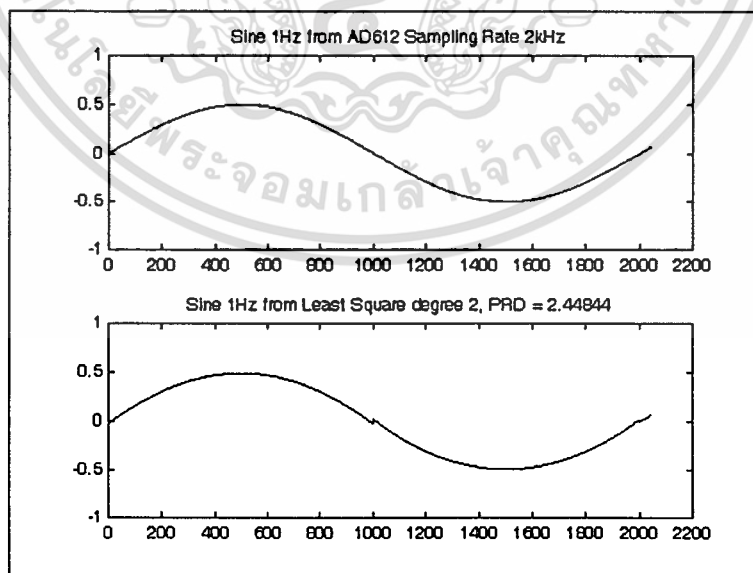
รูปที่ 4.12 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



รูปที่ 4.13 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5

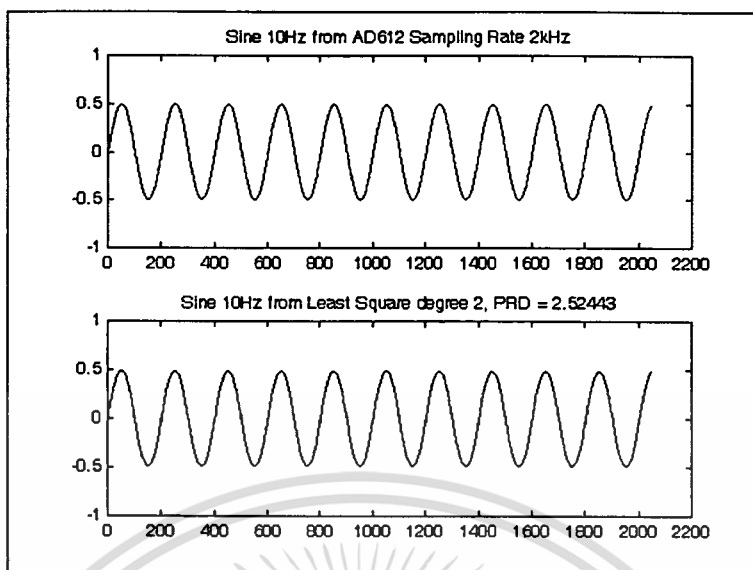
4.2 การจำลองการสร้างสัญญาณไซน์ที่ความถี่ 1 Hz 10 Hz และ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB

1. สมการดีกรี 2



รูปที่ 4.14 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการวัด AD612

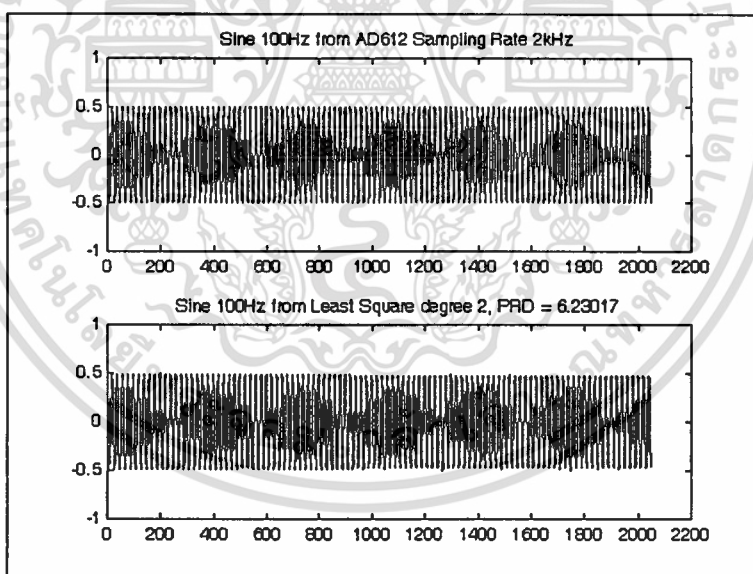
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz

บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการวัด AD612

ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

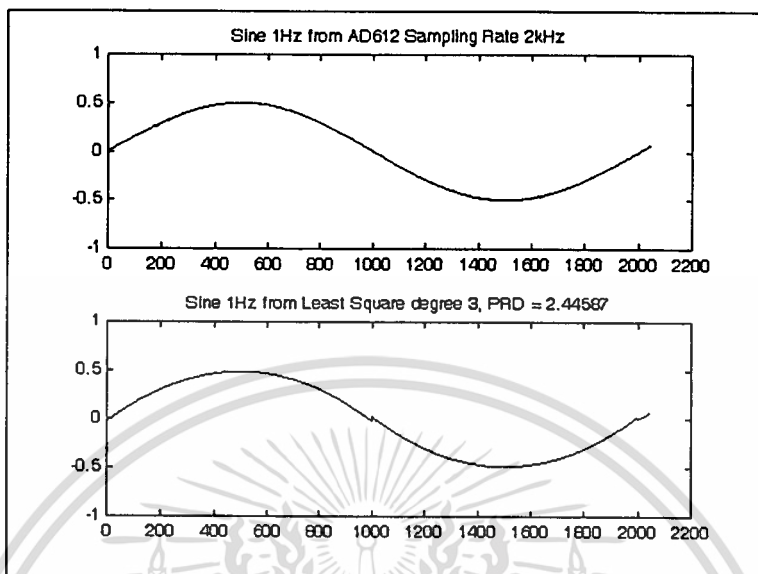


รูปที่ 4.16 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz

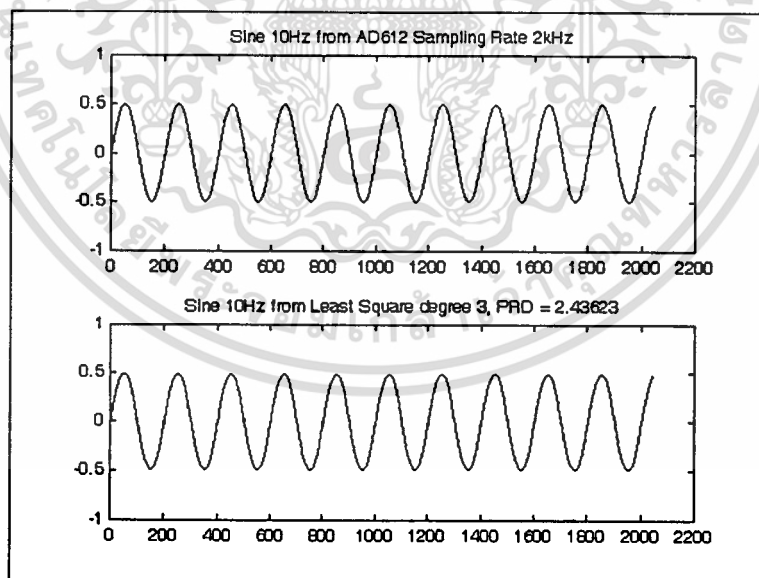
บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการวัด AD612

ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

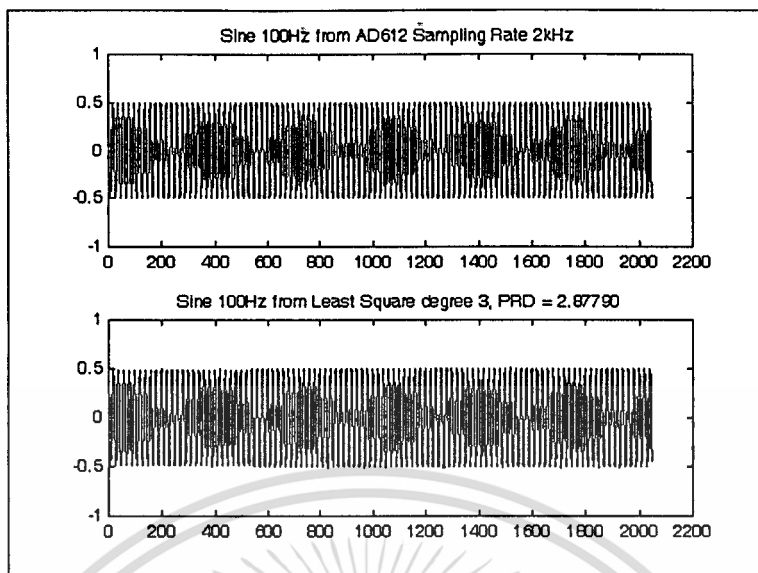
2. สมการดีกรี 3



รูปที่ 4.17 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

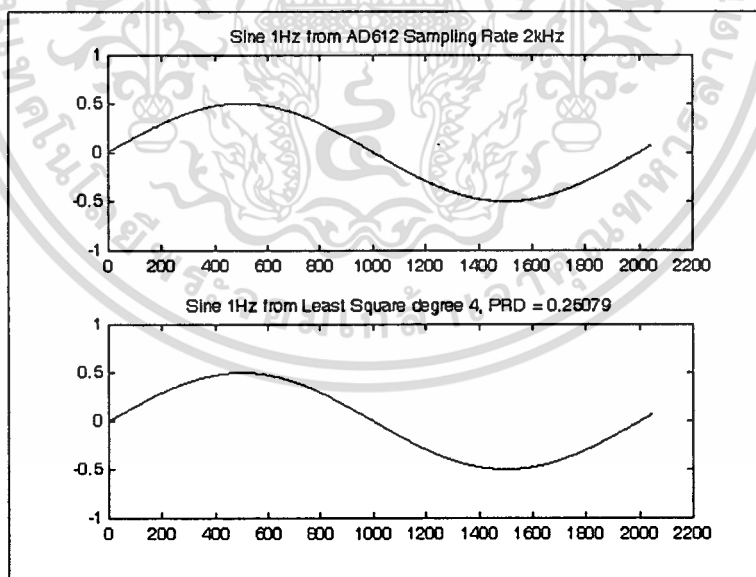


รูปที่ 4.18 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

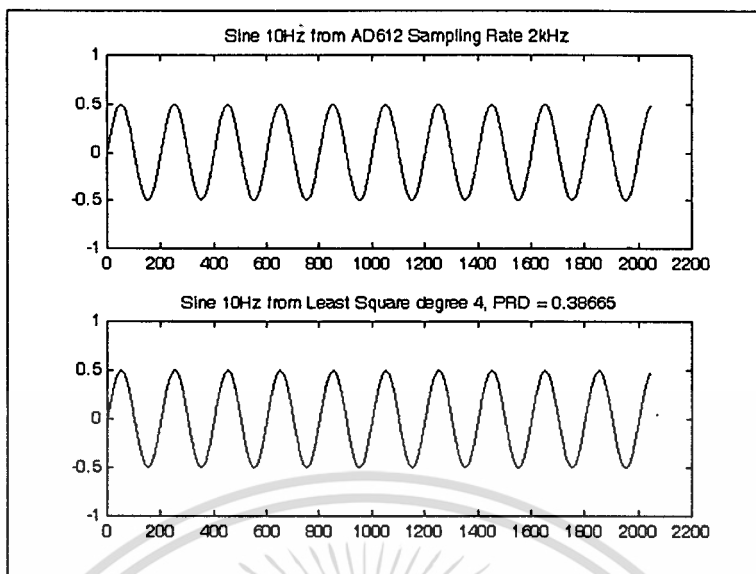


รูปที่ 4.19 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

3. สมการดีกรี 4



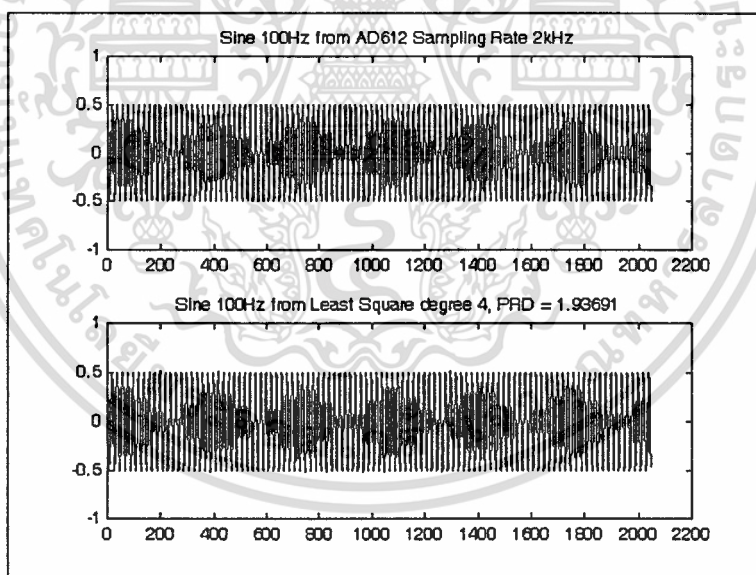
รูปที่ 4.20 ผลการจำลองสร้างสัญญาณความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



รูปที่ 4.21 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz

บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการวัด AD612

ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

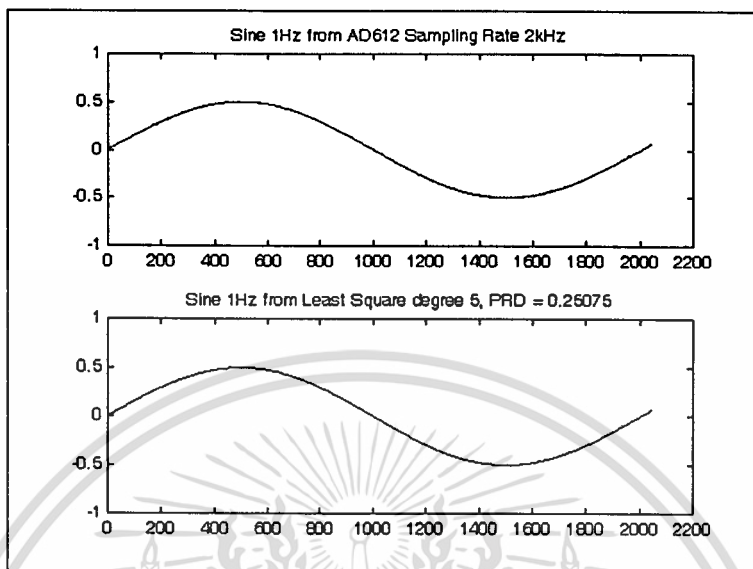


รูปที่ 4.22 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz

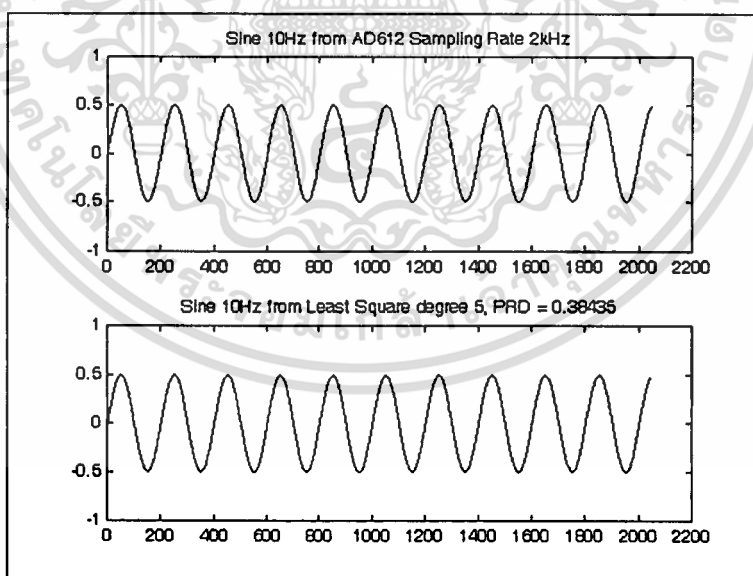
บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการวัด AD612

ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

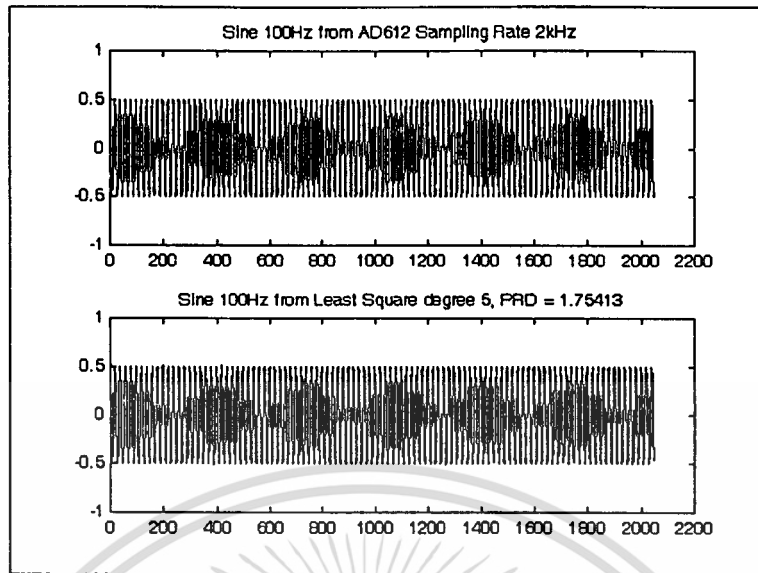
4. สมการดีกรี 5



รูปที่ 4.23 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



รูปที่ 4.24 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



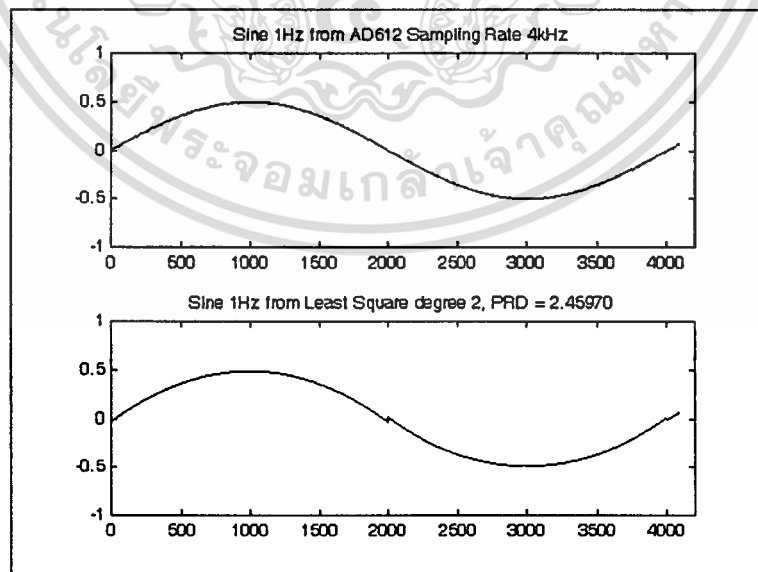
รูปที่ 4.25 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz

บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการวัด AD612

ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5

4.3 การจำลองการสร้างสัญญาณไซน์ที่ความถี่ 1 Hz 10 Hz และ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB

1. สมการดีกรี 2

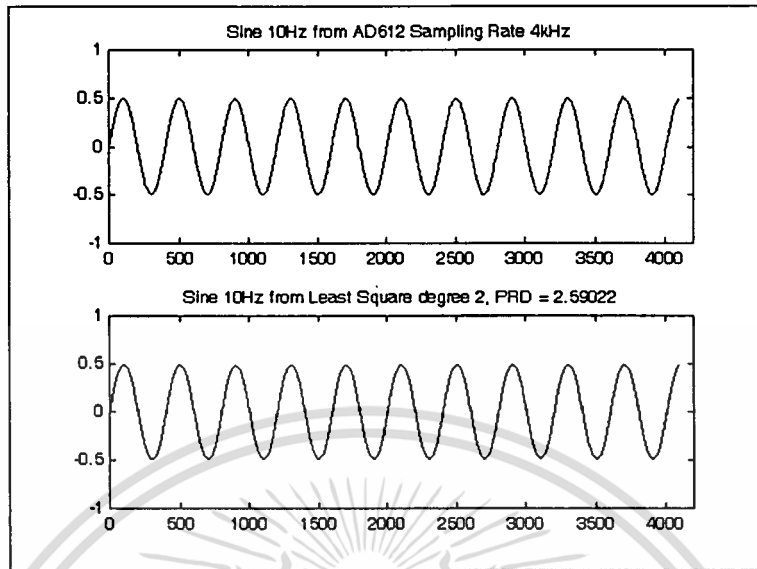


รูปที่ 4.26 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz

บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการวัด AD612

ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

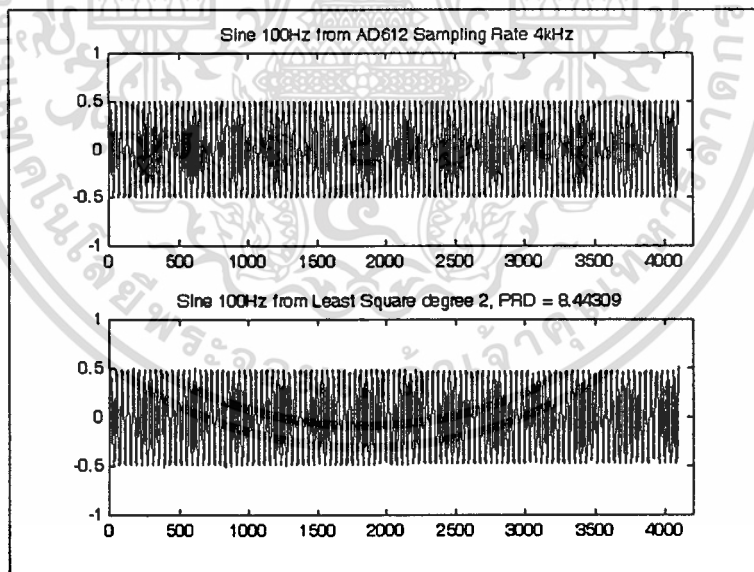
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz

บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการ์ด AD612

ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

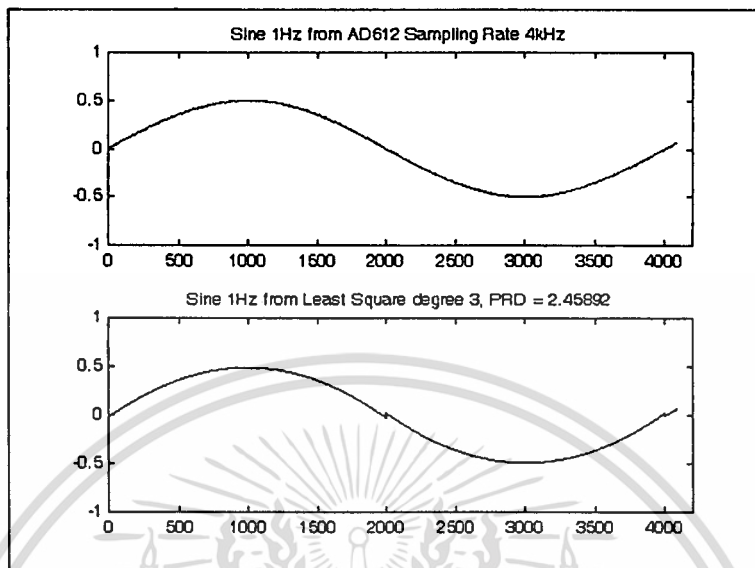


รูปที่ 4.28 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz

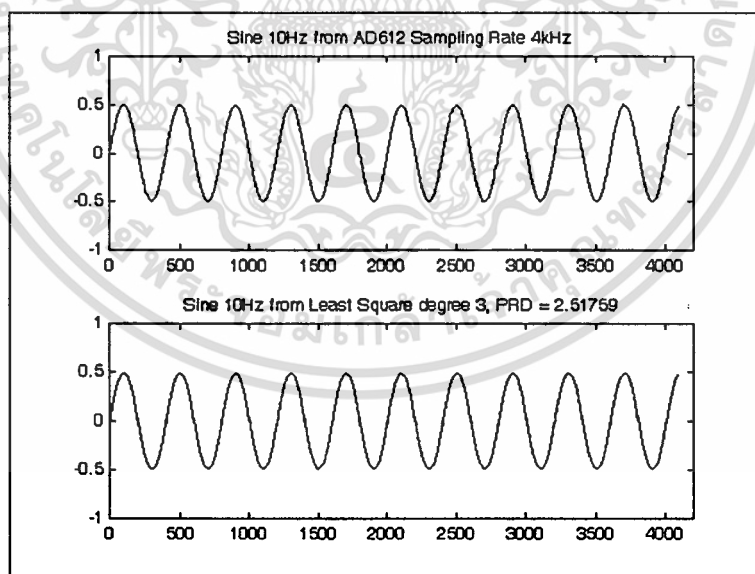
บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการ์ด AD612

ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

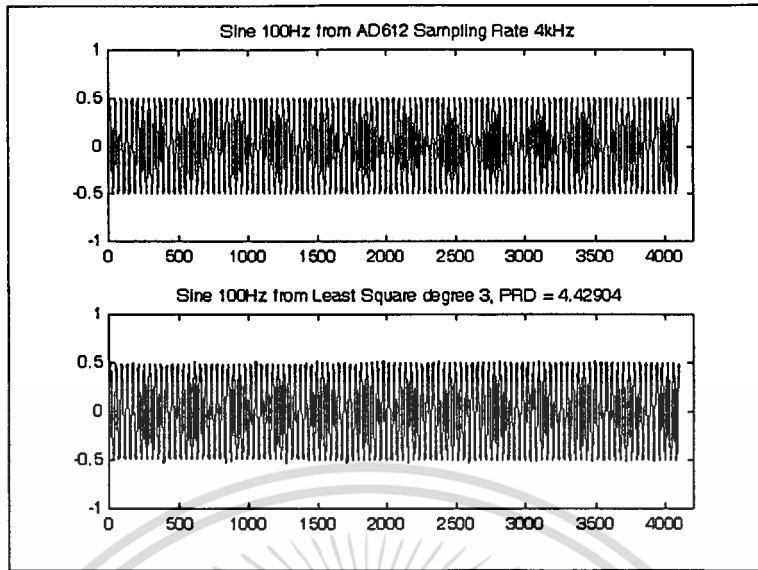
2. สมการดีกรี 3



รูปที่ 4.29 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

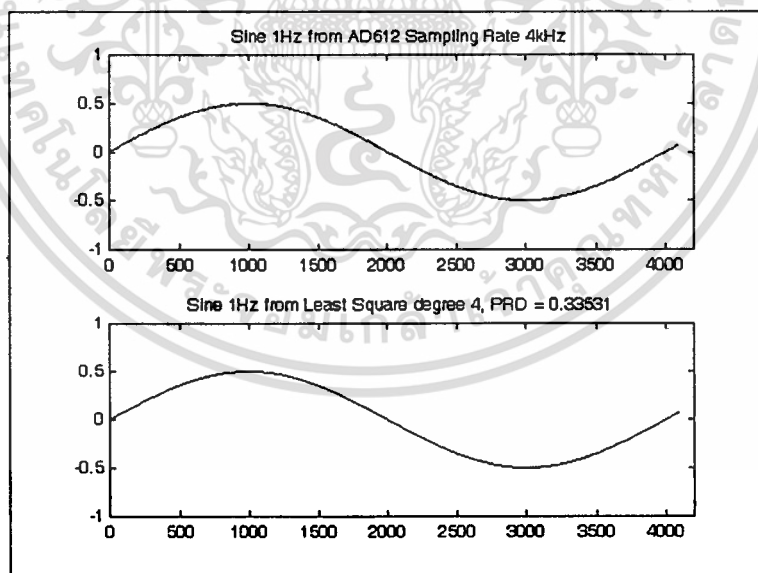


รูปที่ 4.30 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



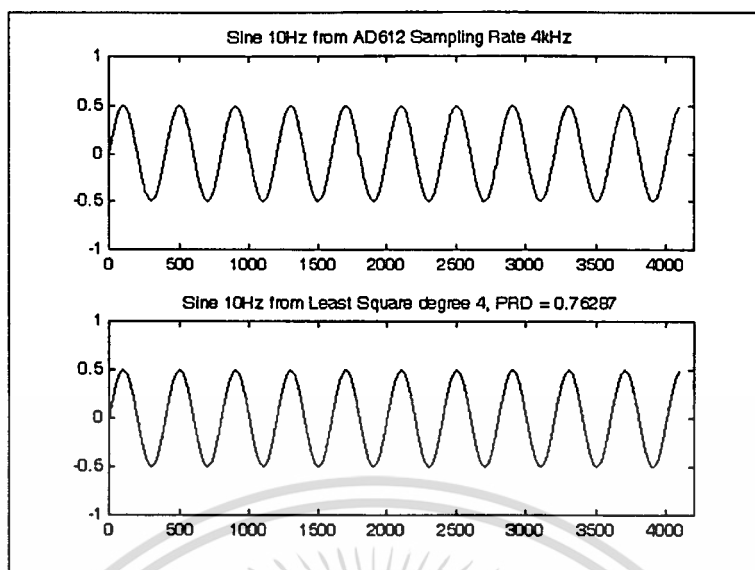
รูปที่ 4.31 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

3. สมการดีกรี 4

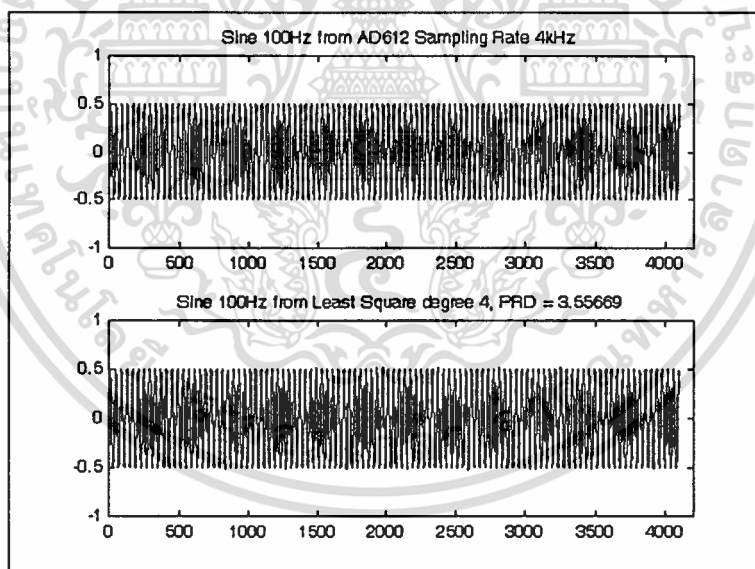


รูปที่ 4.32 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณไซน์ที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณไซน์ที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

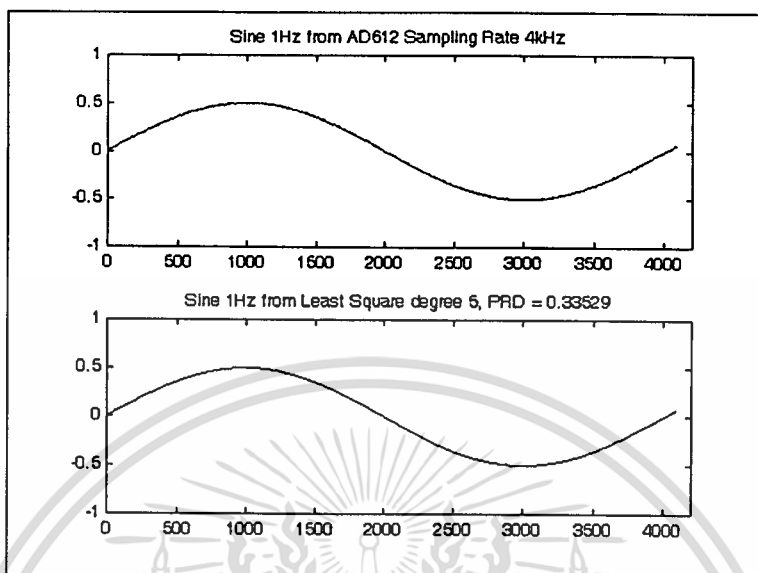


รูปที่ 4.33 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณชาชนที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณชาชนที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

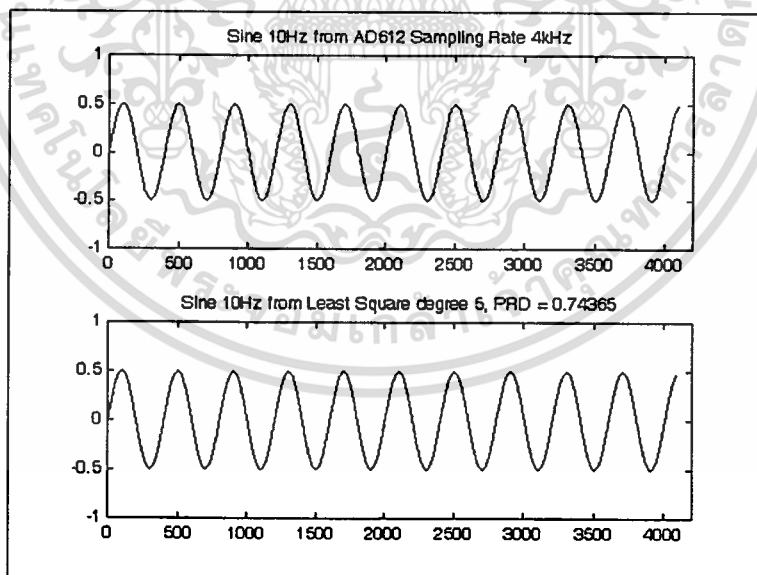


รูปที่ 4.34 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณชาชนที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณชาชนที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

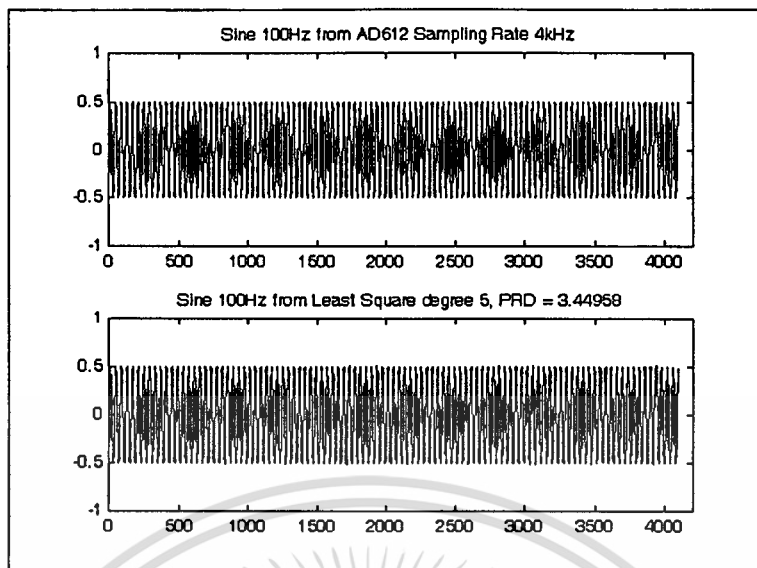
4. สมการดีกรี 5



รูปที่ 4.35 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 1 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



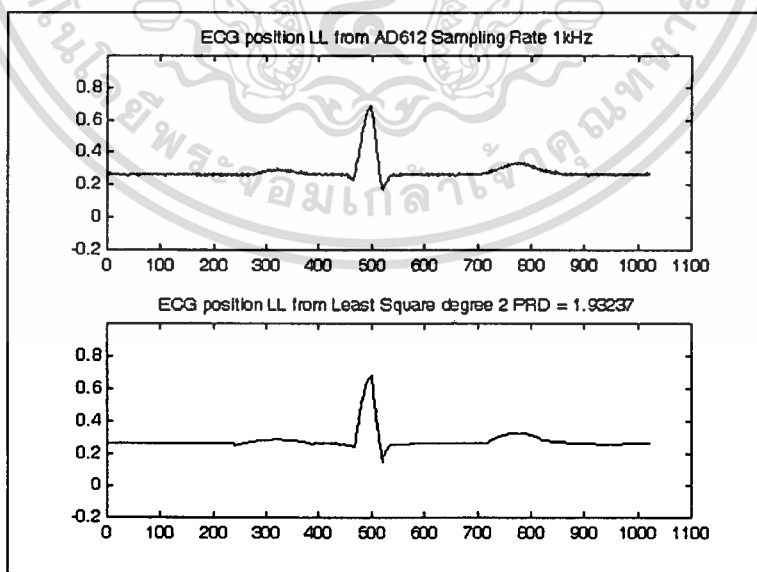
รูปที่ 4.36 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 10 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณขาเข้าที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณขาเข้าที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



รูปที่ 4.37 ผลการจำลองสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 100 Hz ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณชาชนที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณชาชนที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5

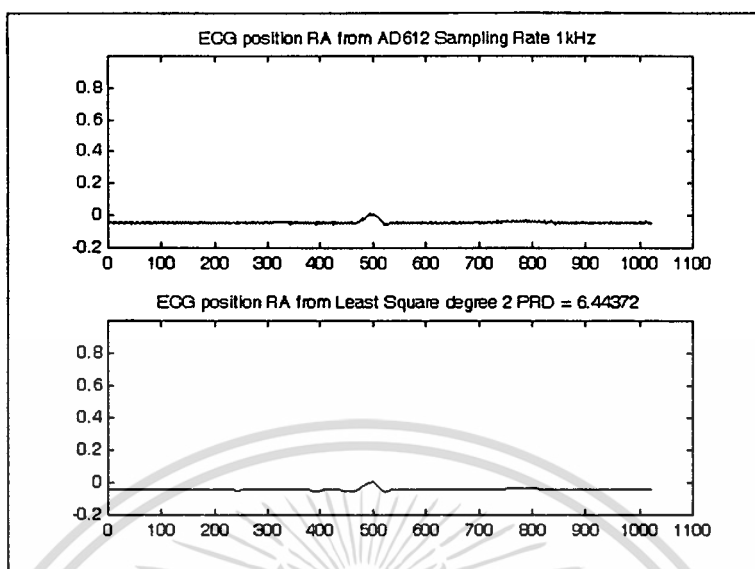
4.4 การจำลองการสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ความถี่สุ่ม 1 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB

1. สมการดีกรี 2

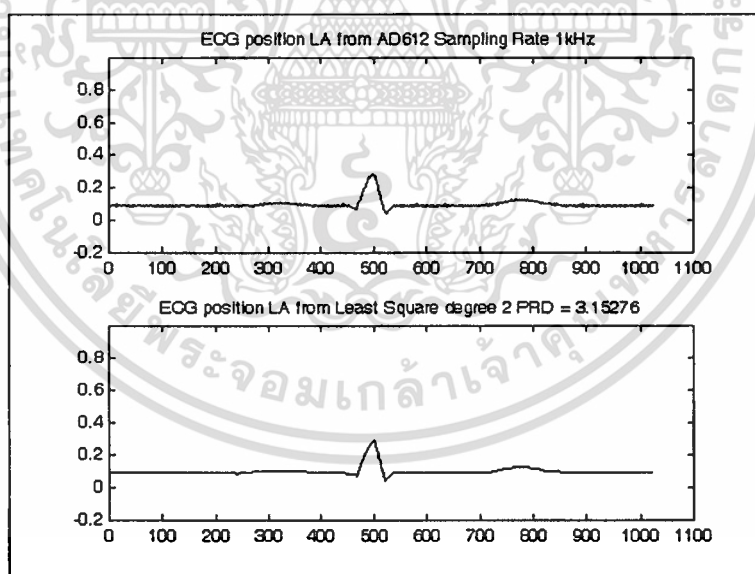


รูปที่ 4.38 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612

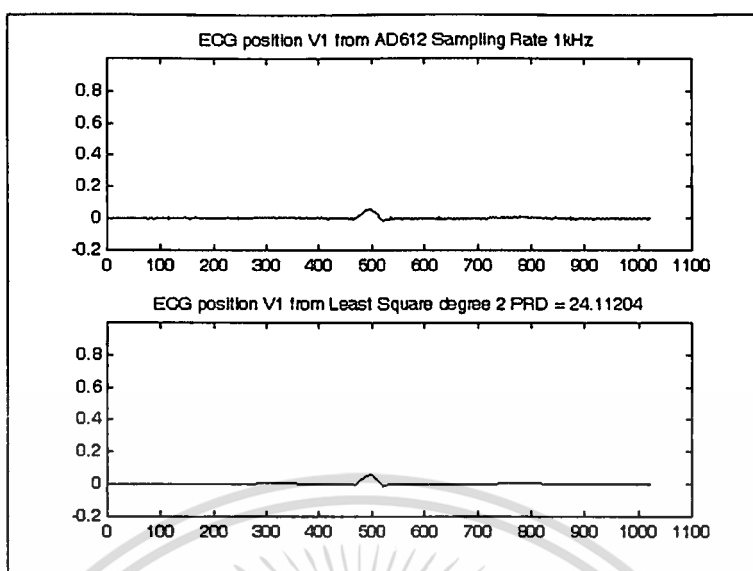
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่หรือใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นได้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



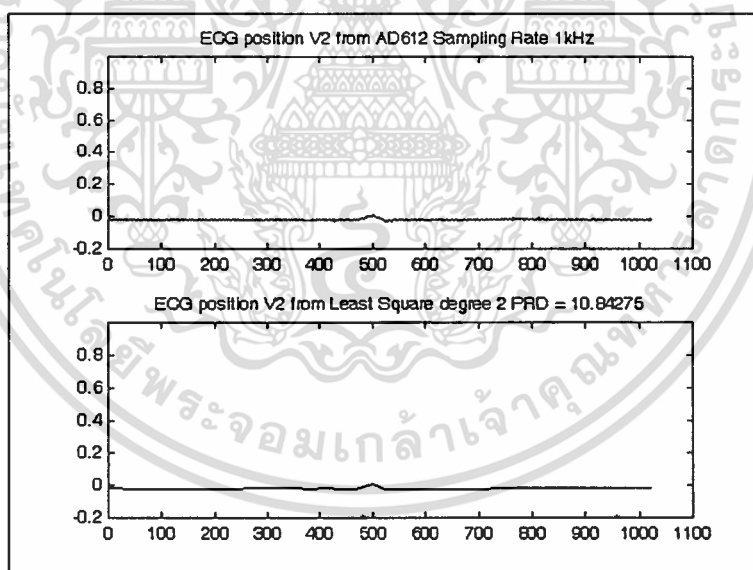
รูปที่ 4.39 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2



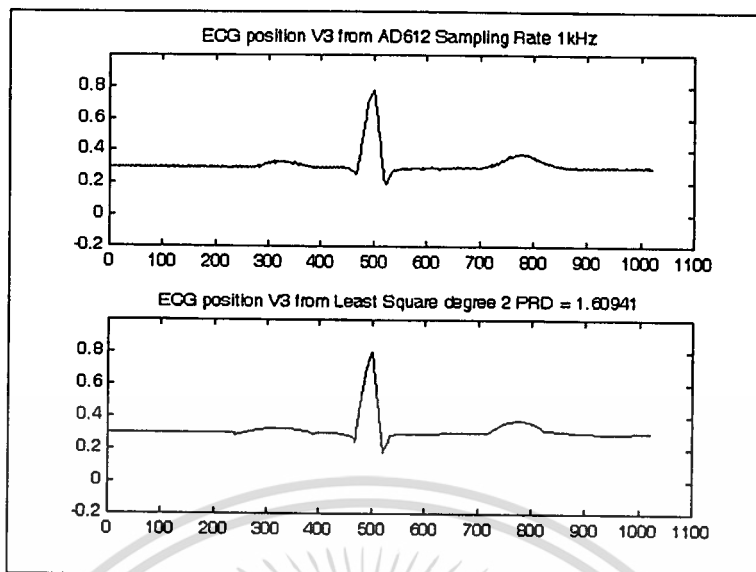
รูปที่ 4.40 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2



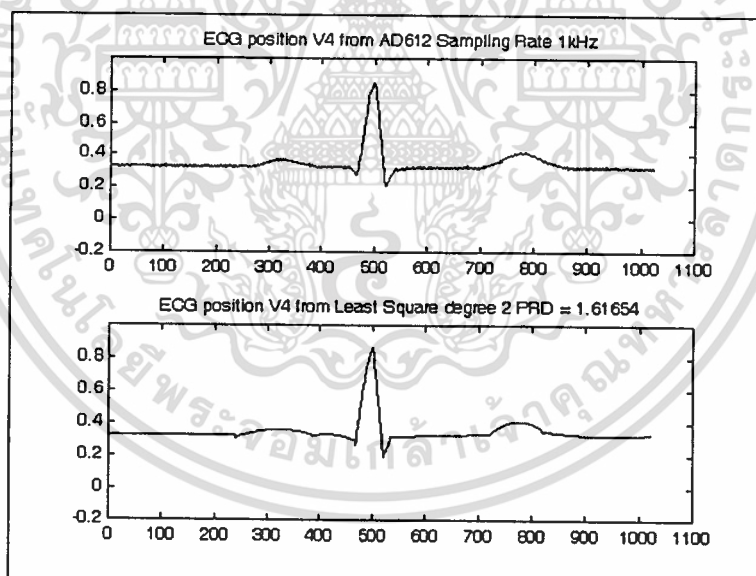
รูปที่ 4.41 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2



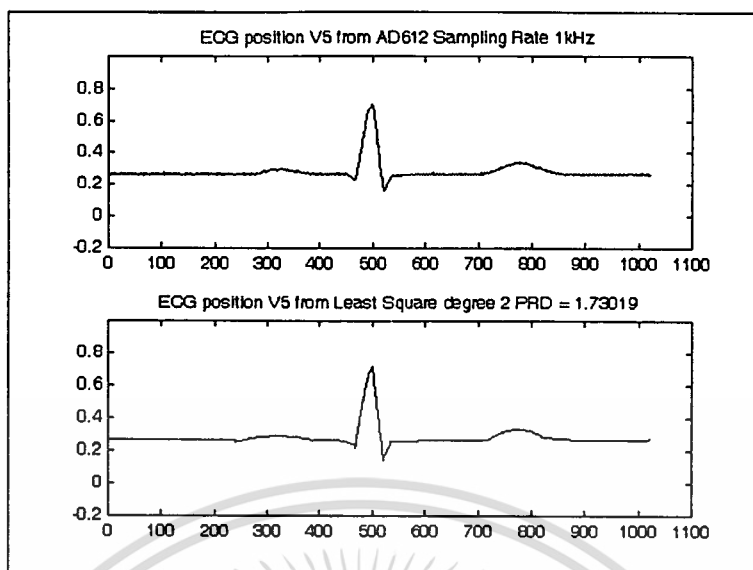
รูปที่ 4.42 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2



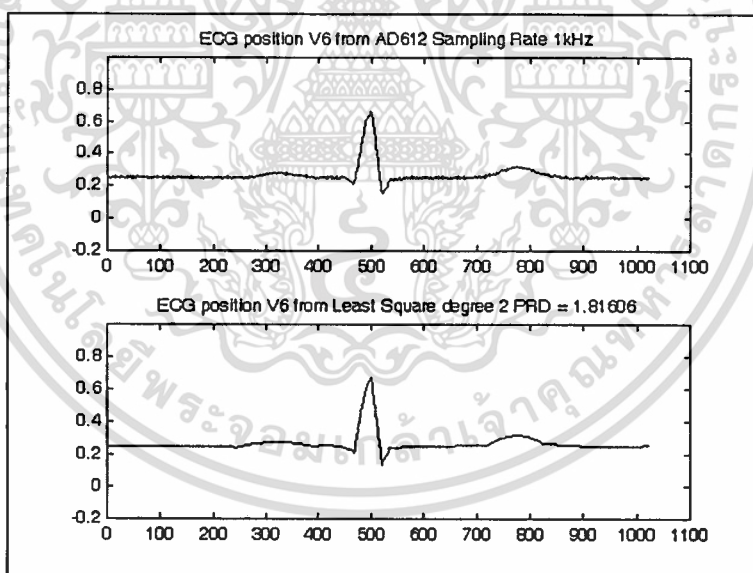
รูปที่ 4.43 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2



รูปที่ 4.44 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

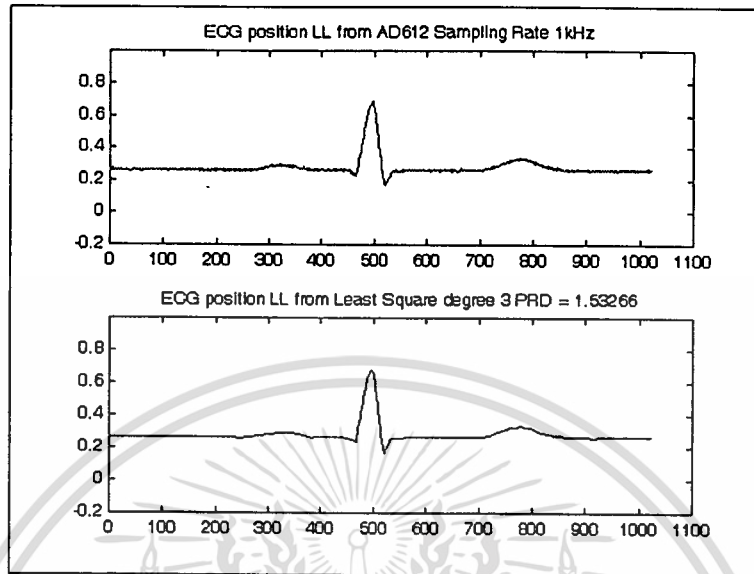


รูปที่ 4.45 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

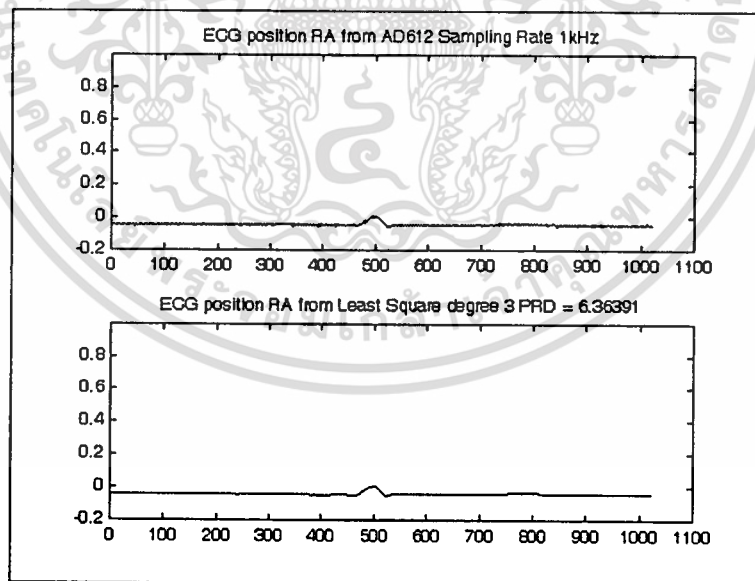


รูปที่ 4.46 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

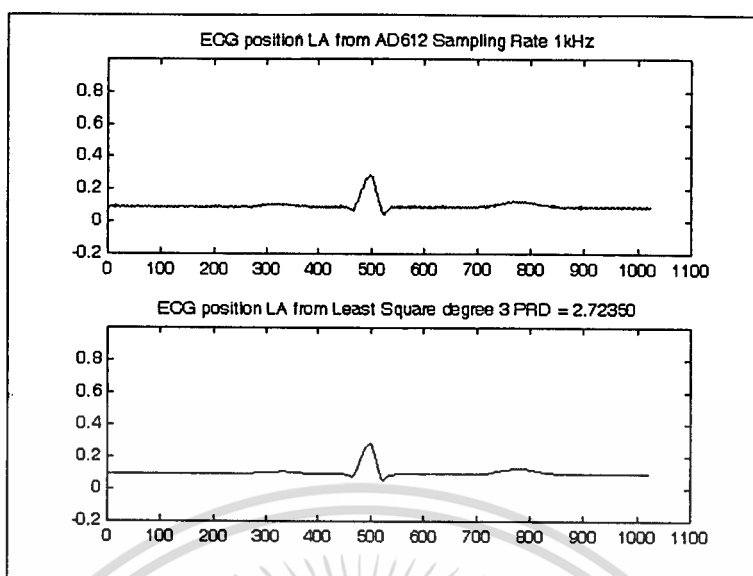
2. สมการดีกรี 3



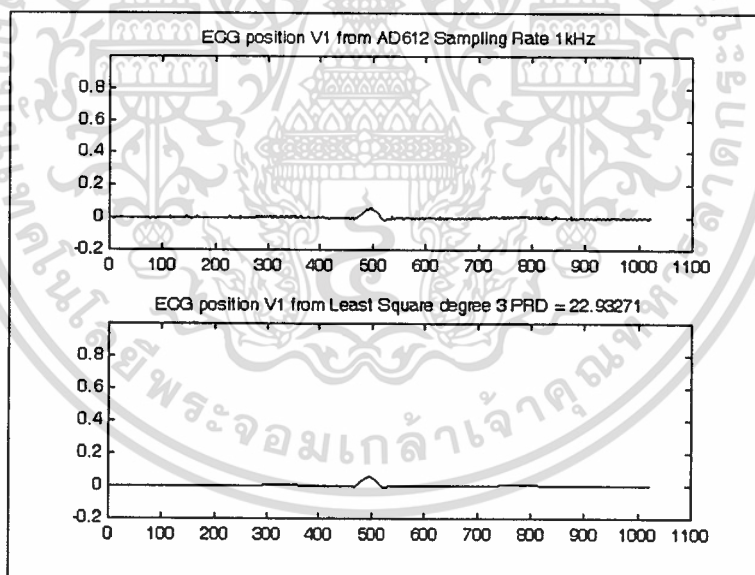
รูปที่ 4.47 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



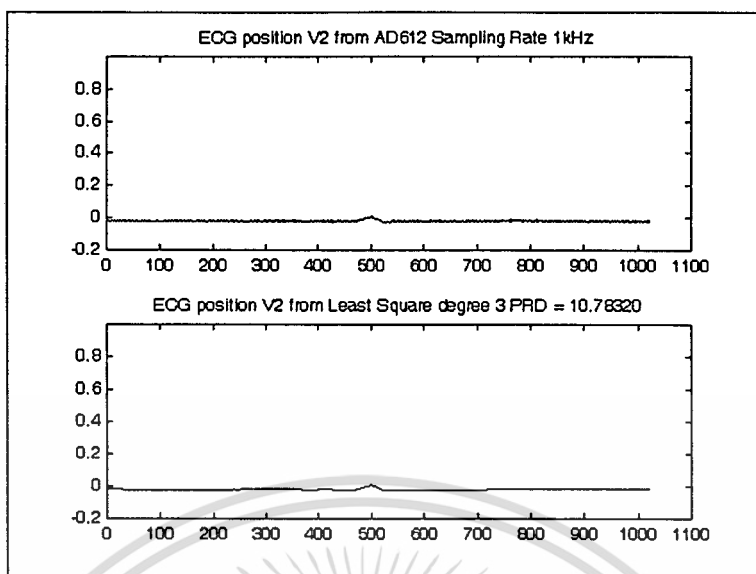
รูปที่ 4.48 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



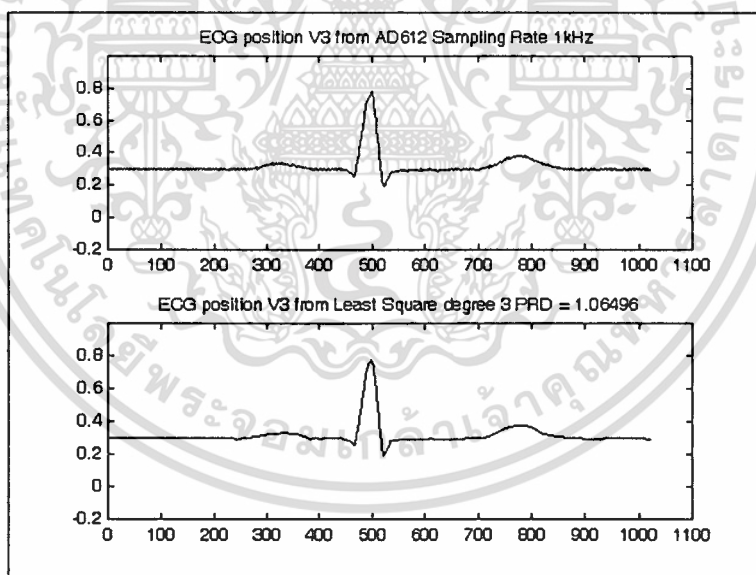
รูปที่ 4.49 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



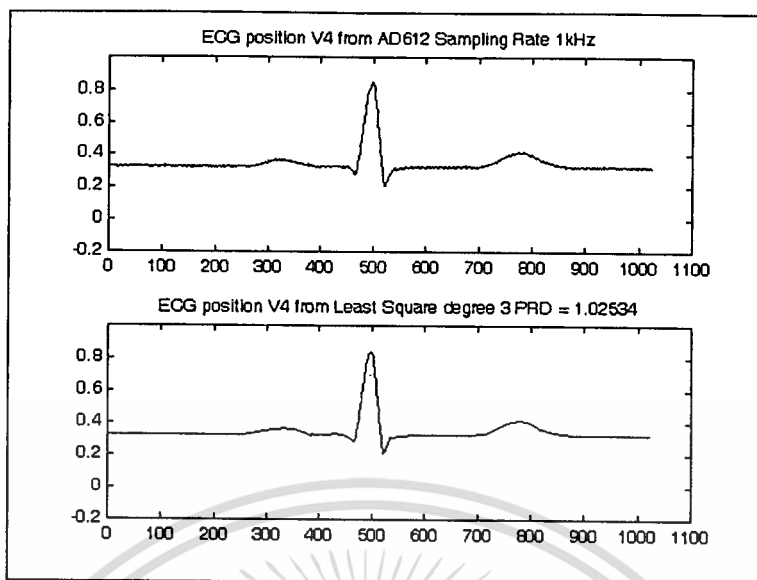
รูปที่ 4.50 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



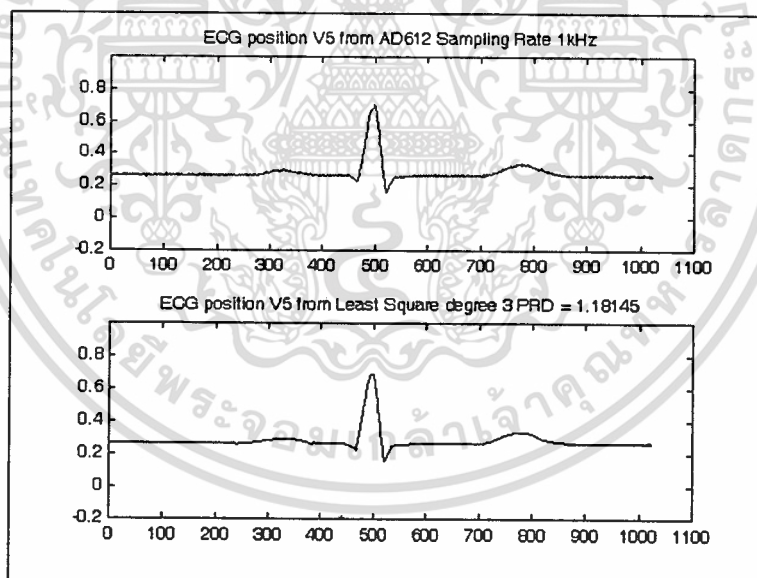
รูปที่ 4.51 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



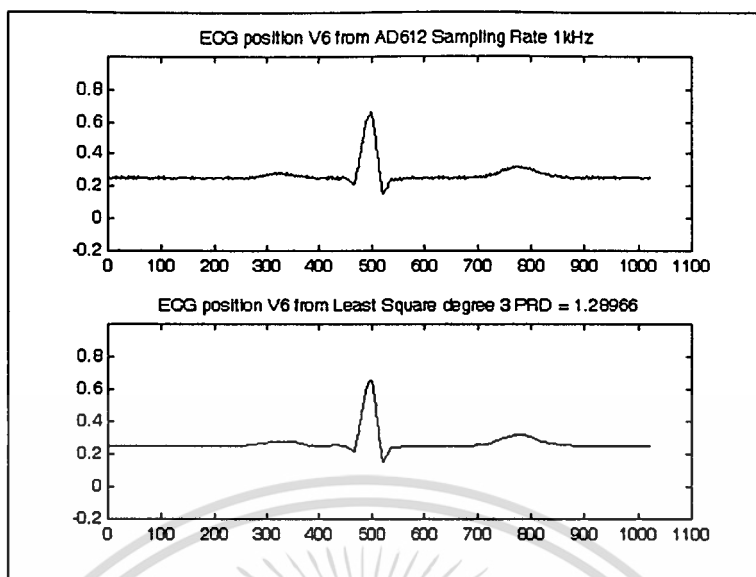
รูปที่ 4.52 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



รูปที่ 4.53 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

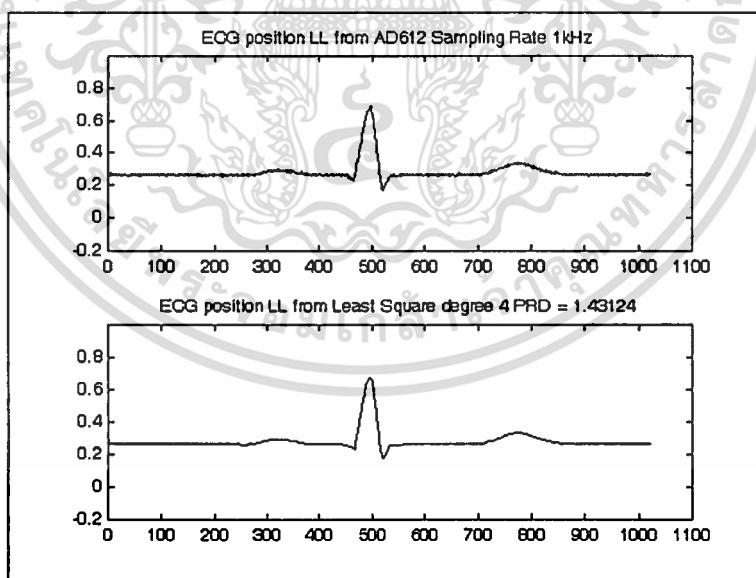


รูปที่ 4.54 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

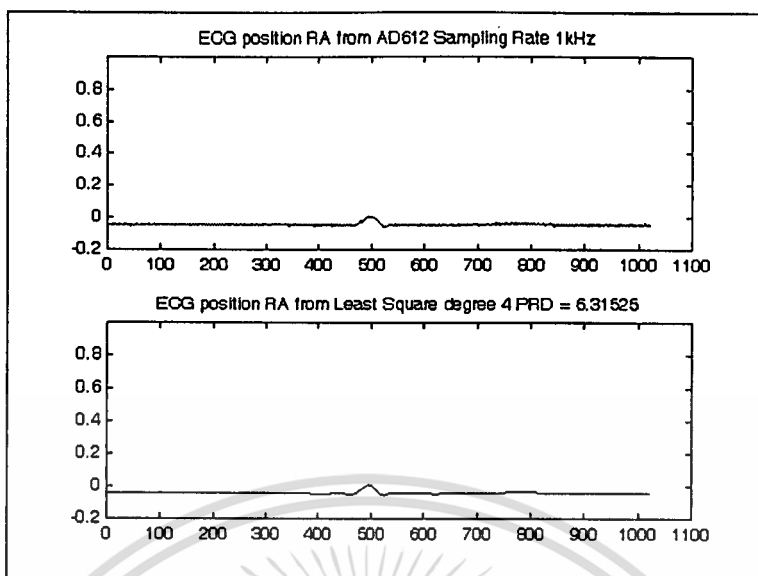


รูปที่ 4.55 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

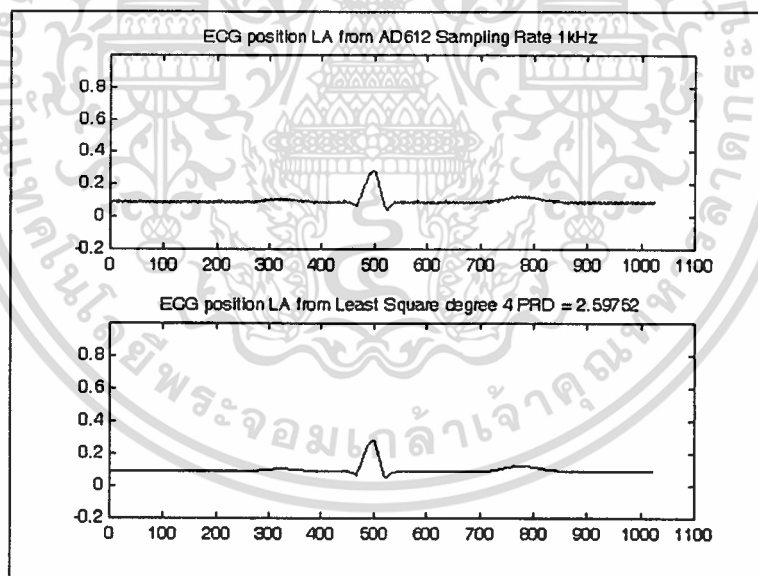
3. สมการดีกรี 4



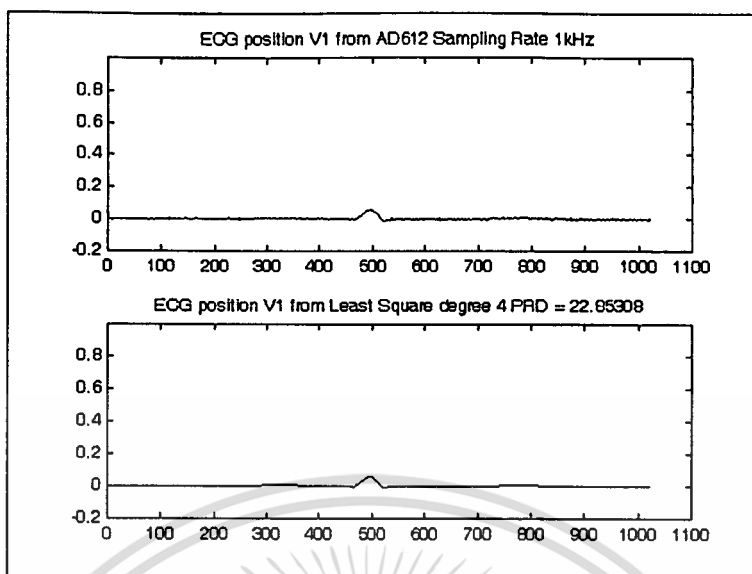
รูปที่ 4.56 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



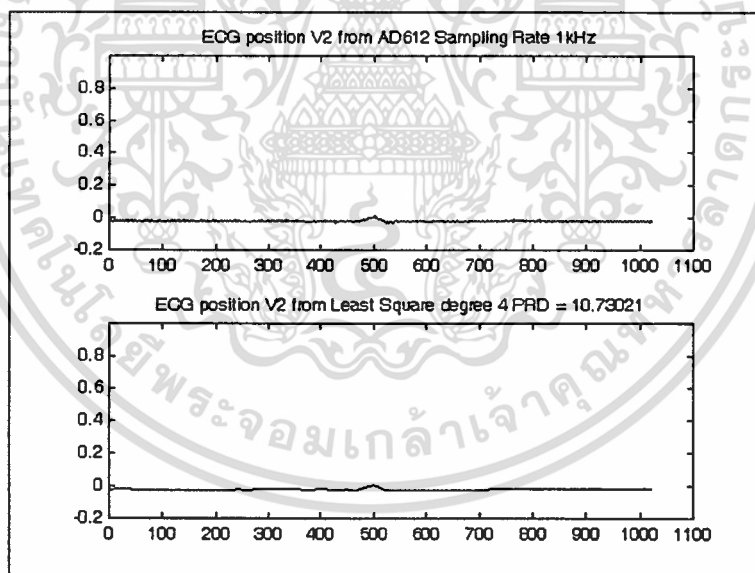
รูปที่ 4.57 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



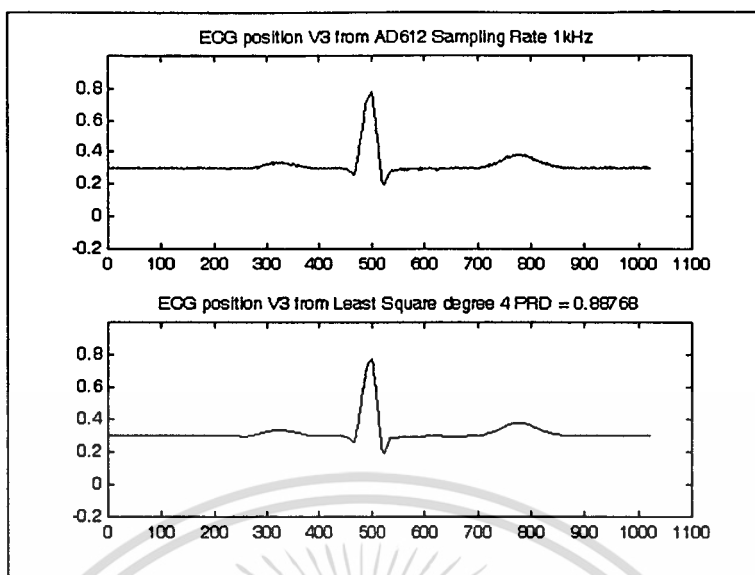
รูปที่ 4.58 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



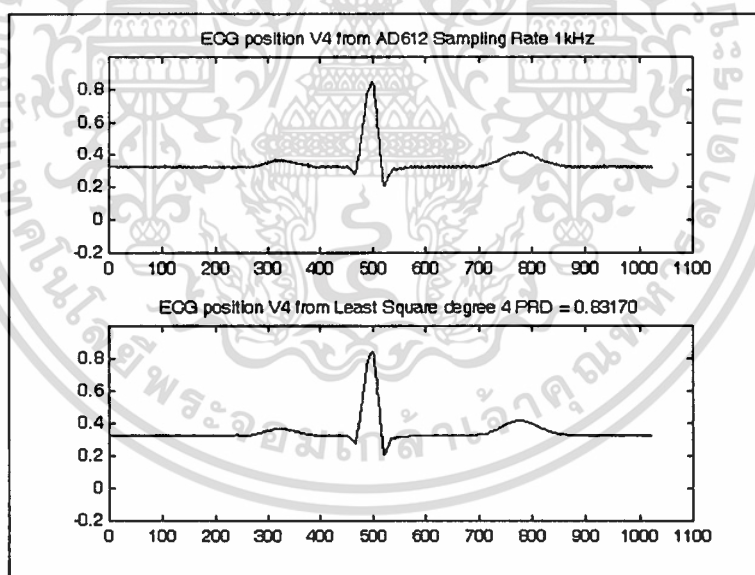
รูปที่ 4.59 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



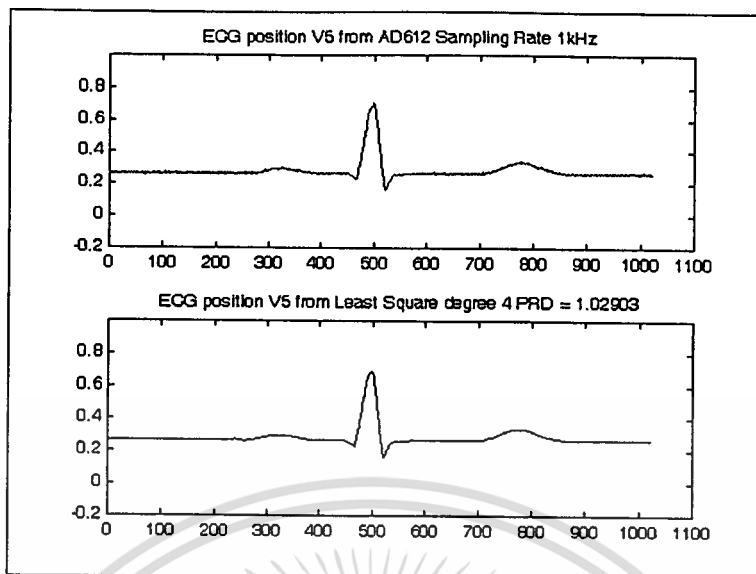
รูปที่ 4.60 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



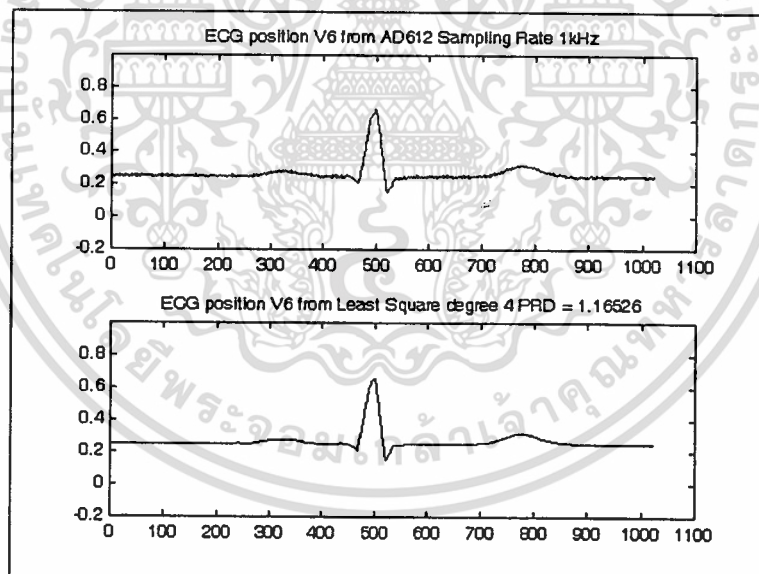
รูปที่ 4.61 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



รูปที่ 4.62 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

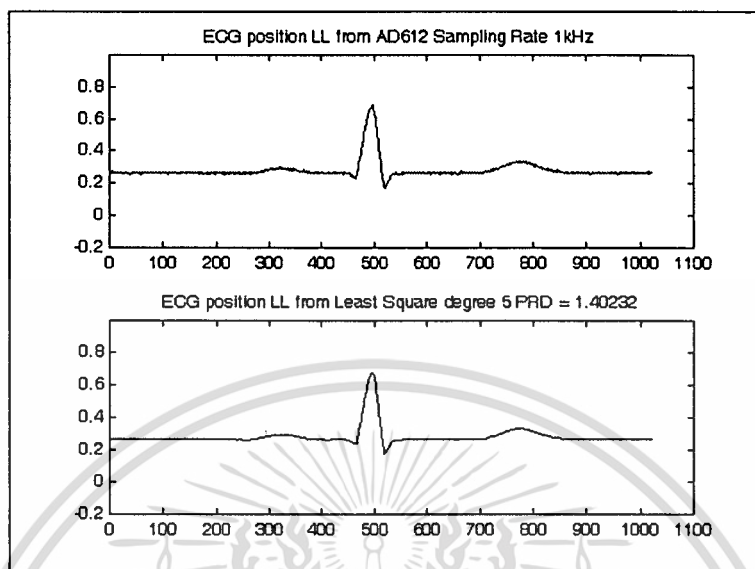


รูปที่ 4.63 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

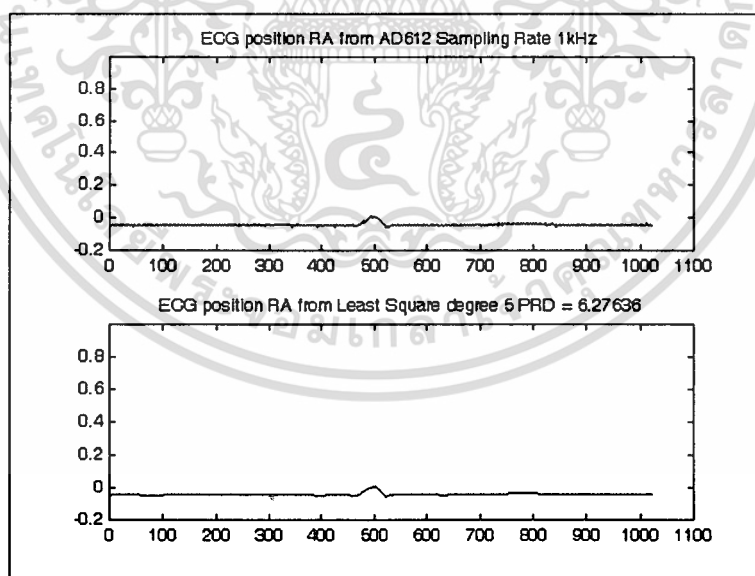


รูปที่ 4.64 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

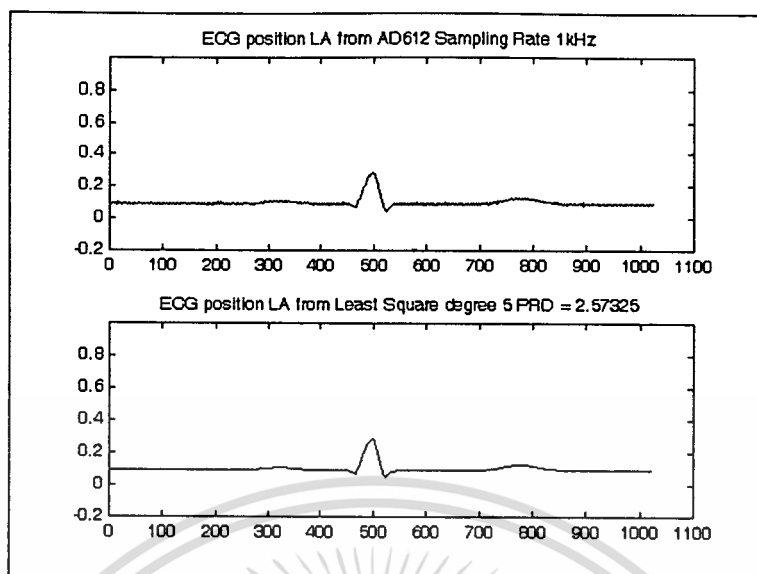
4. สมการดีกรี 5



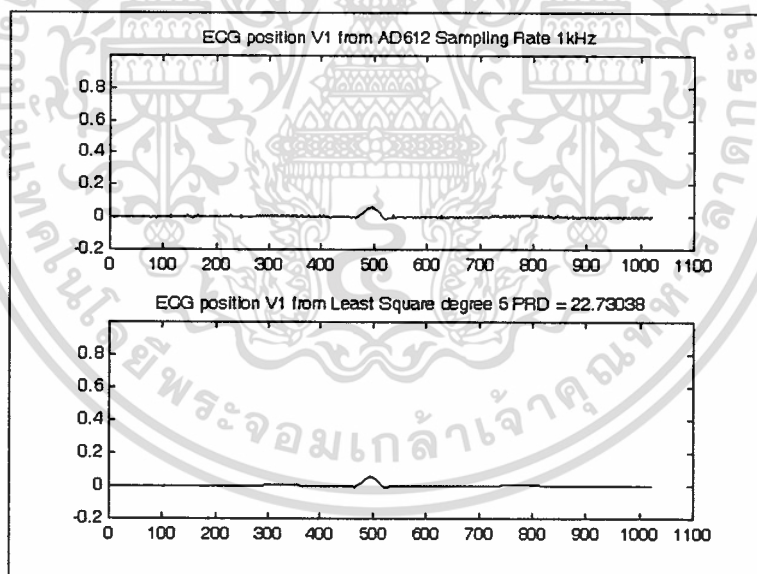
รูปที่ 4.65 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



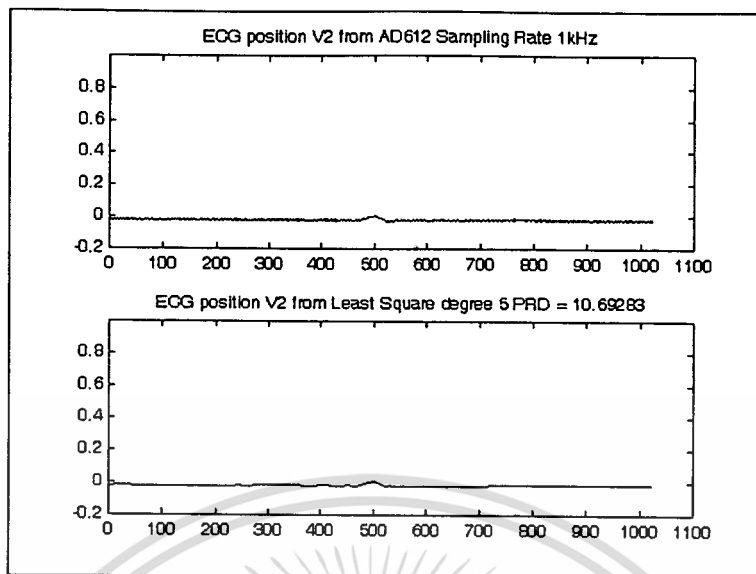
รูปที่ 4.66 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



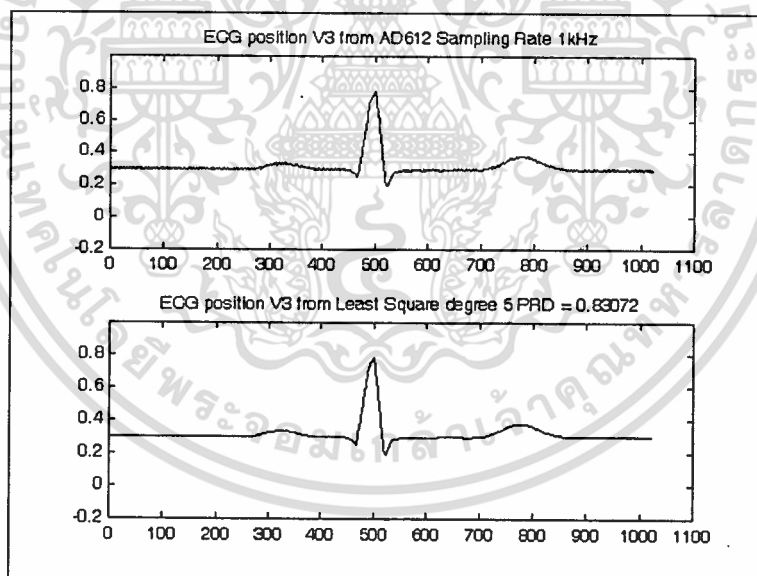
รูปที่ 4.67 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



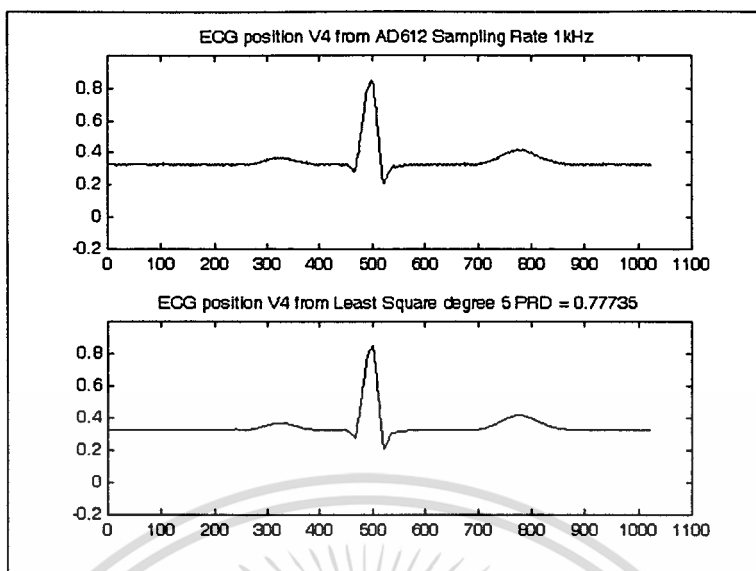
รูปที่ 4.68 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



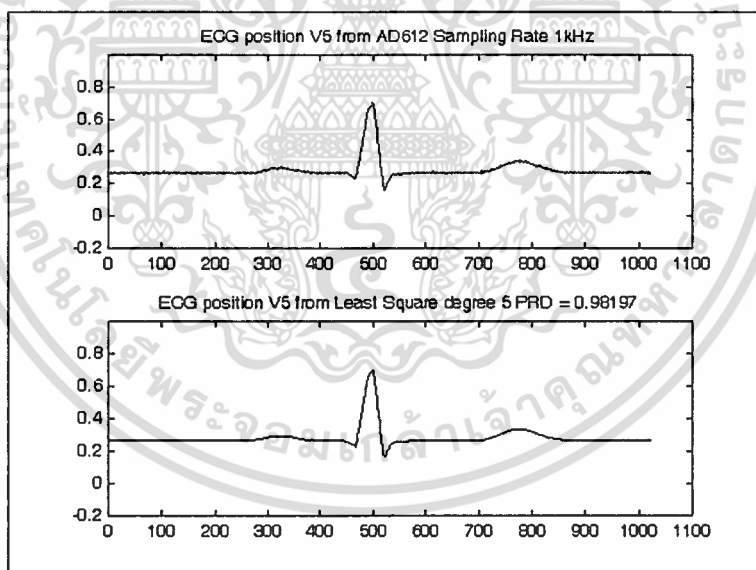
รูปที่ 4.69 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



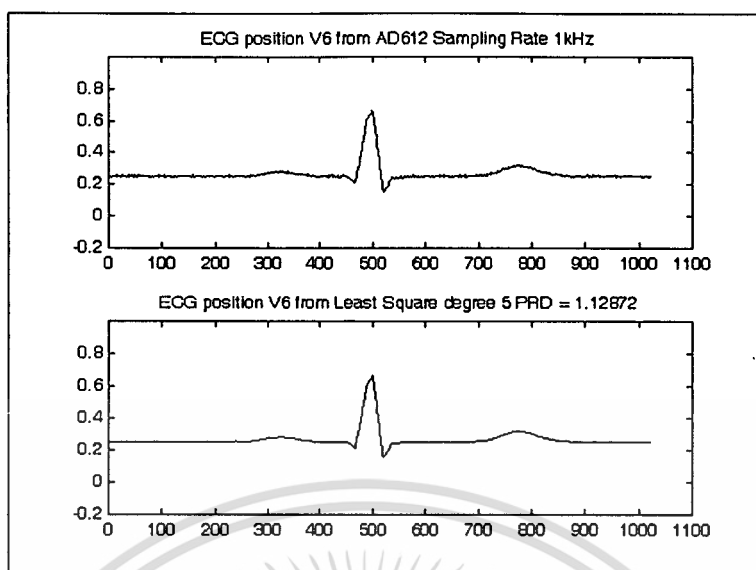
รูปที่ 4.70 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



รูปที่ 4.71 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



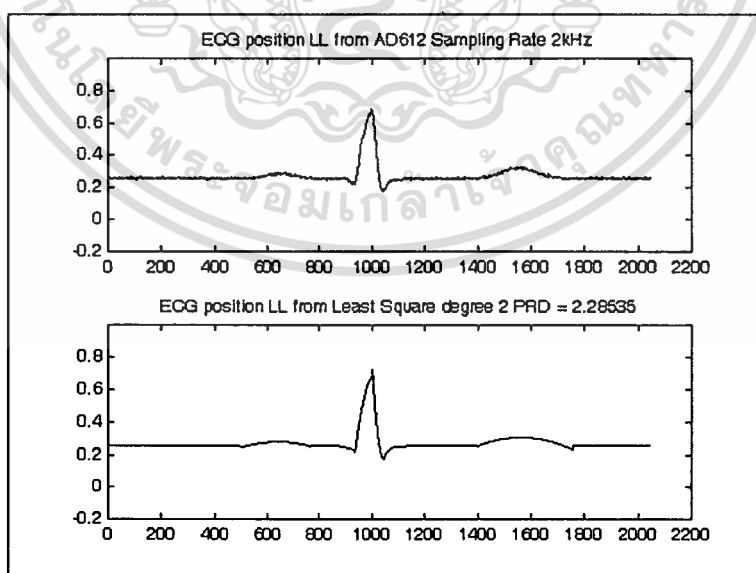
รูปที่ 4.72 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



รูปที่ 4.73 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5

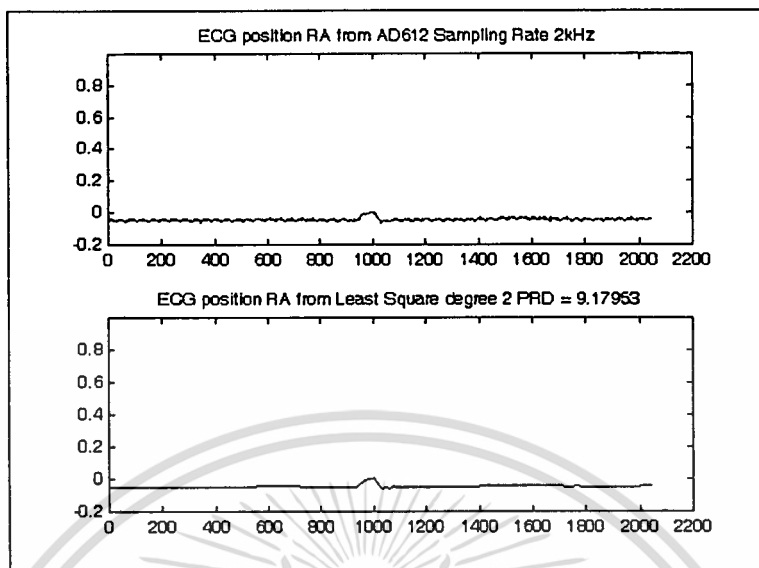
4.5 การจำลองการสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ความถี่สุ่ม 2 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB

1. สมการดีกรี 2

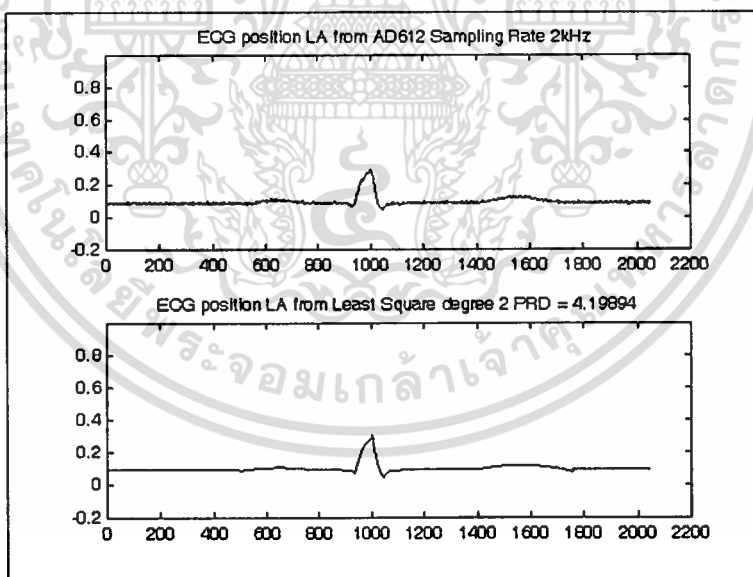


รูปที่ 4.74 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612

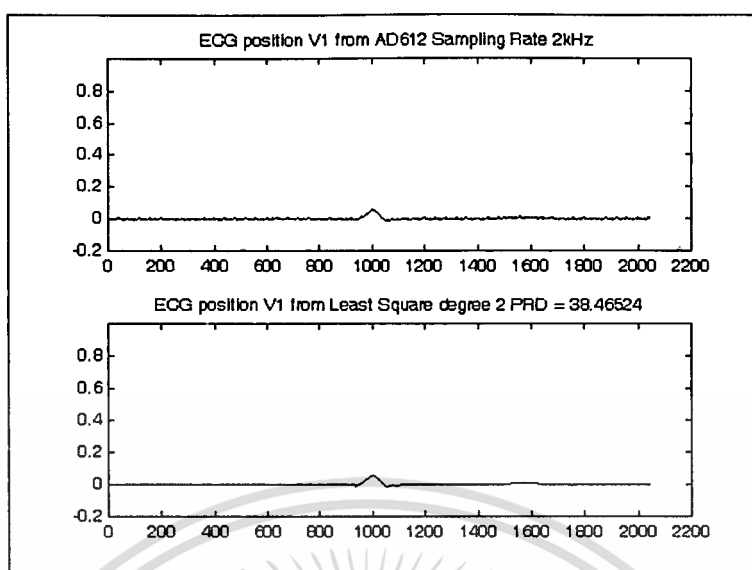
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2 โดยขึ้นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



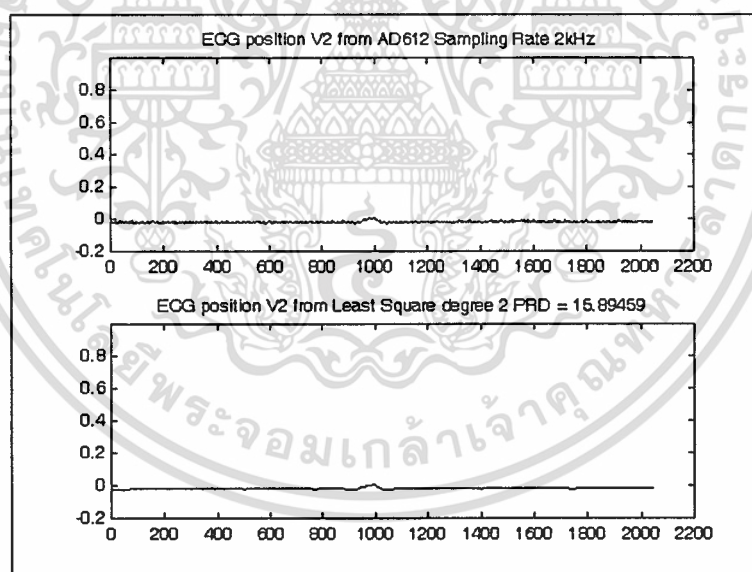
รูปที่ 4.75 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2



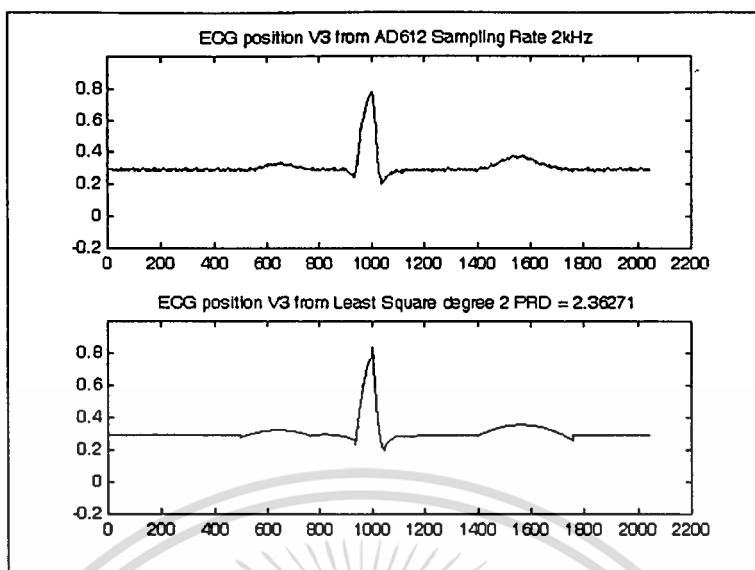
รูปที่ 4.76 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2



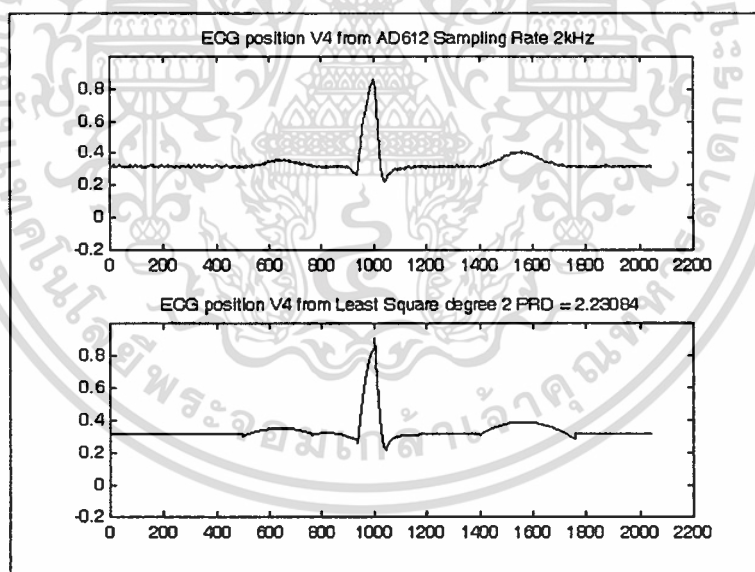
รูปที่ 4.77 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2



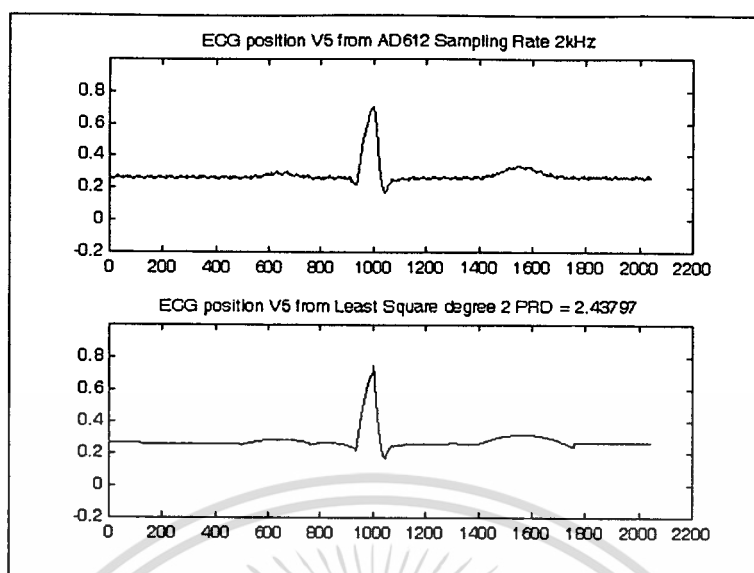
รูปที่ 4.78 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2



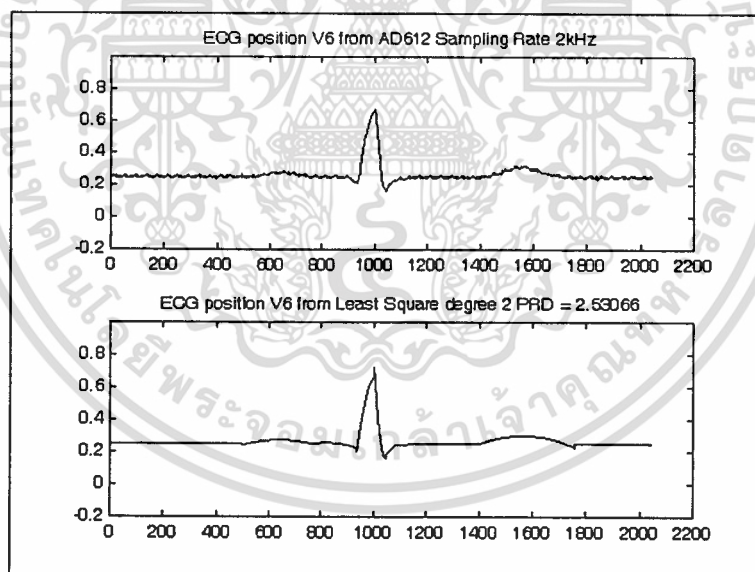
รูปที่ 4.80 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2



รูปที่ 4.81 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

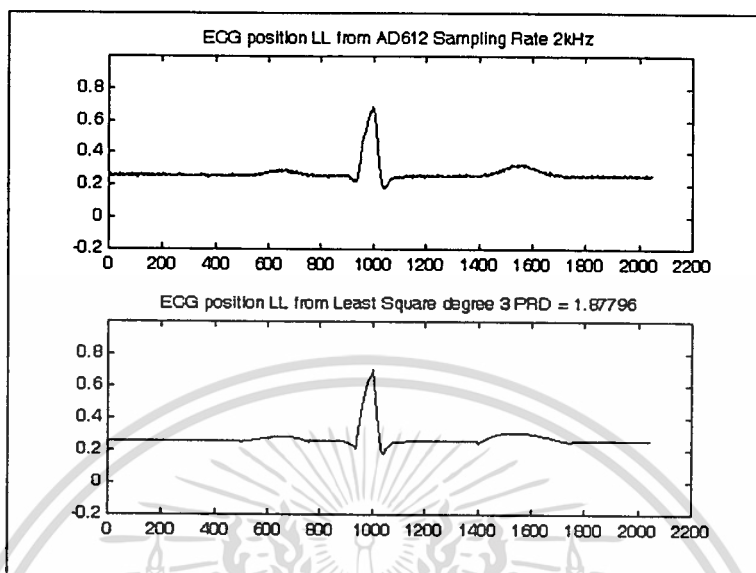


รูปที่ 4.82 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

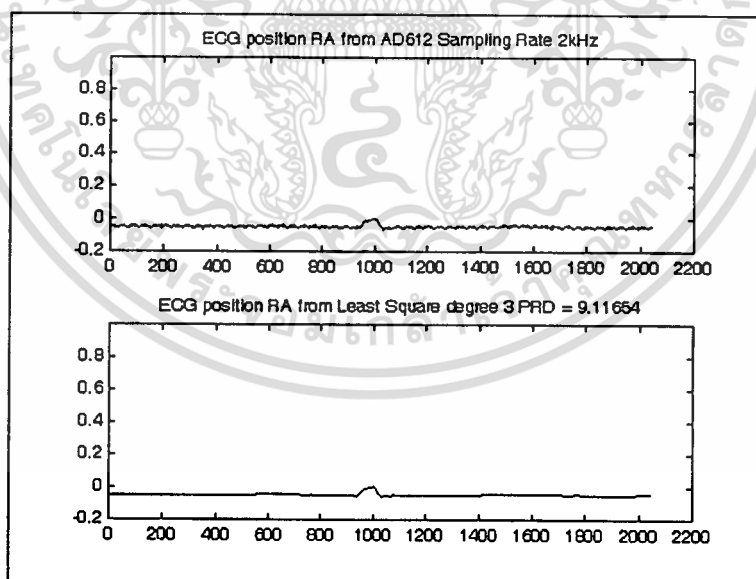


รูปที่ 4.83 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

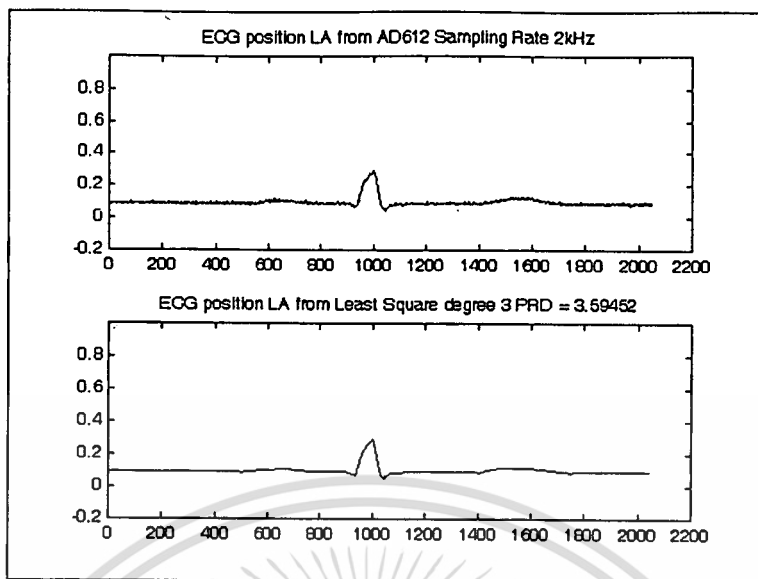
2. สมการดีกรี 3



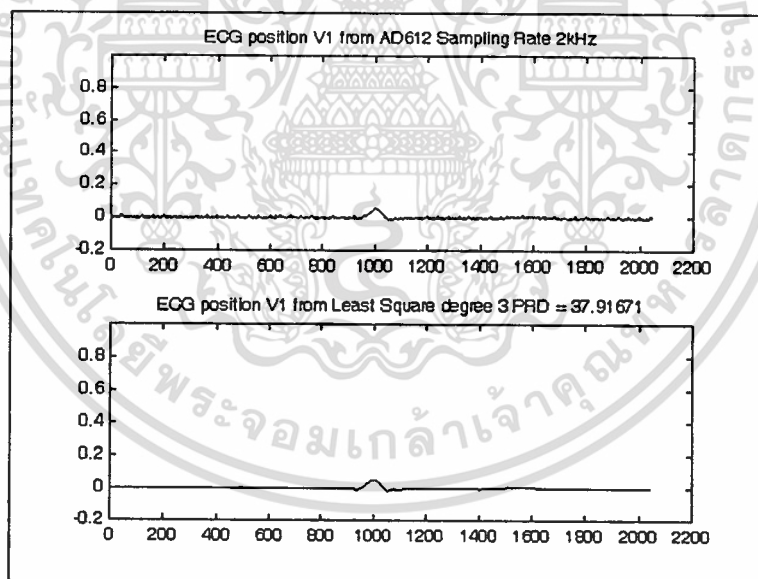
รูปที่ 4.84 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



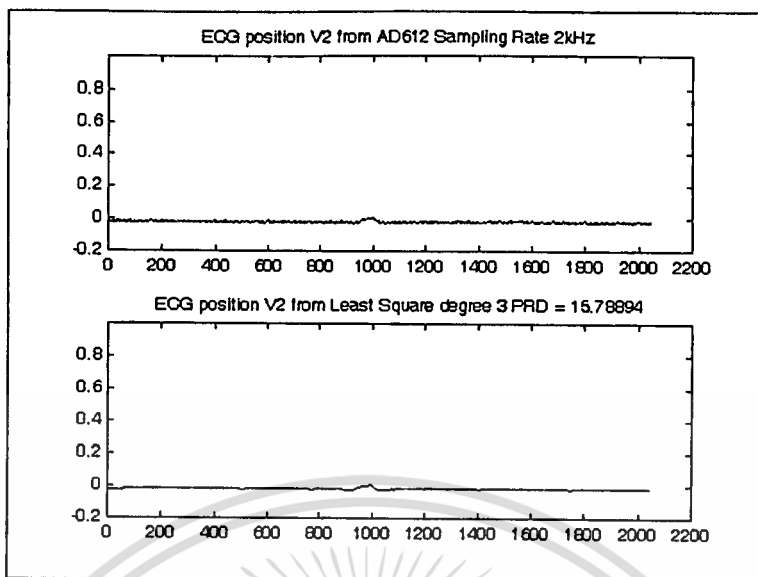
รูปที่ 4.85 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



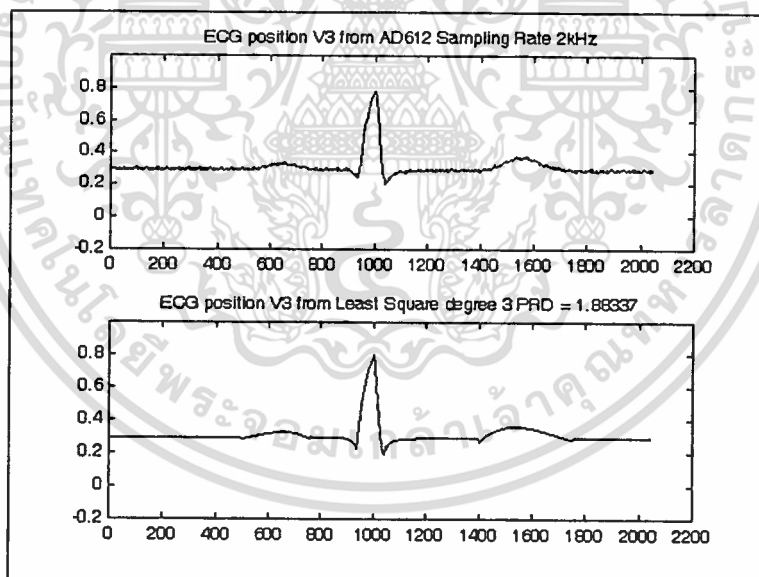
รูปที่ 4.86 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



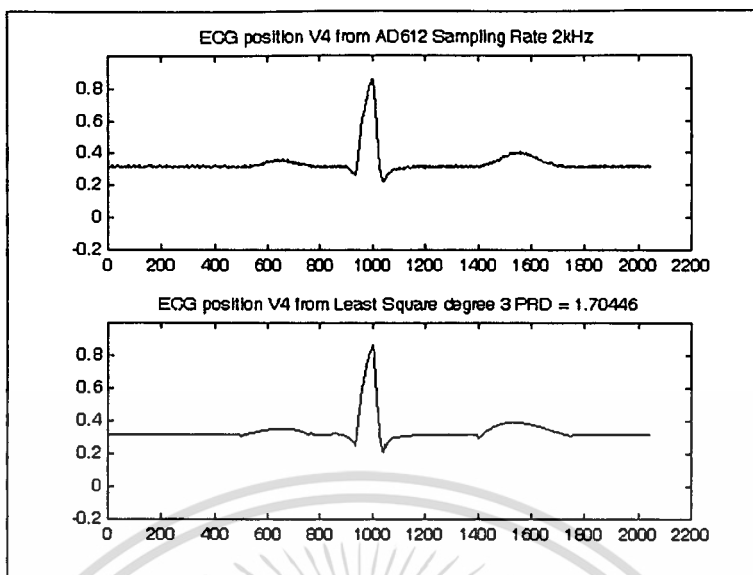
รูปที่ 4.87 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



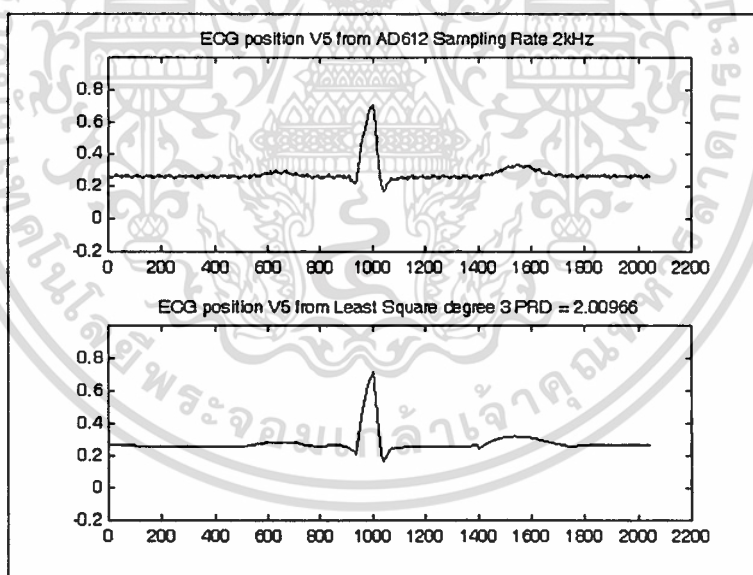
รูปที่ 4.88 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



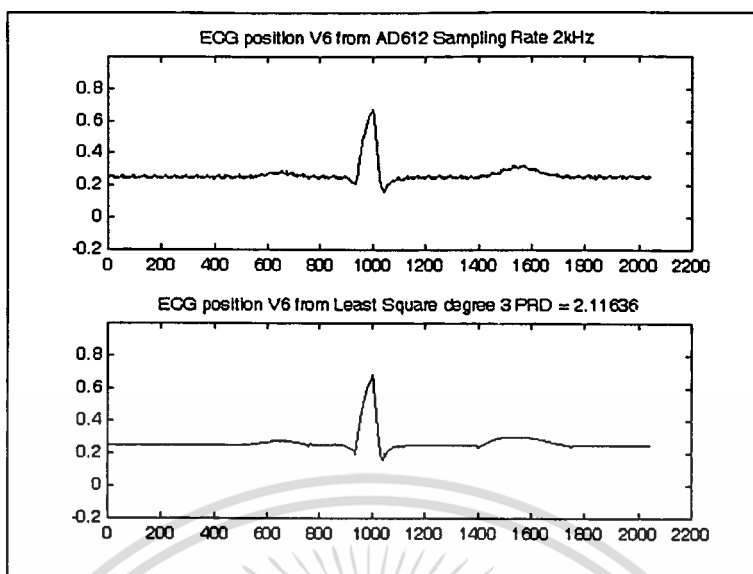
รูปที่ 4.89 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



รูปที่ 4.90 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

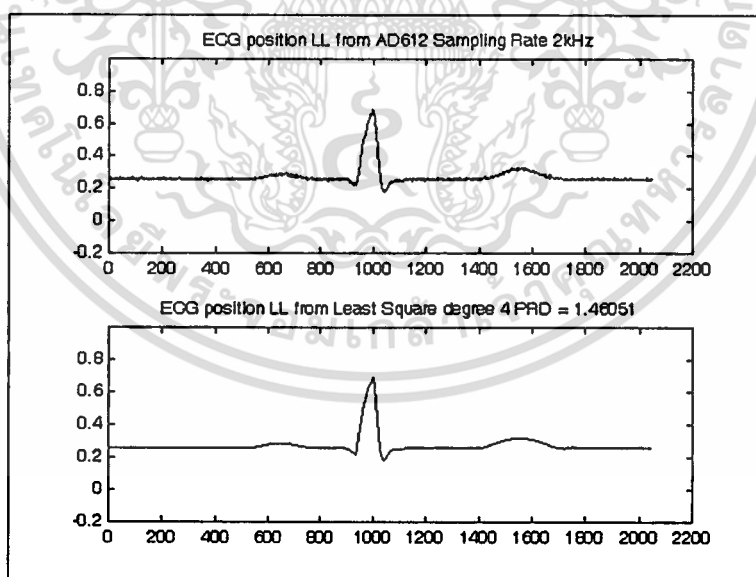


รูปที่ 4.91 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

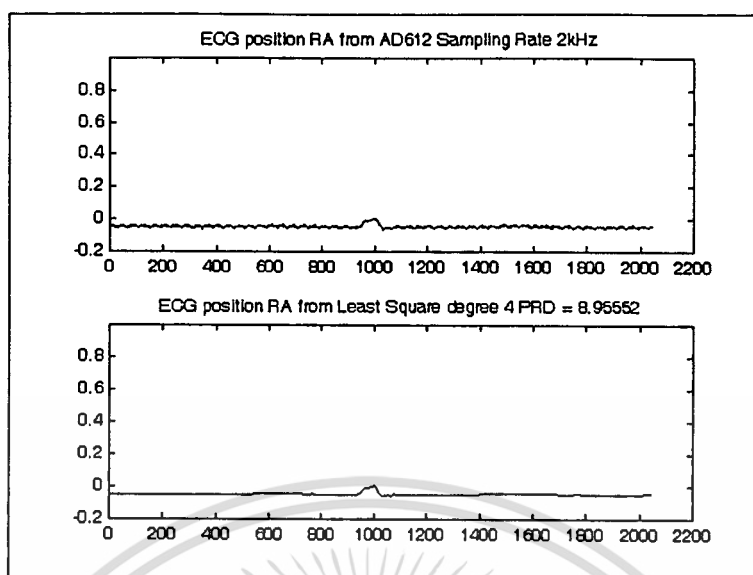


รูปที่ 4.92 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

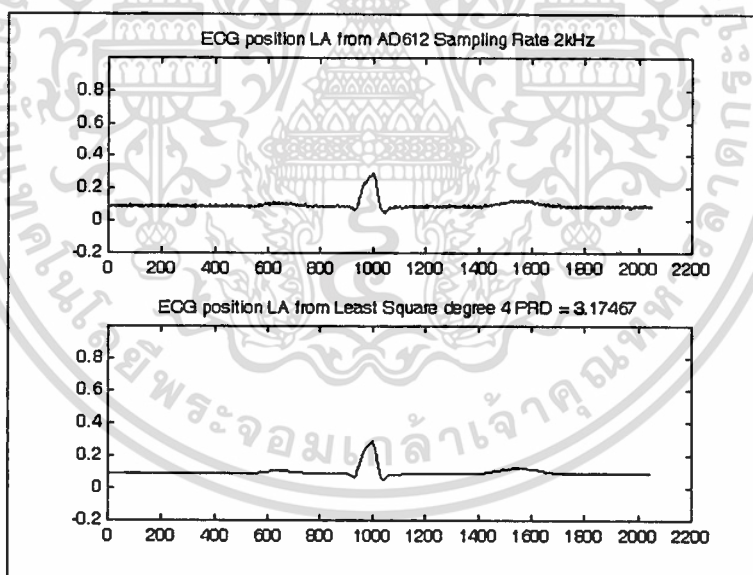
3. สมการดีกรี 4



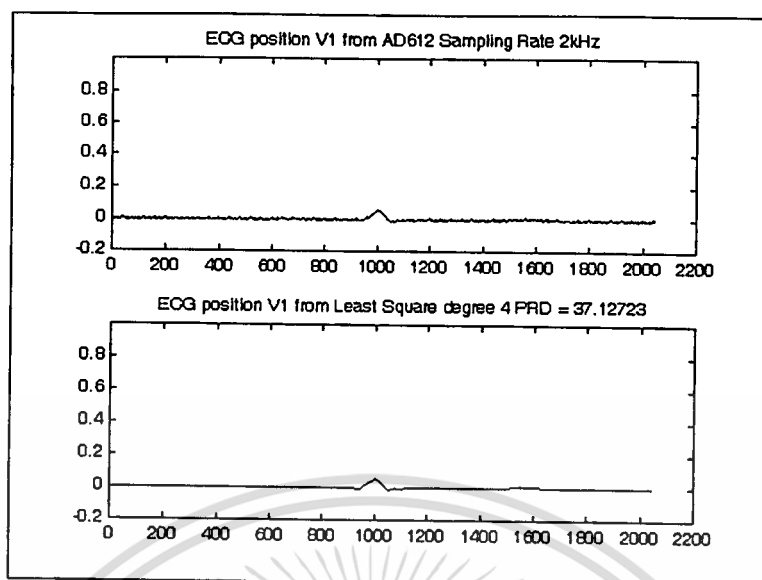
รูปที่ 4.93 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



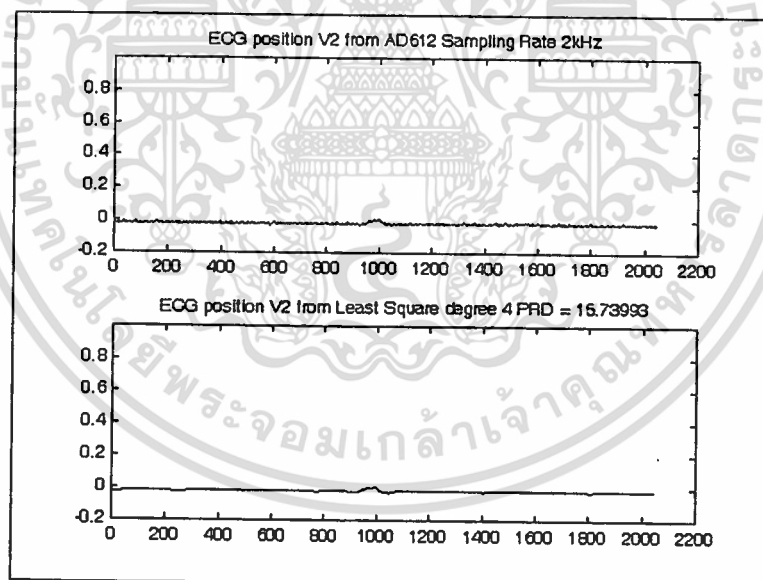
รูปที่ 4.94 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



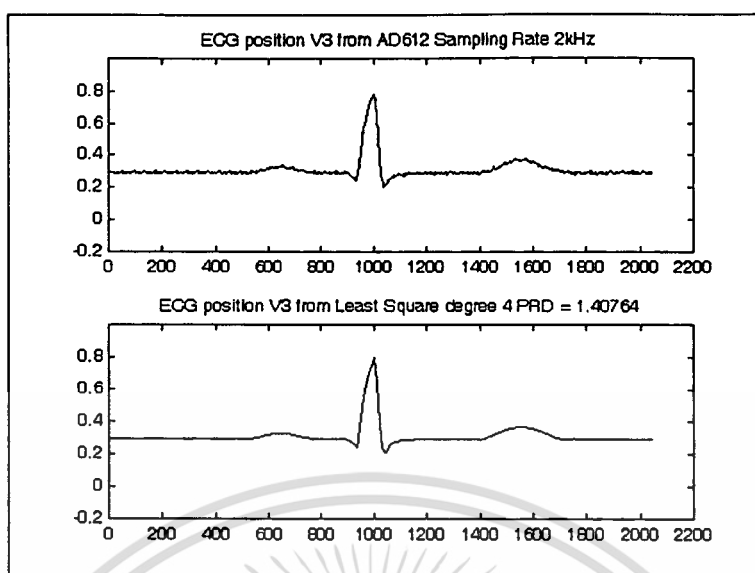
รูปที่ 4.95 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



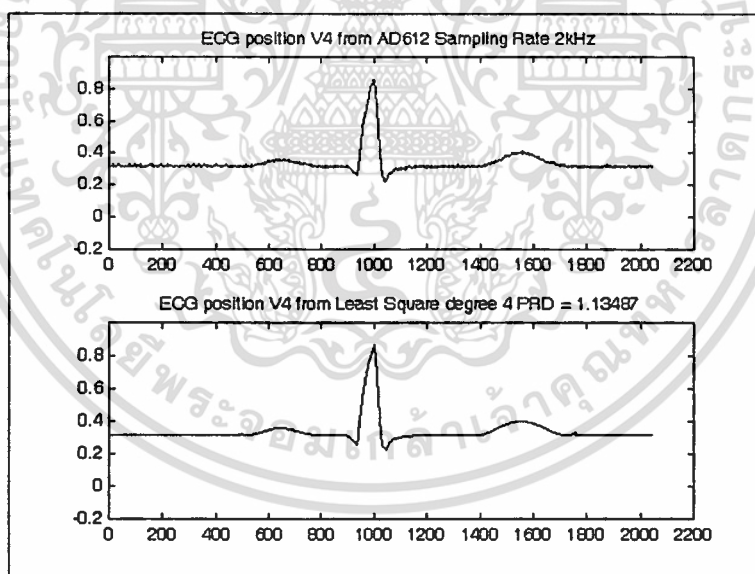
รูปที่ 4.96 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



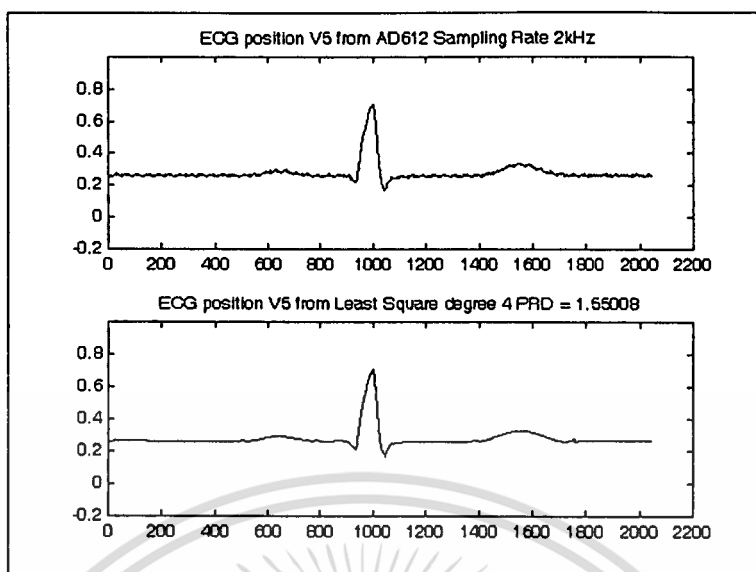
รูปที่ 4.97 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



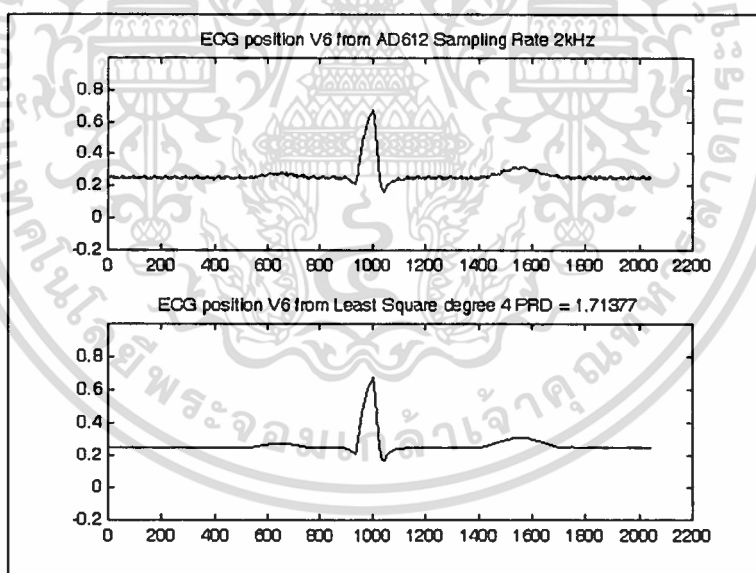
รูปที่ 4.98 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



รูปที่ 4.99 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

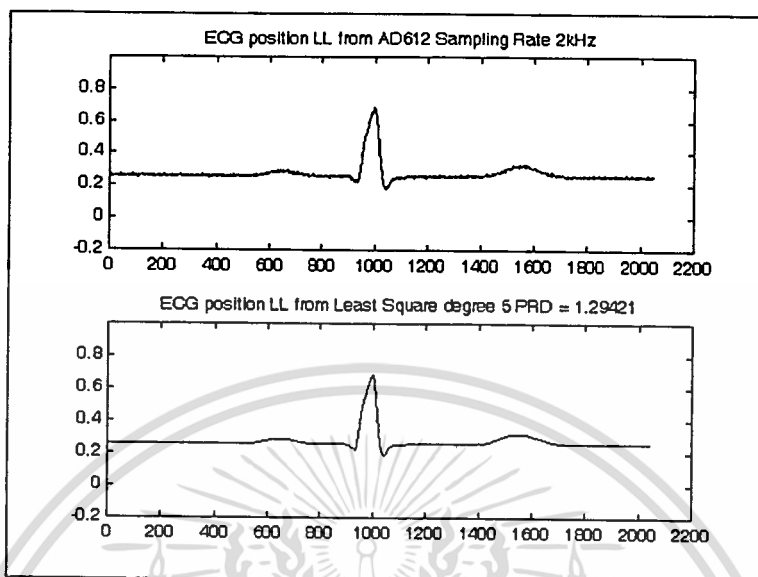


รูปที่ 4.100 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

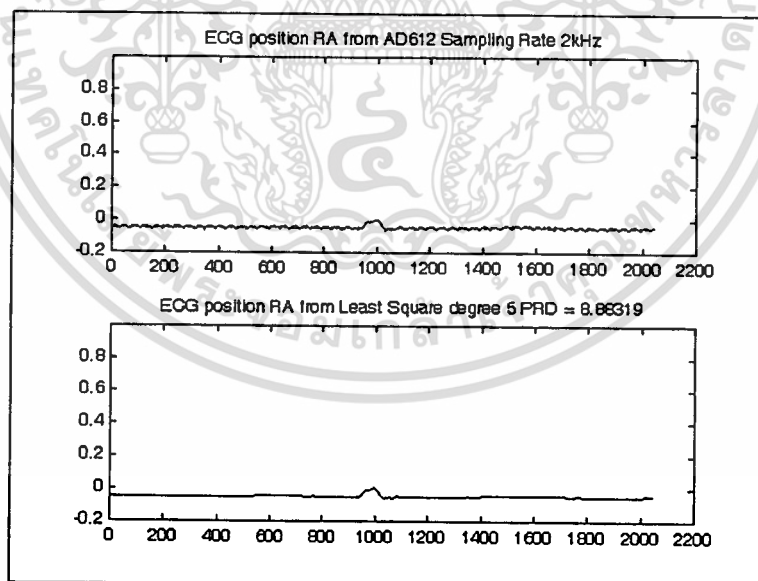


รูปที่ 4.101 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

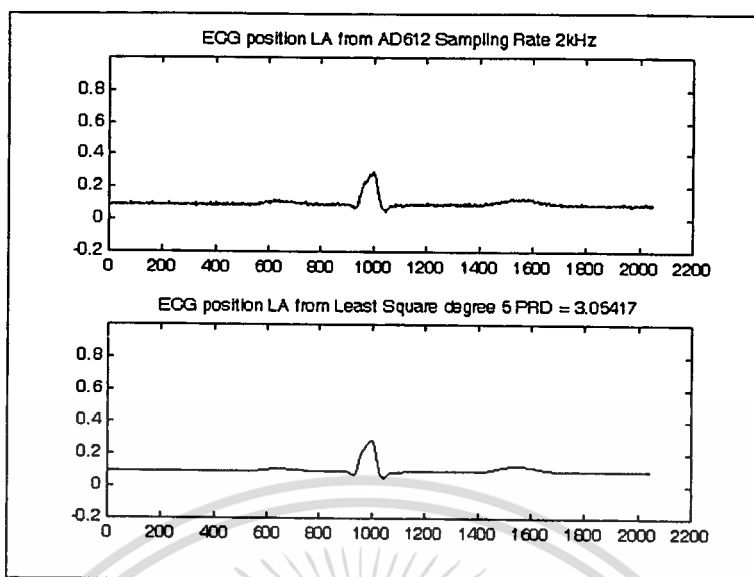
4. สมการดีกรี 5



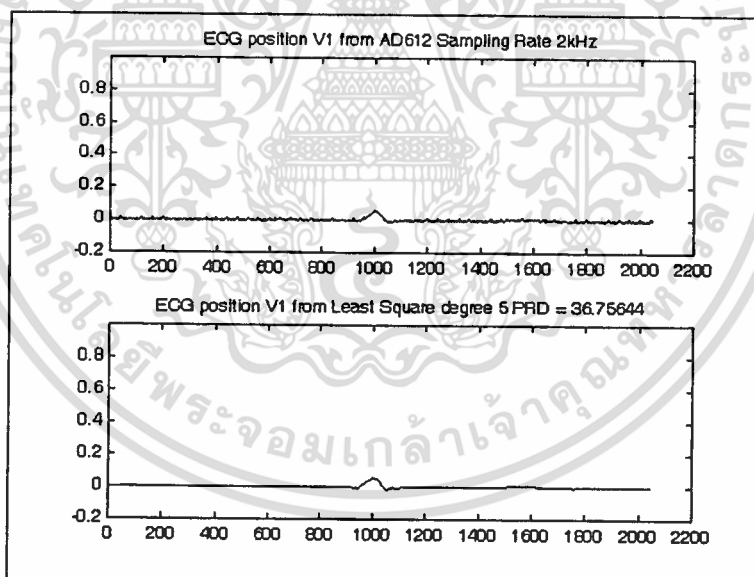
รูปที่ 4.102 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



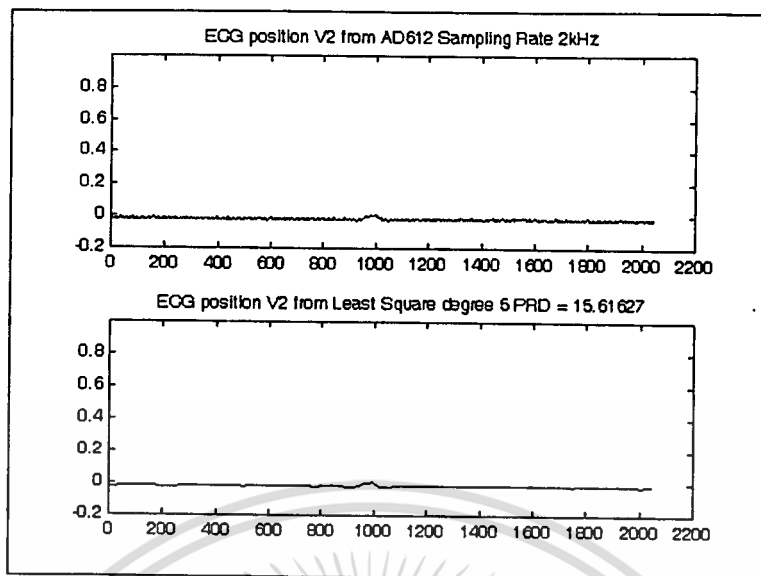
รูปที่ 4.103 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



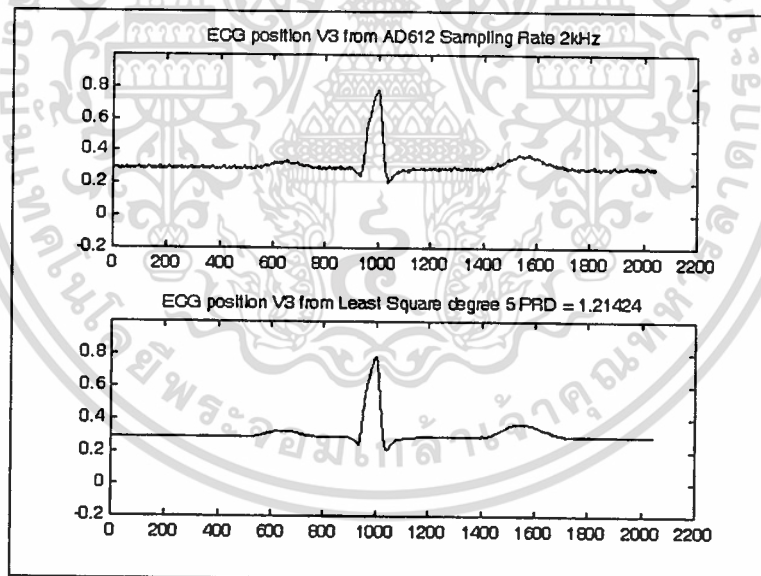
รูปที่ 4.104 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



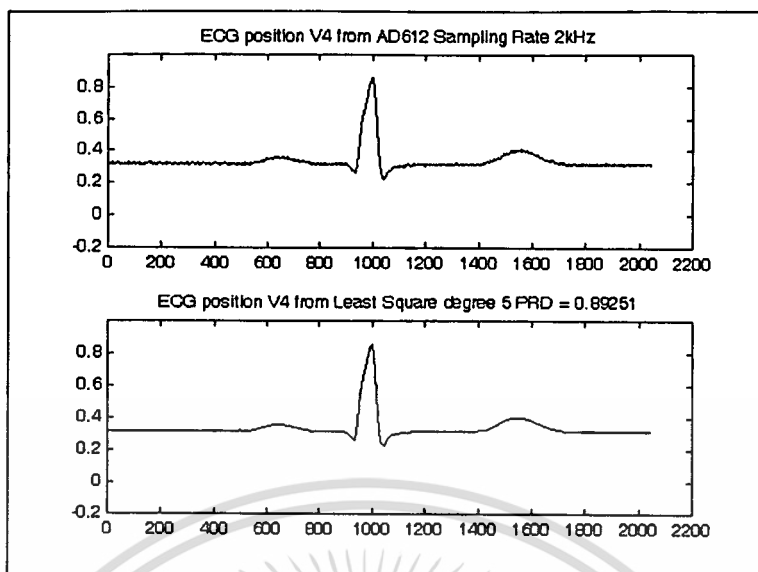
รูปที่ 4.105 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



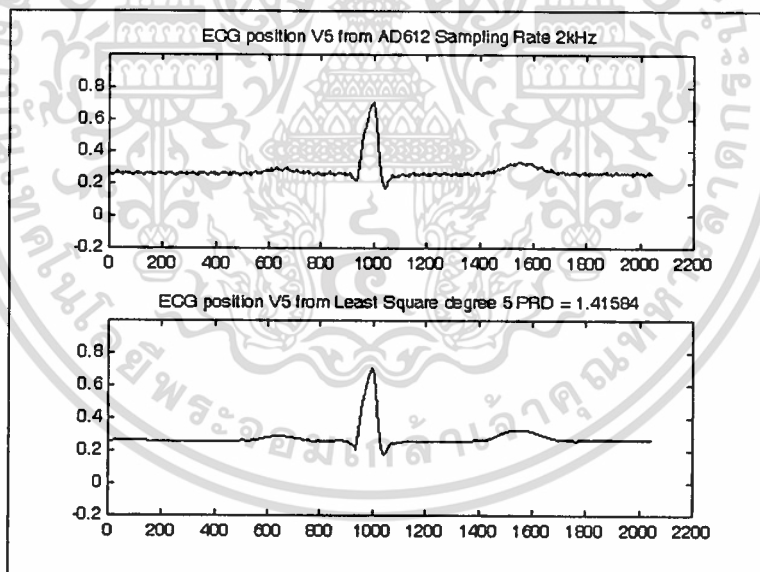
รูปที่ 4.106 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



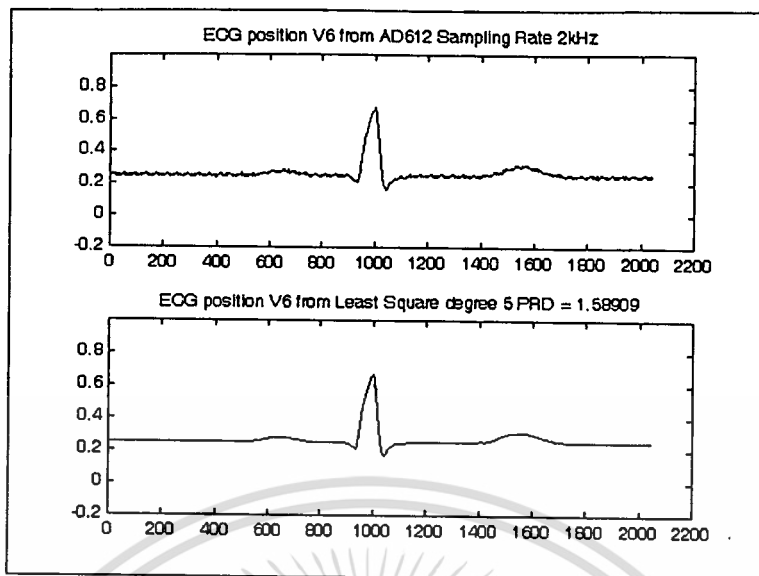
รูปที่ 4.107 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



รูปที่ 4.108 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



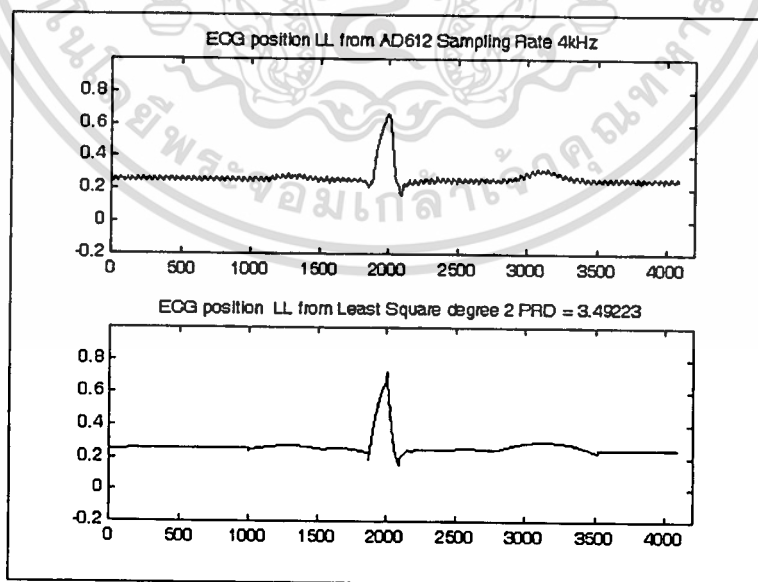
รูปที่ 4.109 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



รูปที่ 4.110 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5

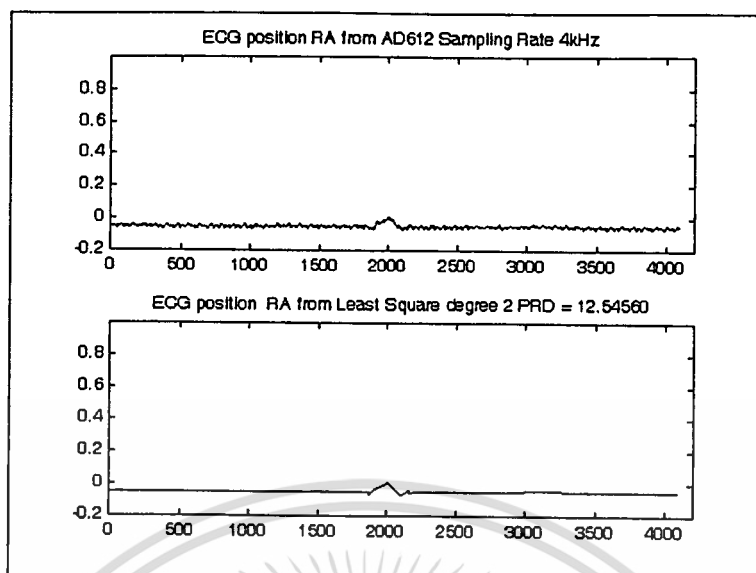
4.6 การจำลองการสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ความถี่สุ่ม 4 kHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB

1. สมการดีกรี 2

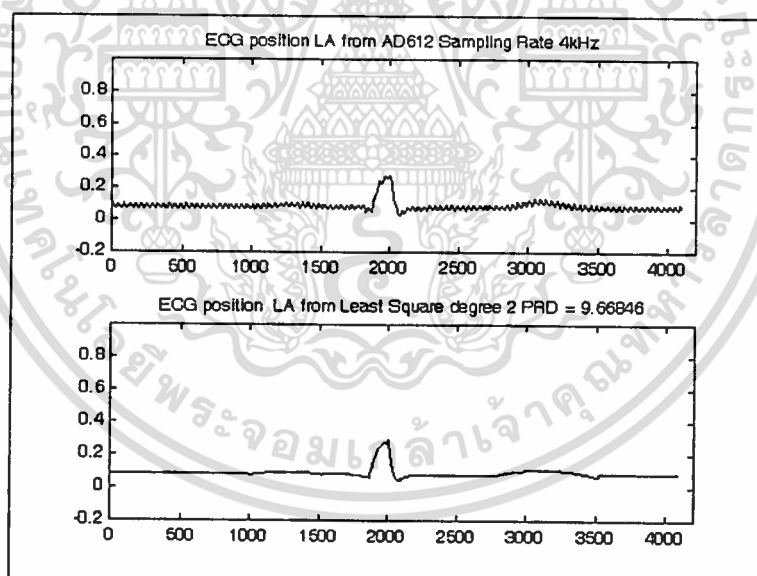


รูปที่ 4.111 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612

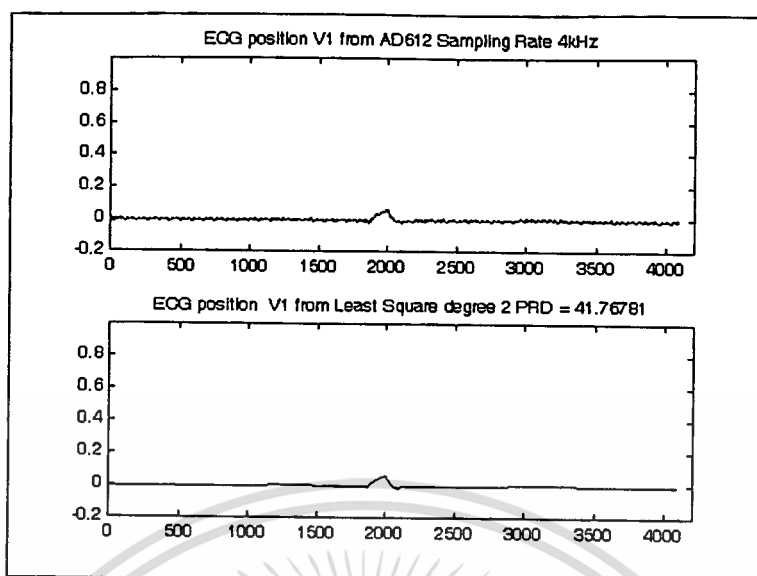
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



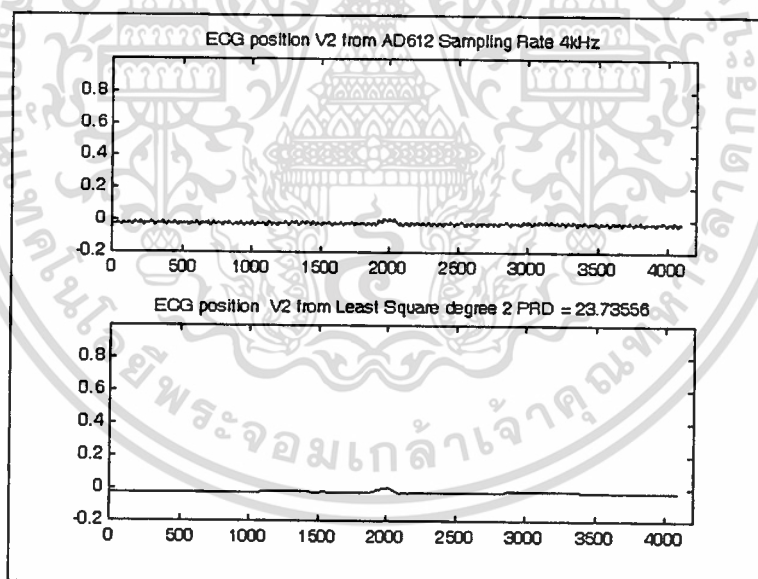
รูปที่ 4.112 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2



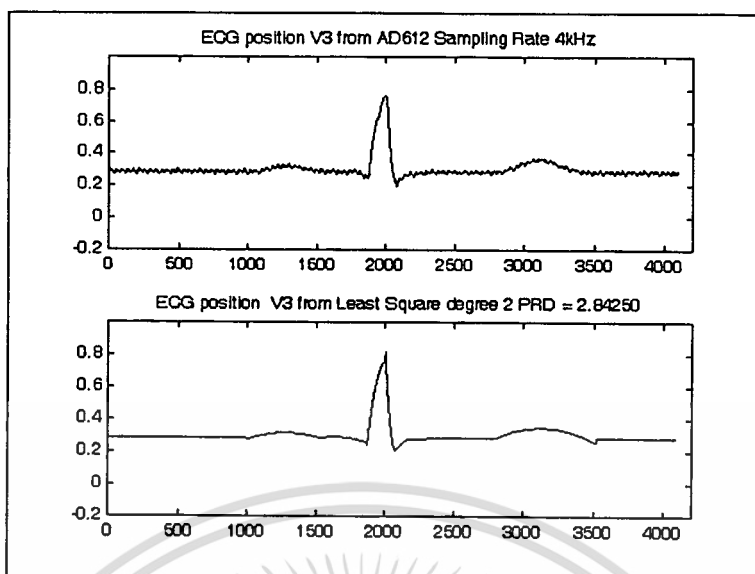
รูปที่ 4.113 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2



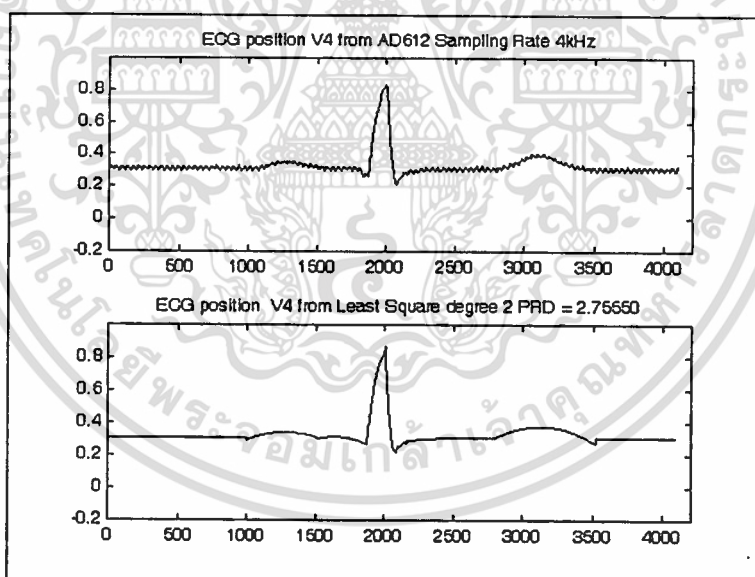
รูปที่ 4.114 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2



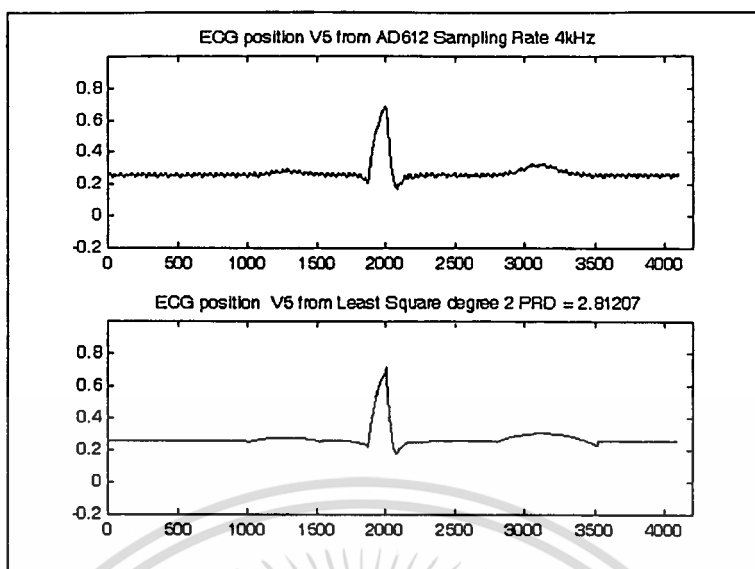
รูปที่ 4.115 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2



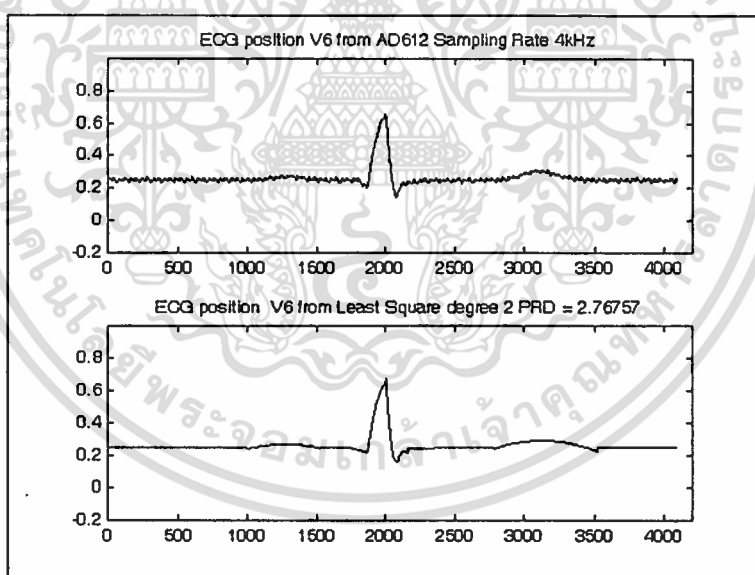
รูปที่ 4.116 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2



รูปที่ 4.117 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

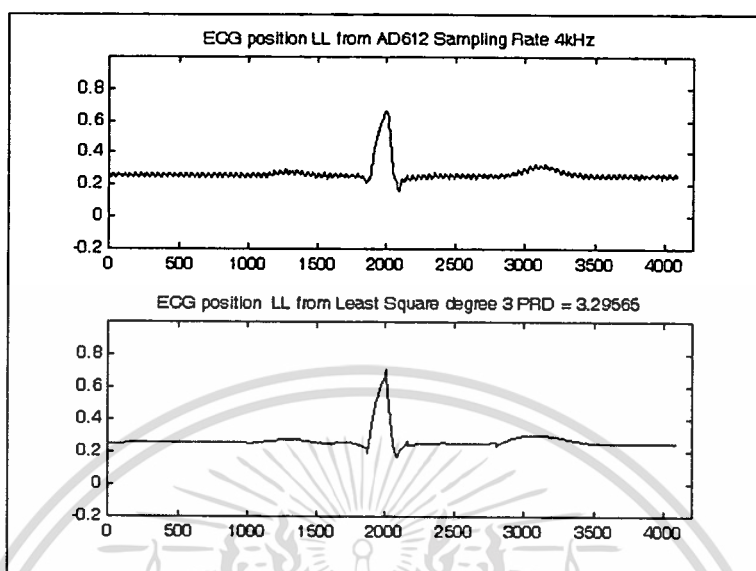


รูปที่ 4.118 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

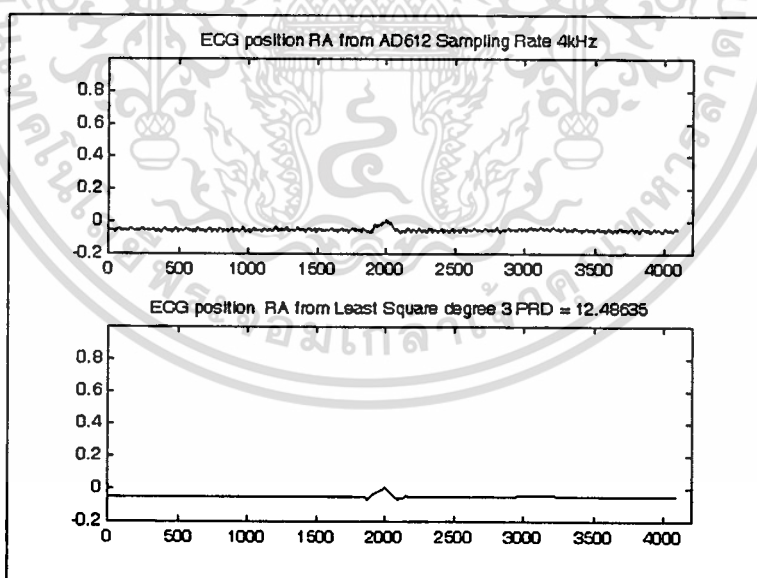


รูปที่ 4.119 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2

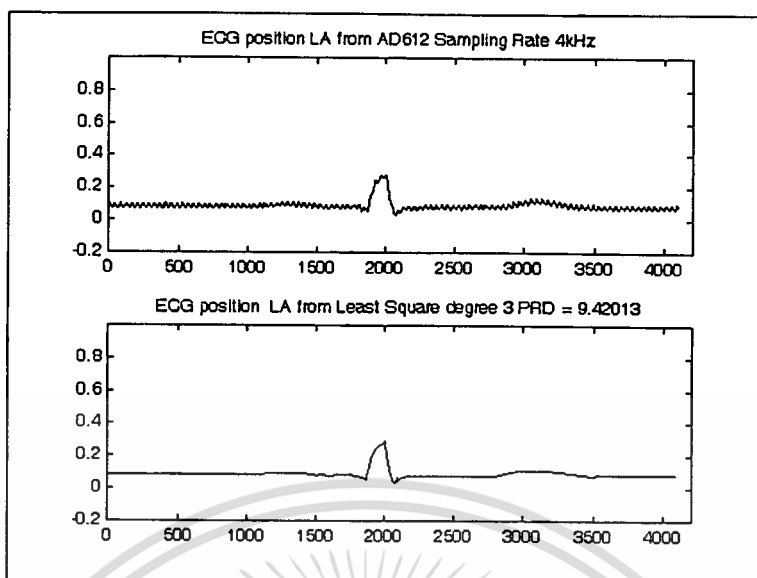
2. สมการดิกรี 3



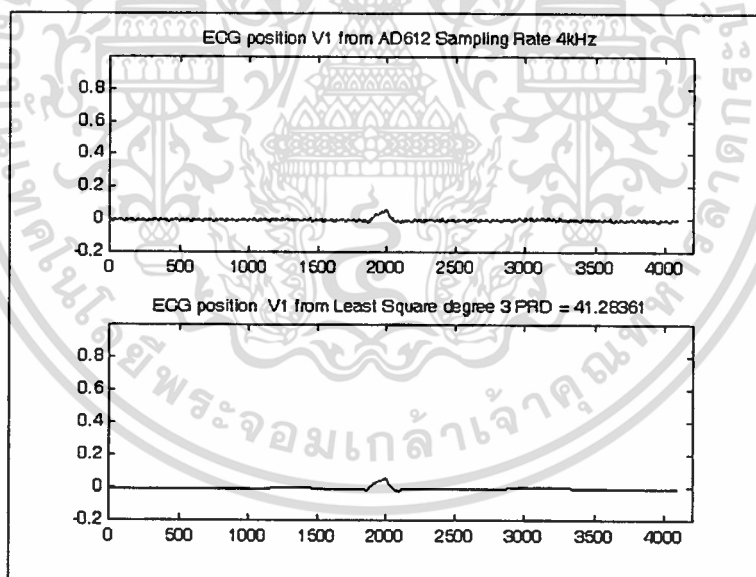
รูปที่ 4.120 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3



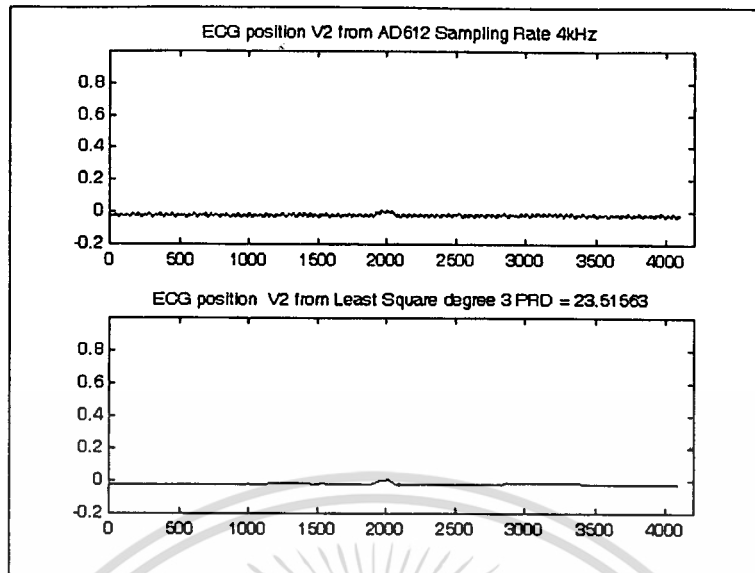
รูปที่ 4.121 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3



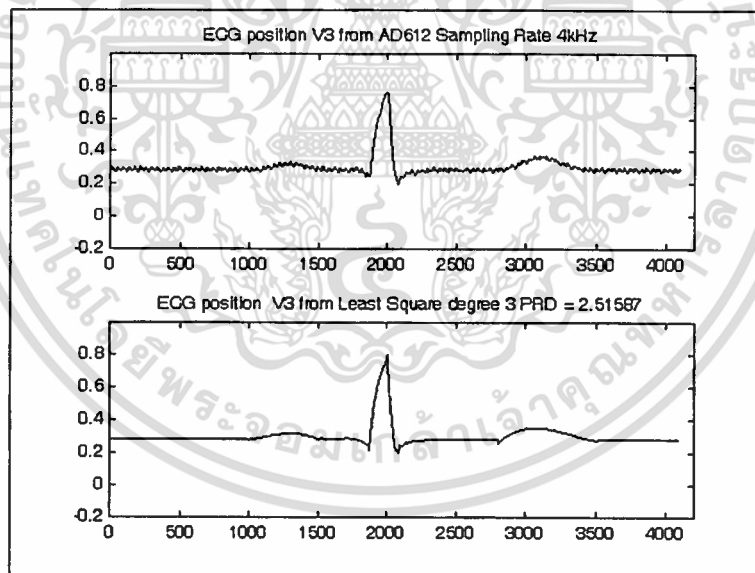
รูปที่ 4.122 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



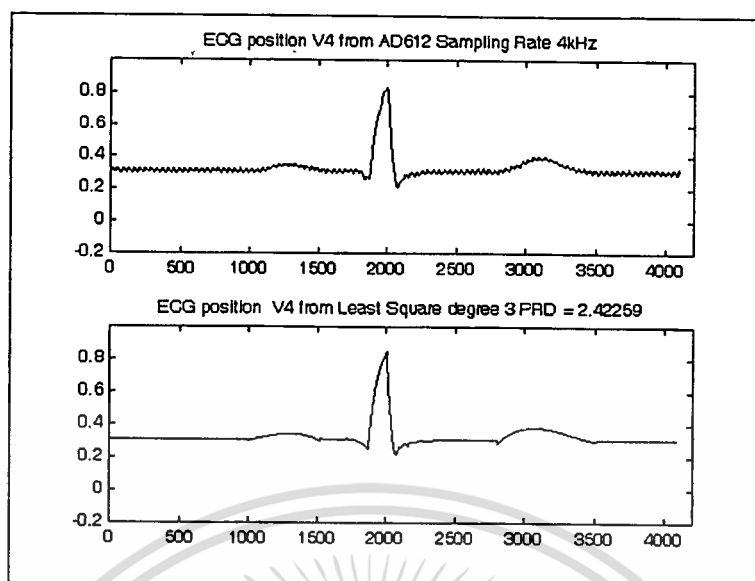
รูปที่ 4.123 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



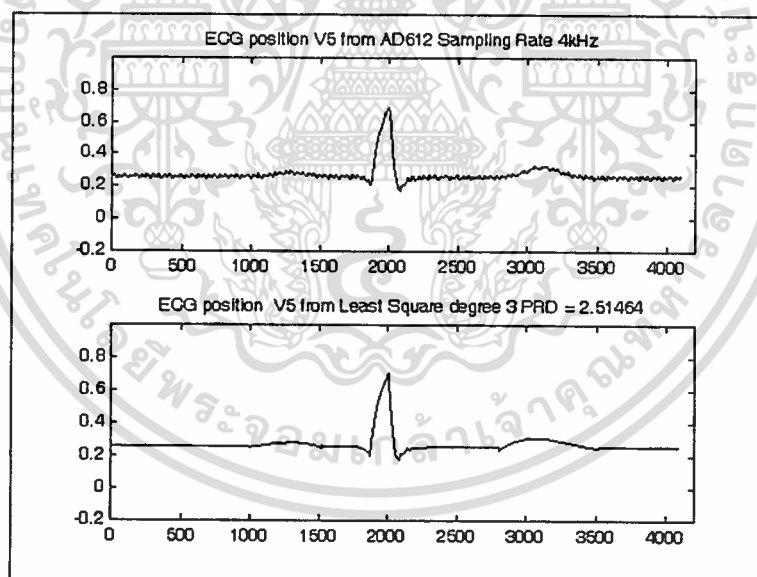
รูปที่ 4.124 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



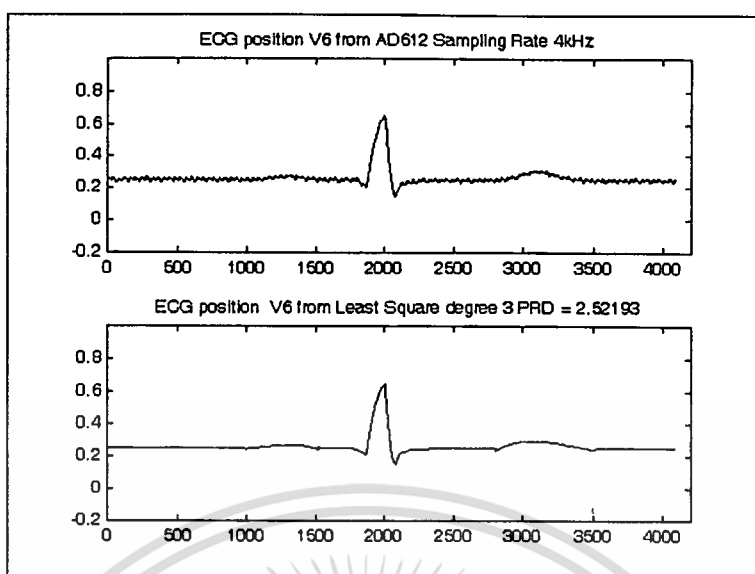
รูปที่ 4.125 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3



รูปที่ 4.126 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

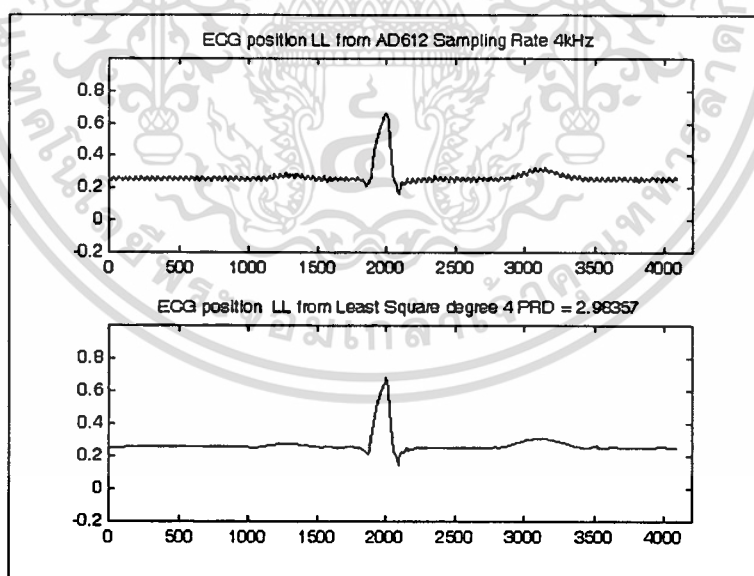


รูปที่ 4.127 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

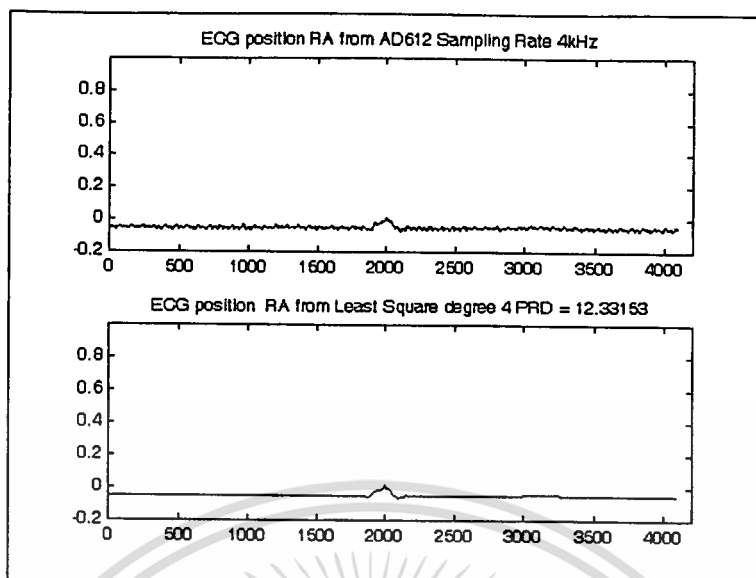


รูปที่ 4.128 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3

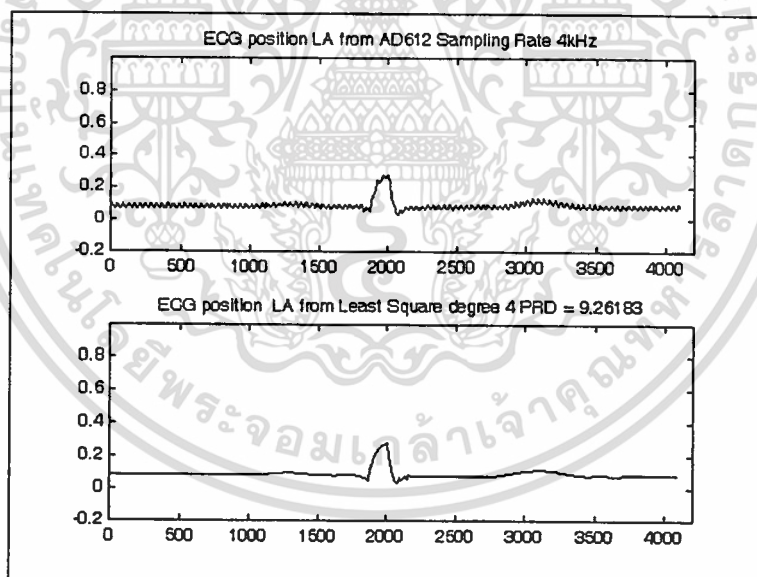
3. สมการดีกรี 4



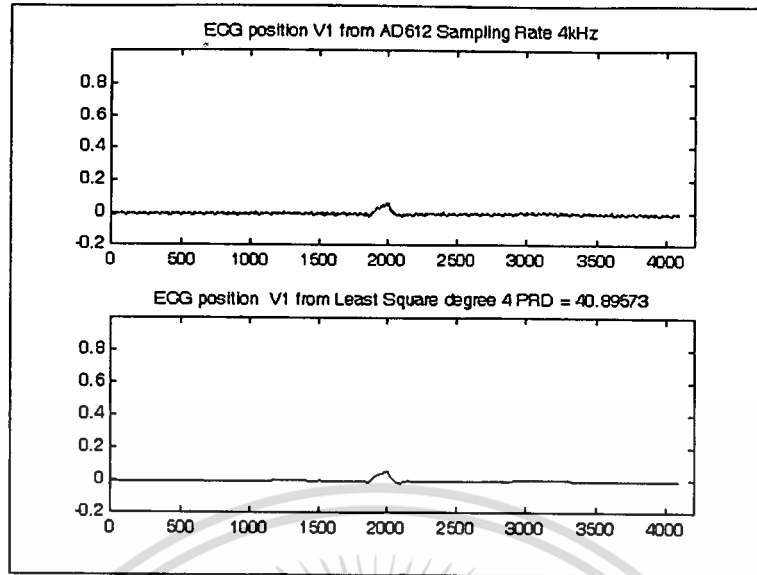
รูปที่ 4.129 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



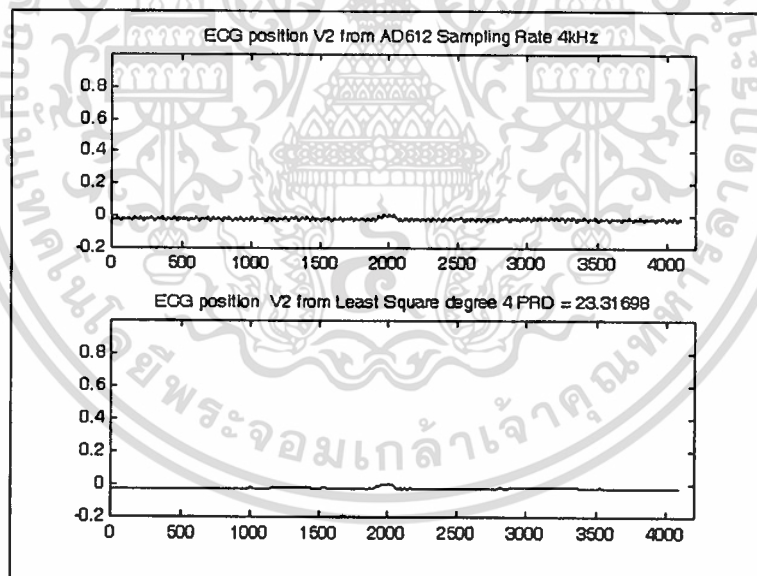
รูปที่ 4.130 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



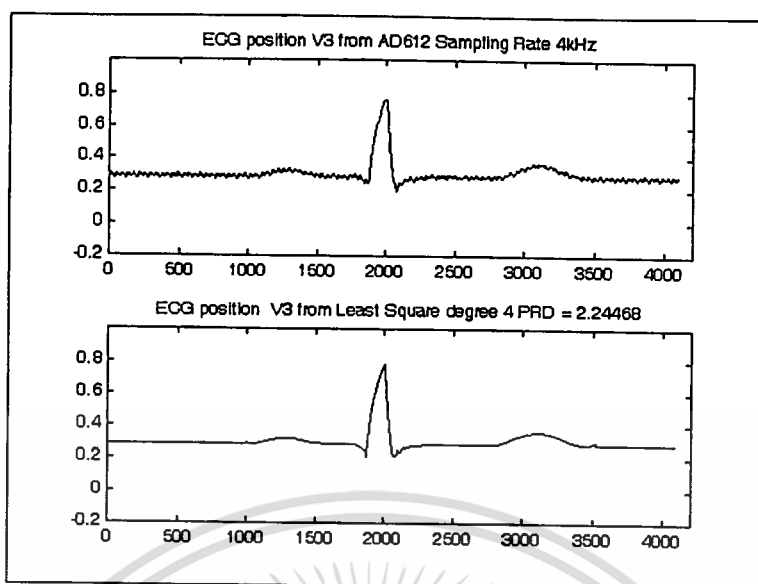
รูปที่ 4.131 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



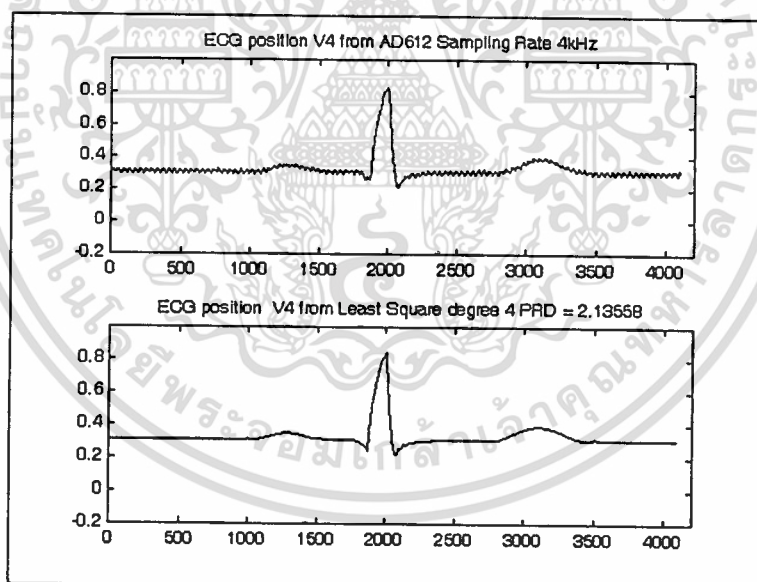
รูปที่ 4.132 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



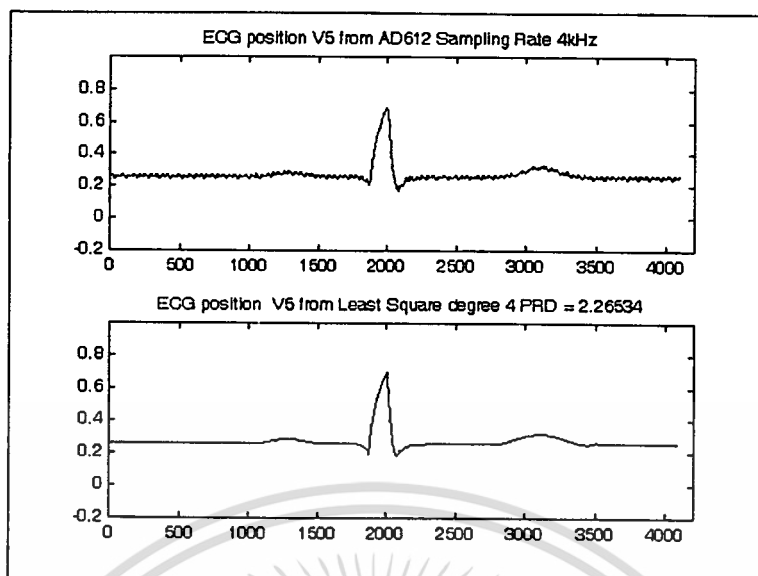
รูปที่ 4.133 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



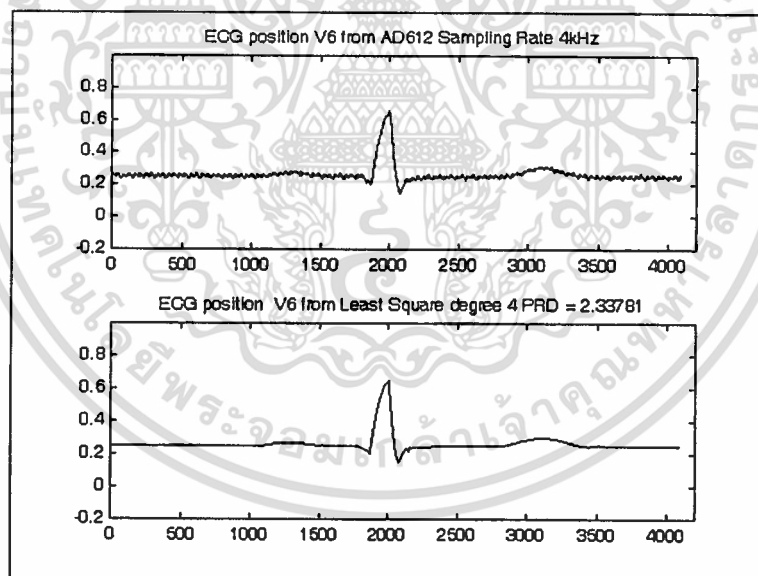
รูปที่ 4.134 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4



รูปที่ 4.135 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

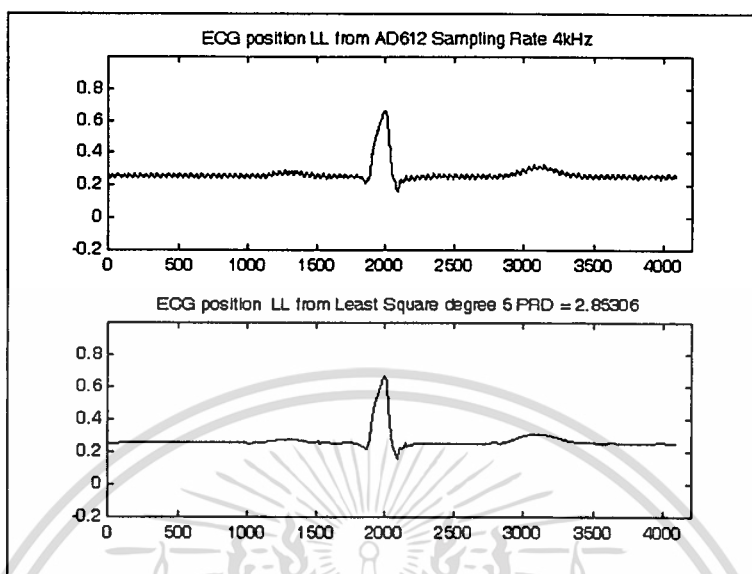


รูปที่ 4.136 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ต่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

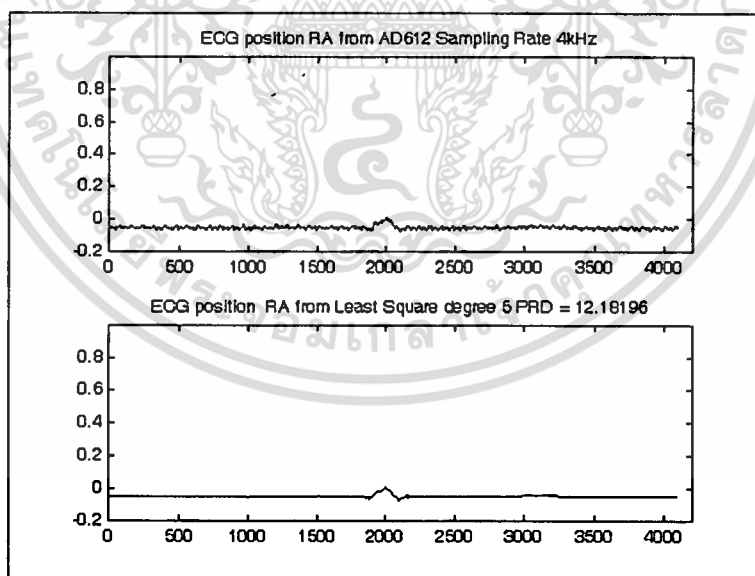


รูปที่ 4.137 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการ์ด AD612
ต่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4

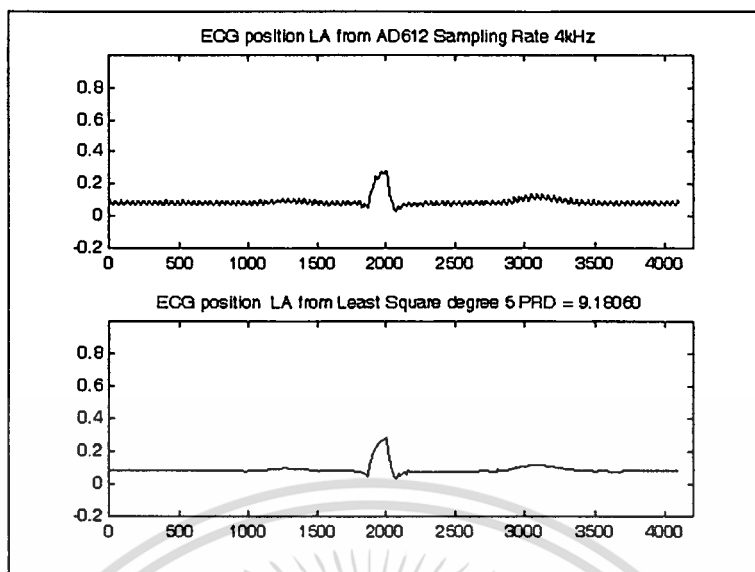
4. สมการดีกรี 5



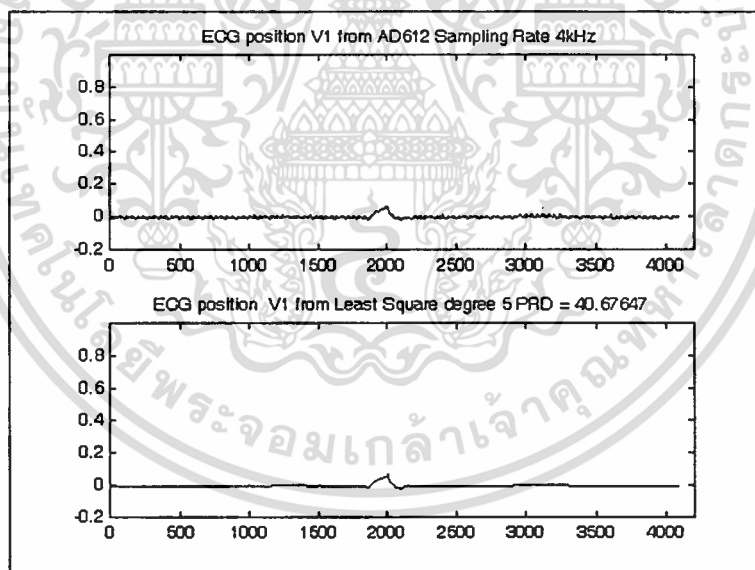
รูปที่ 4.138 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



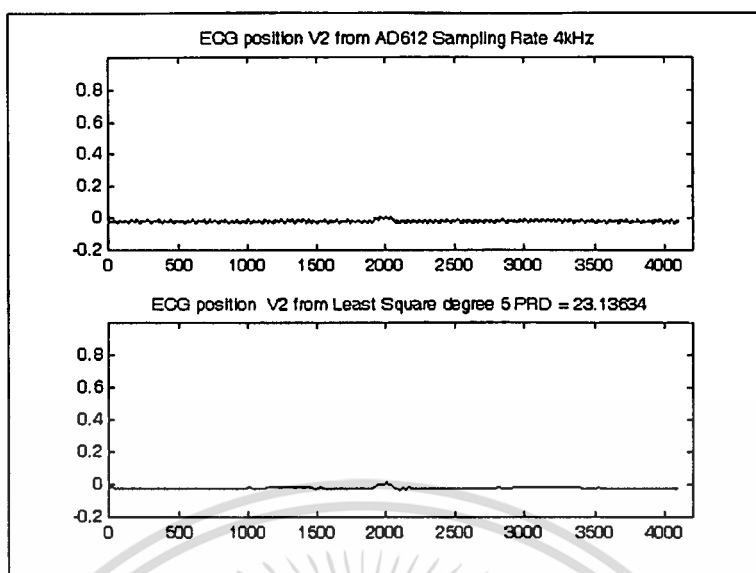
รูปที่ 4.139 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



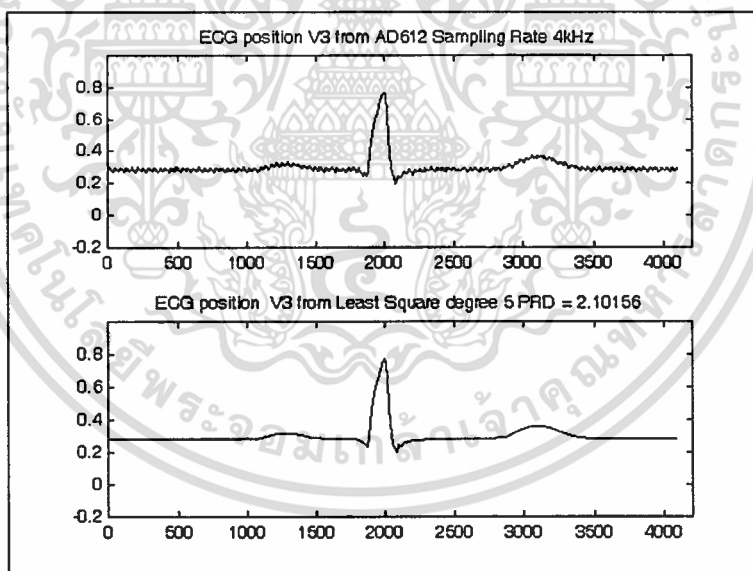
รูปที่ 4.140 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



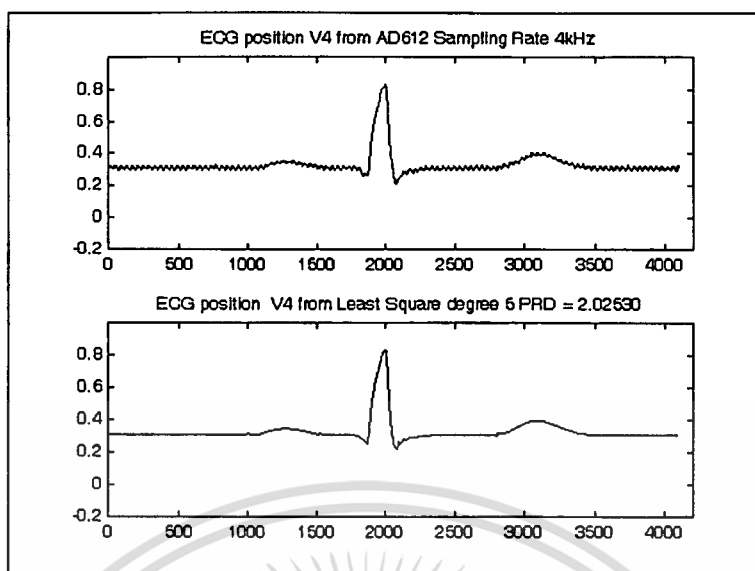
รูปที่ 4.141 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



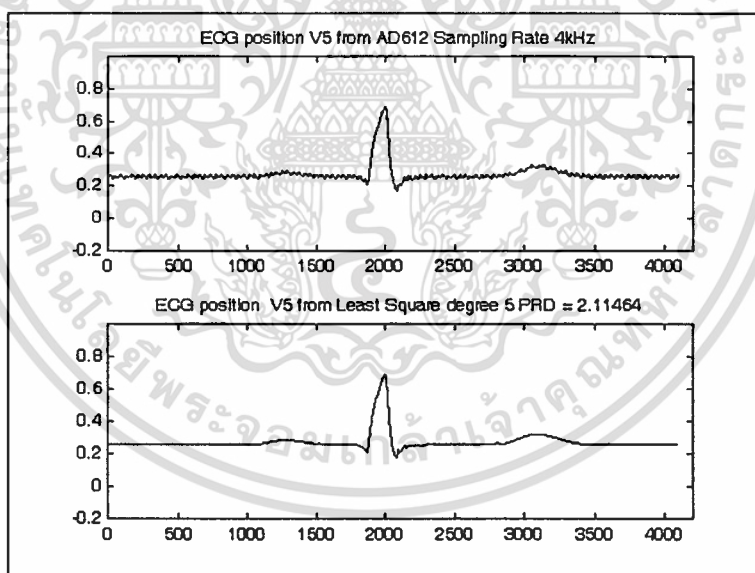
รูปที่ 4.142 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



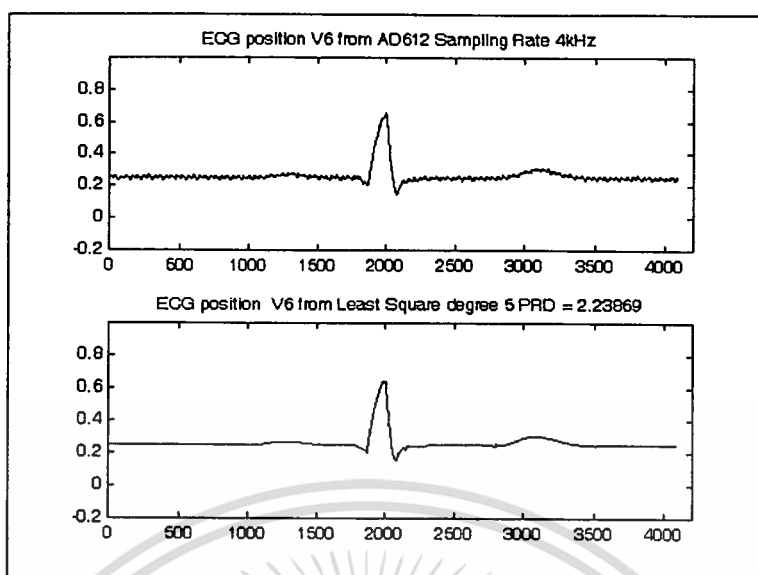
รูปที่ 4.143 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



รูปที่ 4.144 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



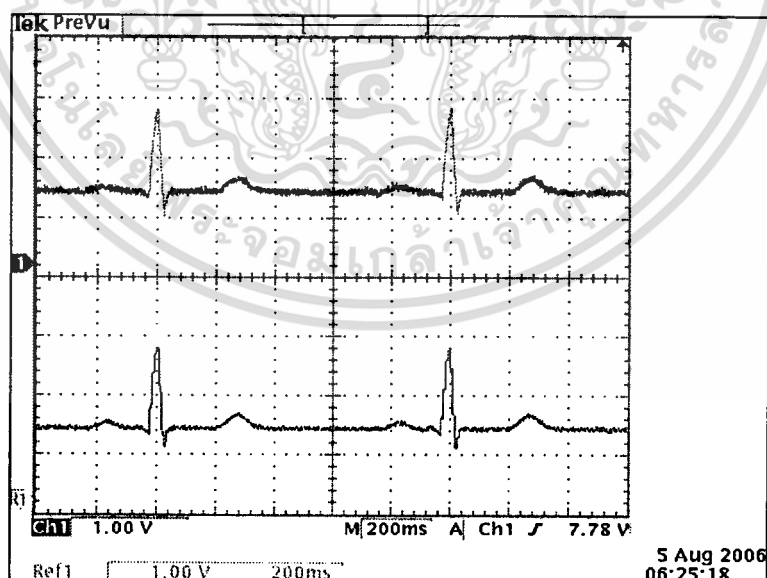
รูปที่ 4.145 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5



รูปที่ 4.146 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากการวัด AD612
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5

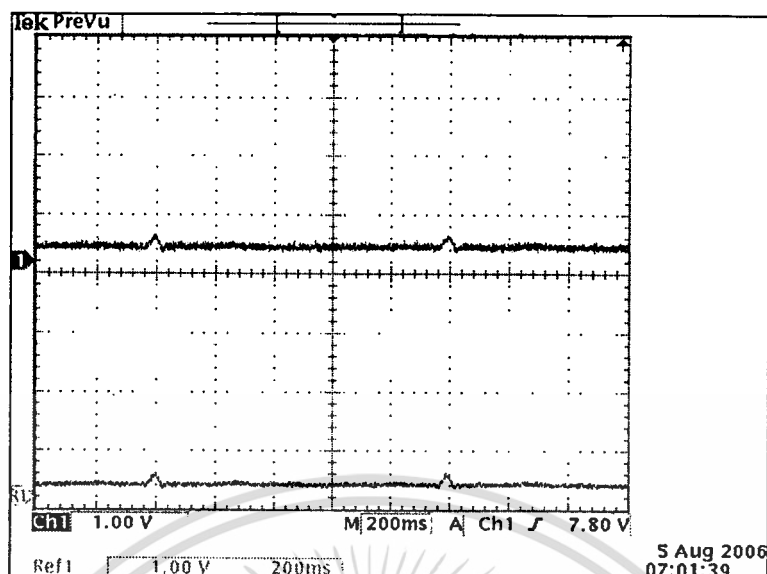
4.7 การสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจเปรียบเทียบกับเครื่อง ECG Simulation ความถี่สุ่ม 1 kHz

1. สมการดีกรี 2

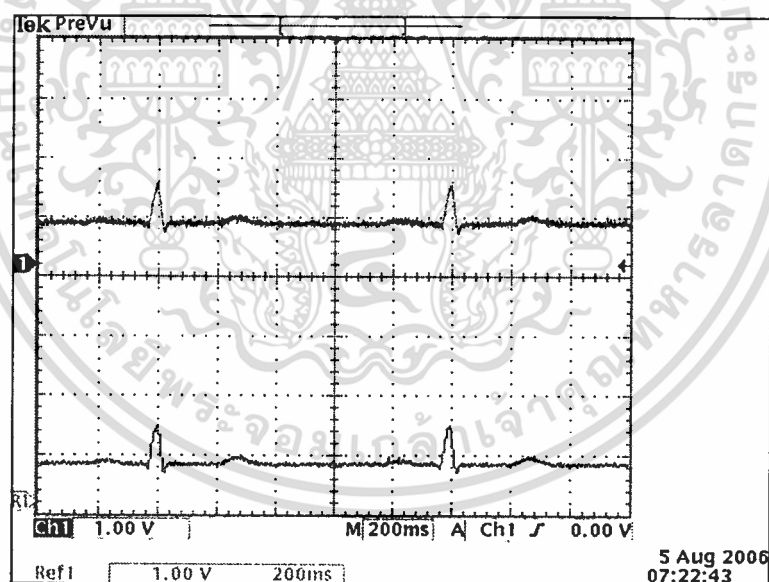


รูปที่ 4.147 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

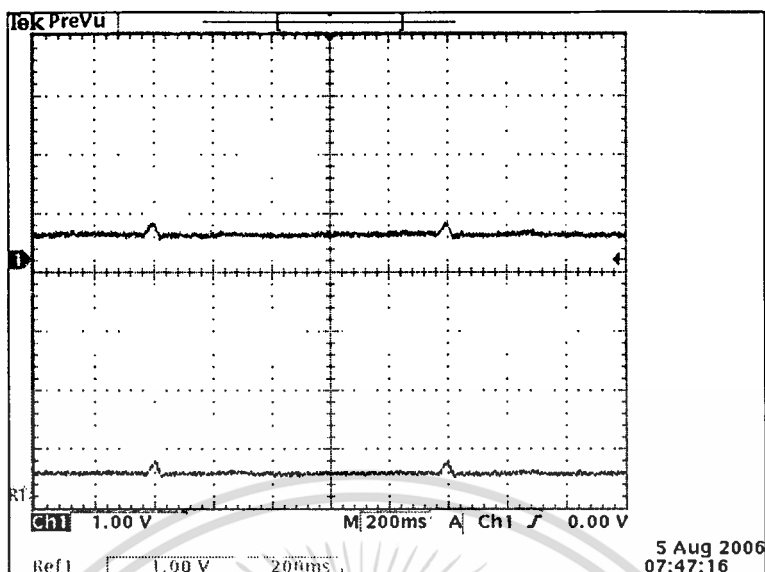
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



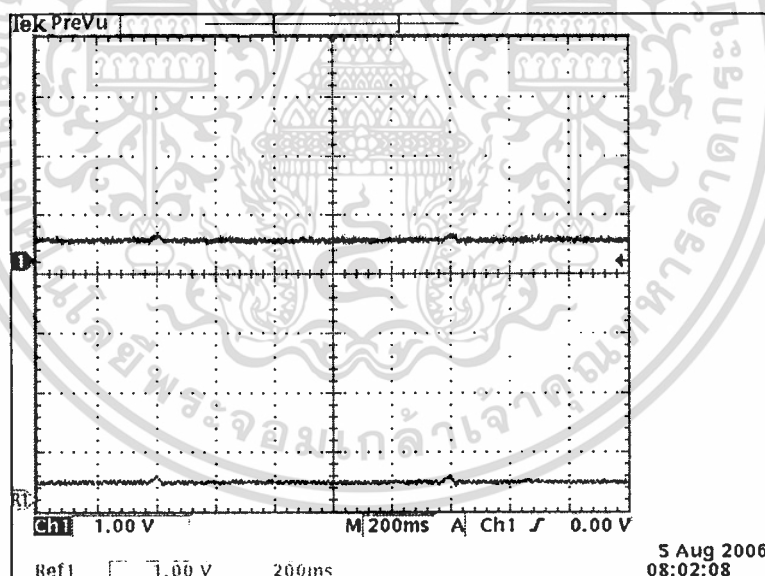
รูปที่ 4.148 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



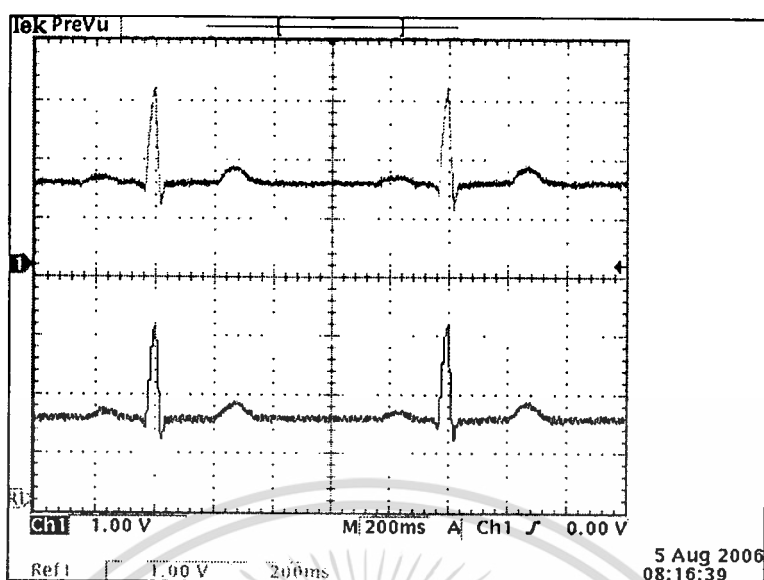
รูปที่ 4.149 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



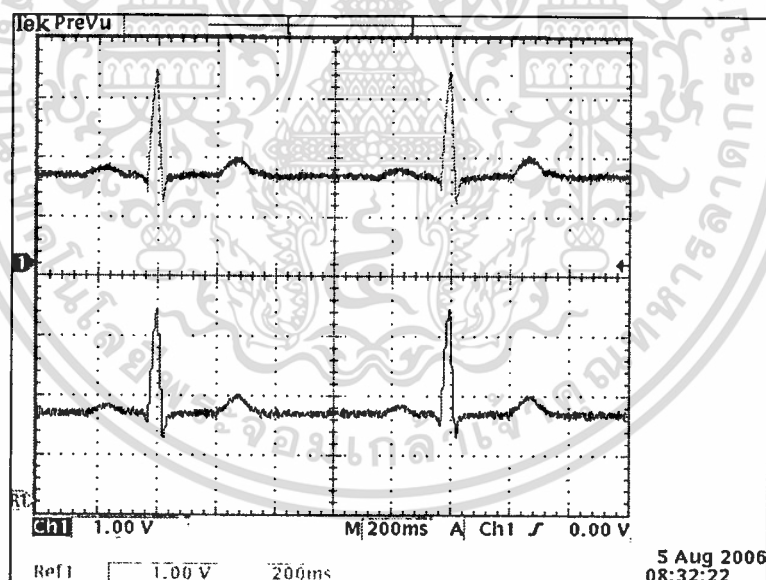
รูปที่ 4.150 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



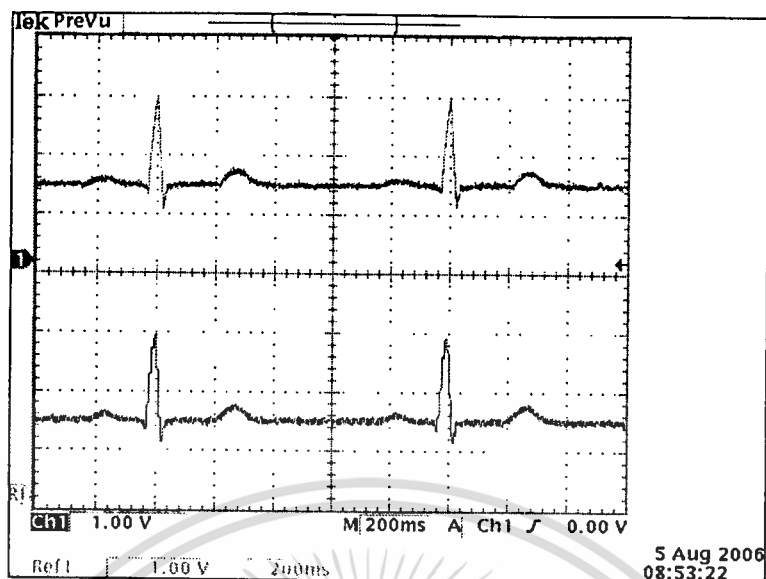
รูปที่ 4.151 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



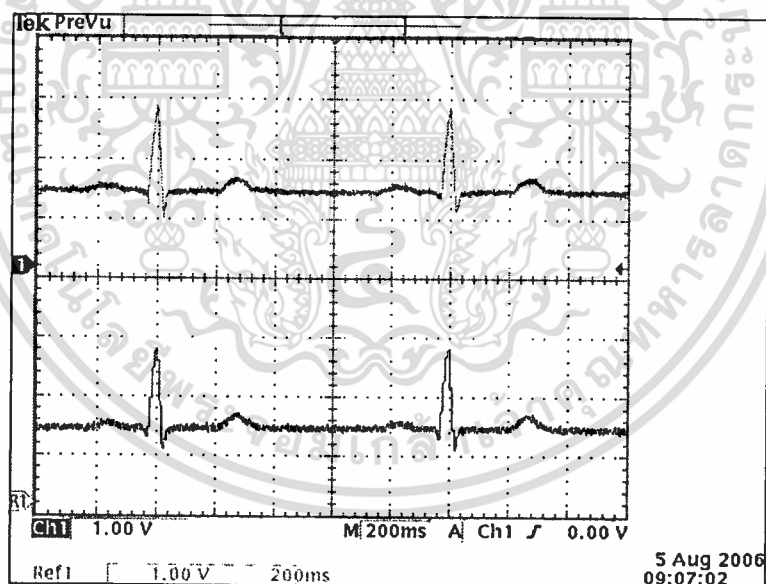
รูปที่ 4.152 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



รูปที่ 4.153 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

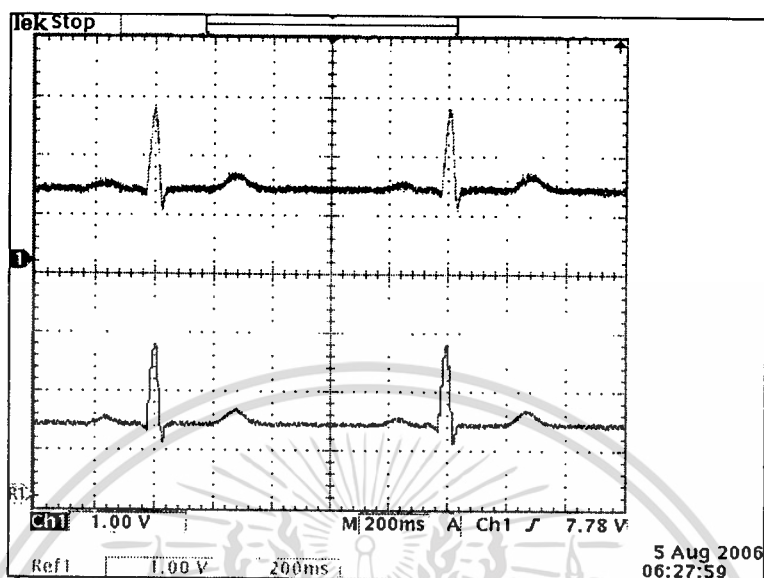


รูปที่ 4.154 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

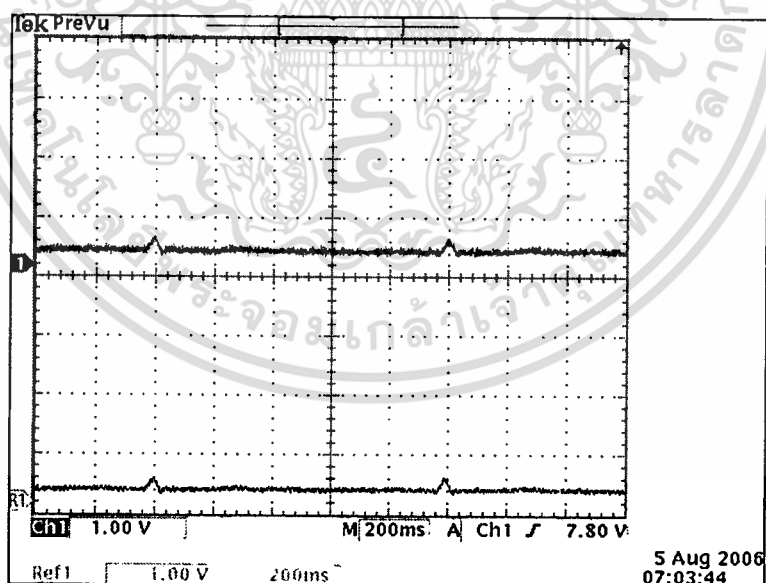


รูปที่ 4.155 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

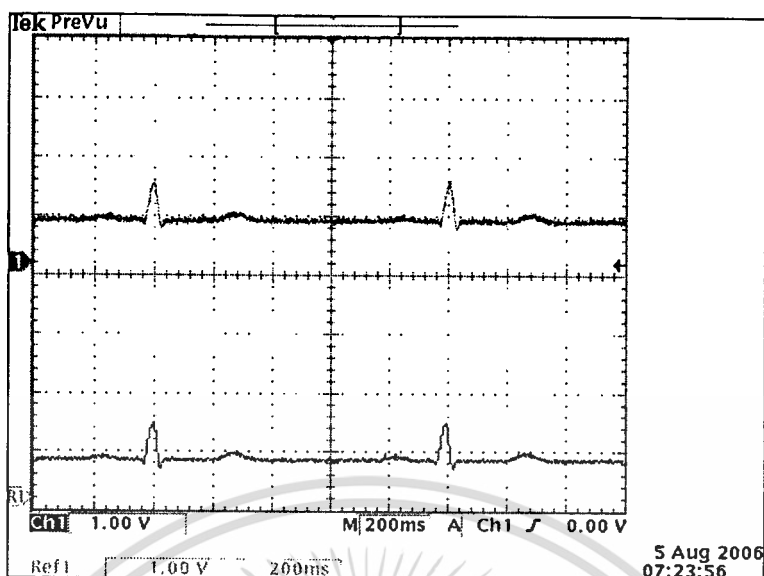
2. สมการดิกรี 3



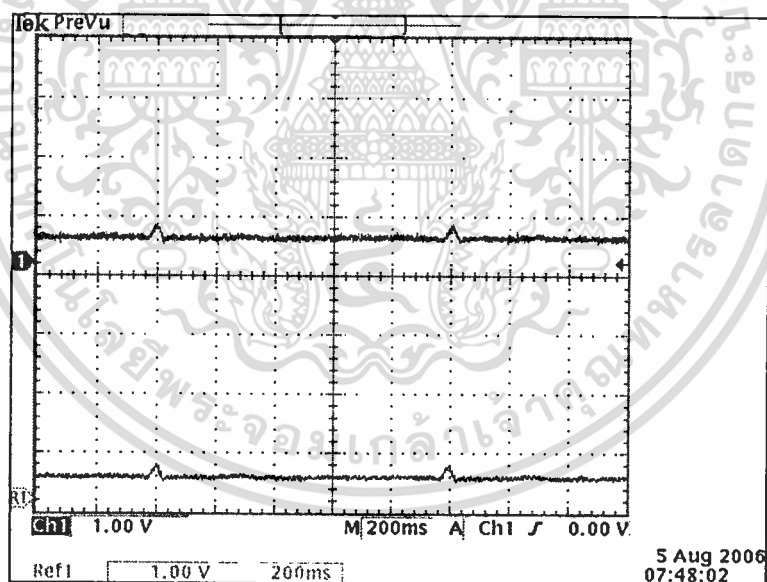
รูปที่ 4.156 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



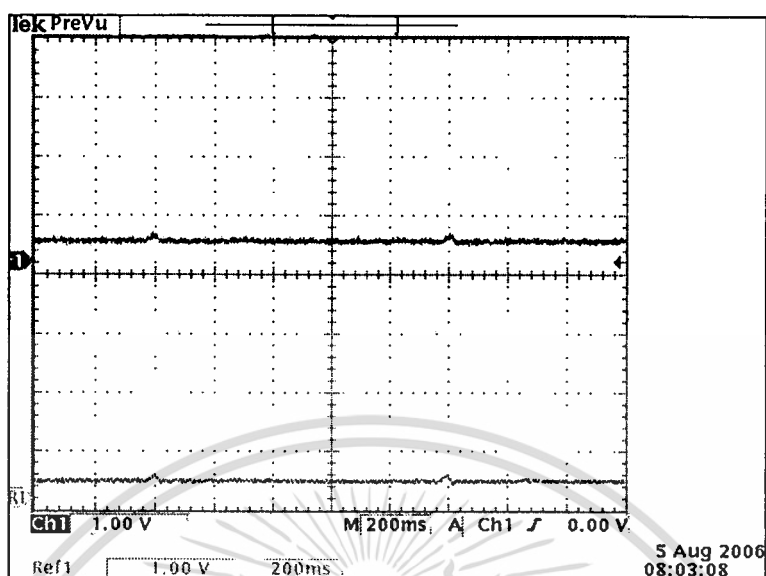
รูปที่ 4.157 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



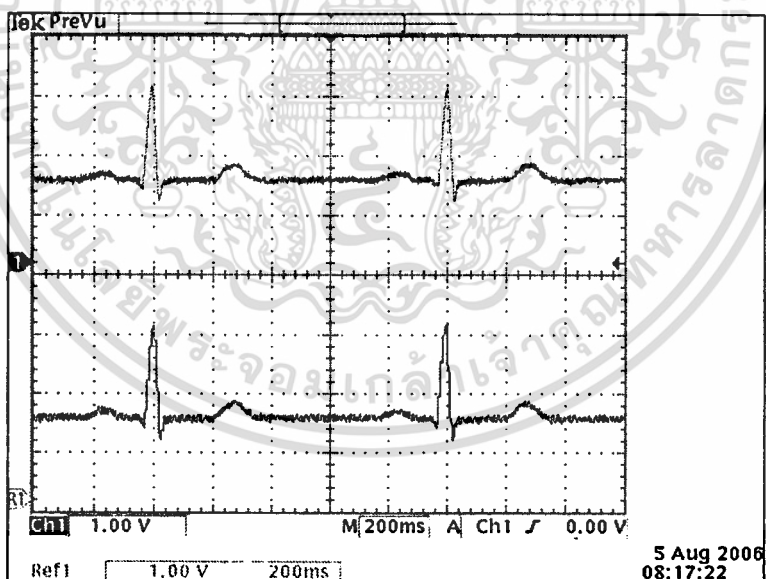
รูปที่ 4.158 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



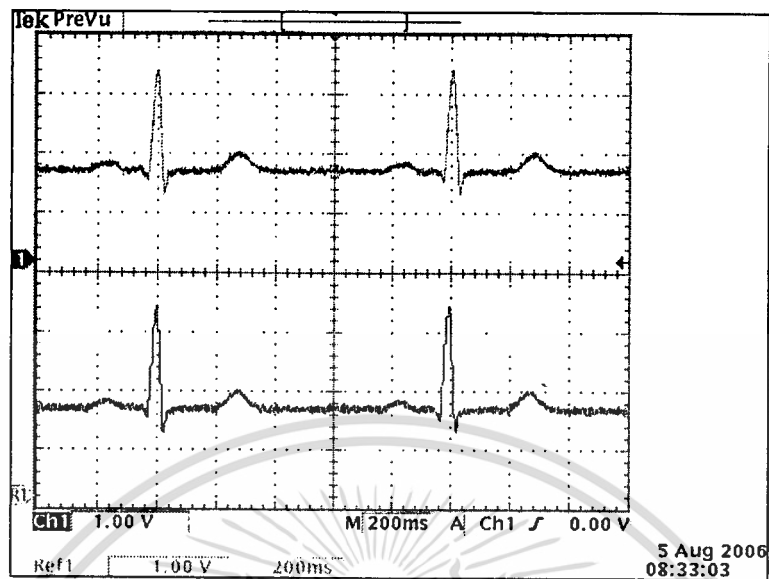
รูปที่ 4.159 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง VI ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



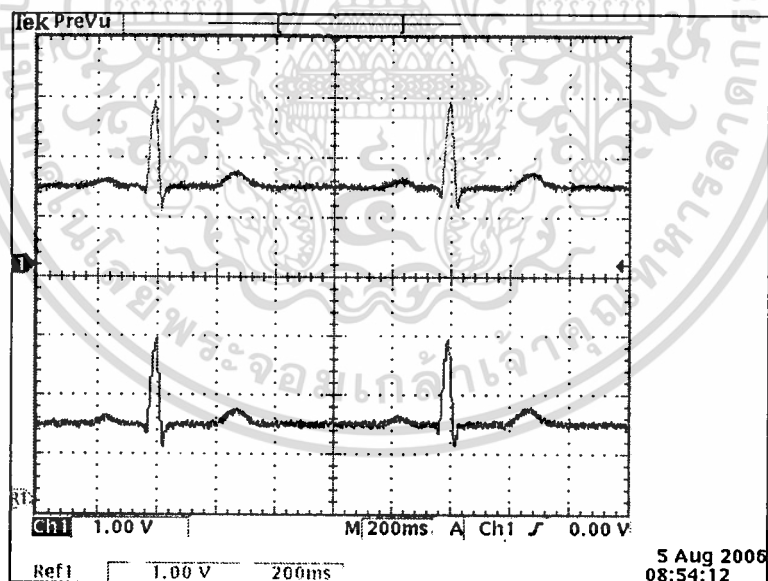
รูปที่ 4.160 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่ 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



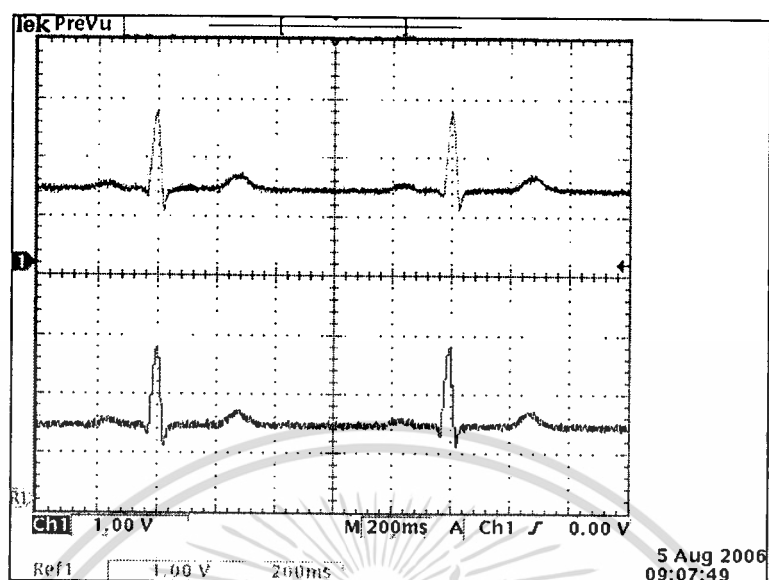
รูปที่ 4.161 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่ 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



รูปที่ 4.162 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

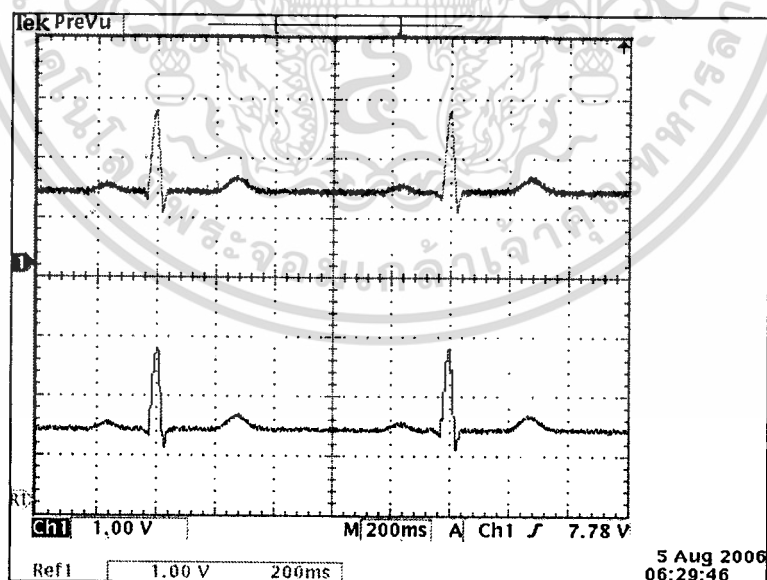


รูปที่ 4.163 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



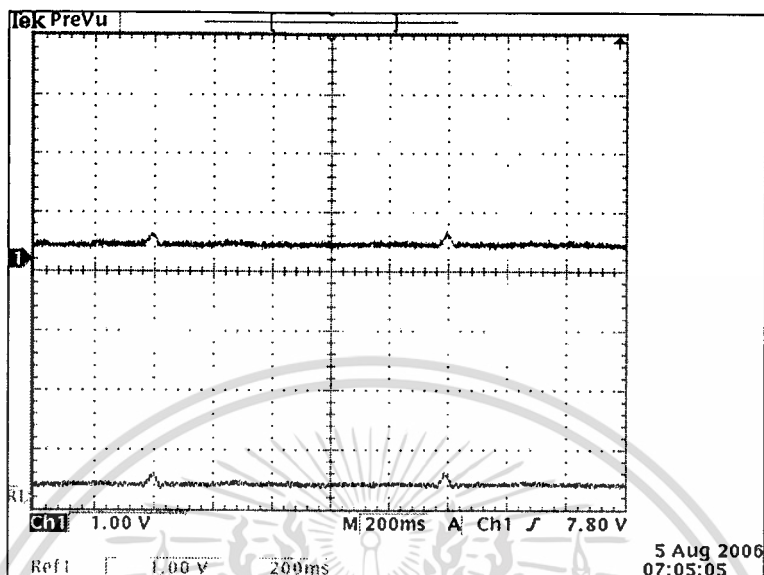
รูปที่ 4.164 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

3. สมการดิกรี 4

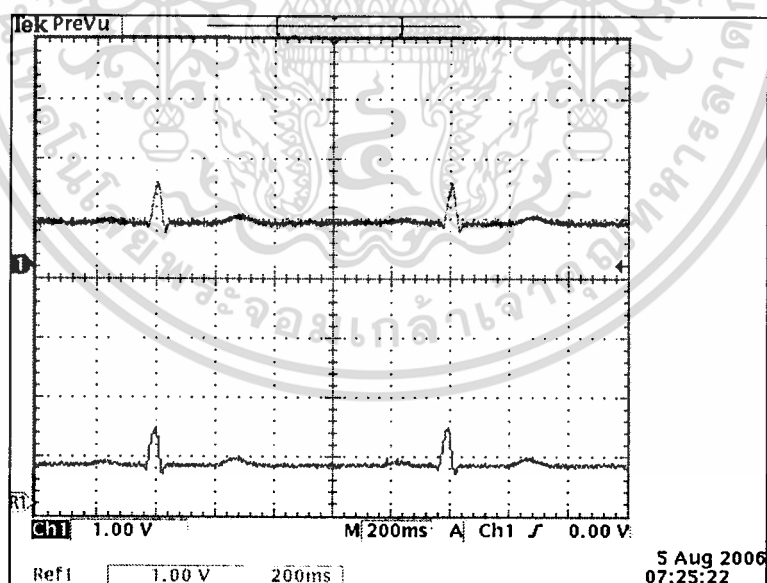


รูปที่ 4.165 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

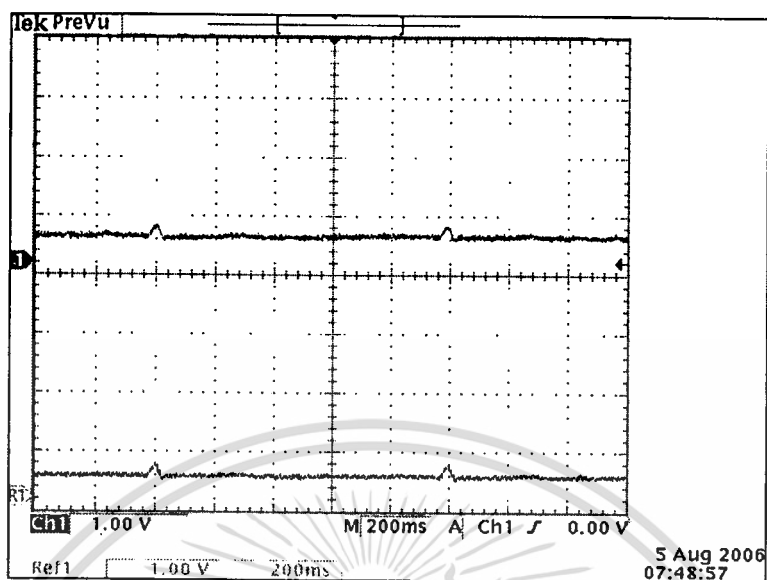
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



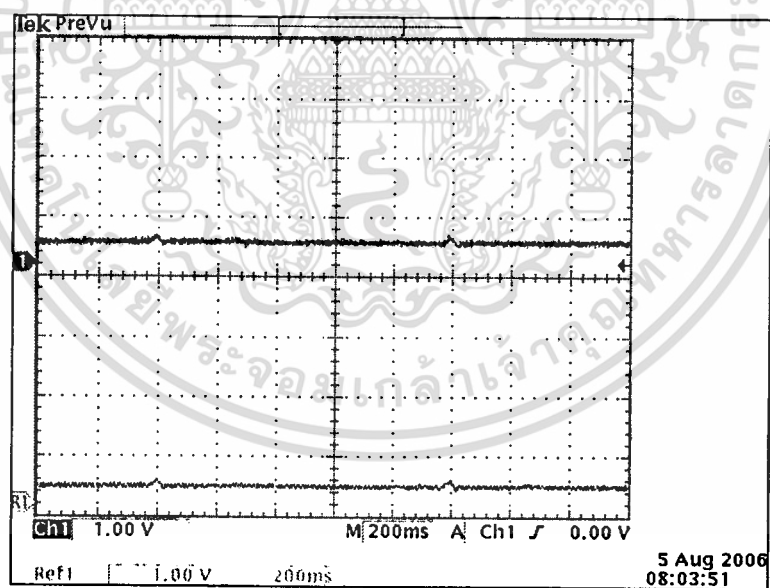
รูปที่ 4.166 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



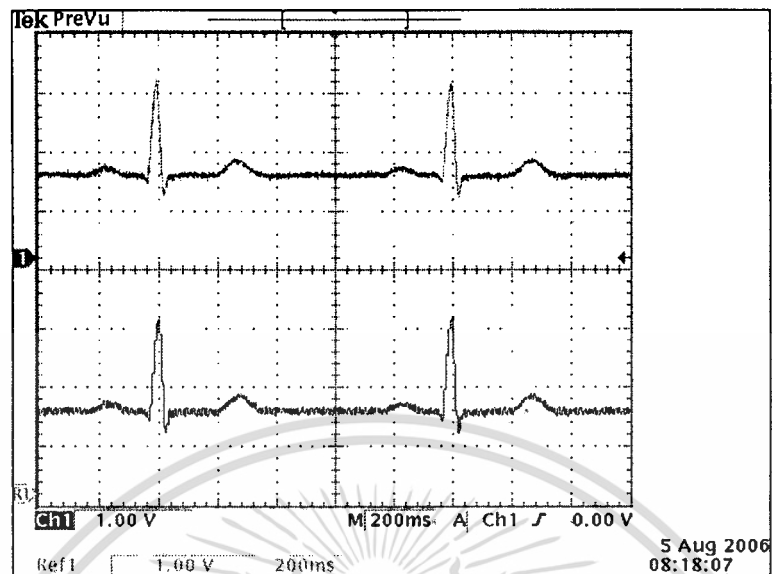
รูปที่ 4.167 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



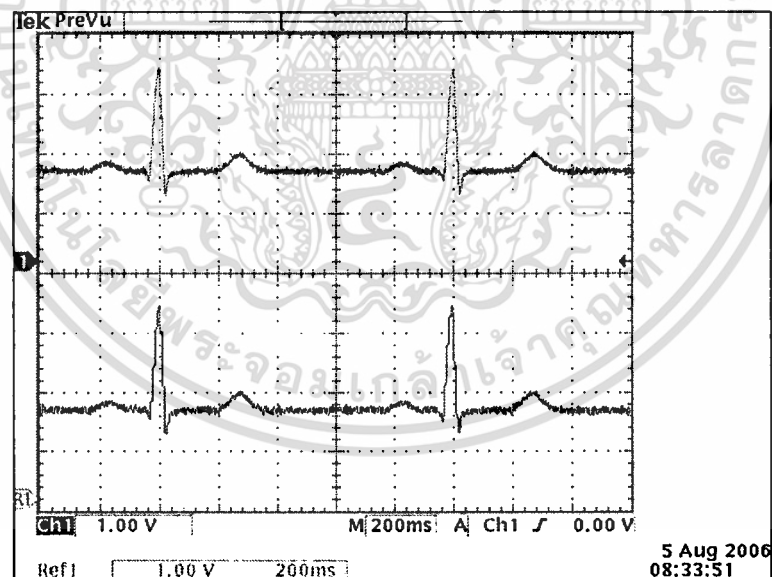
รูปที่ 4.168 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



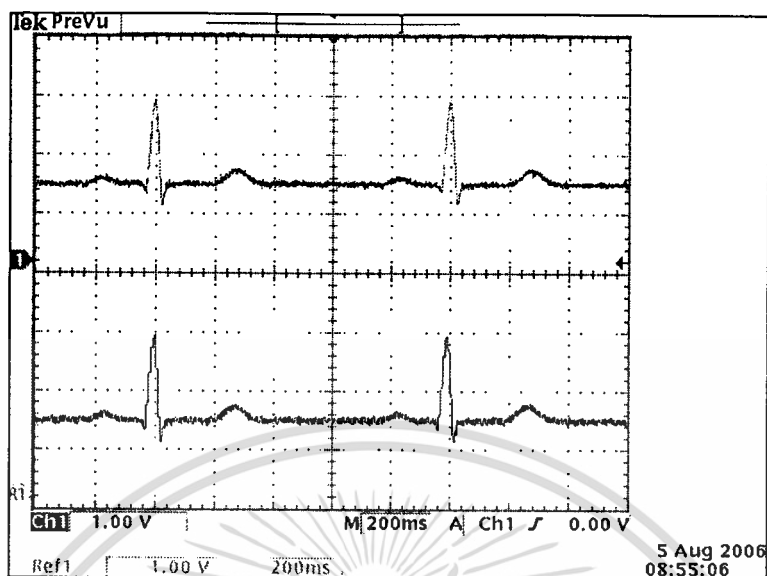
รูปที่ 4.169 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



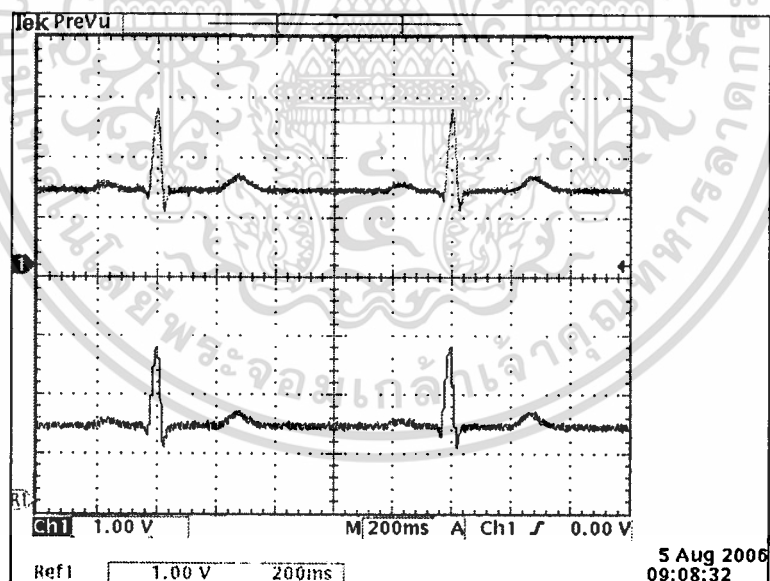
รูปที่ 4.170 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 4 ต่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



รูปที่ 4.171 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 4 ต่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

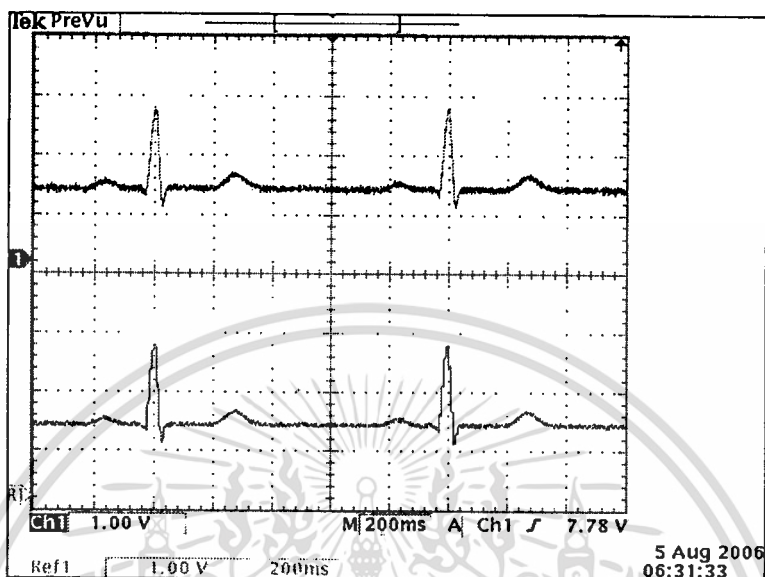


รูปที่ 4.172 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 4 ถ่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

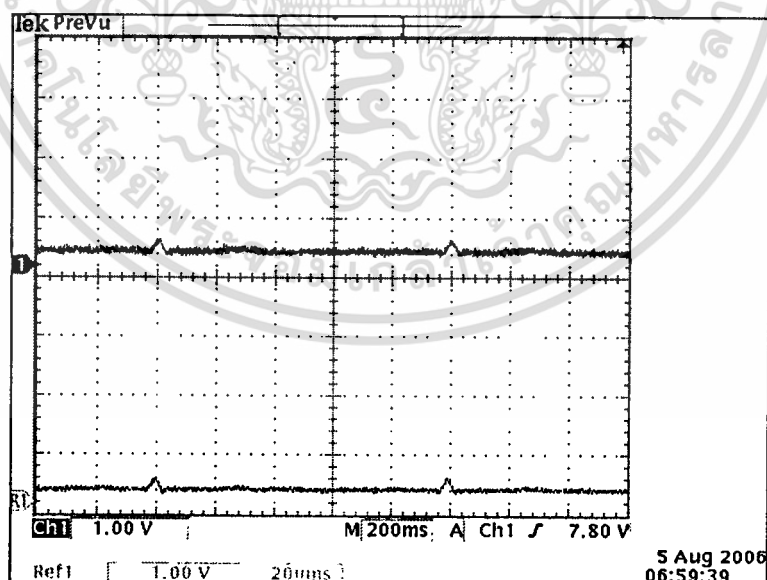


รูปที่ 4.173 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 4 ถ่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

4. สมการดิกรี 5

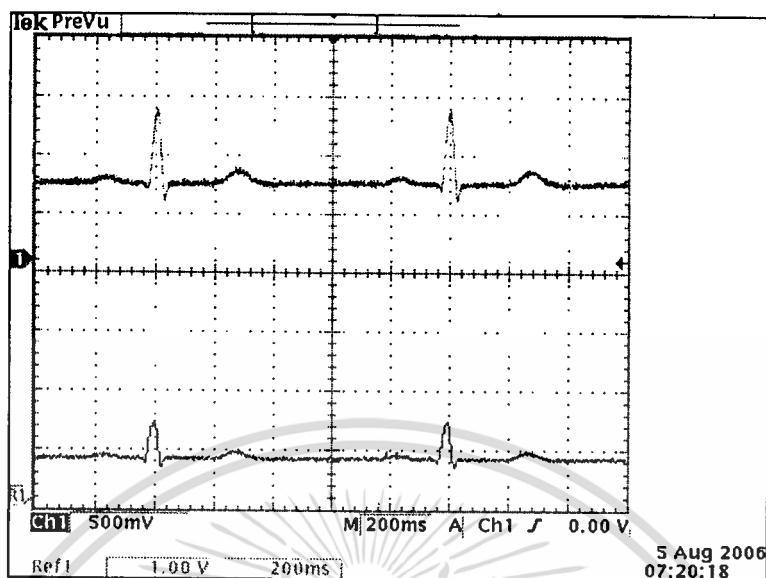


รูปที่ 4.174 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

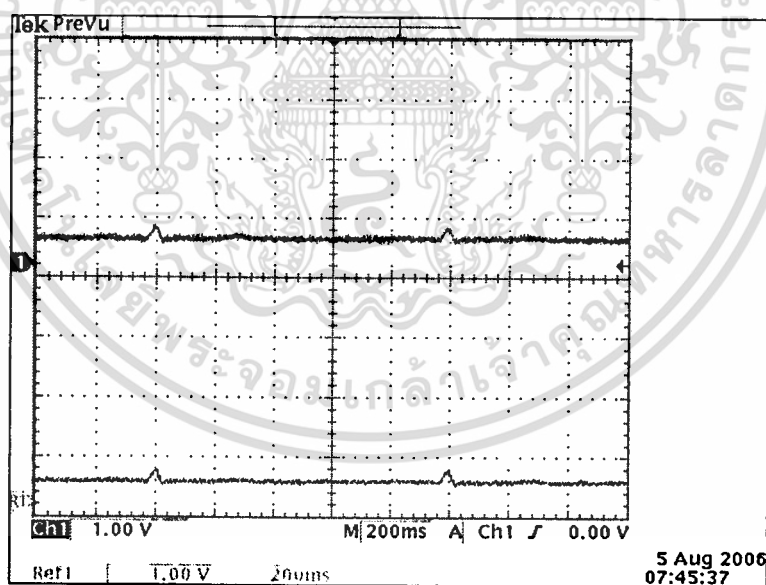


รูปที่ 4.175 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

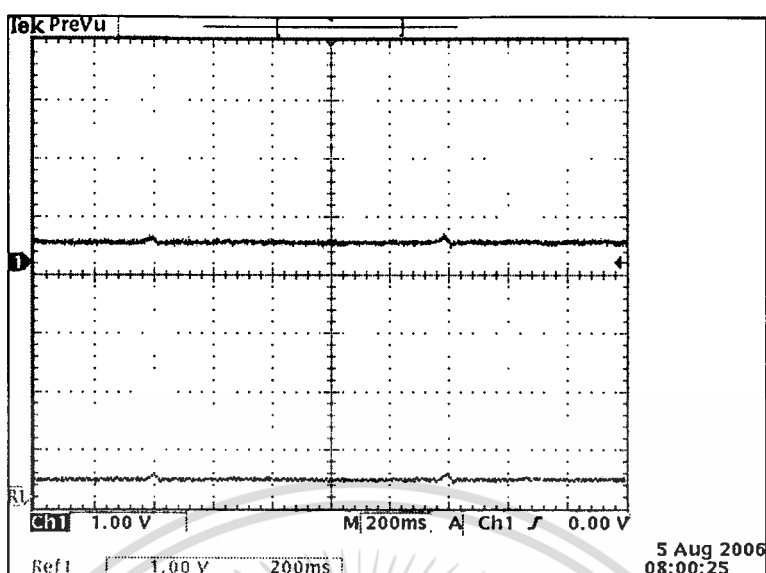
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



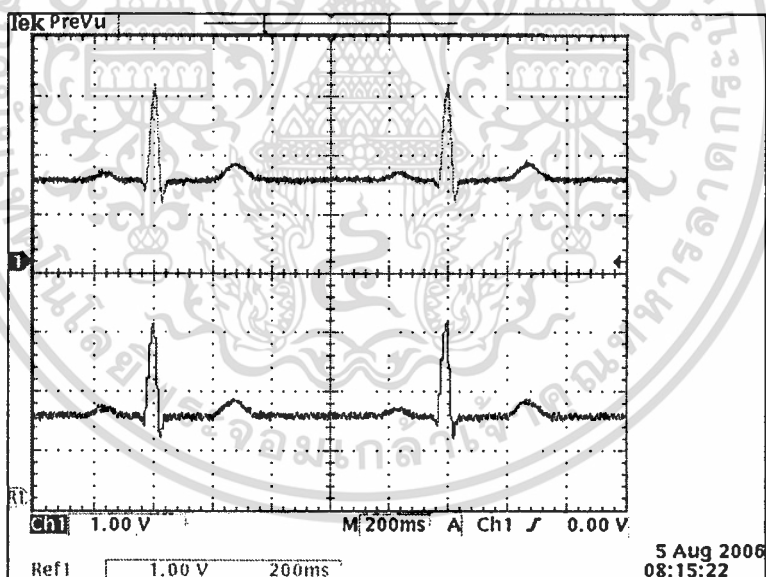
รูปที่ 4.176 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



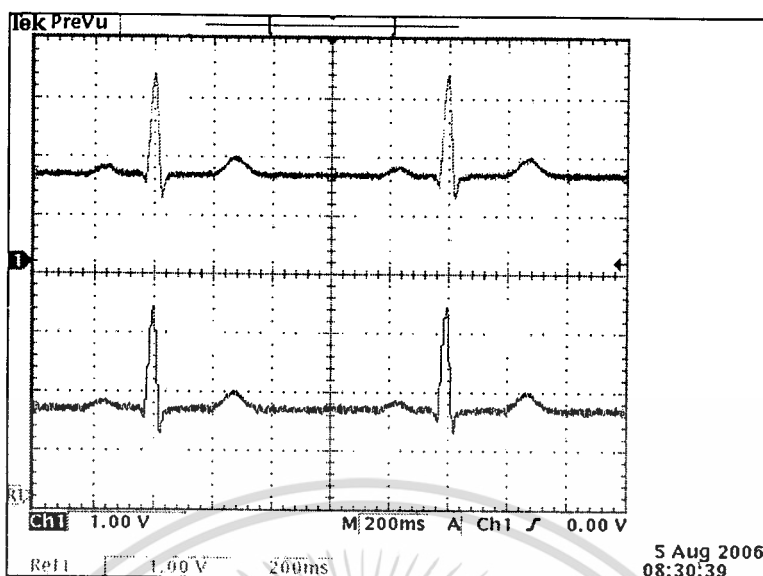
รูปที่ 4.177 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



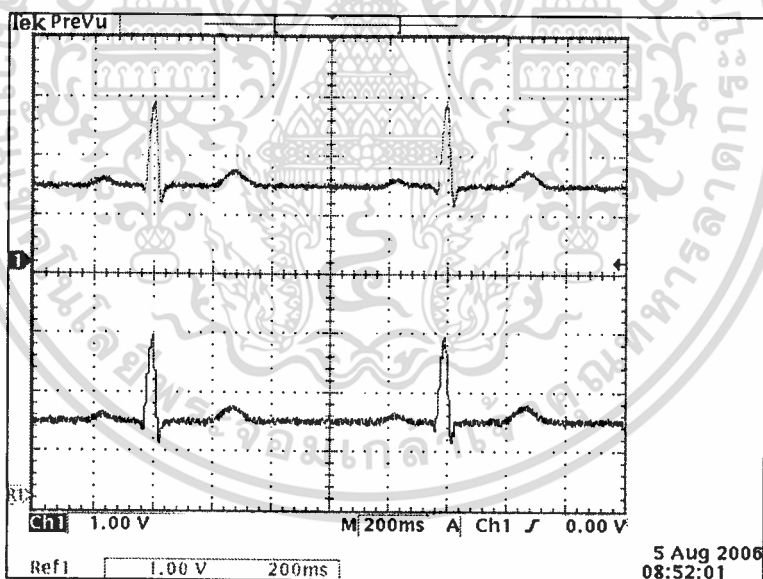
รูปที่ 4.178 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



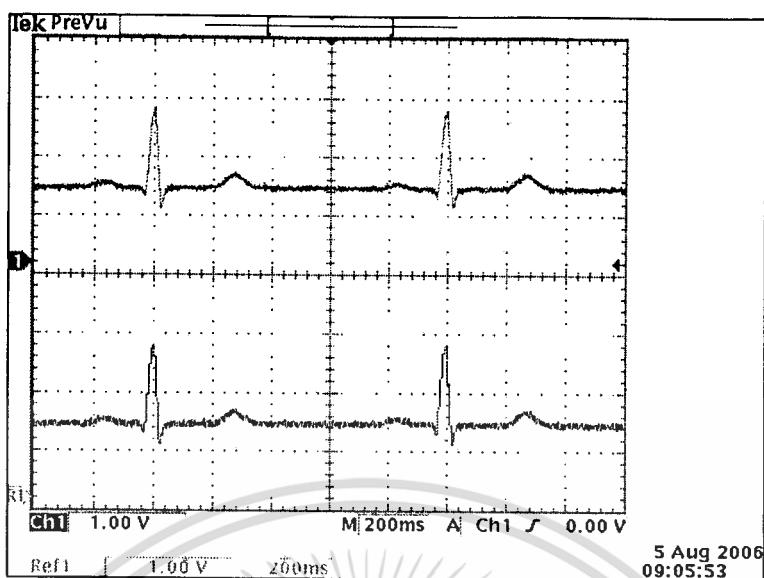
รูปที่ 4.179 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



รูปที่ 4.180 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



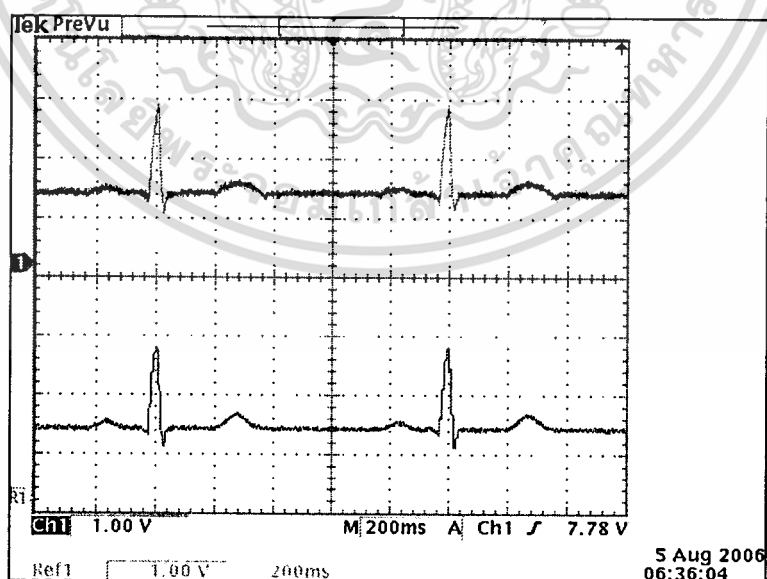
รูปที่ 4.181 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



รูปที่ 4.182 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 1 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

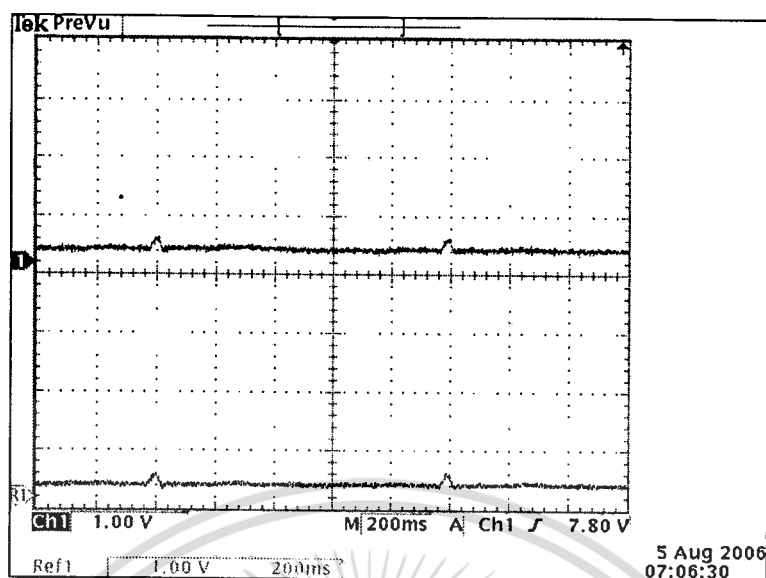
4.8 การสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจเปรียบเทียบกับเครื่อง ECG Simulation ความถี่สุ่ม 2 kHz

1. สมการดิกรี 2

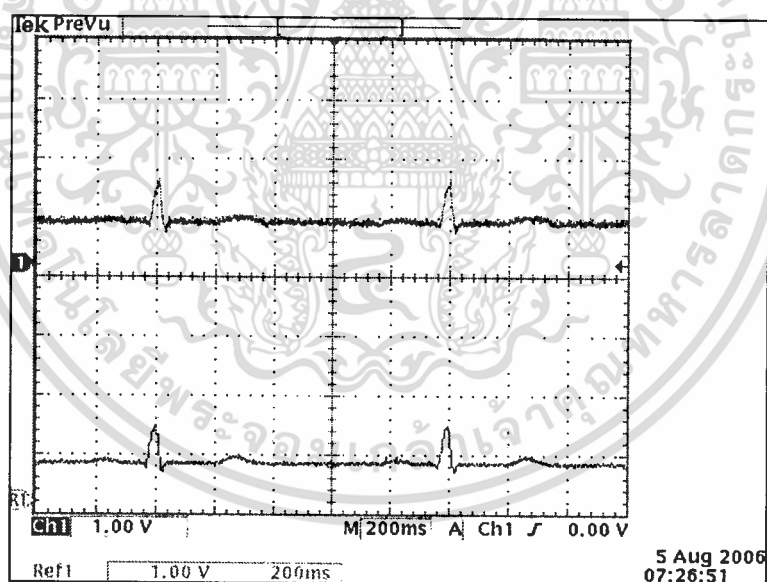


รูปที่ 4.183 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2

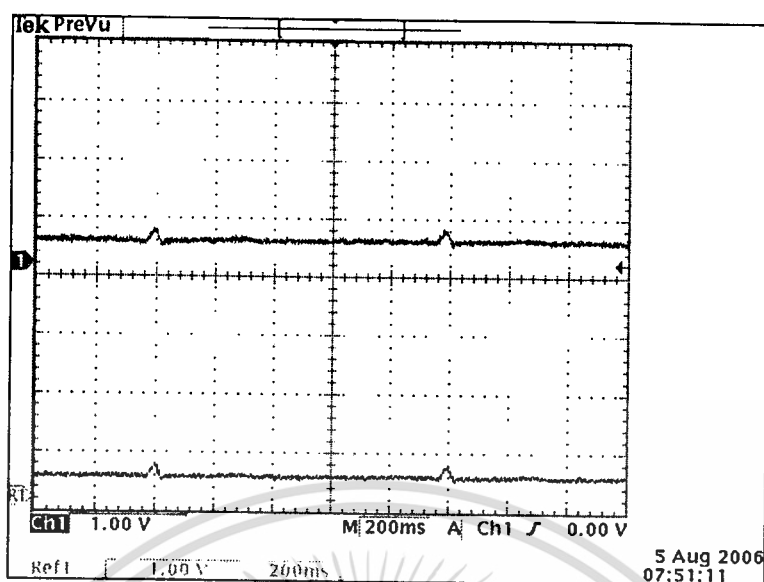
เอกสารนี้เป็นเอกสารร่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation ภายใต้นโยบายด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



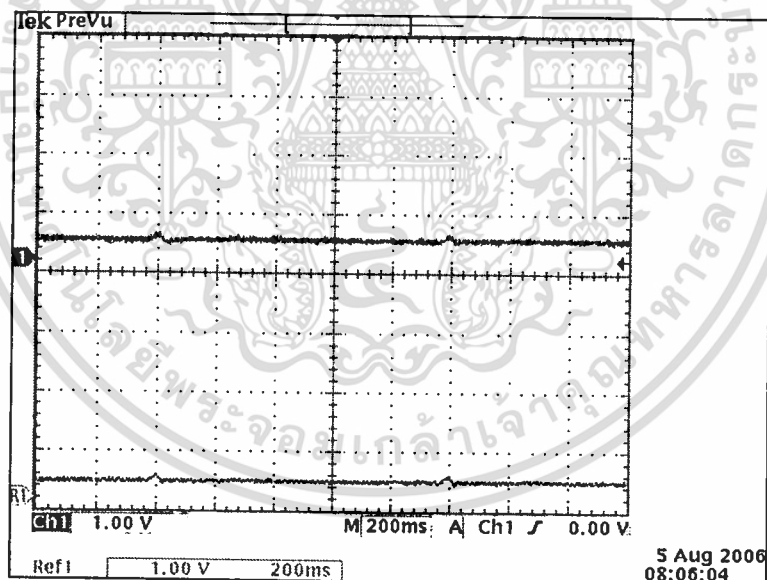
รูปที่ 4.184 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



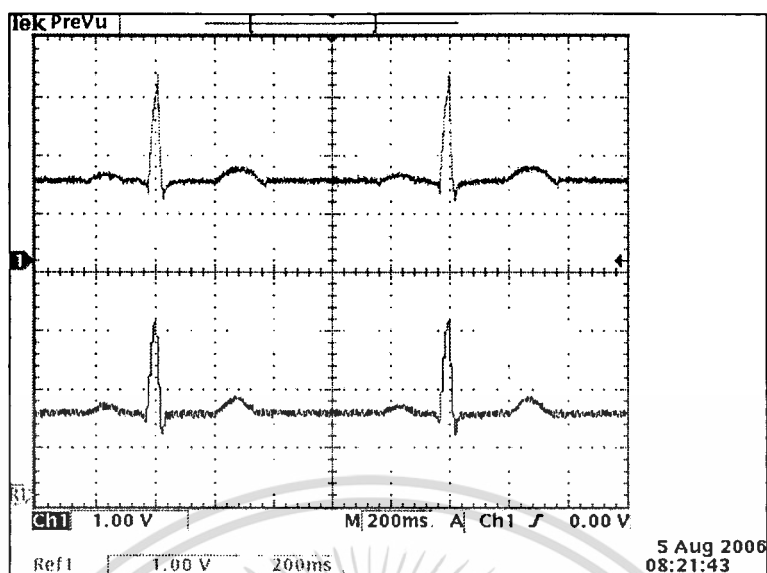
รูปที่ 4.185 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



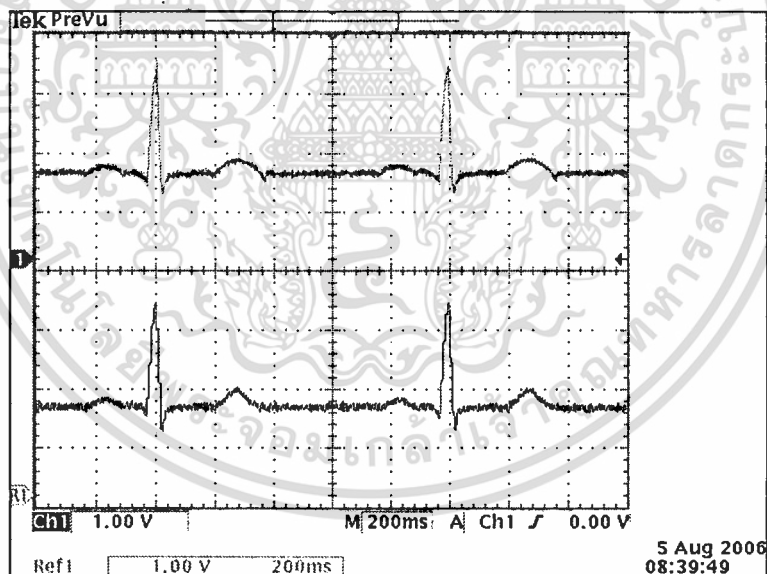
รูปที่ 4.186 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



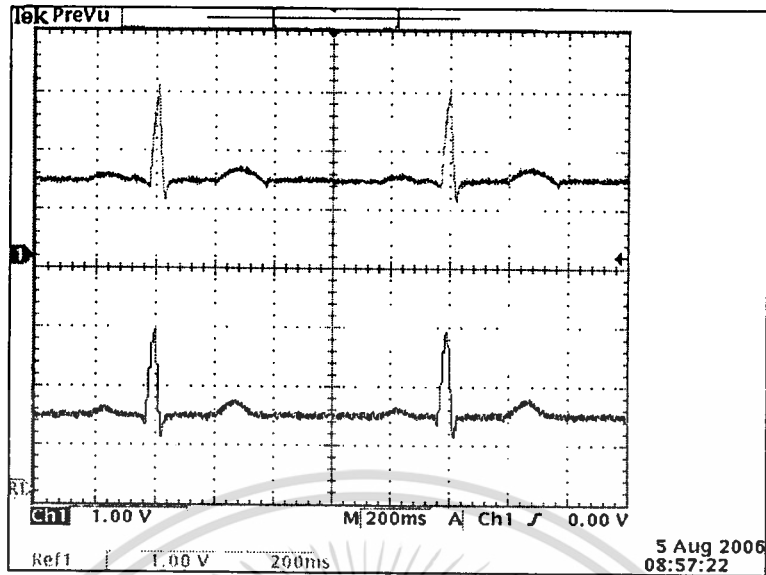
รูปที่ 4.187 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



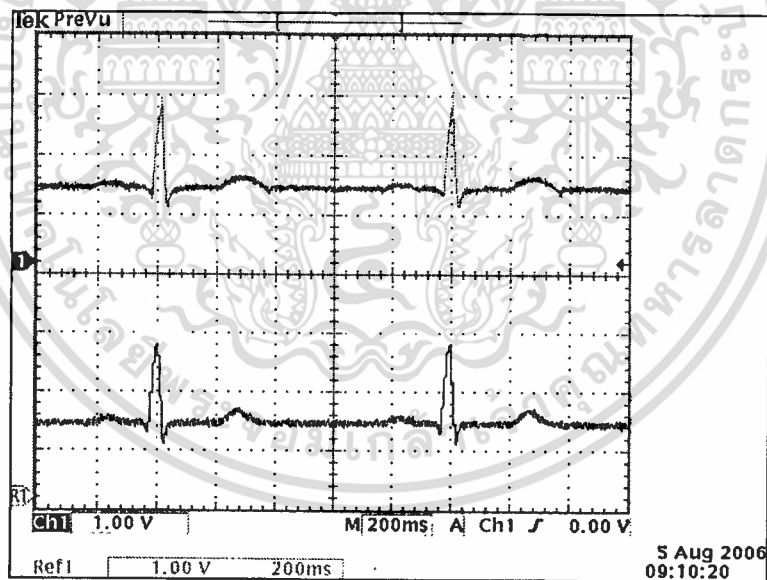
รูปที่ 4.188 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



รูปที่ 4.189 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

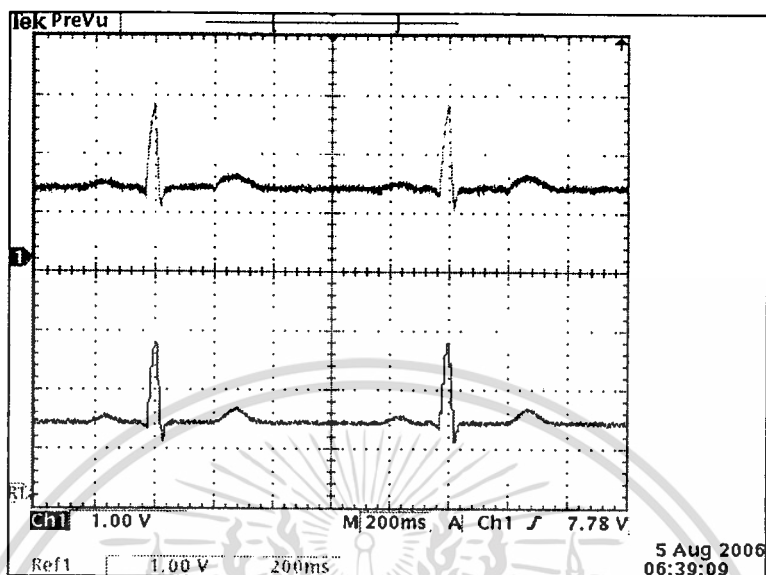


รูปที่ 4.190 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

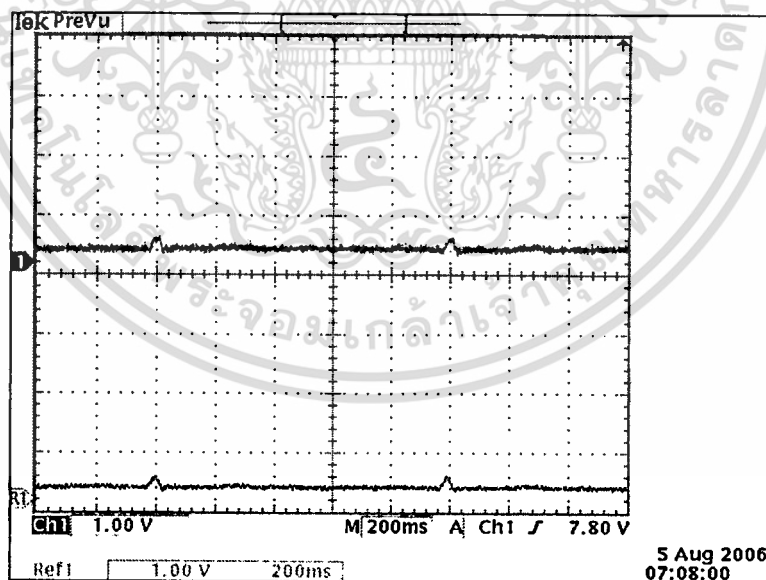


รูปที่ 4.191 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

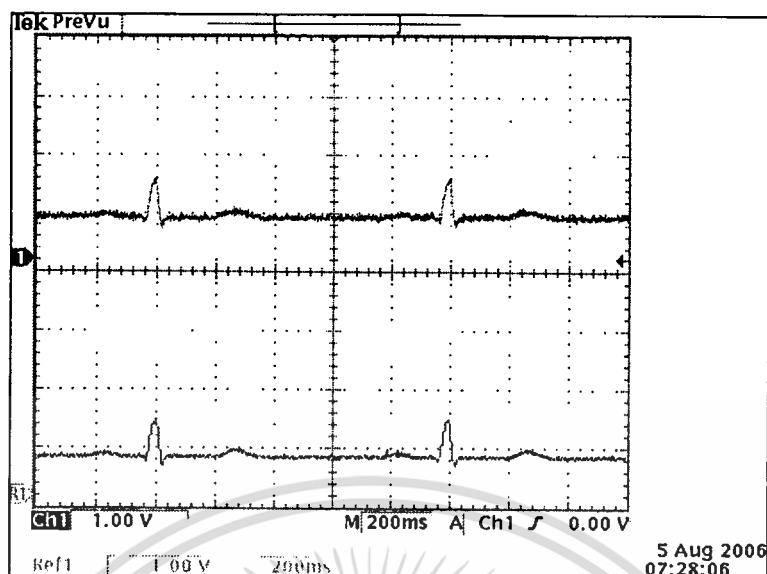
2. สมการดิกรี 3



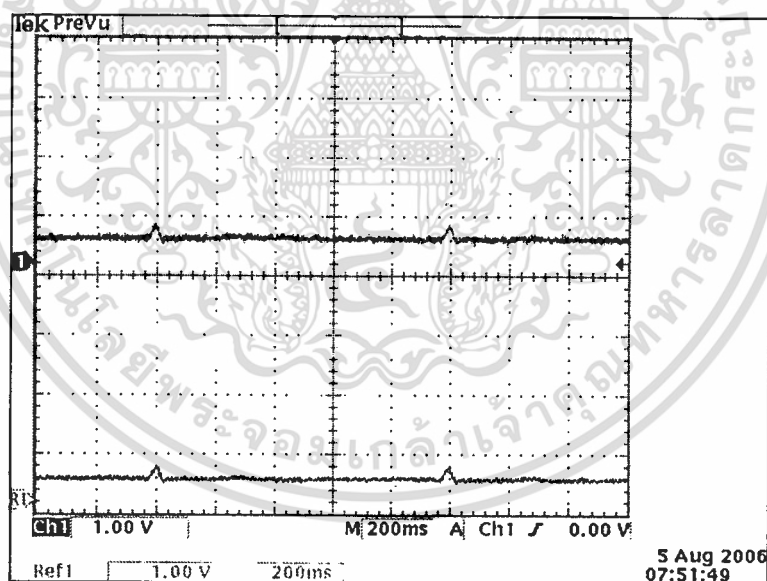
รูปที่ 4.192 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



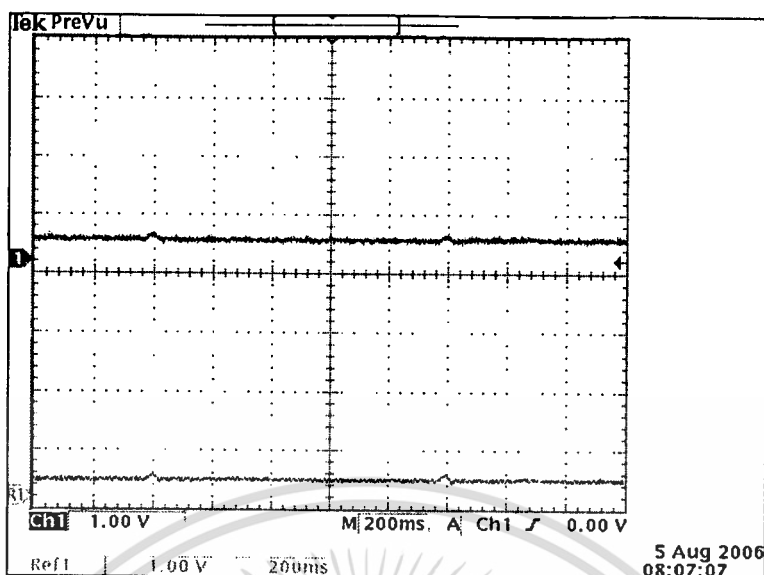
รูปที่ 4.193 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



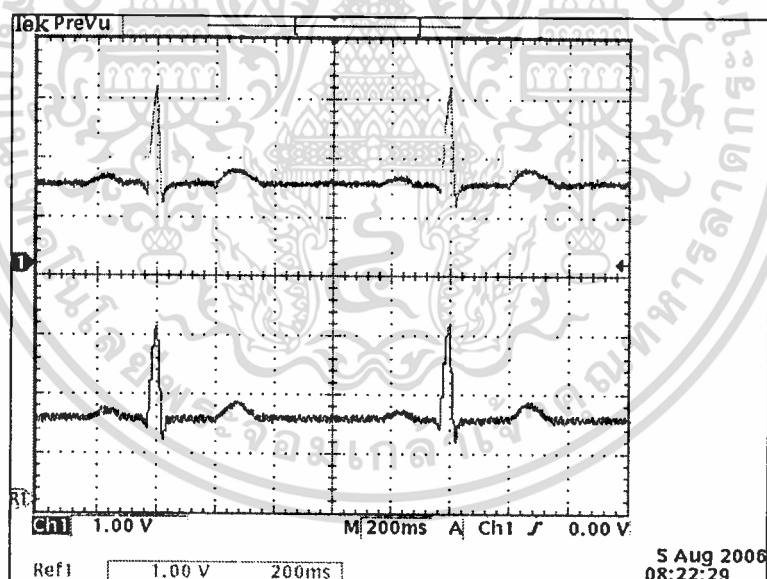
รูปที่ 4.194 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



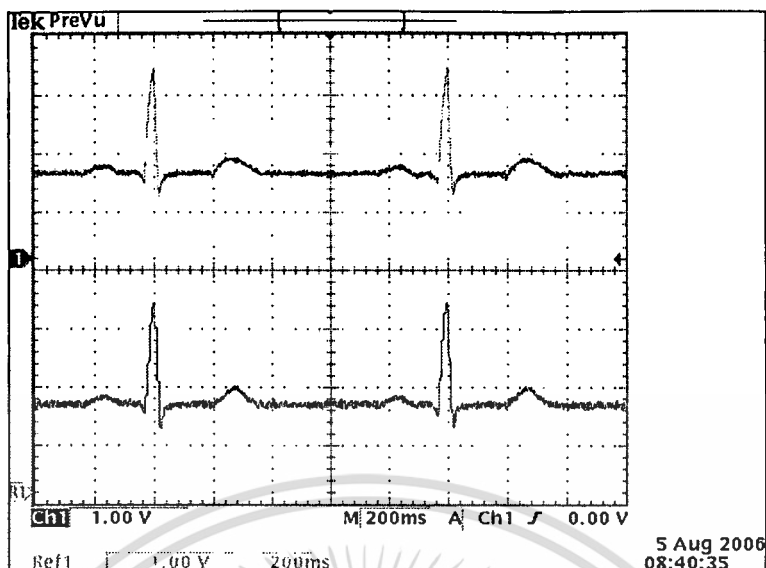
รูปที่ 4.195 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



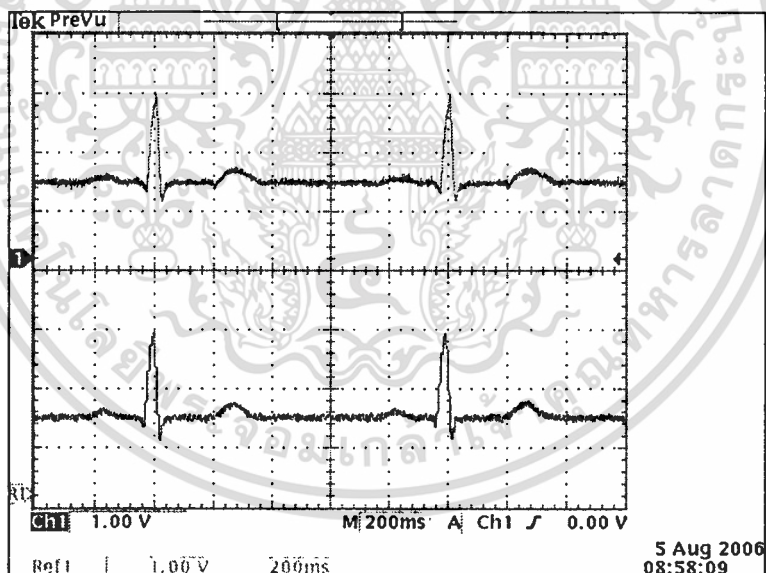
รูปที่ 4.196 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



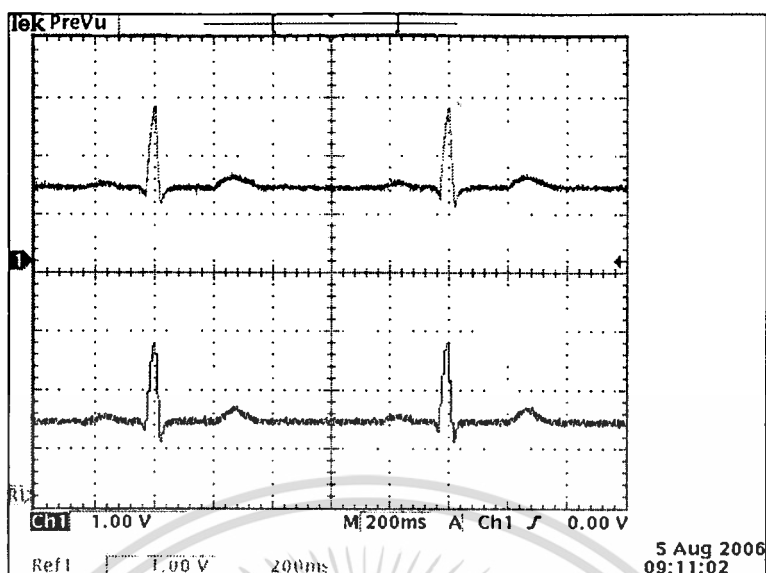
รูปที่ 4.197 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



รูปที่ 4.198 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

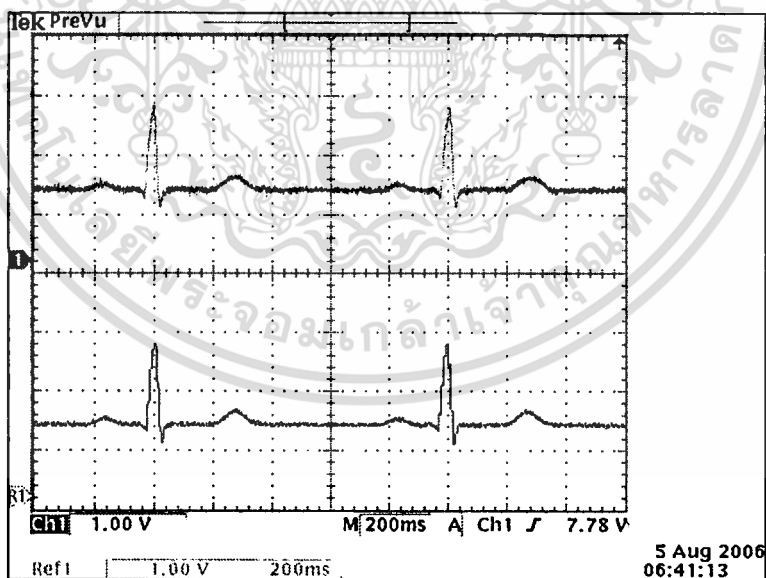


รูปที่ 4.199 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

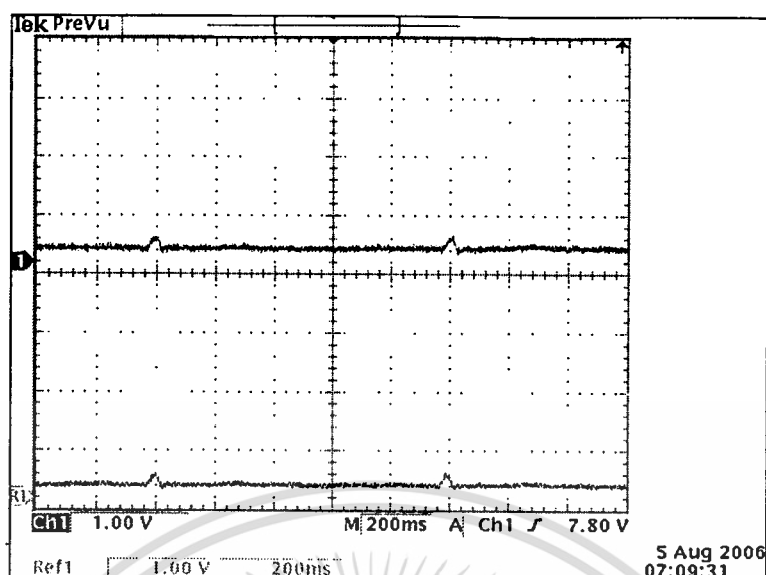


รูปที่ 4.200 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่ 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

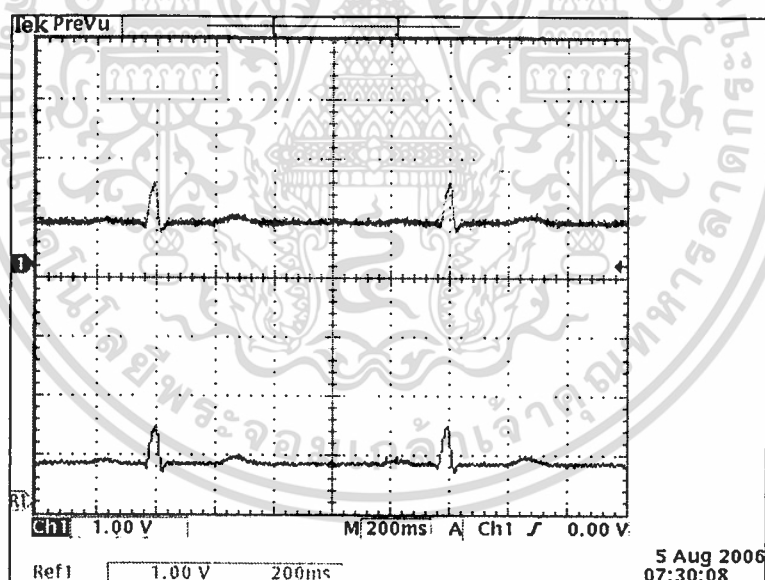
3. สมการดิกรี 4



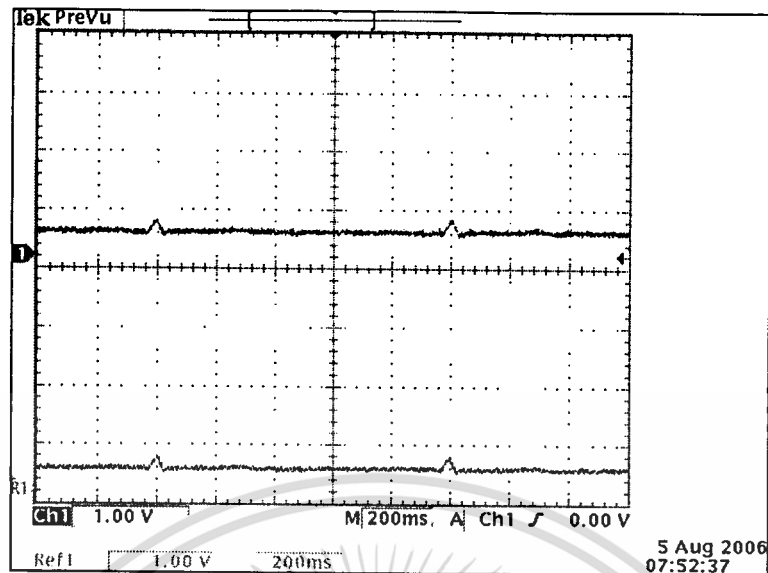
รูปที่ 4.201 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่ 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



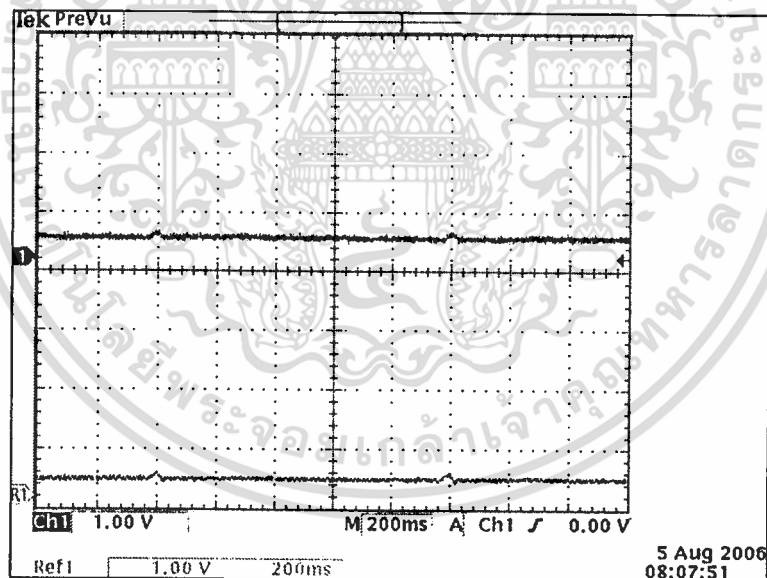
รูปที่ 4.202 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 4
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



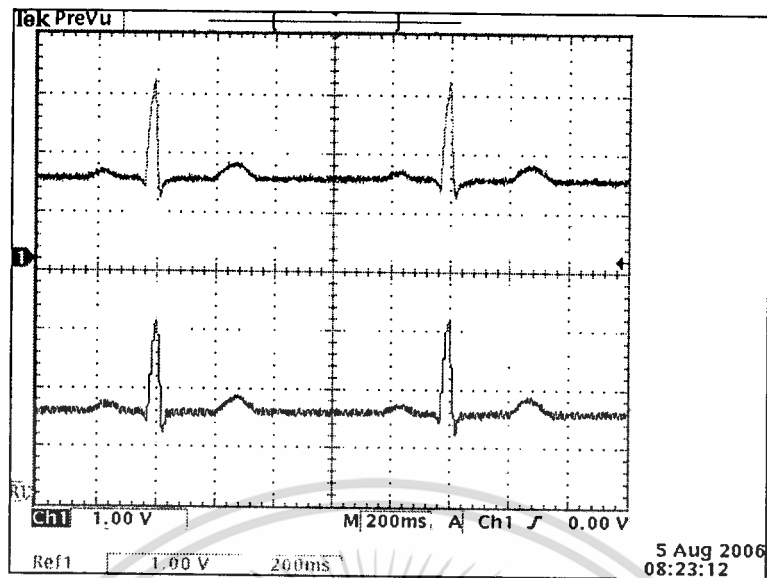
รูปที่ 4.203 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 4
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



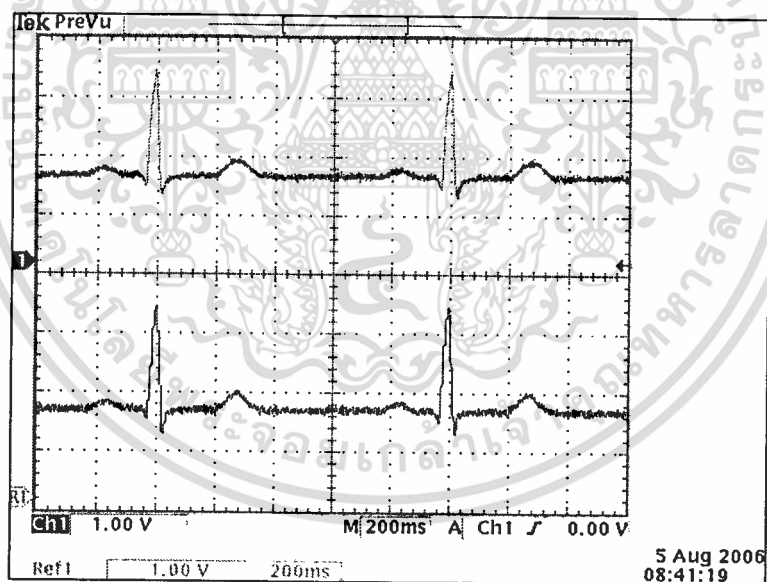
รูปที่ 4.204 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่ส่วน 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ถ้าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



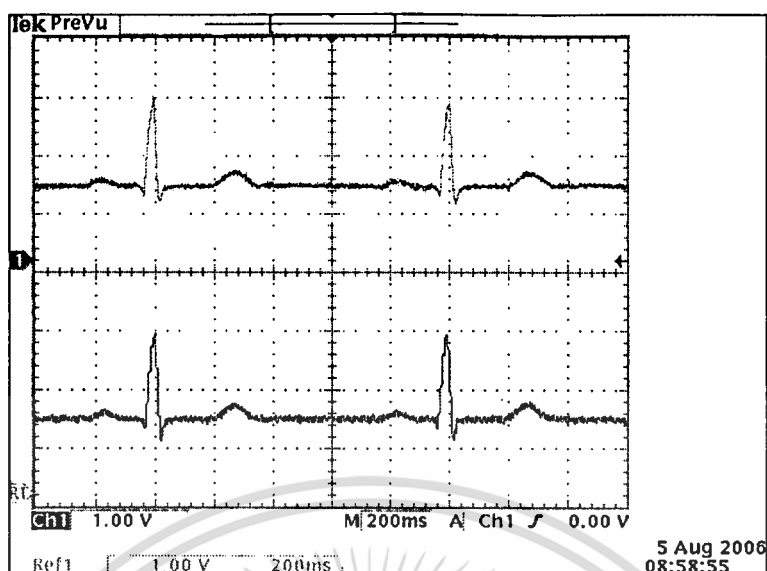
รูปที่ 4.205 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่ส่วน 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4 ถ้าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



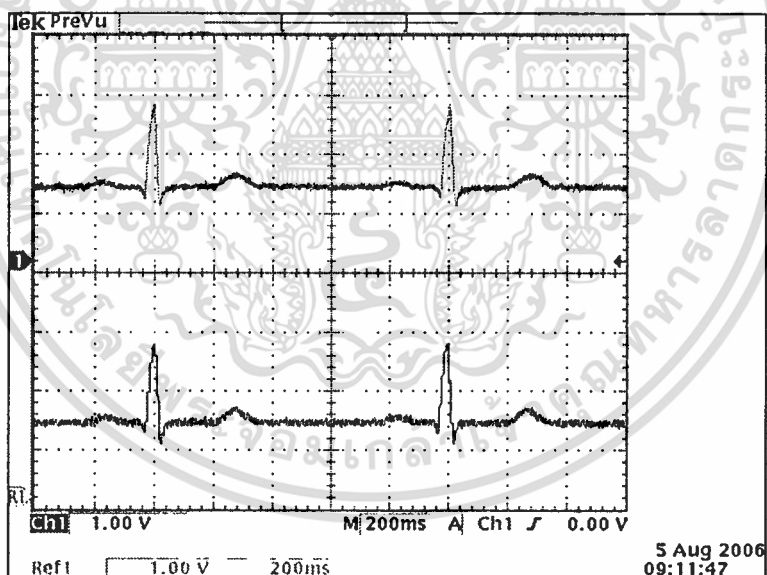
รูปที่ 4.206 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดักรี 4 ถ่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



รูปที่ 4.207 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดักรี 4 ถ่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

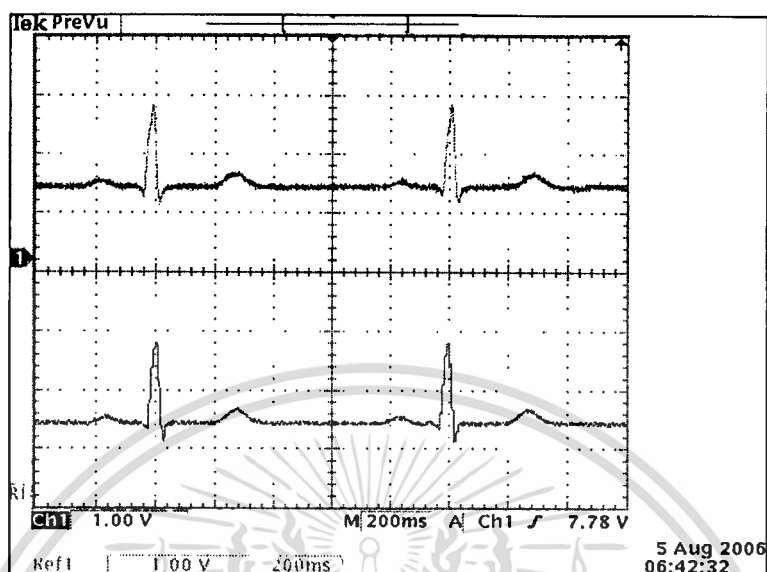


รูปที่ 4.208 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

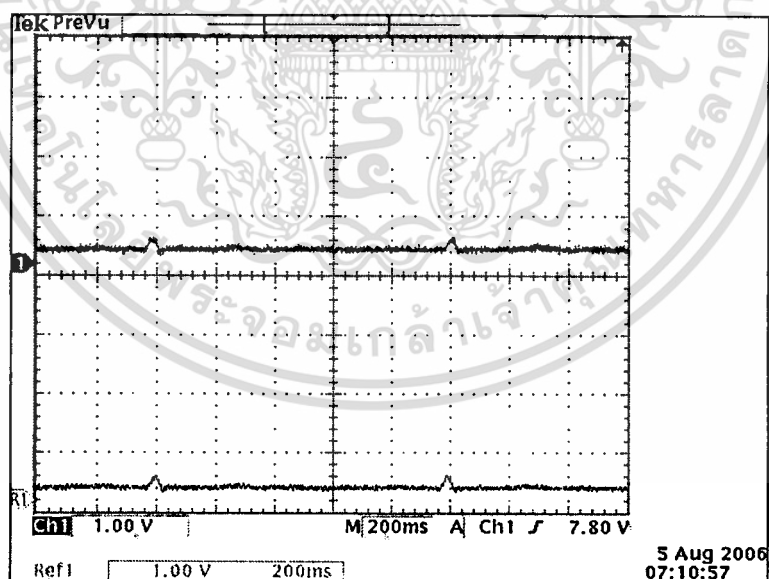


รูปที่ 4.209 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 4
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

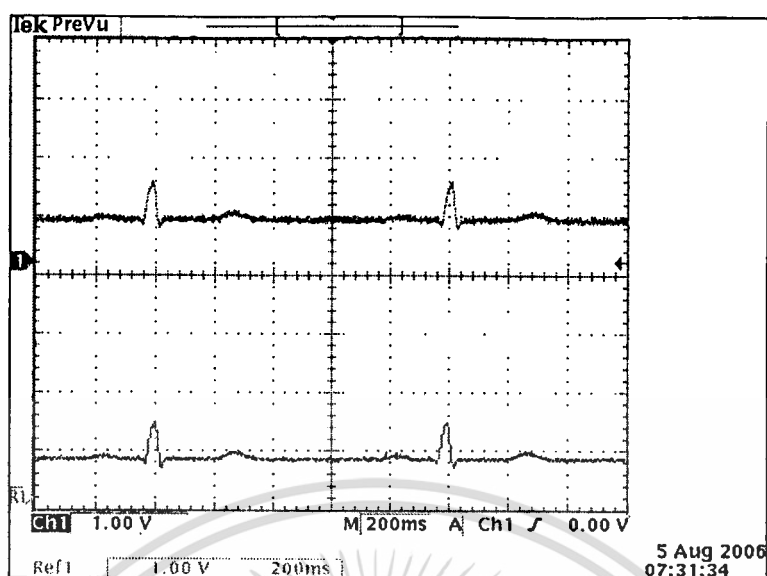
4. สมการคิรี 5



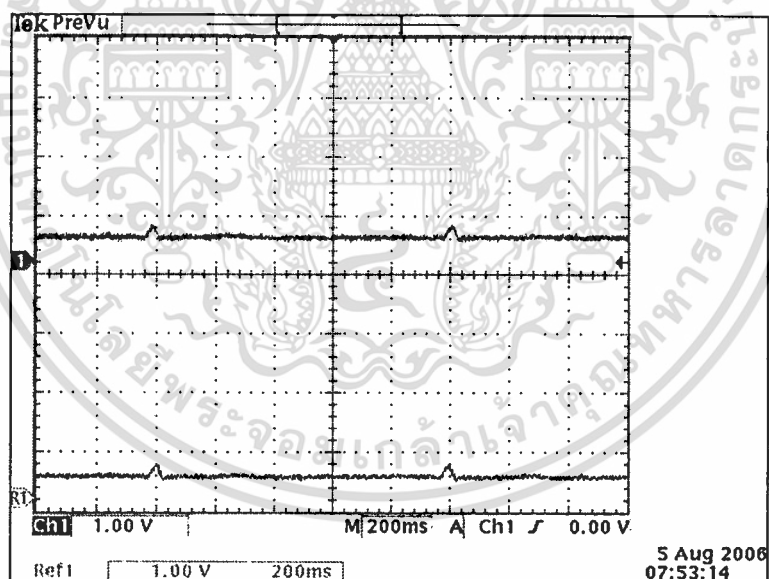
รูปที่ 4.210 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คิรี 5
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



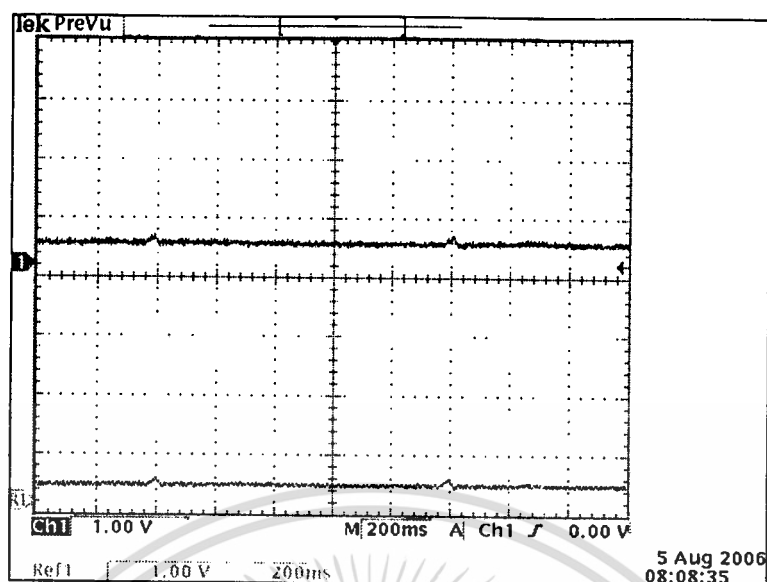
รูปที่ 4.211 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คิรี 5
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



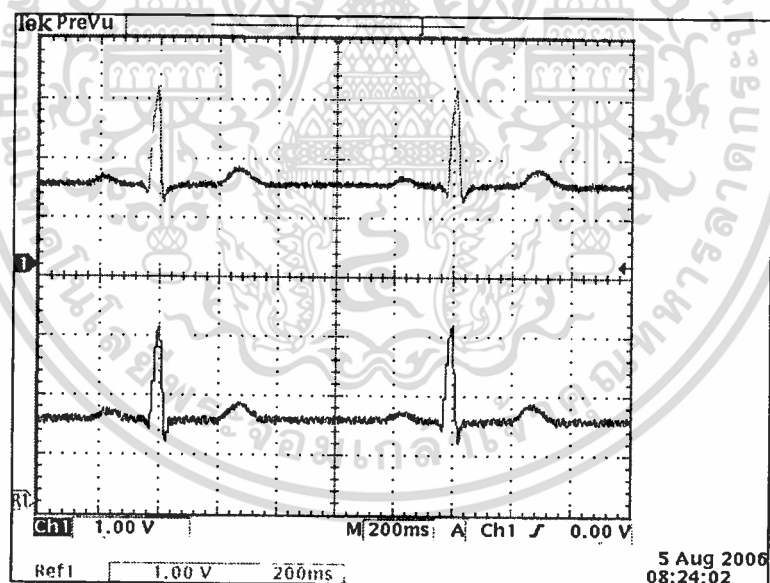
รูปที่ 4.212 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 5 ถ่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



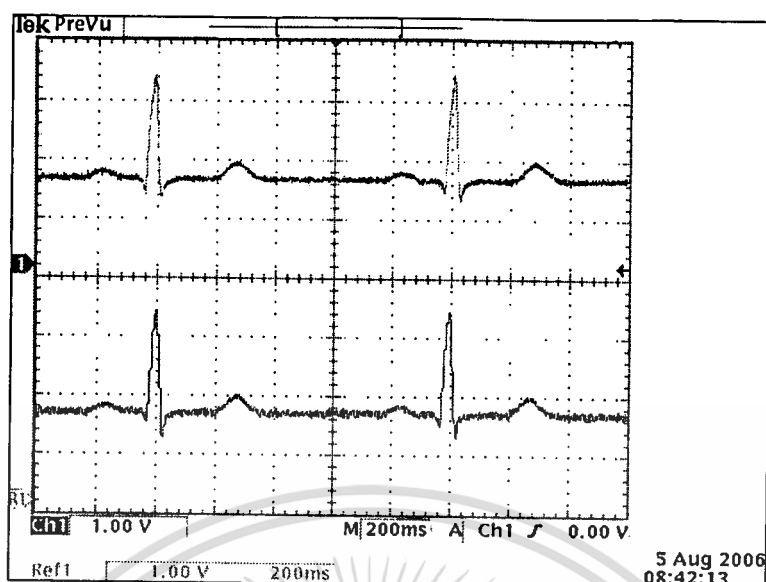
รูปที่ 4.213 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 5 ถ่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



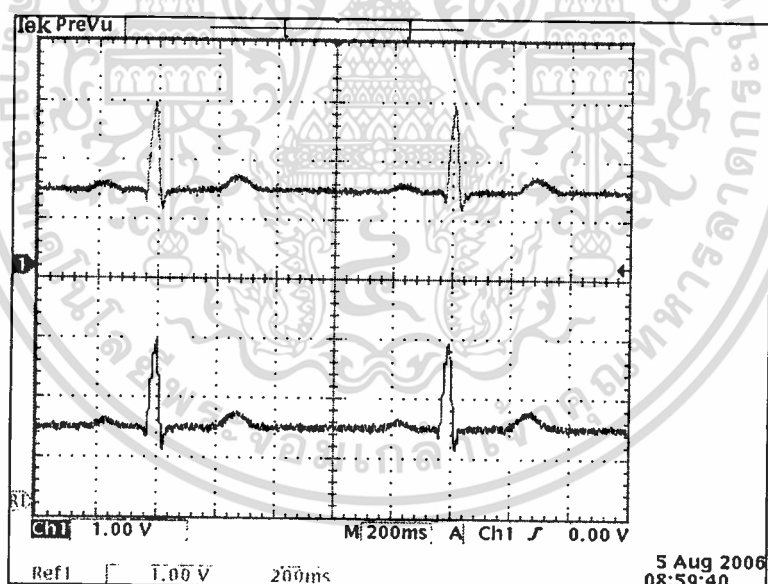
รูปที่ 4.214 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



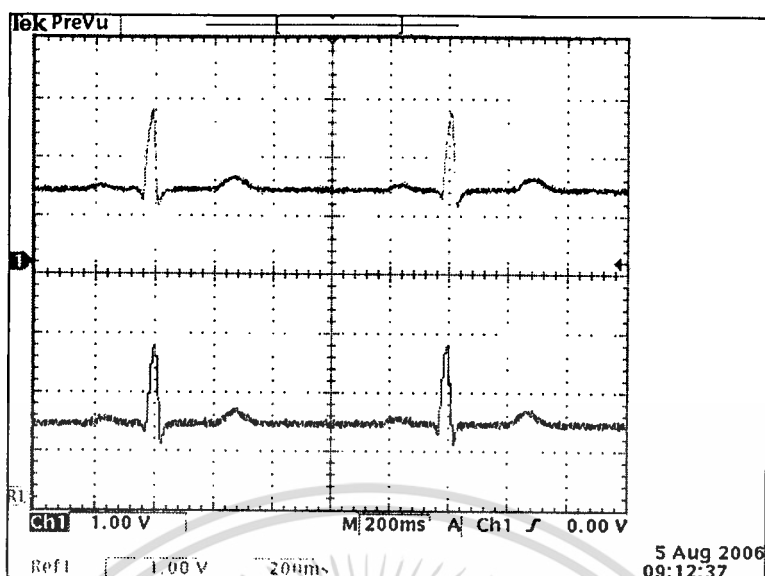
รูปที่ 4.215 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



รูปที่ 4.216 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



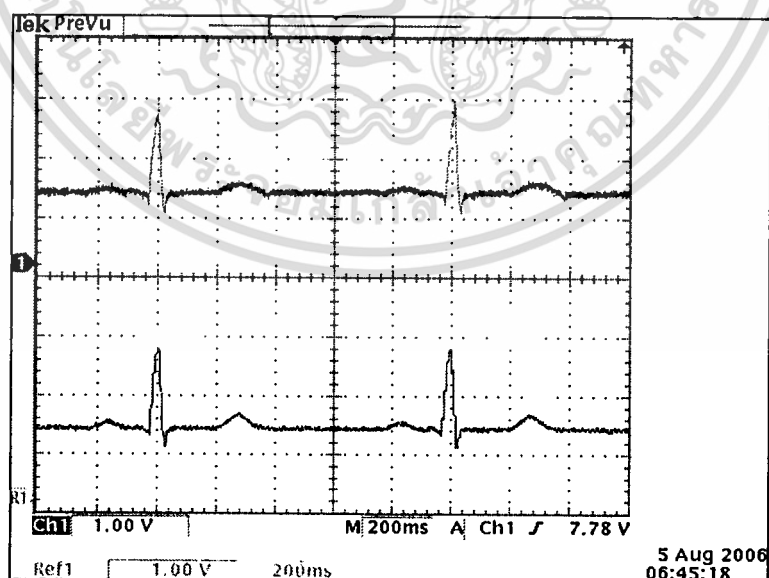
รูปที่ 4.217 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 2 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



รูปที่ 4.218 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่ 2 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี่ 5
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

4.9 การสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจเปรียบเทียบกับเครื่อง ECG Simulation ความถี่ สูง 4 kHz

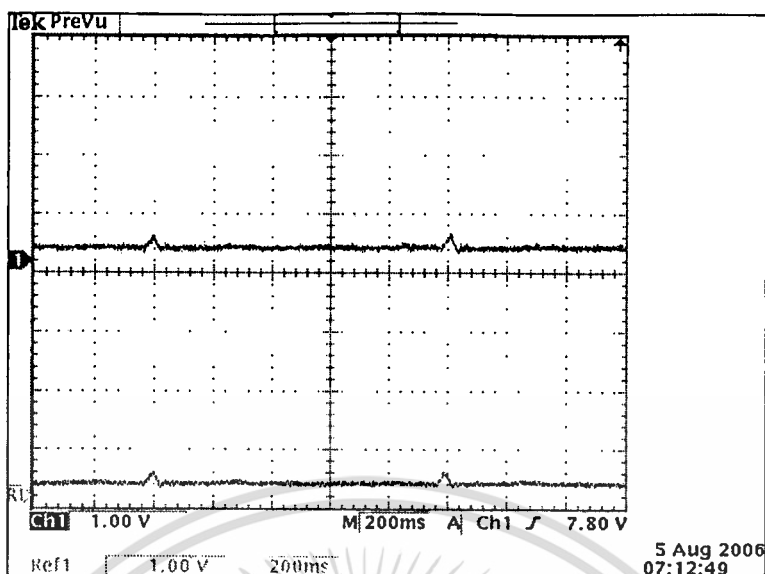
1. สมการคีกรี่ 2



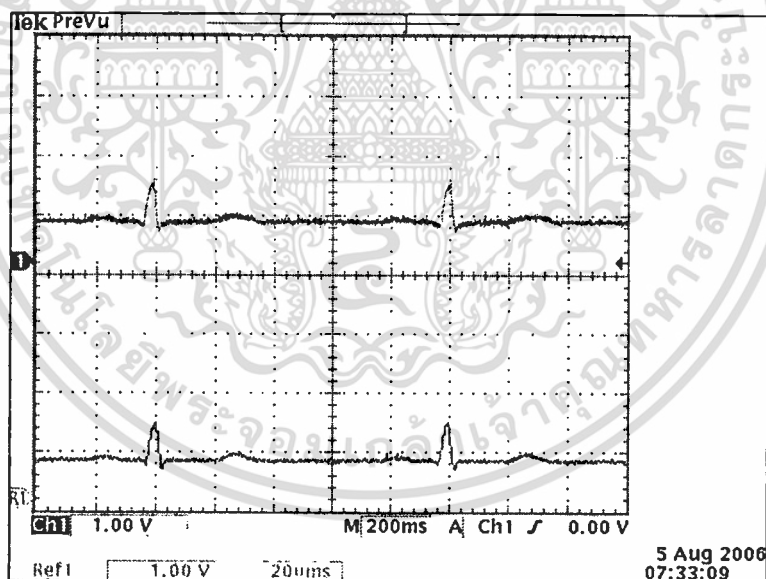
รูปที่ 4.219 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่ 4 kHz
บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารร่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

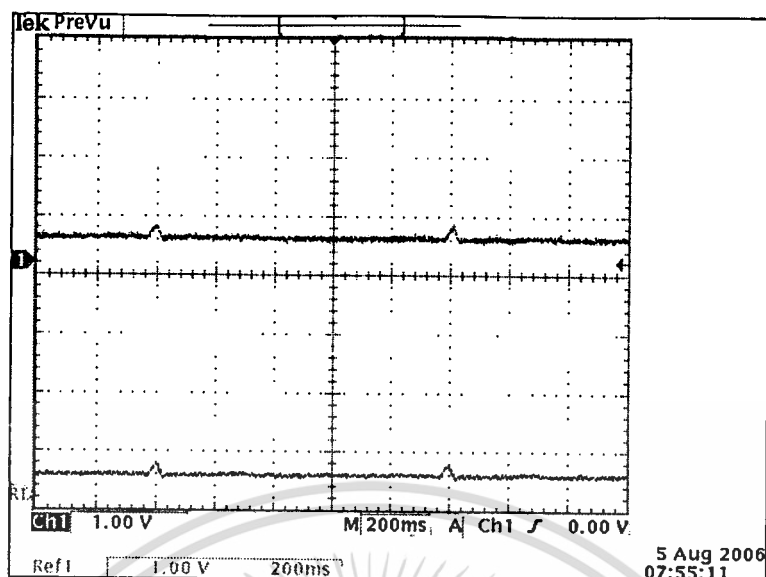
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



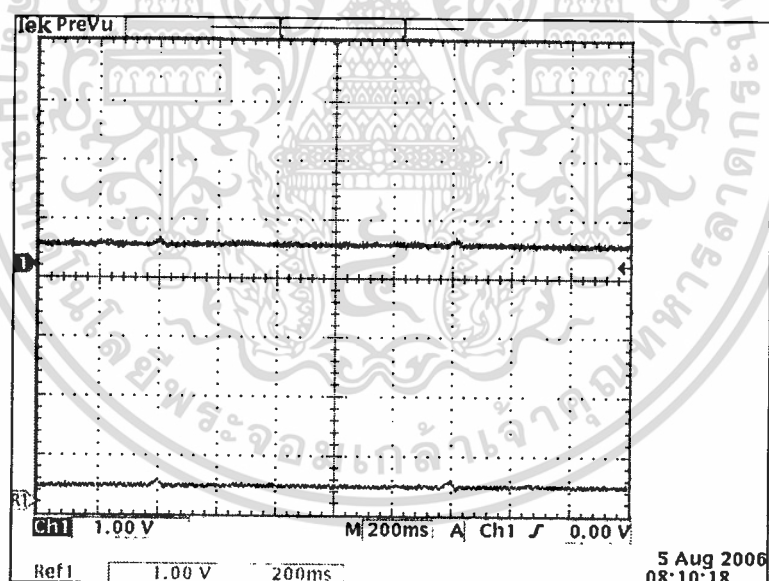
รูปที่ 4.220 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่ 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



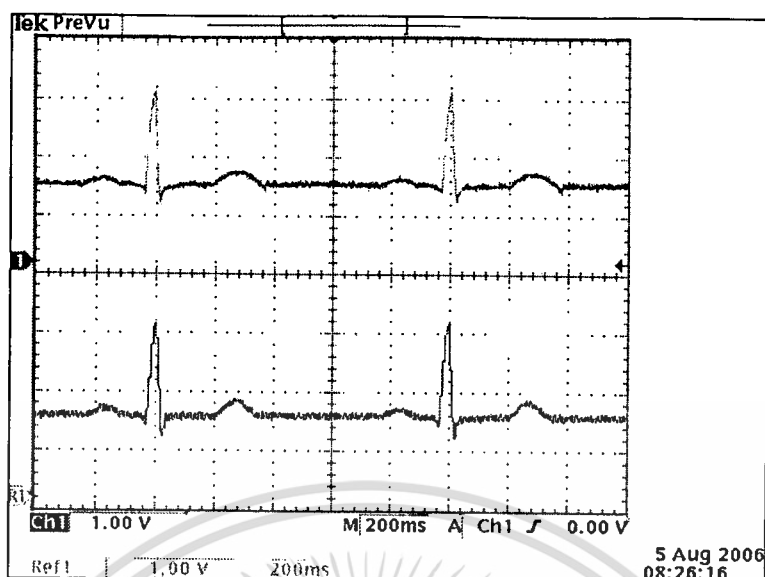
รูปที่ 4.221 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่ 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



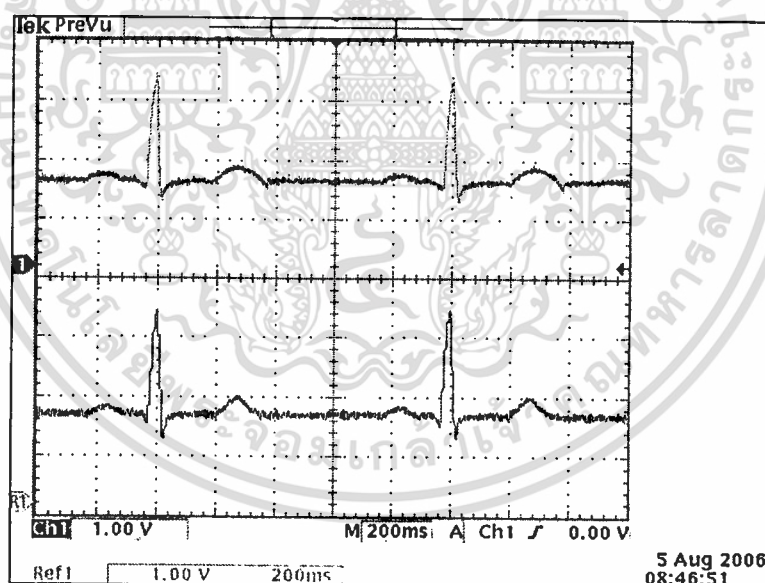
รูปที่ 4.222 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี่ 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



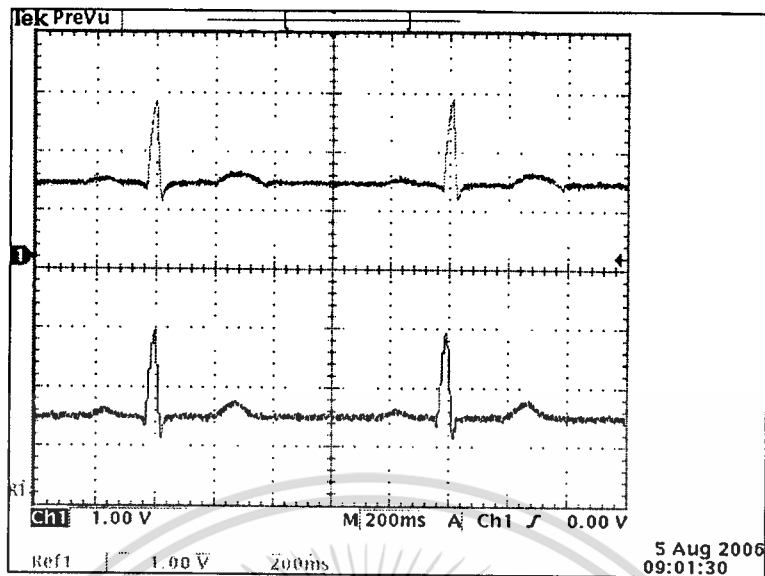
รูปที่ 4.223 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี่ 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



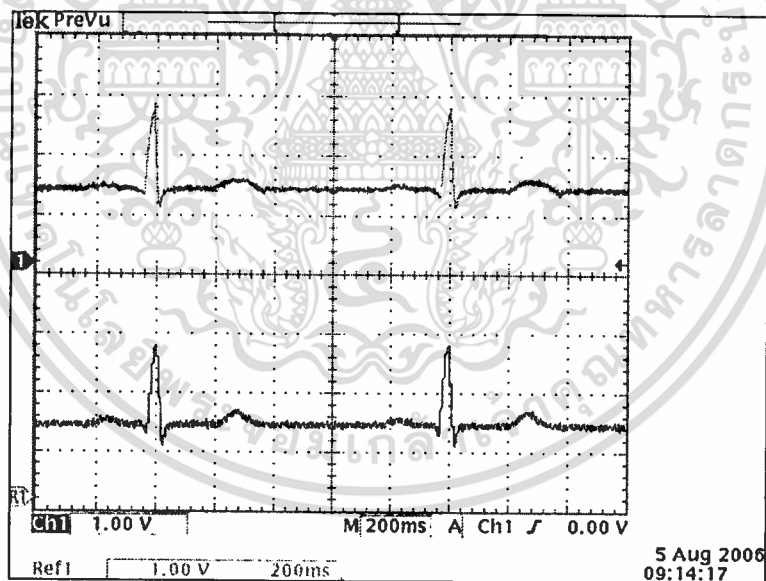
รูปที่ 4.224 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



รูปที่ 4.225 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

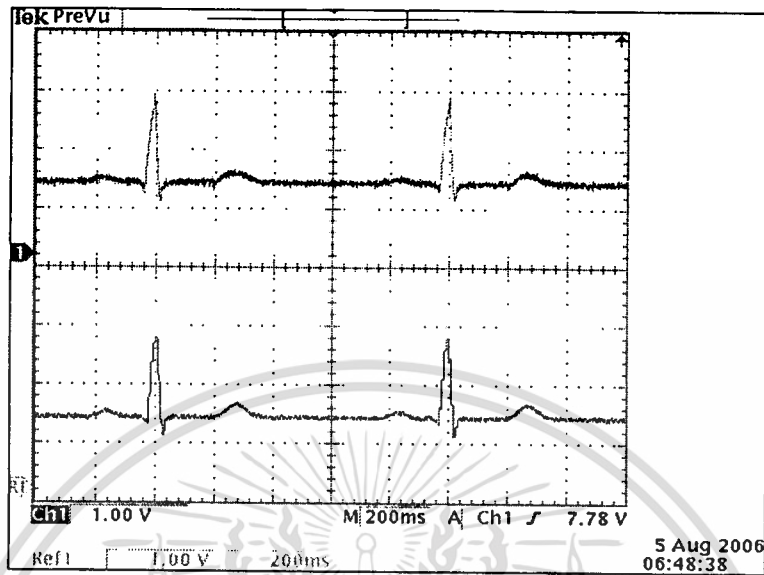


รูปที่ 4.226 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

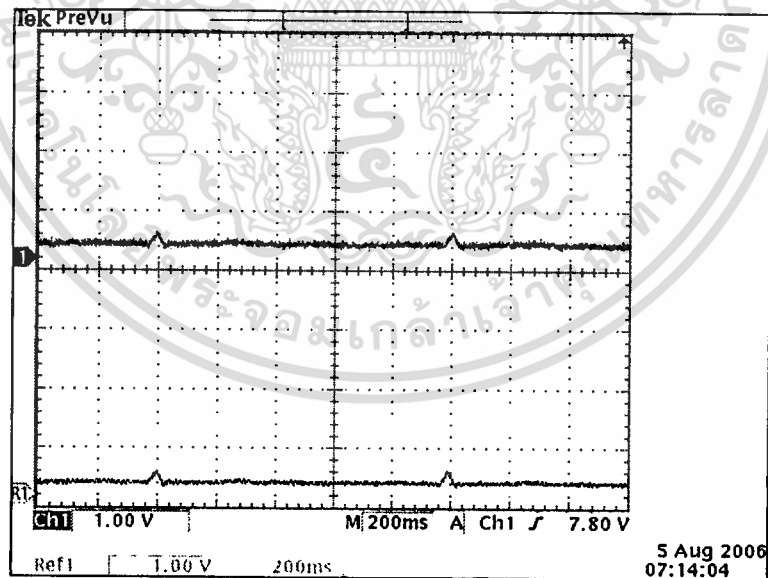


รูปที่ 4.227 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 2
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

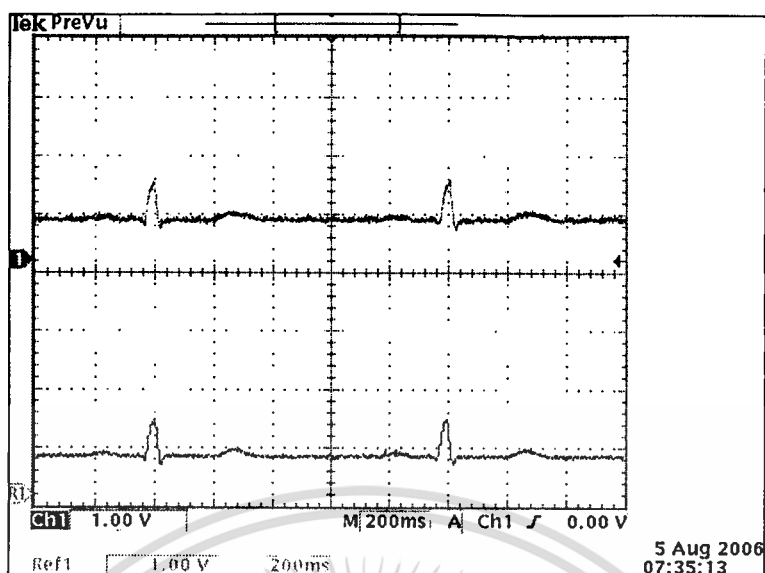
2. สมการดิกรี 3



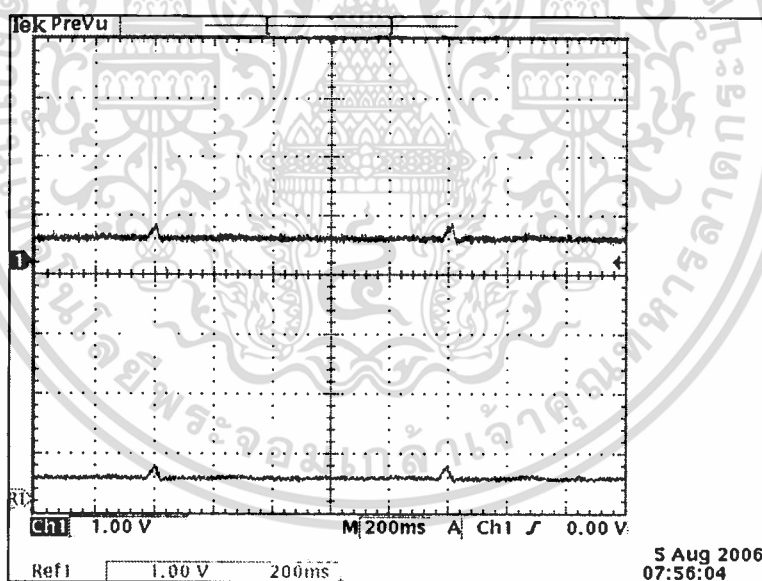
รูปที่ 4.228 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



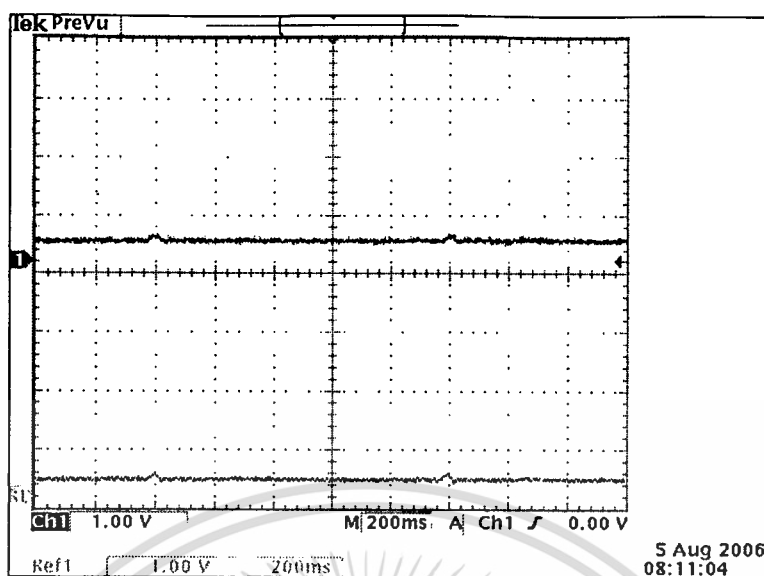
รูปที่ 4.229 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



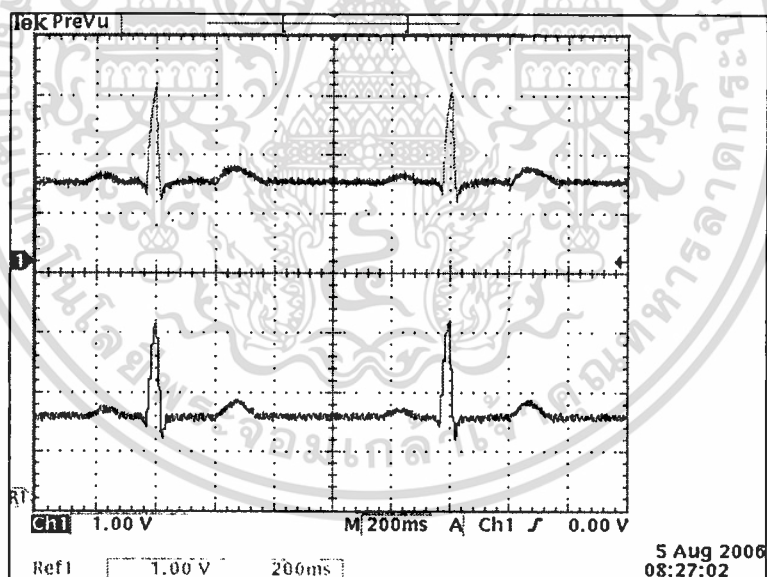
รูปที่ 4.230 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



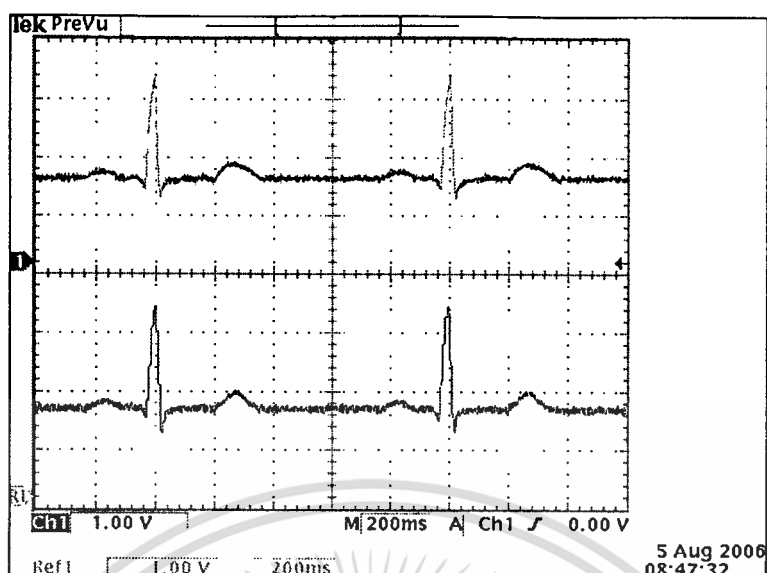
รูปที่ 4.231 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 3 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



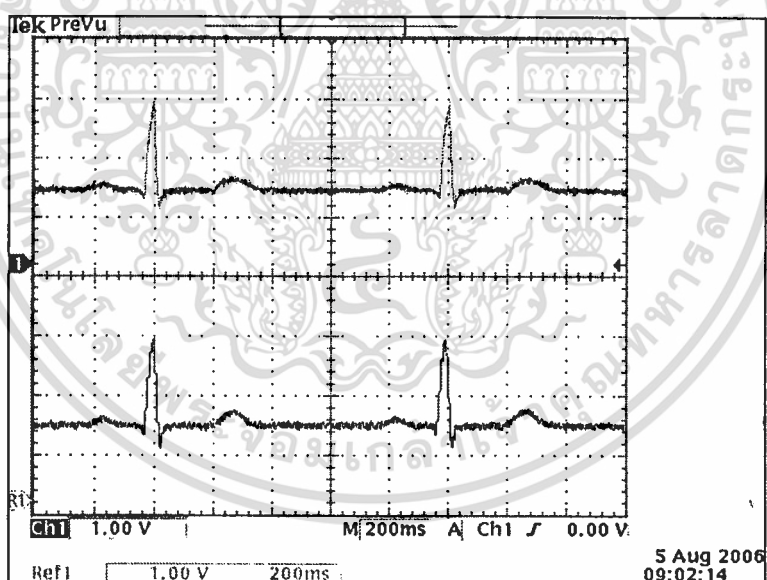
รูปที่ 4.232 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



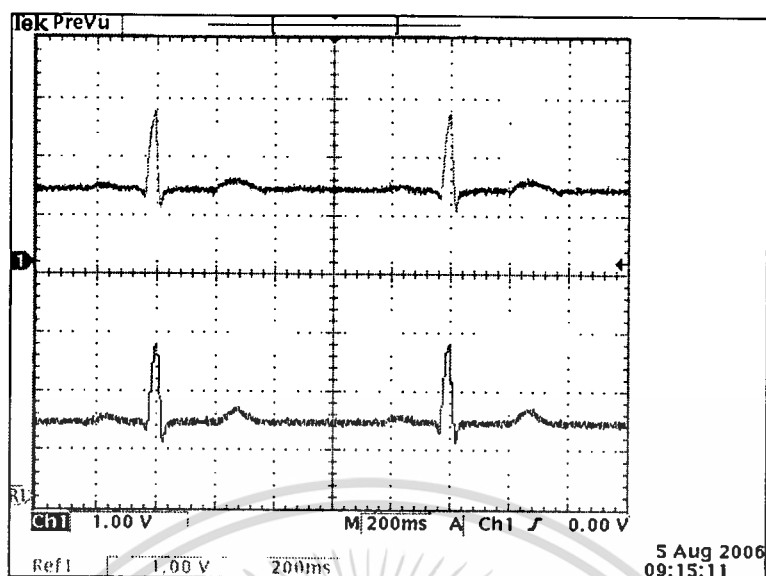
รูปที่ 4.233 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



รูปที่ 4.234 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

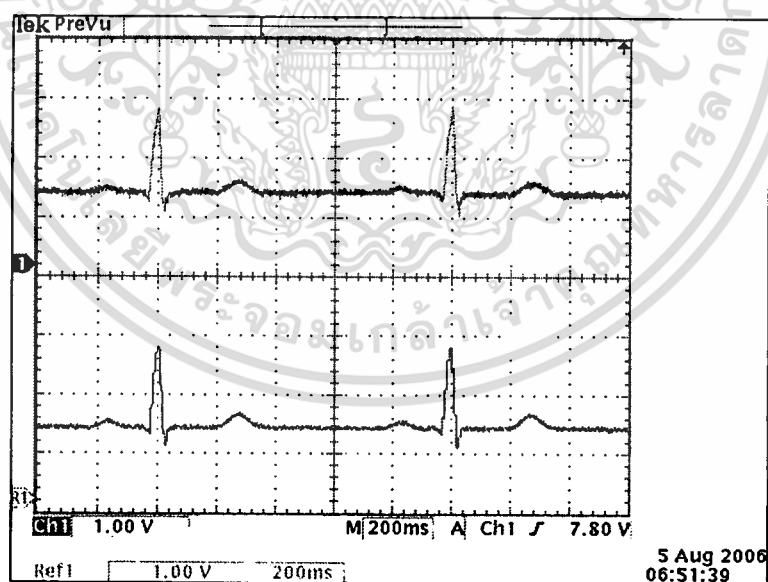


รูปที่ 4.235 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

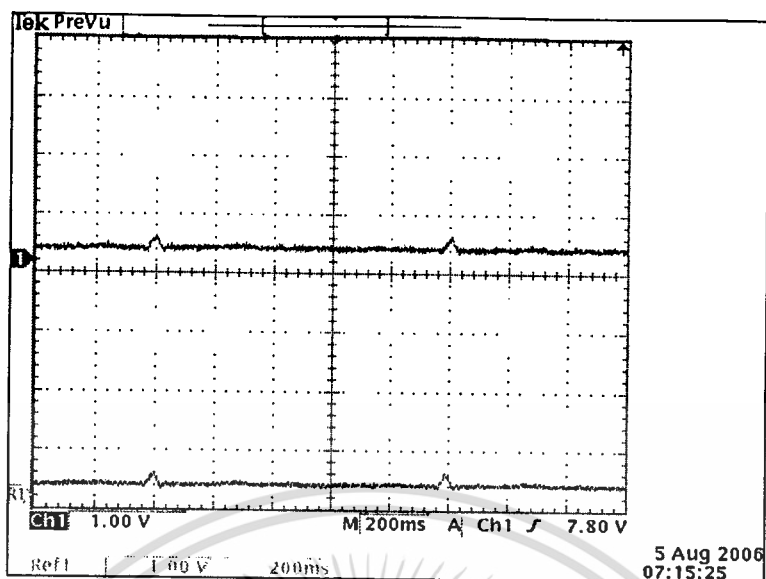


รูปที่ 4.236 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 3
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

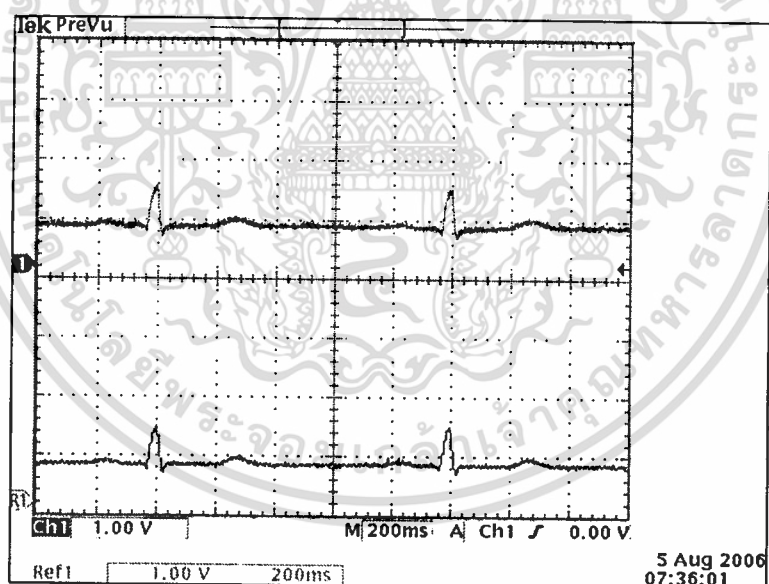
3. สมการดิกรี 4



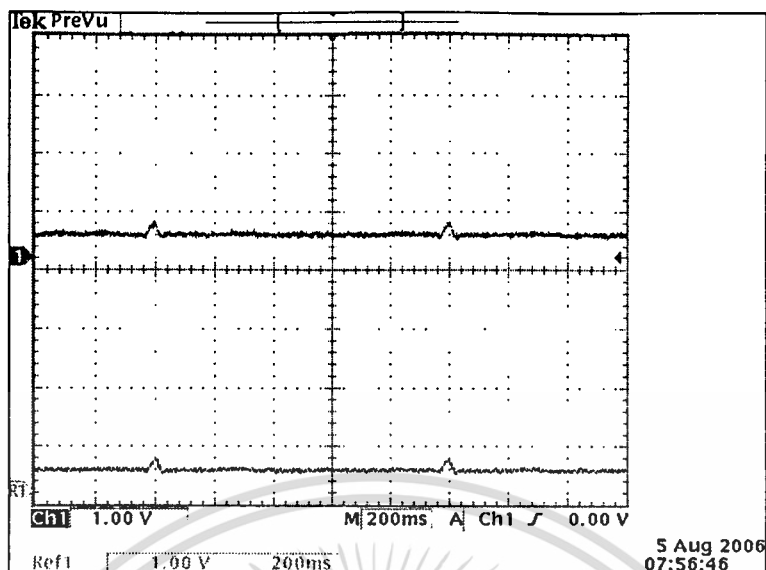
รูปที่ 4.237 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



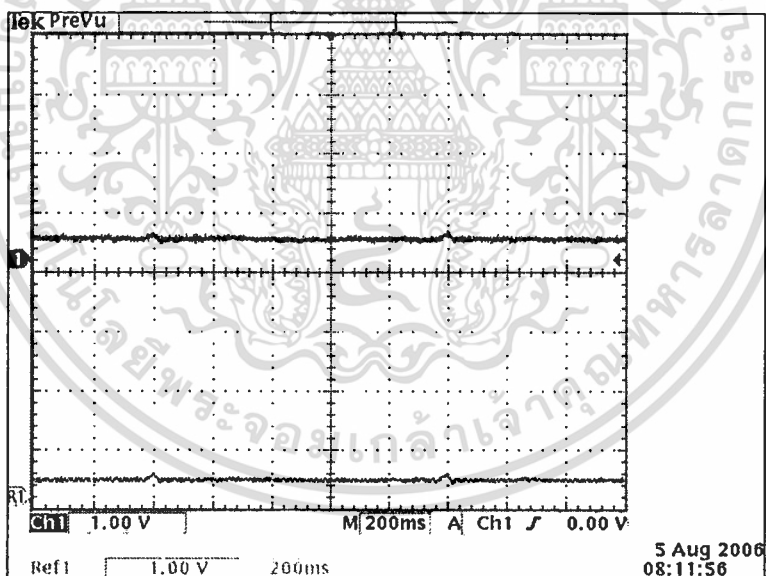
รูปที่ 4.238 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี่ 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



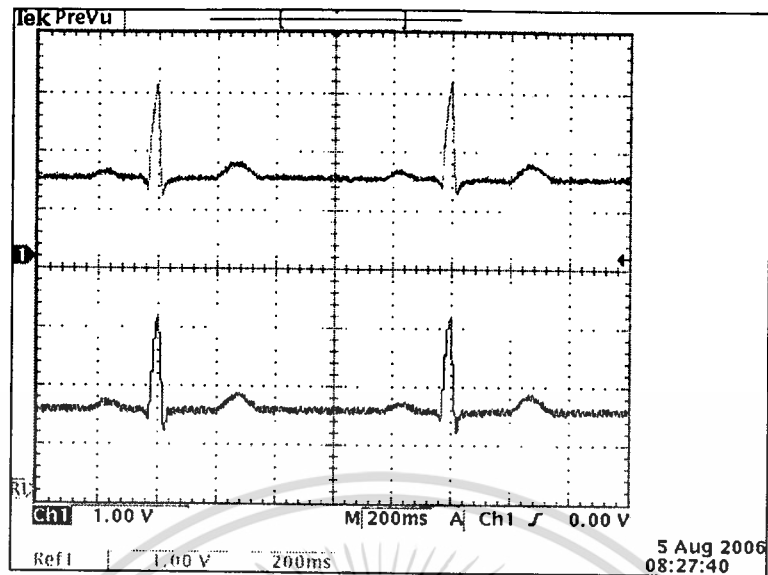
รูปที่ 4.239 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี่ 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



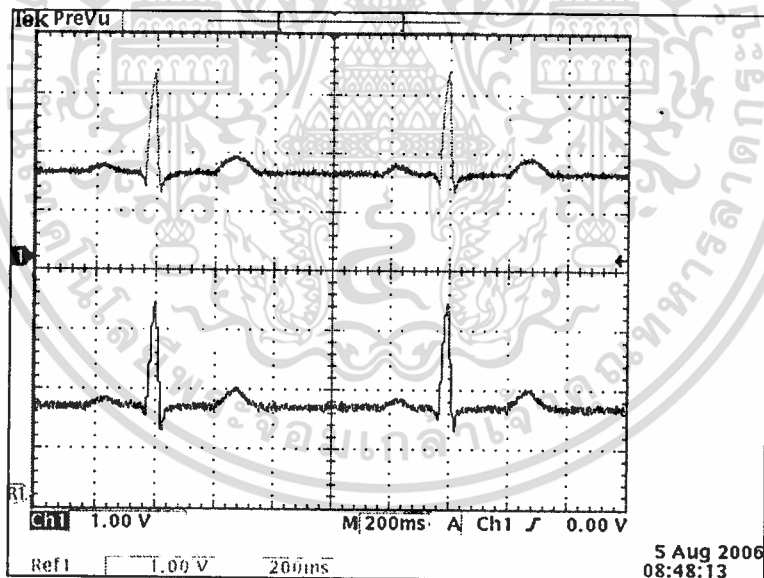
รูปที่ 4.240 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



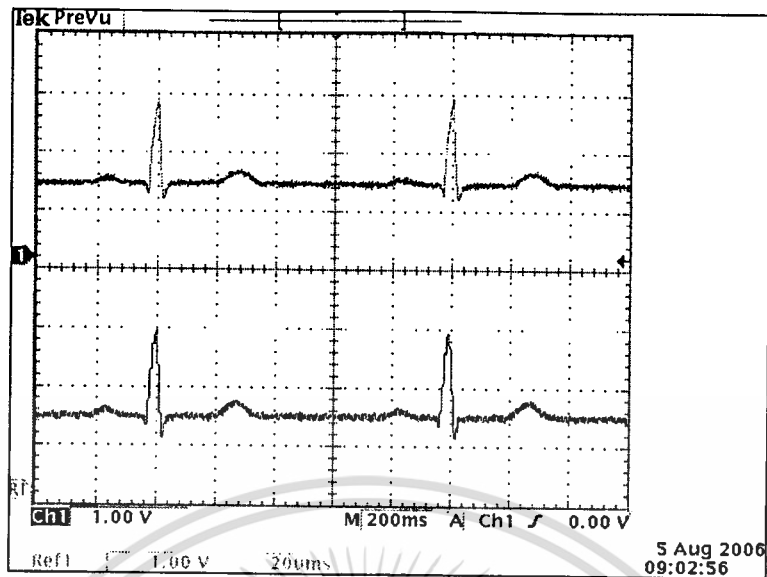
รูปที่ 4.241 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



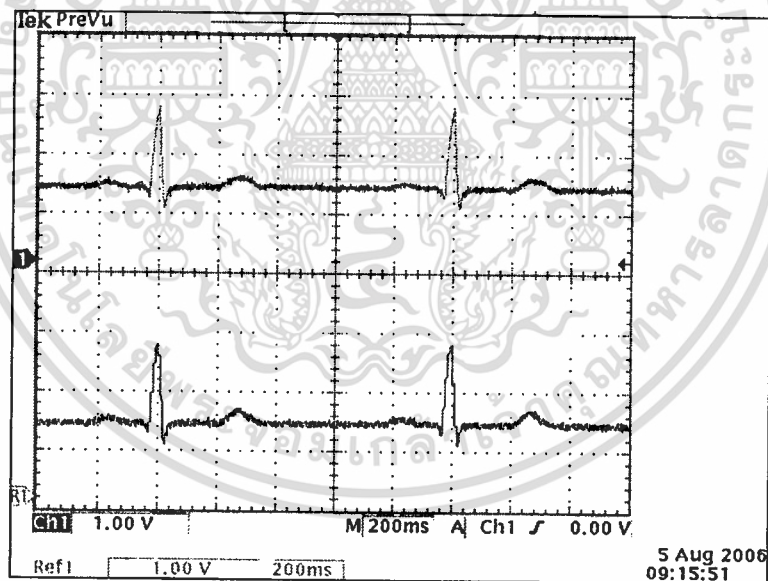
รูปที่ 4.242 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



รูปที่ 4.243 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 4
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

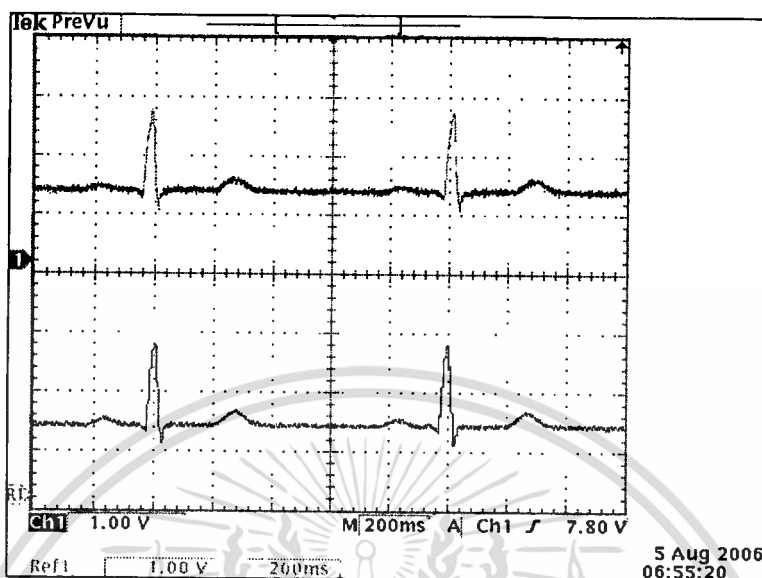


รูปที่ 4.244 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

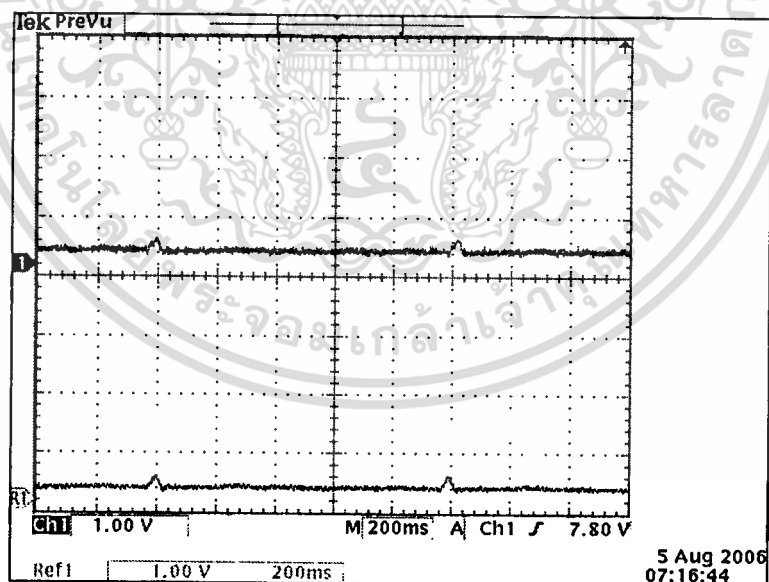


รูปที่ 4.245 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 4 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

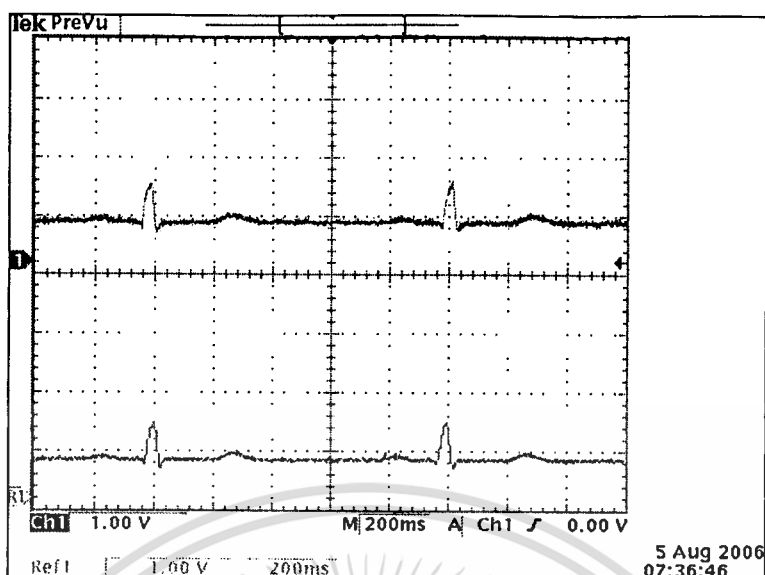
4. สมการดิกรี 5



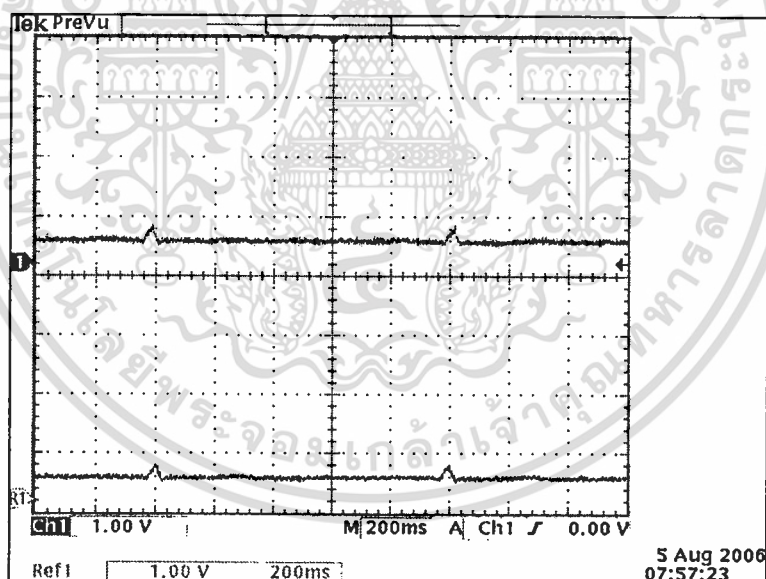
รูปที่ 4.246 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



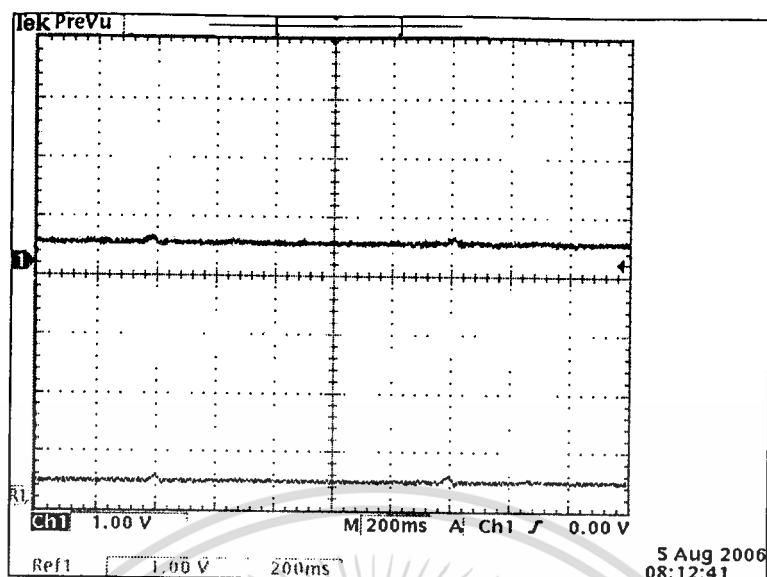
รูปที่ 4.247 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



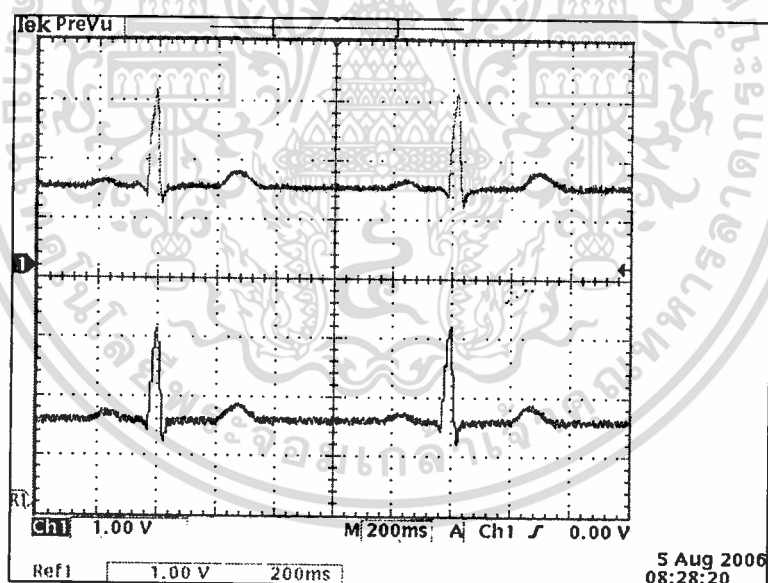
รูปที่ 4.248 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 5
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



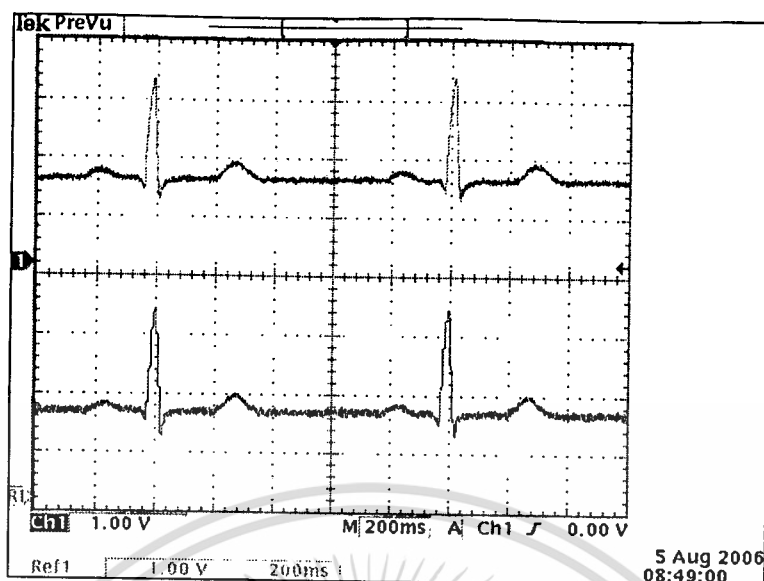
รูปที่ 4.249 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 5
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



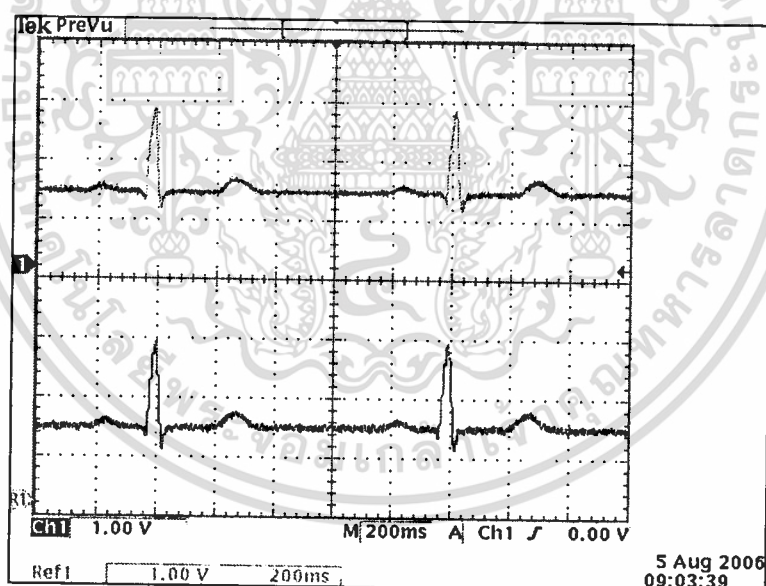
รูปที่ 4.250 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 ที่ความถี่ 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 5
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



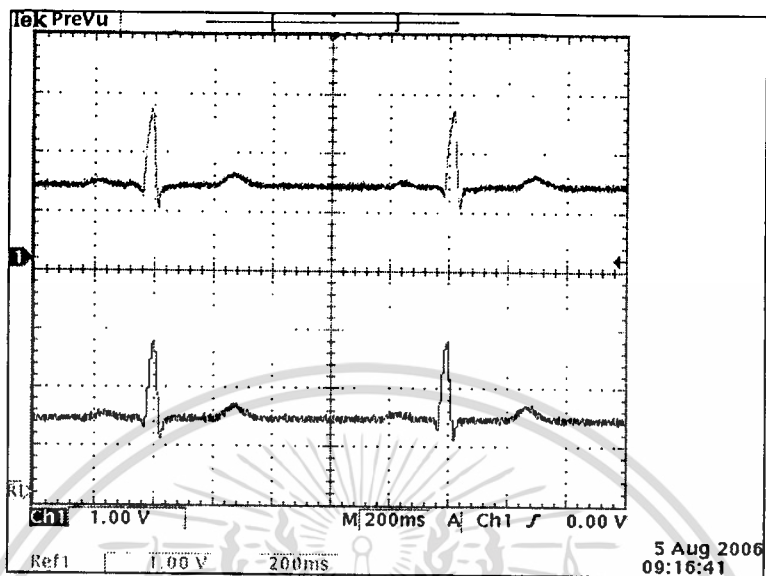
รูปที่ 4.251 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 ที่ความถี่ 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square คีกรี 5
ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



รูปที่ 4.252 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล้าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



รูปที่ 4.253 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดิกรี 5 ล้าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation



รูปที่ 4.254 ผลการจำลองสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 ที่ความถี่สุ่ม 4 kHz บน สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากเทคนิค Discrete Least Square ดีกรี 5 ล่าง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จาก ECG Simulation

4.10 การเปรียบเทียบผลการทดลอง

จากการทดลองที่ผ่านมาได้ทำการเก็บข้อมูลในรูปแบบจุดทศนิยมลอย (Floating Point) ซึ่งใช้พื้นที่การเก็บข้อมูลขนาด 4 ไบต์ จากตารางที่ 4.1 ถึง ตารางที่ 4.3 จะแสดงถึงจำนวนของข้อมูลที่ต้องจัดเก็บในหน่วยไบต์ และเทียบอัตราส่วนของการลดจำนวนของข้อมูลเทียบกับจำนวนของข้อมูลเดิม โดยจะพบว่าขนาดของข้อมูลที่ลดได้จะมีค่าเท่ากันขึ้นอยู่กับดีกรีของสมการที่ใช้ โดยจะขึ้นอยู่กับช่วงของสัญญาณที่แบ่ง แต่ไม่ขึ้นกับความถี่สุ่มที่เลือกใช้

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบจำนวนข้อมูลที่ต้องจัดเก็บเมื่อใช้ความถี่ 1 kHz

สัญญาณ	หลักการเดิม (ไบต์)	สมการดีกรี 2 (ไบต์)(%)	สมการดีกรี 3 (ไบต์)(%)	สมการดีกรี 4 (ไบต์)(%)	สมการดีกรี 5 (ไบต์)(%)
ชาชน 1 Hz	4,096	36(99.12)	48(98.83)	60(98.54)	72(98.24)
ชาชน 10 Hz	4,096	252(93.85)	336(91.80)	420(89.74)	504(87.70)
ชาชน 100 Hz	4,096	2,460(39.94)	3,280(19.92)	4,100(101.10)	4,920(120.11)
ECG LL	4,096	108(97.36)	144(96.48)	180(95.61)	216(94.73)
ECG RA	4,096	108(97.36)	144(96.48)	180(95.61)	216(94.73)
ECG LA	4,096	108(97.36)	144(96.48)	180(95.61)	216(94.73)
ECG V1	4,096	108(97.36)	144(96.48)	180(95.61)	216(94.73)
ECG V2	4,096	108(97.36)	144(96.48)	180(95.61)	216(94.73)
ECG V3	4,096	108(97.36)	144(96.48)	180(95.61)	216(94.73)
ECG V4	4,096	108(97.36)	144(96.48)	180(95.61)	216(94.73)
ECG V5	4,096	108(97.36)	144(96.48)	180(95.61)	216(94.73)
ECG V6	4,096	108(97.36)	144(96.48)	180(95.61)	216(94.73)

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบจำนวนข้อมูลที่ต้องจัดเก็บเมื่อใช้ความถี่ 2 kHz

สัญญาณ	หลักการเดิม (ไบต์)	สมการดีกรี 2 (ไบต์)(%)	สมการดีกรี 3 (ไบต์)(%)	สมการดีกรี 4 (ไบต์)(%)	สมการดีกรี 5 (ไบต์)(%)
ชาชน 1 Hz	8,192	36(99.56)	48(99.41)	60(99.27)	72(99.12)
ชาชน 10 Hz	8,192	252(96.92)	336(95.90)	420(94.87)	504(93.85)
ชาชน 100 Hz	8,192	2,460(69.97)	3,280(59.96)	4,100(49.95)	4,920(39.94)
ECG LL	8,192	108(98.68)	144(98.24)	180(97.80)	216(97.36)
ECG RA	8,192	108(98.68)	144(98.24)	180(97.80)	216(97.36)
ECG LA	8,192	108(98.68)	144(98.24)	180(97.80)	216(97.36)
ECG V1	8,192	108(98.68)	144(98.24)	180(97.80)	216(97.36)
ECG V2	8,192	108(98.68)	144(98.24)	180(97.80)	216(97.36)
ECG V3	8,192	108(98.68)	144(98.24)	180(97.80)	216(97.36)
ECG V4	8,192	108(98.68)	144(98.24)	180(97.80)	216(97.36)
ECG V5	8,192	108(98.68)	144(98.24)	180(97.80)	216(97.36)
ECG V6	8,192	108(98.68)	144(98.24)	180(97.80)	216(97.36)

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบจำนวนข้อมูลที่ต้องจัดเก็บเมื่อใช้ความถี่ 4 kHz

สัญญาณ	หลักการเดิม (ไบต์)	สมการดีกรี 2 (ไบต์)(%)	สมการดีกรี 3 (ไบต์)(%)	สมการดีกรี 4 (ไบต์)(%)	สมการดีกรี 5 (ไบต์)(%)
ซายน์ 1 Hz	16,384	36(99.78)	48(99.70)	60(99.63)	72(99.56)
ซายน์ 10 Hz	16,384	252(98.46)	336(97.94)	420(97.44)	504(96.92)
ซายน์ 100 Hz	16,384	2,460(84.99)	3,280(79.98)	4,100(74.97)	4,920(69.97)
ECG LL	16,384	108(99.34)	144(99.12)	180(98.90)	216(98.68)
ECG RA	16,384	108(99.34)	144(99.12)	180(98.90)	216(98.68)
ECG LA	16,384	108(99.34)	144(99.12)	180(98.90)	216(98.68)
ECG V1	16,384	108(99.34)	144(99.12)	180(98.90)	216(98.68)
ECG V2	16,384	108(99.34)	144(99.12)	180(98.90)	216(98.68)
ECG V3	16,384	108(99.34)	144(99.12)	180(98.90)	216(98.68)
ECG V4	16,384	108(99.34)	144(99.12)	180(98.90)	216(98.68)
ECG V5	16,384	108(99.34)	144(99.12)	180(98.90)	216(98.68)
ECG V6	16,384	108(99.34)	144(99.12)	180(98.90)	216(98.68)

เมื่อนำสัมประสิทธิ์ที่ได้มาสร้างสัญญาณกลับจะได้สัญญาณที่แตกต่างจากสัญญาณเดิม การเปรียบเทียบผลการทดลองจะนำค่า PRD มาเปรียบเทียบกันซึ่งเป็นตัวจะเป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพของการลดขนาดข้อมูล

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่า PRD จากผลการทดลองสร้างสัญญาณชาชน์ และสัญญาณคลื่นไฟฟ้า
หัวใจ ความถี่กลุ่ม 1 kHz

สัญญาณ	สมการดีกรี 2	สมการดีกรี 3	สมการดีกรี 4	สมการดีกรี 5
ชาชน์ 1 Hz	2.4666236869	2.4615166230	0.3168695739	0.3169454368
ชาชน์ 10 Hz	2.5373441148	2.3973693722	0.2968530859	0.2918647307
ชาชน์ 100 Hz	5.8317927273	1.9197648797	1.7151742036	1.7151742036
LL	1.9323676978	1.5326584103	1.4312424675	1.4023220887
RA	6.4437214122	6.3639076033	6.3152544283	6.2763616617
LA	3.1527634057	2.7235023121	2.5975205673	2.5732527828
V1	24.1120433608	22.9327070046	22.8530790237	22.7303770999
V2	10.8427481544	10.7832046841	10.7302116301	10.6928253749
V3	1.6094118235	1.0649565654	0.8876760034	0.8307207308
V4	1.6165386991	1.0253433436	0.8316981630	0.7773543496
V5	1.7301906083	1.1814476611	1.0290268416	0.9819688857
V6	1.8160615371	1.2896638949	1.1652639966	1.1287205040

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่า PRD จากผลการทดลองสร้างสัญญาณชาชน์ และสัญญาณคลื่นไฟฟ้า
หัวใจ ความถี่กลุ่ม 2 kHz

สัญญาณ	สมการดีกรี 2	สมการดีกรี 3	สมการดีกรี 4	สมการดีกรี 5
ชาชน์ 1 Hz	2.4484370007	2.4458691944	0.2507947291	0.2507491434
ชาชน์ 10 Hz	2.5244295504	2.4362266881	0.3866468679	0.3843481747
ชาชน์ 100 Hz	6.2301673126	2.8779044139	1.9369137060	1.7541319663
LL	2.2853539144	1.8779624565	1.4605103879	1.2942148987
RA	9.1795330627	9.1165448318	8.9555245341	8.8831938466
LA	4.1989392170	3.5945192840	3.1746654851	3.0541678240
V1	38.4652423826	37.9167109149	37.1272317691	36.7564383507
V2	15.8945935050	15.7889389497	15.7399314230	15.6162705854
V3	2.3627126780	1.8833650118	1.4076393185	1.2142350436
V4	2.2308402562	1.7044646167	1.1348705610	0.8925101712
V5	2.4379704495	2.0096551113	1.5500753056	1.4158386614
V6	2.5306625043	2.1163621609	1.7137676406	1.5890872329

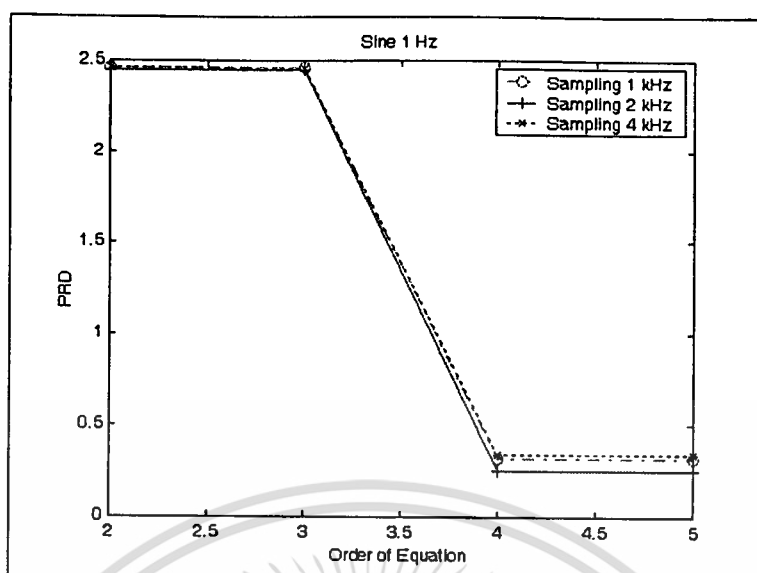
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

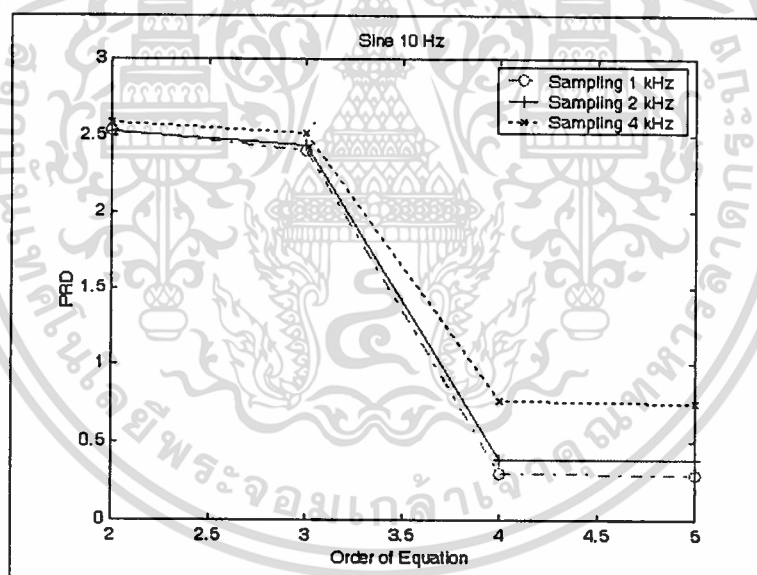
ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่า PRD จากผลการทดลองสร้างสัญญาณซายน์ และสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ความถี่สุ่ม 4 kHz

สัญญาณ	สมการดีกรี 2	สมการดีกรี 3	สมการดีกรี 4	สมการดีกรี 5
ซายน์ 1 Hz	2.4597027896	2.4589181936	0.3353057064	0.3352859148
ซายน์ 10 Hz	2.5902170577	2.5175854047	0.7628732359	0.7436490343
ซายน์ 100 Hz	8.4430869308	4.4290432546	3.5566921161	3.4495768898
LL	3.4922299196	3.2956519251	2.9835662127	2.8530649557
RA	12.5456026692	12.4863457020	12.3315328610	12.1819629116
LA	9.6684644549	9.4201253332	9.2618258055	9.1806034826
V1	41.7678141083	41.2836141574	40.8957298744	40.6764665571
V2	23.7355637699	23.5156303228	23.3169840931	23.1363382514
V3	2.8424981078	2.5158686949	2.2446788197	2.1015599613
V4	2.7555036720	2.4225930264	2.1355838446	2.0253043377
V5	2.8120669157	2.5146424399	2.2653362873	2.1146413864
V6	2.7675734426	2.5219299741	2.3378143931	2.2386850673

นำค่า PRD ของแต่ละสัญญาณมาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกันระหว่างความถี่สุ่มต่างๆ จะพบว่าความถี่สุ่มที่สูงกว่าจะมีค่า PRD สูงกว่าในทุกๆ สัญญาณแต่มีแนวโน้มว่าค่า PRD จะลดลงเมื่อดีกรีของสมการมีค่าสูงขึ้น

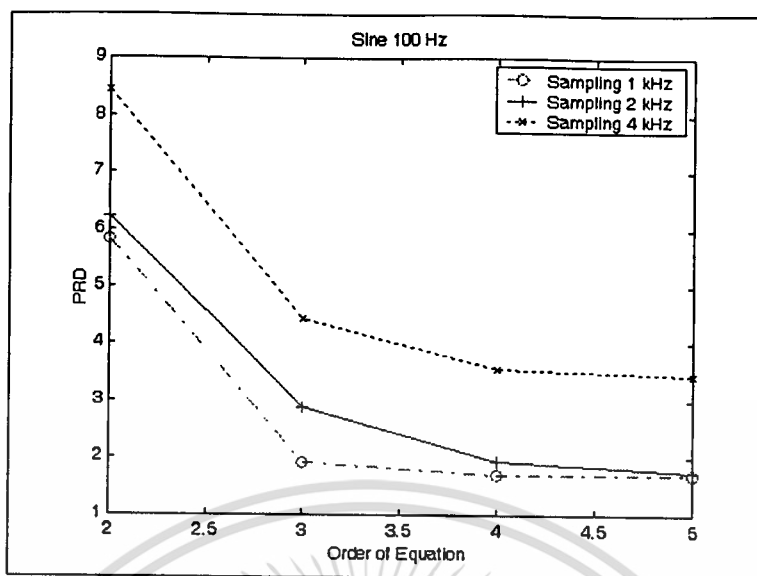


รูปที่ 4.255 แสดงค่า PRD ของสัญญาณไซน์ความถี่ 1 Hz เทียบกับจำนวนดีกรีของสมการที่ความถี่สุ่มต่างๆ

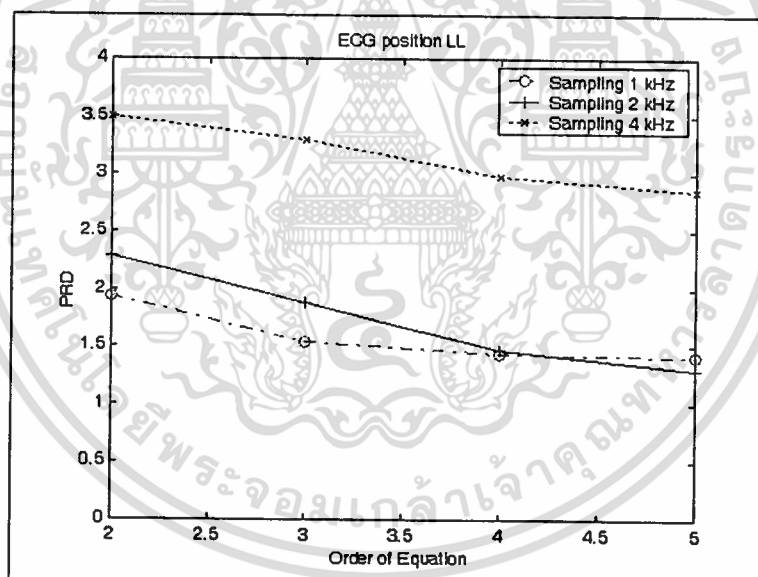


รูปที่ 4.256 แสดงค่า PRD ของสัญญาณไซน์ความถี่ 10 Hz เทียบกับจำนวนดีกรีของสมการที่ความถี่สุ่มต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

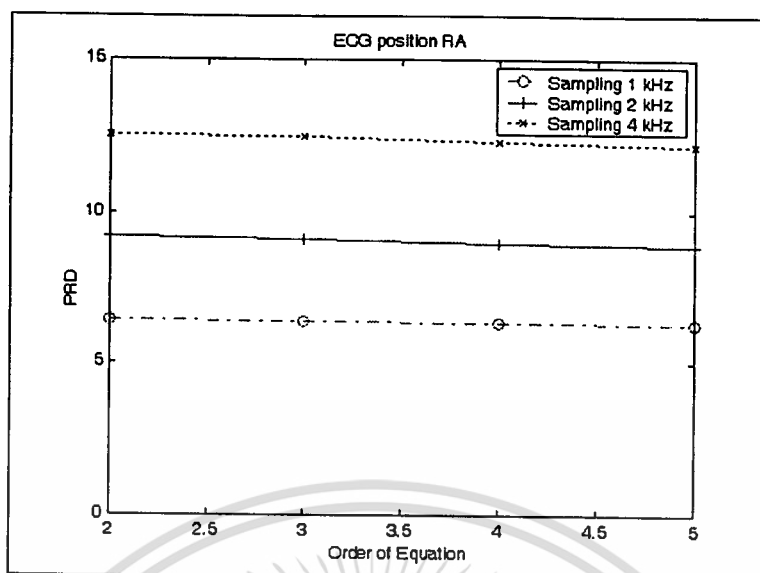


รูปที่ 4.257 แสดงค่า PRD ของสัญญาณไซน์ความถี่ 100 Hz เทียบกับจำนวนดีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ

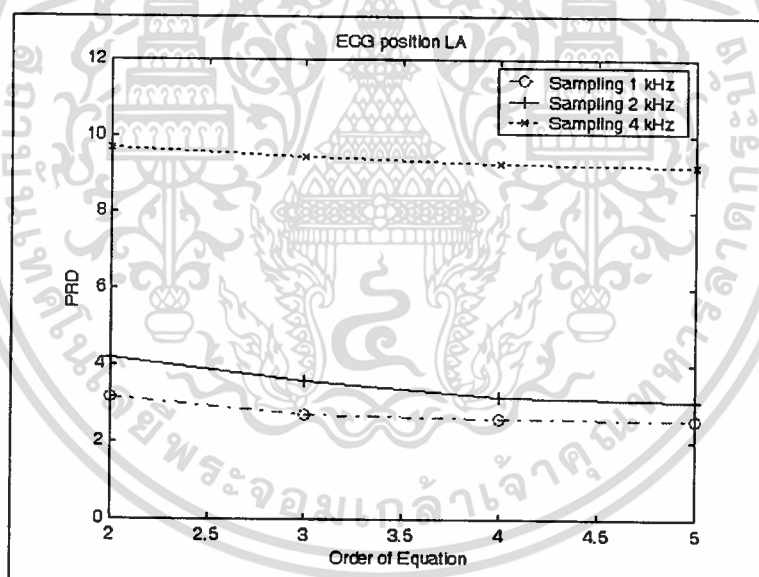


รูปที่ 4.258 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL เทียบกับจำนวนดีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ

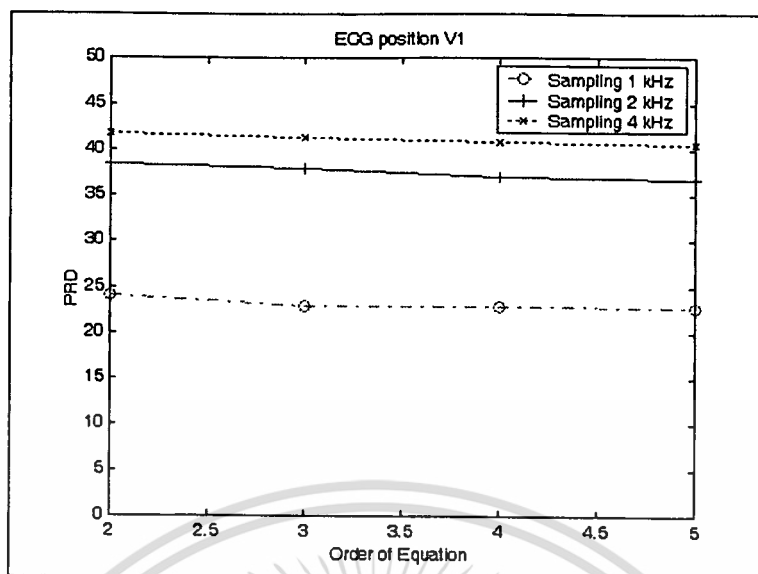
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



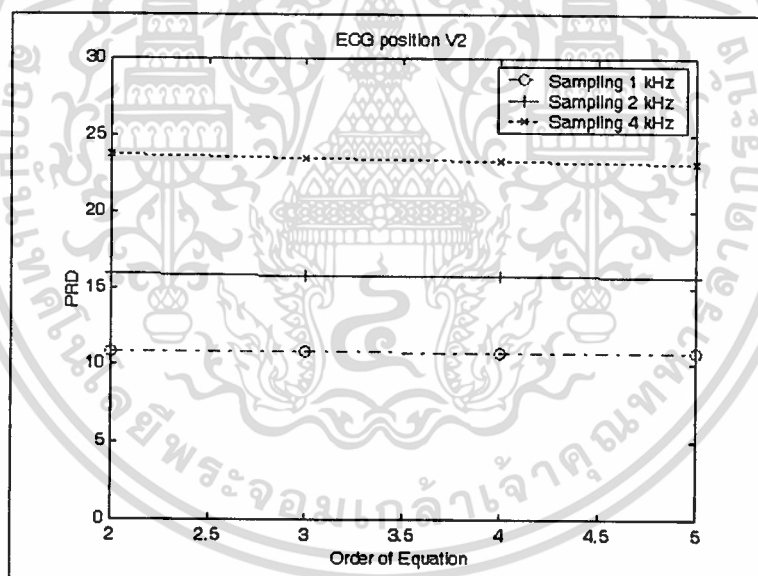
รูปที่ 4.259 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง RA เทียบกับจำนวนดีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ



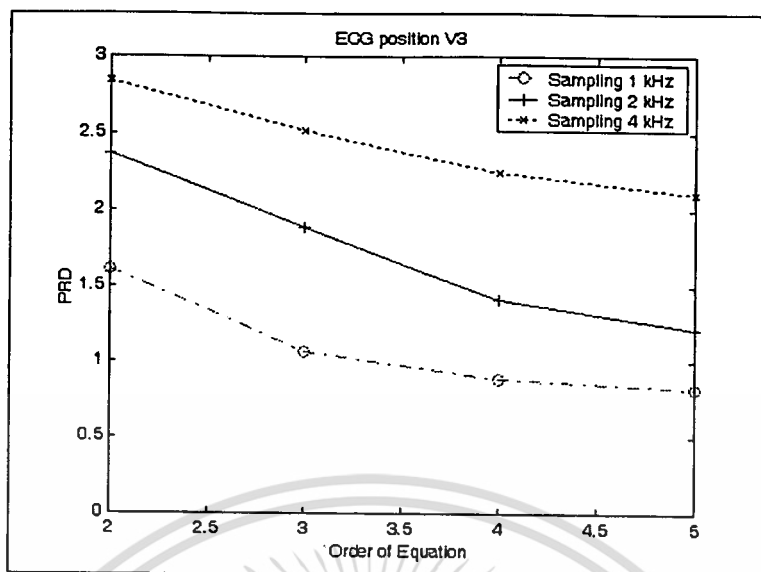
รูปที่ 4.260 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LA เทียบกับจำนวนดีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ



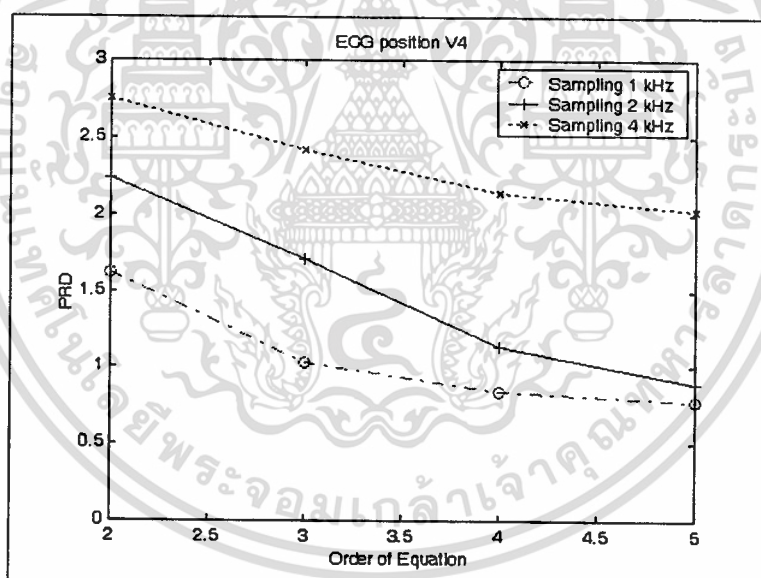
รูปที่ 4.261 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 เทียบกับจำนวนดีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ



รูปที่ 4.262 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V2 เทียบกับจำนวนดีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ

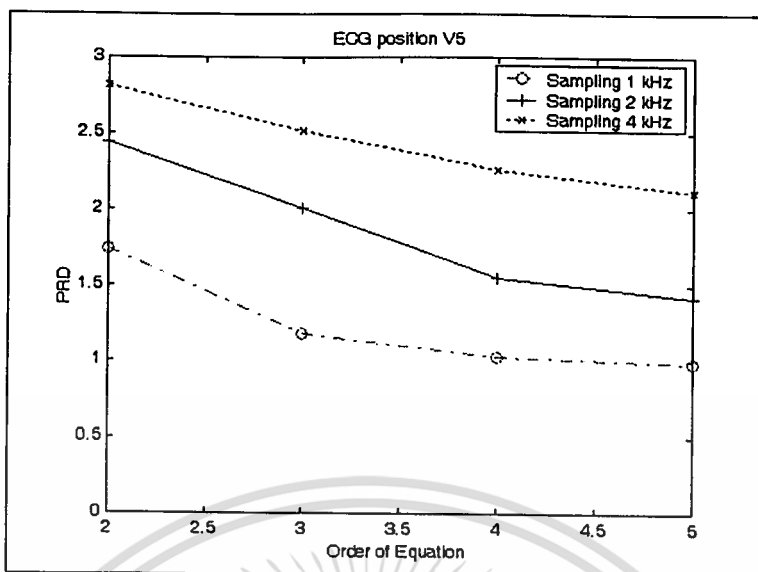


รูปที่ 4.263 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V3 เทียบกับจำนวนดีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ

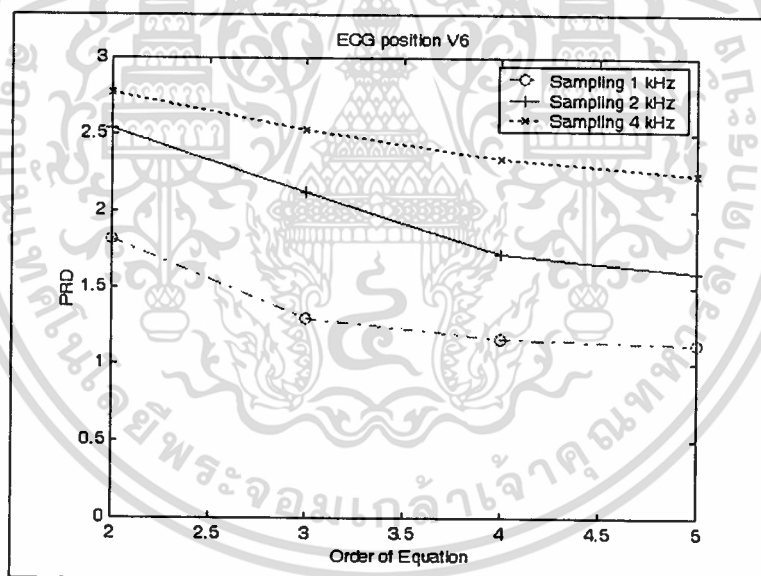


รูปที่ 4.264 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V4 เทียบกับจำนวนดีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.265 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V5 เทียบกับจำนวนดีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ



รูปที่ 4.266 แสดงค่า PRD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V6 เทียบกับจำนวนดีกรีของสมการ ที่ความถี่สุ่มต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองพบว่า การสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์แบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้เทคนิคการประมาณค่า Discrete Least Square พบว่าสามารถลดจำนวนของข้อมูลที่ต้องจัดเก็บได้เป็นอย่างดี โดยใช้พื้นที่จัดเก็บเท่ากันในทุกสัญญาณ โดยไม่ขึ้นอยู่กับความถี่สุ่มที่ใช้ ยกเว้นสัญญาณชายน์ความถี่ 100 Hz ความถี่สุ่ม 1 kHz ดิจรี 4 และ 5 ที่ไม่สามารถใช้เทคนิคนี้ได้ เนื่องจากช่วงของสมการที่ต้องแบ่งมีมากทำให้สัมประสิทธิ์มีมากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ ลักษณะสัญญาณที่เหมือนกันใช้สมการเดียวกัน ก็จะสามารถลดจำนวนของข้อมูลที่ต้องจัดเก็บลงได้อีกมาก โดยจะเหลือข้อมูลที่ต้องจัดเก็บในดิจรี 4 เพียง 10 ข้อมูล และในดิจรี 5 เพียง 12 ข้อมูล และในสัญญาณชายน์ 10 Hz หากกระทำเช่นเดียวกันกับสัญญาณชายน์ความถี่ 100 Hz ก็จะสามารถลดจำนวนของข้อมูลที่ต้องจัดเก็บได้อีกเช่นเดียวกัน ซึ่งค่าความผิดพลาดที่วัดได้มีค่าต่ำในทุกสัญญาณ และมีแนวโน้มว่ามีความผิดพลาดลดลงเมื่อใช้ดิจรีที่สูงขึ้น ยกเว้นในสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง V1 ซึ่งมีความผิดพลาดสูงที่สุด ซึ่งเกิดจากสัญญาณรบกวน และสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ตำแหน่งนี้มีแอมพลิจูดต่ำมาก จึงทำให้เกิดความผิดพลาดได้มากกว่าสัญญาณอื่น จากกราฟการเปรียบเทียบค่า PRD ของสัญญาณต่างๆ จะพบว่าที่ความถี่สูงจะมีค่า PRD มากกว่าที่ความถี่ต่ำ ซึ่งเกิดจากสัญญาณรบกวนที่วัดได้มีความถี่สูงตามความถี่สุ่ม และดิจรีของสมการไม่มากพอที่จะสร้างสัญญาณรบกวนตามที่วัดได้ จึงทำให้มีค่าผิดพลาดสูงกว่าความถี่ต่ำ

การประยุกต์เทคนิคประมาณค่า Discrete Least Square นี้ยังสามารถนำไปใช้งานในลักษณะอื่นได้อีก เช่น การลดจำนวนข้อมูลที่ต้องส่งในการสื่อสารทำให้สามารถใช้บิตเรตที่ต่ำได้ หรือ ลดขนาดข้อมูลที่ต้องจัดเก็บในสัญญาณอื่น สำหรับการใช้นั้นสามารถนำไปเป็นเครื่องจำลองคลื่นไฟฟ้าหัวใจได้ทันที เพราะอุปกรณ์ที่ออกแบบได้สร้างสัญญาณให้มีลักษณะคล้ายสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่แท้จริงได้ และยังออกแบบให้มีขนาดเล็ก เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน

บรรณานุกรม

- [1] ชมพูนุช อ่อนจรีต “คลื่นไฟฟ้าหัวใจทางคลินิก” กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2543.
- [2] พงษ์ เกียรติมงคล “คุณสมบัติการกระจายตัวของคลื่นไฟฟ้าหัวใจใหม่เพื่อการตรวจความผิดปกติของคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากสัญญาณเอพวเรจในผู้ป่วยกลุ่มอาการบรูเกดา” วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีววิทยาศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2544.
- [3] อัจฉรา เสดฤทธิ์พิทักษ์ “คู่มือการแปลผล EKG โดยสรุป” กรุงเทพฯ : กรุงเทพมหานครการพิมพ์. 2525.
- [4] Argyle, Bruce, M.D. “Part of ECG MicroEKG Computer Program Manual Mad Scientist Software.” [www.madsci.com/manu/ekg_part.htm]. : 2000.
- [5] Bahoura, Hassani M.M., Hubin M. “DSP Implementation of Wavelet transform for Real Time ECG Wave Forms Detection and heart Rate Analysis.” Computer methods and Programs in Biomedicines. Vol.52. : pp. 35-44, 1997.
- [6] Buchanan James L., Turner Peter R. “Numerical Methods and Analysis” : McGRAW-HILL International Editions. 1992
- [7] Dean J. and Gerred S. “The Electrical Axis at a glance, ECG Library,” [www.ecglibrary.com/axis.html]. : 1996.
- [8] Lhotska, Lenka, et al, “Biological Data Preprocessing : A Case Study Intelligent and Adaptive Systems in Medicine.” [bio.felk.cvut.cz/~macek/publications.html]. Czech Republic : 2003.
- [9] Malmivuo, Jaakko, and Plonsey R. “Bioelectromagnetism : Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields.” [butler.cc.tut.fi/~malmivuo/bem/bembook/15/15.htm]. New York :Oxford Press. 1995.
- [10] Mathwork. “polyfit (MATLAB Functions)” [Online]. Available : <http://www.mathwork.com/access/helpdesk/help/techdoc/ref/polyfit.html>
- [11] Mathwork. “polyval (MATLAB Functions)” [Online]. Available : <http://www.mathwork.com/access/helpdesk/help/techdoc/ref/polyval.html>
- [12] Pan J. and Tompkins W.J. “A Real-Time QRS Detection Algorithm.” **IEEE Transaction on Biomedical Engineering.** : pp.230-236, 1985.

- [13] Tompkins W.J. editor **Biomedical Digital Signal Processing C – Language Example and Laboratory Experiments for the IBM®P.** Englewood Cliffs : Prentice – Hall International Inc., NJ, USA, 1993.
- [14] Yanowitz, Frank G., M.D. “The Alan E. Lindsay ECG learning Center in cyberspace.” [medlib.med.utah.edu/kw/ecg/image_index/index.html]. : 2003.





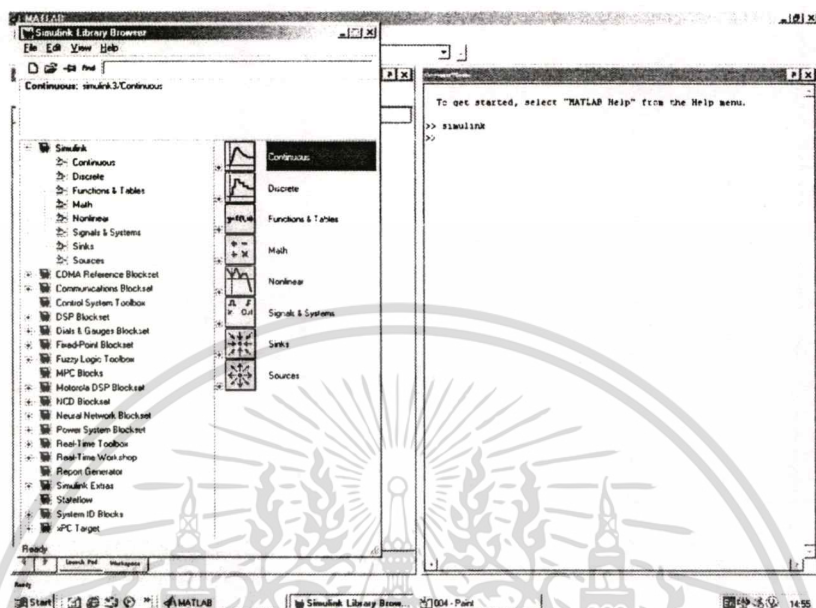
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data acquisition card AD612 ถูกออกแบบมาเพื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต PCI AD612 ประกอบด้วยตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลขนาด 12 บิต อัตราสุ่มสูงสุด 100 kHz อินพุต 4 ช่องสามารถเลือกใช้ได้จาก Software และอินพุต 8 ช่องแบบมัลติเพล็กซ์ ตัวแปลงดิจิทัลเป็นอนาล็อก 12 บิต 4 ช่องแบบแยกจากกัน มีอินพุตและเอาต์พุตแบบดิจิทัล 8 บิต บอร์ด ออกแบบมาสำหรับบันทึกข้อมูล และประยุกต์การใช้งานควบคุม และเพื่อการใช้งานที่มีประสิทธิภาพสามารถร่วมกับ Real Time Toolbox ของ MATLAB การใช้งานจะต่อ ECG Simulation ผ่าน Instrument Amplifier

คุณสมบัติของ card

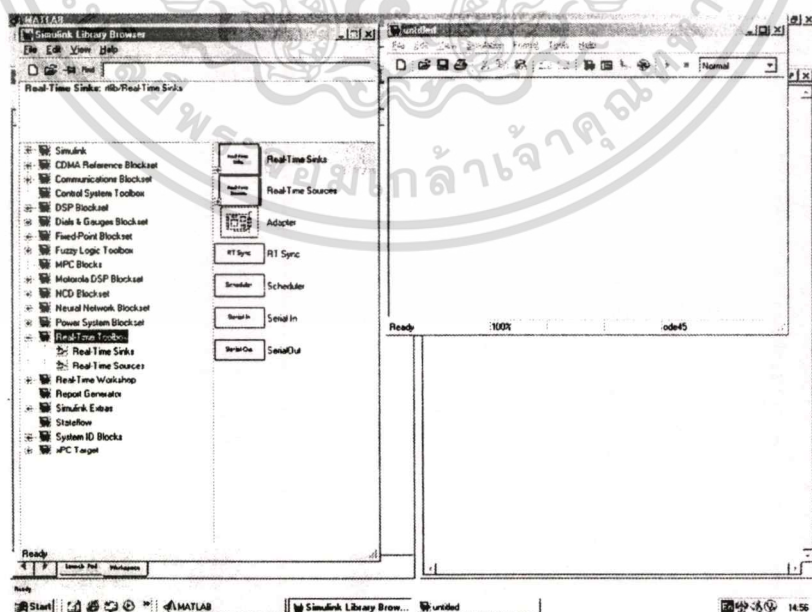
- ใช้เวลาในการแปลงสัญญาณ $10\mu\text{s}$ ความคมชัดที่ 12 bit
- 8 ช่องสัญญาณอินพุตแบบมัลติเพล็กซ์
- เลือกช่วงอินพุตได้จาก Software ที่ $\pm 10\text{V}$ $\pm 5\text{V}$ $0-10\text{V}$ และ $0-5\text{V}$
- โวลต์เดจอ้างอิงภายใน
- แปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก 12 bit 4 ช่องสัญญาณและขนาดของสัญญาณ $\pm 10\text{V}$
- อินพุตแบบดิจิทัล 8 บิตแบบ TTL
- เอาต์พุตแบบดิจิทัล 8 บิตแบบ TTL
- มี Interrupt
- ต้องการพอร์ต PCI 1 พอร์ต
- ใช้ไฟฟ้า 300 mA ที่ 5 Volt 50 mA ที่ 12 Volt และ 50 mA ที่ -12 Volt
- ทำงานในช่วงอุณหภูมิ 0°C ถึง 70°C

การใช้งาน Data acquisition card AD612 ต้องการใช้ผ่าน Real Time Toolbox ของ MATLAB จึงต้องเปิดโปรแกรม MATLAB ก่อน พิมพ์คำสั่ง simulink จะมีหน้าต่างใหม่ขึ้นมาดังรูป



รูปที่ ก.1 แสดงหน้าต่างเมื่อพิมพ์คำสั่ง simulink

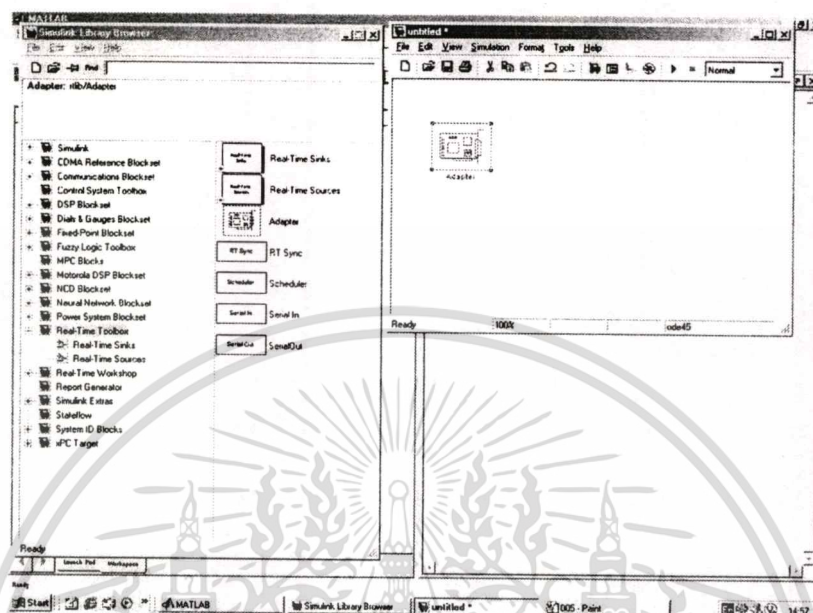
เลือกคำสั่ง new เพื่อเปิดหน้าต่างงานใหม่ และคลิกคำสั่ง Real-Time Tool Box เพื่อเลือกอุปกรณ์ในรายการ



รูปที่ ก.2 แสดงหน้าต่างงานใหม่และอุปกรณ์ในคำสั่ง Real-Time Tool Box

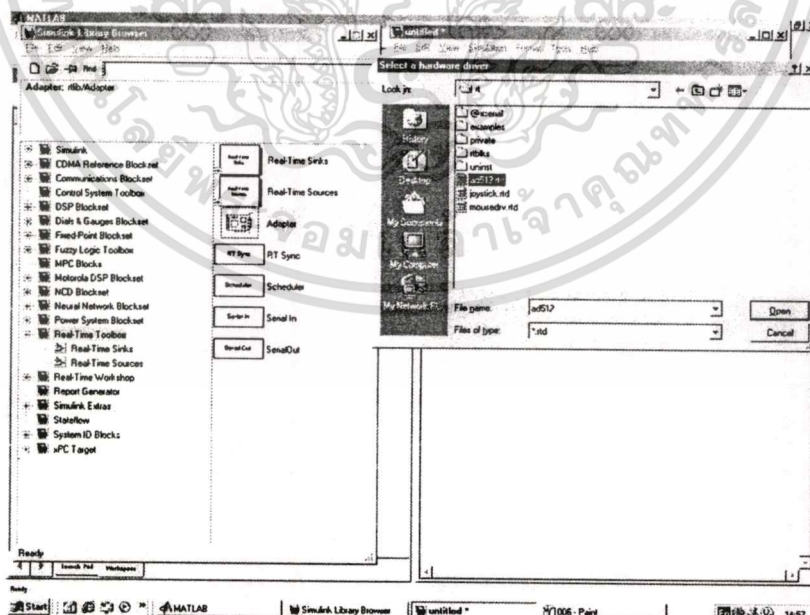
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกอุปกรณ์ Adapter แล้วแดรกเมาส์วางอุปกรณ์ Adapter บนหน้าต่างงานที่เปิดใหม่ จะสังเกตได้ว่าอุปกรณ์ Adapter จะเป็นสีแดง หมายถึงอุปกรณ์ Adapter ยังไม่สามารถใช้งานได้



รูปที่ ก.3 แสดงการวางอุปกรณ์ Adapter

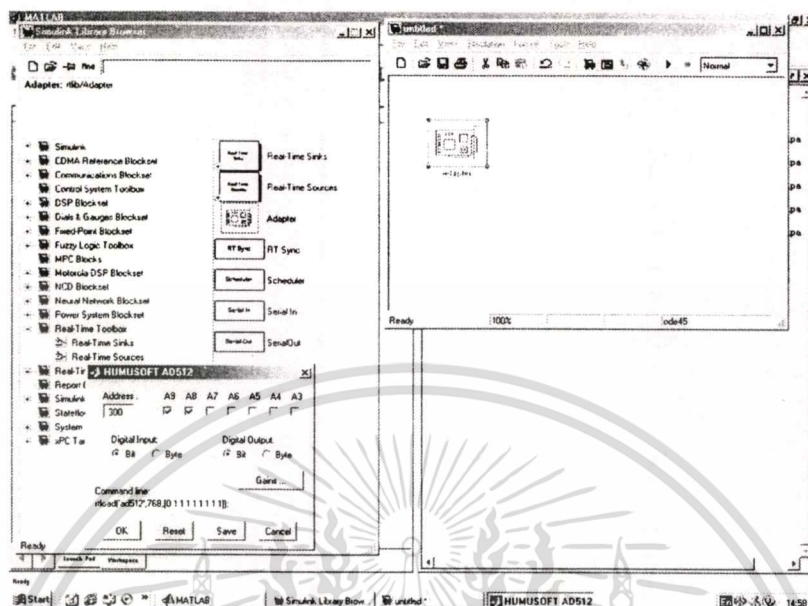
ดับเบิลคลิก Adapter เลือกไฟล์ ad612 แล้วกด open ดังรูปเพื่อทำการตั้งค่าการ์ด



รูปที่ ก.4 แสดงหน้าต่างเมื่อดับเบิลคลิกอุปกรณ์ Adapter

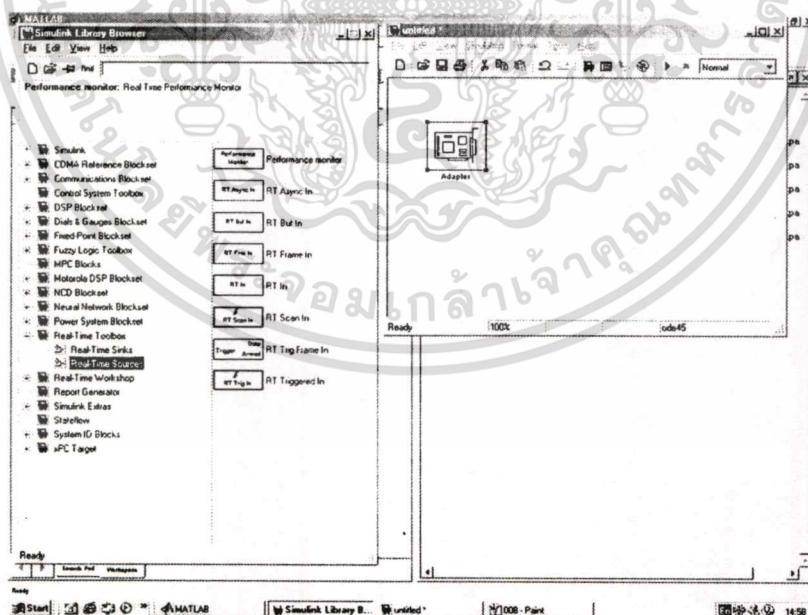
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งค่าการติดตั้งรูป



รูปที่ ก.5 แสดงค่าที่ตั้งไว้สำหรับ Data acquisition card AD612

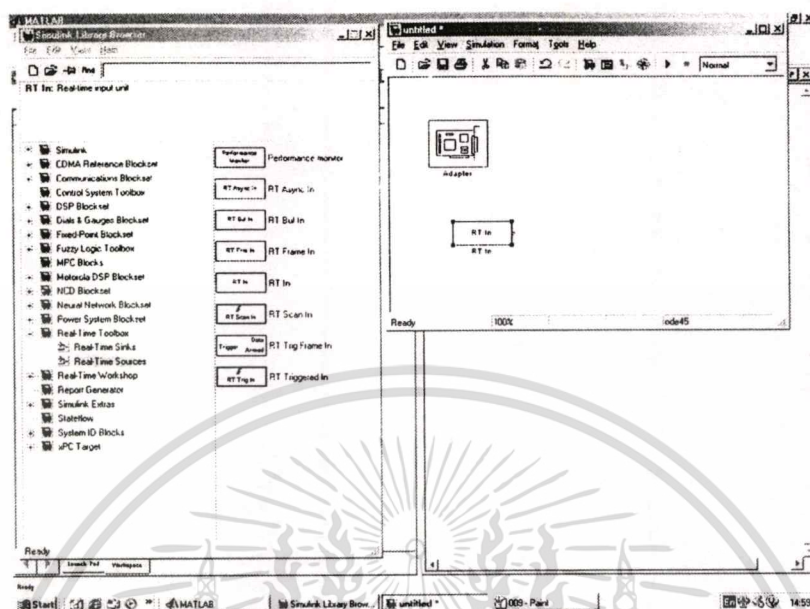
เมื่อตั้งค่าต่างๆ ถูกต้องอุปกรณ์ Adapter จะเปลี่ยนเป็นสีแดงแสดงว่าสามารถใช้งานได้



รูปที่ ก.6 แสดงอุปกรณ์ Adapter เมื่อได้ทำการตั้งค่าแล้ว

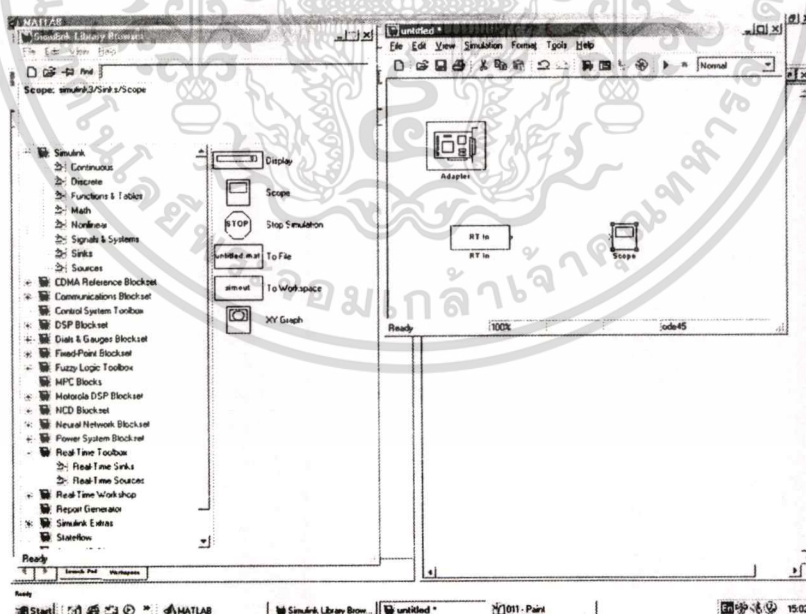
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลิกเลือกคำสั่ง Real-Time Sources เลือกอุปกรณ์ RT In แล้วแดรกเมาส์มาวางที่หน้าต่างงาน



รูปที่ ก.7 แสดงการวางอุปกรณ์ RT In

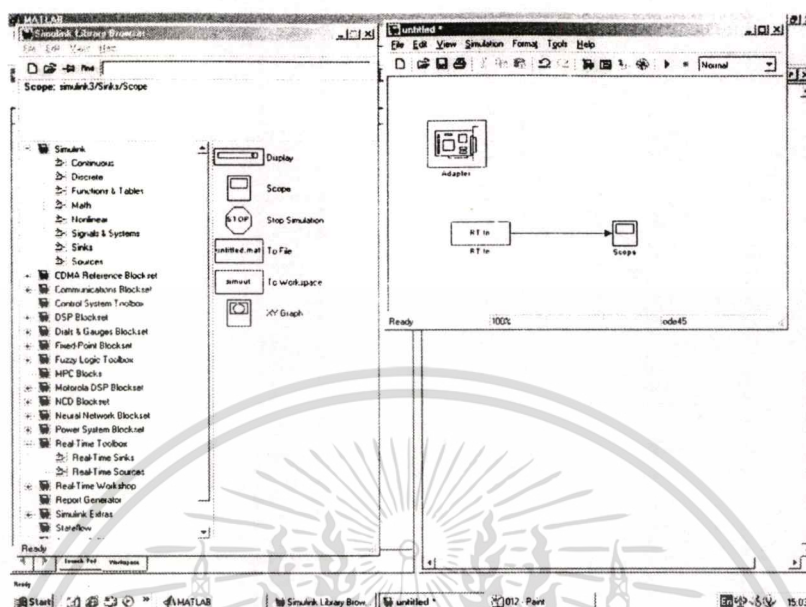
คลิกเลือกคำสั่ง Sink ที่อยู่ในคำสั่ง simulink เลือกอุปกรณ์ Scope



รูปที่ ก.8 แสดงการวางอุปกรณ์ Scope

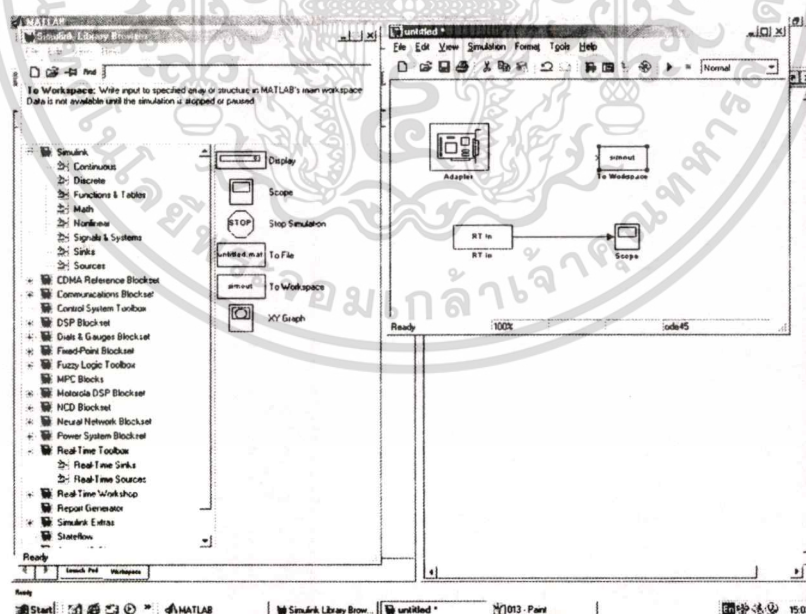
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อสายจาก Scope ไปยัง RT In



รูปที่ ก.9 แสดงการต่อสายจาก Scope ไปยัง RT In

คลิกเลือก อุปกรณ์ To Workspace แล้วแทรกเข้ามาที่หน้าต่างงาน



รูปที่ ก.10 แสดงการวางอุปกรณ์ To Workspace

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างข้อมูลสัญญาณขายน้ำ และสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

และสัมประสิทธิ์ของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากข้อมูลของสัญญาณที่มีไม่สามารถนำมาใส่ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทั้งหมด จึงขอขมา
แสดงสัญญาณชาชน ความถี่ 1 Hz ความถี่สุ่ม 1 kHz สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ความถี่
สุ่ม 1 kHz และสัมประสิทธิ์ของแต่ละสมการ

ตารางที่ ข.1 แสดงข้อมูลสัญญาณชาชน ความถี่ 1 Hz ความถี่สุ่ม 1 kHz

	0	1	2	3	4
0	0.000000	-0.003418	-0.007324	-0.009277	-0.011719
5	-0.014648	-0.017578	-0.021973	-0.023926	-0.025879
10	-0.029297	-0.032227	-0.037598	-0.039551	-0.043457
15	-0.045898	-0.048828	-0.052734	-0.058105	-0.060059
20	-0.061035	-0.065918	-0.068359	-0.070313	-0.074219
25	-0.077148	-0.079590	-0.083008	-0.085938	-0.089355
30	-0.093262	-0.095703	-0.097656	-0.103027	-0.105957
35	-0.108887	-0.111328	-0.114746	-0.117188	-0.119141
40	-0.124023	-0.122070	-0.128906	-0.132324	-0.135254
45	-0.138672	-0.143555	-0.144043	-0.147461	-0.148438
50	-0.153320	-0.153809	-0.159668	-0.162109	-0.165039
55	-0.168457	-0.170410	-0.173828	-0.175781	-0.180664
60	-0.182129	-0.186523	-0.188477	-0.189453	-0.194336
65	-0.197266	-0.200195	-0.203125	-0.206543	-0.209961
70	-0.214355	-0.215820	-0.218750	-0.219238	-0.222656
75	-0.225586	-0.228027	-0.231445	-0.233887	-0.237793
80	-0.239258	-0.242676	-0.246094	-0.249023	-0.250000
85	-0.252930	-0.256348	-0.258789	-0.260742	-0.262207
90	-0.267090	-0.269531	-0.271484	-0.275879	-0.277832
95	-0.279297	-0.282227	-0.283691	-0.289063	-0.288574
100	-0.292480	-0.295410	-0.297363	-0.299316	-0.302734
105	-0.305176	-0.307617	-0.309570	-0.313965	-0.317383
110	-0.319824	-0.318848	-0.323730	-0.323242	-0.327148
115	-0.329590	-0.331055	-0.333984	-0.335938	-0.338379
120	-0.341797	-0.342285	-0.347168	-0.346680	-0.350098

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัยบึงกุ่ม ห้ามมิให้ทำซ้ำหรือดัดแปลงโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

	0	1	2	3	4
125	-0.352051	-0.354492	-0.356934	-0.357422	-0.361328
130	-0.361816	-0.365723	-0.369141	-0.369629	-0.371582
135	-0.374512	-0.376465	-0.377930	-0.380371	-0.381836
140	-0.383301	-0.384766	-0.388184	-0.390137	-0.392090
145	-0.393555	-0.395996	-0.397461	-0.398926	-0.400879
150	-0.402832	-0.405273	-0.405762	-0.407227	-0.410645
155	-0.412109	-0.415039	-0.416504	-0.416016	-0.420410
160	-0.421875	-0.419922	-0.423340	-0.426270	-0.428223
165	-0.429199	-0.430664	-0.432129	-0.434082	-0.435547
170	-0.437988	-0.441895	-0.440918	-0.439453	-0.442871
175	-0.444824	-0.446289	-0.447266	-0.449219	-0.449707
180	-0.450195	-0.454102	-0.454102	-0.456543	-0.456543
185	-0.457520	-0.458984	-0.459961	-0.461914	-0.463379
190	-0.464844	-0.463867	-0.465820	-0.467285	-0.468262
195	-0.468750	-0.471680	-0.472168	-0.473145	-0.473633
200	-0.475098	-0.476563	-0.476074	-0.478027	-0.478027
205	-0.479004	-0.479004	-0.482910	-0.481934	-0.483398
210	-0.481445	-0.484863	-0.484863	-0.486816	-0.487305
215	-0.487305	-0.488281	-0.488770	-0.489258	-0.489746
220	-0.492188	-0.490234	-0.491211	-0.492188	-0.492676
225	-0.492676	-0.493652	-0.493652	-0.496094	-0.497559
230	-0.496094	-0.497070	-0.496582	-0.495605	-0.496582
235	-0.497559	-0.499023	-0.497559	-0.498047	-0.497070
240	-0.498535	-0.498047	-0.500488	-0.498535	-0.499512
245	-0.500000	-0.499512	-0.499512	-0.500488	-0.499512
250	-0.498047	-0.502441	-0.499512	-0.499512	-0.500000
255	-0.499512	-0.499512	-0.499512	-0.498047	-0.496094
260	-0.501465	-0.495117	-0.499023	-0.498047	-0.497559
265	-0.497559	-0.499023	-0.496582	-0.496582	-0.497559

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ในการใช้งานโดยไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

	0	1	2	3	4
270	-0.495117	-0.495605	-0.497559	-0.494629	-0.493652
275	-0.494141	-0.493164	-0.492676	-0.492188	-0.492188
280	-0.493164	-0.491699	-0.489258	-0.486816	-0.489258
285	-0.488281	-0.486816	-0.487305	-0.485840	-0.486328
290	-0.484375	-0.485352	-0.482910	-0.481934	-0.481445
295	-0.479980	-0.479004	-0.477051	-0.477539	-0.476074
300	-0.477051	-0.474121	-0.475098	-0.473145	-0.472656
305	-0.471191	-0.468750	-0.468262	-0.467773	-0.465820
310	-0.466309	-0.466797	-0.462402	-0.461426	-0.460449
315	-0.459473	-0.457520	-0.457520	-0.456543	-0.455566
320	-0.452637	-0.454102	-0.449707	-0.446777	-0.447266
325	-0.445801	-0.444824	-0.442871	-0.442383	-0.440430
330	-0.438965	-0.436035	-0.436523	-0.434082	-0.432129
335	-0.430664	-0.428223	-0.428711	-0.425781	-0.423340
340	-0.423340	-0.420410	-0.418945	-0.415527	-0.416016
345	-0.414551	-0.411621	-0.410156	-0.409180	-0.406250
350	-0.403320	-0.404785	-0.400391	-0.400391	-0.397949
355	-0.395508	-0.394043	-0.392090	-0.390137	-0.390137
360	-0.385742	-0.384277	-0.384766	-0.379883	-0.378418
365	-0.375488	-0.374512	-0.371582	-0.369141	-0.368652
370	-0.365234	-0.363281	-0.359375	-0.359863	-0.356934
375	-0.354980	-0.352051	-0.350098	-0.348145	-0.346191
380	-0.343750	-0.340820	-0.338379	-0.337402	-0.333984
385	-0.331543	-0.329102	-0.328125	-0.323242	-0.325684
390	-0.319824	-0.316406	-0.313965	-0.313477	-0.309570
395	-0.307617	-0.305176	-0.303223	-0.299805	-0.297852
400	-0.295410	-0.293945	-0.288086	-0.287598	-0.284668
405	-0.282227	-0.279297	-0.277344	-0.274902	-0.271484
410	-0.270996	-0.265625	-0.263672	-0.259766	-0.258789

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่งานวิจัยเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นเพื่อการศึกษาเพื่อพัฒนาท้องถิ่น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

	0	1	2	3	4
415	-0.255859	-0.252930	-0.250000	-0.248535	-0.245117
420	-0.242188	-0.238281	-0.236328	-0.232910	-0.231445
425	-0.228516	-0.225586	-0.223145	-0.219727	-0.216797
430	-0.217285	-0.211914	-0.208496	-0.207520	-0.202637
435	-0.200195	-0.196777	-0.194336	-0.190918	-0.187988
440	-0.184082	-0.183105	-0.180176	-0.176270	-0.173828
445	-0.170898	-0.167969	-0.165527	-0.162109	-0.159668
450	-0.156250	-0.153320	-0.150879	-0.147461	-0.144531
455	-0.141602	-0.138184	-0.135742	-0.131836	-0.129395
460	-0.124512	-0.125977	-0.120605	-0.117188	-0.114258
465	-0.110840	-0.108398	-0.105957	-0.102539	-0.100586
470	-0.095215	-0.091797	-0.090332	-0.085938	-0.083008
475	-0.080566	-0.077148	-0.074219	-0.070313	-0.068848
480	-0.063965	-0.069336	-0.054688	-0.054688	-0.052734
485	-0.048828	-0.045898	-0.042969	-0.039063	-0.036133
490	-0.031738	-0.032715	-0.027832	-0.024902	-0.021484
495	-0.017578	-0.015137	-0.011230	-0.005859	-0.006836
500	-0.001465	-0.001953	0.003906	0.006836	0.010742
505	0.013672	0.016602	0.018555	0.023438	0.025879
510	0.027344	0.031738	0.036621	0.039063	0.041992
515	0.044434	0.048828	0.050781	0.053711	0.055176
520	0.060547	0.062500	0.064941	0.068848	0.073242
525	0.076172	0.078613	0.082031	0.084961	0.084961
530	0.089844	0.093750	0.100586	0.100098	0.102539
535	0.105957	0.108887	0.112305	0.115234	0.119629
540	0.121094	0.126953	0.128418	0.131836	0.134277
545	0.137207	0.141113	0.144531	0.146484	0.145996
550	0.151367	0.151855	0.158203	0.163086	0.163574
555	0.166504	0.170410	0.173340	0.178223	0.182129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

	0	1	2	3	4
560	0.180176	0.187012	0.187012	0.189941	0.192871
565	0.195801	0.197266	0.202148	0.205078	0.205566
570	0.210449	0.211914	0.215820	0.219238	0.222168
575	0.223633	0.226563	0.229980	0.232910	0.236816
580	0.237793	0.243164	0.245605	0.246582	0.250000
585	0.251953	0.254395	0.257813	0.260254	0.263184
590	0.267090	0.267578	0.271973	0.274414	0.275879
595	0.279297	0.280762	0.283691	0.287109	0.288574
600	0.292480	0.294434	0.297363	0.297852	0.301270
605	0.303711	0.306152	0.309570	0.311035	0.313477
610	0.313965	0.319824	0.322266	0.322754	0.325684
615	0.328125	0.331543	0.333008	0.334473	0.338379
620	0.340332	0.342285	0.344238	0.347168	0.348633
625	0.350586	0.354004	0.355469	0.357422	0.359375
630	0.360352	0.362793	0.365234	0.366699	0.371094
635	0.373047	0.375000	0.377441	0.379883	0.383301
640	0.385254	0.385254	0.386719	0.389160	0.391113
645	0.392578	0.395020	0.396973	0.399414	0.401367
650	0.403809	0.404785	0.406738	0.408691	0.410156
655	0.411621	0.413574	0.415527	0.417480	0.418457
660	0.418945	0.425293	0.422852	0.424805	0.426758
665	0.428223	0.430664	0.432129	0.436523	0.435059
670	0.435059	0.436523	0.438965	0.440918	0.441895
675	0.443848	0.446289	0.446777	0.448242	0.448730
680	0.453125	0.452148	0.455566	0.452637	0.455566
685	0.457520	0.458984	0.459961	0.461914	0.461914
690	0.465332	0.465820	0.466797	0.467285	0.467285
695	0.469238	0.470703	0.471680	0.472168	0.471191
700	0.474609	0.475098	0.478516	0.477051	0.478027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่วนราชการที่เกี่ยวข้องได้ศึกษาและพิจารณาแล้ว ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

	0	1	2	3	4
705	0.478516	0.479980	0.480957	0.480957	0.482910
710	0.481934	0.484863	0.487793	0.486328	0.486816
715	0.487305	0.486816	0.488281	0.489258	0.488770
720	0.490723	0.493164	0.491211	0.491211	0.492676
725	0.493164	0.494141	0.493652	0.494629	0.495605
730	0.495605	0.495117	0.496094	0.503906	0.497070
735	0.497070	0.498047	0.498047	0.500000	0.499512
740	0.499512	0.499023	0.500488	0.499023	0.499512
745	0.499512	0.499512	0.500000	0.500488	0.498535
750	0.498535	0.500000	0.500000	0.501953	0.500000
755	0.499512	0.500488	0.500000	0.500000	0.498535
760	0.498535	0.501465	0.498535	0.499512	0.498535
765	0.498047	0.498535	0.497070	0.497559	0.499512
770	0.498047	0.496582	0.494629	0.493164	0.495605
775	0.493652	0.494141	0.492676	0.492676	0.492676
780	0.492676	0.490723	0.490234	0.490234	0.488770
785	0.488770	0.488281	0.487793	0.484863	0.488770
790	0.485840	0.486328	0.484375	0.481445	0.482422
795	0.481445	0.480469	0.479004	0.479004	0.477539
800	0.477051	0.477539	0.473633	0.473633	0.472656
805	0.471680	0.471191	0.470703	0.468262	0.465820
810	0.465332	0.463867	0.461914	0.463867	0.461426
815	0.459473	0.458496	0.457520	0.457031	0.452148
820	0.453125	0.454102	0.452637	0.450195	0.447754
825	0.446777	0.446289	0.444336	0.443359	0.443359
830	0.437012	0.437988	0.437012	0.436523	0.433594
835	0.432129	0.430176	0.430176	0.425293	0.425781
840	0.426270	0.424316	0.420410	0.418945	0.416504
845	0.415527	0.414063	0.411621	0.410156	0.407715

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของกรมการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

	0	1	2	3	4
850	0.406250	0.402344	0.402832	0.400391	0.399414
855	0.397461	0.395508	0.393066	0.391602	0.387207
860	0.386719	0.385254	0.383301	0.382813	0.379395
865	0.377441	0.375488	0.374023	0.371094	0.367676
870	0.365723	0.365234	0.364258	0.355469	0.357910
875	0.355957	0.354004	0.350098	0.348145	0.347656
880	0.344238	0.341797	0.339844	0.337891	0.335449
885	0.333008	0.330078	0.327637	0.325195	0.324219
890	0.318848	0.322266	0.317383	0.312500	0.312012
895	0.309082	0.306641	0.304688	0.300781	0.299805
900	0.295898	0.292969	0.291992	0.291992	0.286621
905	0.285156	0.280273	0.279297	0.275879	0.272949
910	0.269531	0.268555	0.266113	0.263184	0.260254
915	0.258789	0.255371	0.251953	0.250000	0.244629
920	0.243164	0.242676	0.237305	0.237305	0.233887
925	0.230957	0.228516	0.225098	0.222656	0.218262
930	0.218750	0.212891	0.209473	0.208008	0.205078
935	0.202637	0.199707	0.196777	0.192871	0.189453
940	0.188477	0.184082	0.183594	0.179688	0.176270
945	0.173828	0.169922	0.167969	0.165039	0.160645
950	0.158691	0.156738	0.149902	0.148926	0.145996
955	0.143066	0.140625	0.136230	0.134277	0.127930
960	0.128906	0.126465	0.121094	0.119141	0.114746
965	0.112305	0.109375	0.106445	0.103516	0.102051
970	0.098145	0.092285	0.091309	0.088379	0.084961
975	0.082031	0.079102	0.076172	0.071289	0.070313
980	0.068359	0.063477	0.059082	0.056641	0.053711
985	0.050781	0.047852	0.045410	0.042969	0.040527
990	0.034668	0.031738	0.028320	0.024902	0.022461

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และใช้เฉพาะในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

	0	1	2	3	4
995	0.019043	0.017090	0.014160	0.009277	0.005371
1000	0.002441	0.000977	-0.003906	-0.003906	-0.008789
1005	-0.011719	-0.015137	-0.018066	-0.021484	-0.024902
1010	-0.026367	-0.031738	-0.034180	-0.036133	-0.039063
1015	-0.042969	-0.045410	-0.049316	-0.053223	-0.059082
1020	-0.058105	-0.063477	-0.065430	-0.069336	-0.070313

ตารางที่ ข.2 แสดงข้อมูลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ความถี่สุ่ม 1 kHz

	0	1	2	3	4
0	0.269047	0.263013	0.258128	0.262032	0.278587
5	0.259858	0.261560	0.260472	0.261399	0.265922
10	0.268815	0.264475	0.262131	0.264952	0.261408
15	0.268602	0.262951	0.261218	0.259721	0.264711
20	0.268869	0.265210	0.260695	0.261977	0.259135
25	0.264842	0.265492	0.260906	0.260494	0.264662
30	0.268079	0.263780	0.259419	0.264835	0.265367
35	0.264760	0.257271	0.262992	0.260721	0.263553
40	0.264604	0.266014	0.257654	0.263679	0.273055
45	0.257713	0.263831	0.260474	0.261730	0.264864
50	0.267597	0.261481	0.258981	0.265059	0.262507
55	0.270600	0.269983	0.254533	0.259370	0.263286
60	0.269610	0.266355	0.260814	0.261478	0.263112
65	0.262977	0.272626	0.259874	0.259362	0.265540
70	0.268424	0.264969	0.259584	0.265661	0.271493
75	0.263922	0.259444	0.260608	0.257684	0.265711
80	0.267151	0.267566	0.260363	0.273125	0.270873
85	0.267646	0.268820	0.263434	0.259813	0.267657
90	0.271385	0.266367	0.261377	0.271744	0.264482
95	0.264424	0.263322	0.262989	0.261832	0.267559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

	0	1	2	3	4
100	0.270527	0.265447	0.260517	0.261776	0.271151
105	0.264046	0.264112	0.254485	0.262541	0.265124
110	0.269365	0.266003	0.262143	0.261219	0.260028
115	0.261596	0.266481	0.266100	0.259308	0.264045
120	0.266415	0.267186	0.262978	0.262399	0.263749
125	0.263430	0.258621	0.261009	0.262750	0.263946
130	0.265323	0.267105	0.258421	0.273640	0.264222
135	0.267231	0.266325	0.260625	0.259384	0.264369
140	0.267385	0.264858	0.260034	0.271874	0.263193
145	0.264899	0.270187	0.261607	0.262968	0.267170
150	0.268270	0.265129	0.261976	0.261814	0.266658
155	0.266984	0.267031	0.260005	0.261898	0.264829
160	0.267130	0.266343	0.260104	0.263114	0.266350
165	0.267671	0.268262	0.256942	0.260473	0.266214
170	0.269896	0.265675	0.260904	0.271463	0.258910
175	0.257341	0.258343	0.264116	0.265406	0.264653
180	0.265097	0.265515	0.256491	0.272829	0.269310
185	0.260985	0.264240	0.256485	0.261857	0.266184
190	0.267561	0.264015	0.259095	0.261495	0.271271
195	0.265108	0.266666	0.252038	0.264377	0.267012
200	0.268399	0.264493	0.257567	0.263829	0.265126
205	0.270137	0.263999	0.262174	0.261479	0.265441
210	0.267382	0.263518	0.256343	0.266771	0.274061
215	0.266728	0.255993	0.258884	0.263167	0.267718
220	0.270741	0.265550	0.255425	0.264635	0.268898
225	0.261542	0.266408	0.259976	0.261865	0.265130
230	0.266674	0.265945	0.261147	0.257022	0.268491
235	0.264965	0.266092	0.258817	0.258512	0.263066
240	0.267796	0.267250	0.257264	0.266085	0.264428

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

	0	1	2	3	4
245	0.263478	0.263061	0.257300	0.259756	0.263411
250	0.268557	0.265155	0.255329	0.269100	0.265993
255	0.257600	0.270248	0.257436	0.259705	0.262225
260	0.267970	0.269544	0.257197	0.259088	0.271446
265	0.260710	0.269104	0.258502	0.262280	0.266423
270	0.272082	0.267322	0.266198	0.268680	0.263797
275	0.270095	0.260987	0.267847	0.267852	0.271141
280	0.273018	0.272704	0.266509	0.275216	0.273468
285	0.276810	0.273260	0.276206	0.273615	0.279835
290	0.283211	0.280977	0.274565	0.283978	0.287705
295	0.283861	0.281908	0.280245	0.283497	0.286640
300	0.291852	0.291571	0.283860	0.289709	0.288142
305	0.296292	0.286624	0.293710	0.286158	0.291515
310	0.296103	0.293323	0.288645	0.291555	0.296887
315	0.292347	0.298348	0.287709	0.290719	0.291935
320	0.299307	0.297623	0.289525	0.297083	0.296231
325	0.293076	0.292587	0.287871	0.292092	0.294440
330	0.295494	0.293064	0.288897	0.294480	0.291807
335	0.298036	0.286508	0.278937	0.286185	0.290766
340	0.295696	0.289124	0.280733	0.286341	0.292137
345	0.281643	0.286138	0.283034	0.282673	0.282613
350	0.285280	0.281254	0.276069	0.282086	0.277319
355	0.280232	0.281432	0.272567	0.274480	0.275226
360	0.280810	0.276837	0.270792	0.273478	0.278501
365	0.283429	0.275896	0.270697	0.267063	0.273661
370	0.275111	0.273950	0.263199	0.271647	0.279056
375	0.266758	0.267214	0.259593	0.266710	0.270891
380	0.270033	0.269006	0.262185	0.261596	0.269569
385	0.264127	0.267197	0.267911	0.257360	0.261952

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

	0	1	2	3	4
390	0.268895	0.266920	0.261510	0.266103	0.269027
395	0.260244	0.260679	0.262735	0.265140	0.266208
400	0.267955	0.267648	0.263526	0.261313	0.260930
405	0.264160	0.264254	0.264341	0.258788	0.262992
410	0.266702	0.264520	0.262698	0.258214	0.267949
415	0.264078	0.264585	0.260831	0.260438	0.262551
420	0.267716	0.265683	0.262624	0.261901	0.270817
425	0.261535	0.268585	0.260804	0.259971	0.263859
430	0.267659	0.265181	0.263264	0.263767	0.268750
435	0.270019	0.261191	0.261468	0.260911	0.265514
440	0.267217	0.268216	0.257340	0.266167	0.267963
445	0.273079	0.266401	0.257744	0.261414	0.264050
450	0.266256	0.261681	0.252931	0.252530	0.258458
455	0.248756	0.252807	0.247722	0.238818	0.239724
460	0.243631	0.239602	0.229948	0.228769	0.246499
465	0.240087	0.260450	0.270406	0.282694	0.306980
470	0.328932	0.344135	0.358089	0.374724	0.388276
475	0.412766	0.427967	0.445491	0.464161	0.486836
480	0.511220	0.529558	0.546474	0.565346	0.590981
485	0.600659	0.608373	0.623350	0.630068	0.641337
490	0.654224	0.656006	0.657226	0.663452	0.668382
495	0.670212	0.685770	0.679253	0.667889	0.649416
500	0.632307	0.611283	0.582439	0.560137	0.538065
505	0.505012	0.475183	0.447077	0.411905	0.389514
510	0.366127	0.335587	0.305070	0.279543	0.258385
515	0.228687	0.213732	0.183127	0.175438	0.172354
520	0.178409	0.181002	0.183042	0.189807	0.210190
525	0.213709	0.215260	0.217497	0.220976	0.231496
530	0.242132	0.247599	0.252992	0.250690	0.260066

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

	0	1	2	3	4
535	0.261840	0.261656	0.259583	0.256326	0.260092
540	0.266263	0.262489	0.254990	0.256683	0.262418
545	0.253219	0.261797	0.254661	0.255403	0.261331
550	0.265314	0.264601	0.257010	0.268998	0.260056
555	0.264737	0.265775	0.258902	0.259423	0.261789
560	0.265934	0.265215	0.264319	0.259598	0.269782
565	0.267320	0.264925	0.260181	0.259332	0.266167
570	0.267091	0.266714	0.261287	0.263243	0.263767
575	0.269706	0.262044	0.261331	0.262441	0.264513
580	0.269202	0.270084	0.260395	0.263443	0.263434
585	0.265215	0.267100	0.264043	0.261127	0.264057
590	0.268506	0.266443	0.260146	0.263807	0.270213
595	0.259244	0.264491	0.265671	0.259075	0.265095
600	0.268104	0.267074	0.260862	0.266370	0.266433
605	0.271289	0.256565	0.263867	0.262634	0.263002
610	0.269662	0.265112	0.263691	0.259331	0.269112
615	0.262106	0.263646	0.260280	0.262319	0.261793
620	0.268903	0.264747	0.261728	0.256400	0.271281
625	0.260834	0.259982	0.268184	0.259003	0.261655
630	0.266535	0.265805	0.260210	0.265365	0.265236
635	0.266900	0.263052	0.265189	0.259372	0.261759
640	0.269108	0.264590	0.261511	0.258552	0.271465
645	0.263382	0.269902	0.254422	0.261849	0.264879
650	0.267637	0.267579	0.267901	0.272306	0.264922
655	0.259634	0.256578	0.263884	0.264530	0.263726
660	0.267325	0.266396	0.262356	0.262740	0.276358
665	0.266082	0.262754	0.260621	0.265351	0.266254
670	0.266481	0.263467	0.260666	0.258033	0.264508
675	0.265810	0.272333	0.263105	0.259748	0.263569

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับโรงเรียนในเครือกาสิณศึกษา ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

	0	1	2	3	4
680	0.269649	0.267123	0.260436	0.259298	0.266755
685	0.263648	0.265342	0.265507	0.259080	0.262912
690	0.266688	0.267059	0.261298	0.264939	0.264990
695	0.270017	0.263985	0.258357	0.259401	0.265258
700	0.268753	0.272395	0.262236	0.269758	0.268878
705	0.263634	0.268985	0.268626	0.268878	0.269191
710	0.275064	0.272736	0.267438	0.267726	0.279302
715	0.276997	0.275566	0.272273	0.270881	0.276947
720	0.282488	0.284466	0.278068	0.279950	0.287849
725	0.277340	0.293502	0.283570	0.283291	0.285432
730	0.290333	0.295094	0.288518	0.293633	0.293823
735	0.294716	0.293325	0.292979	0.298451	0.303601
740	0.305778	0.306830	0.301206	0.300309	0.310558
745	0.309968	0.302543	0.309113	0.308411	0.312745
750	0.319738	0.319422	0.315392	0.313489	0.316475
755	0.321337	0.322831	0.325684	0.319329	0.319513
760	0.325958	0.329929	0.324867	0.328509	0.329003
765	0.329644	0.327735	0.327757	0.329303	0.330516
770	0.334637	0.333591	0.330889	0.335656	0.331522
775	0.333590	0.334737	0.329397	0.328640	0.330926
780	0.335184	0.334659	0.328499	0.327033	0.330015
785	0.329247	0.333387	0.326560	0.318849	0.324621
790	0.328081	0.325859	0.321780	0.318907	0.324765
795	0.323465	0.319877	0.315079	0.315182	0.314911
800	0.317242	0.315999	0.308252	0.307518	0.317662
805	0.307000	0.307711	0.308991	0.301148	0.301392
810	0.306578	0.307453	0.297916	0.299004	0.303752
815	0.304331	0.297072	0.284344	0.293102	0.292155
820	0.295745	0.294528	0.285834	0.288891	0.290174

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานในคอมพิวเตอร์เท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

	0	1	2	3	4
825	0.286895	0.294795	0.282932	0.281830	0.282873
830	0.288143	0.287212	0.280768	0.283472	0.278600
835	0.283743	0.279410	0.278307	0.273795	0.275939
840	0.279270	0.280769	0.272605	0.273391	0.283498
845	0.275756	0.272227	0.277827	0.267456	0.272421
850	0.274695	0.274088	0.269033	0.268943	0.268065
855	0.269423	0.271689	0.266236	0.264707	0.265611
860	0.269743	0.272653	0.263230	0.264535	0.267136
865	0.261540	0.267990	0.264508	0.260766	0.263024
870	0.267115	0.265821	0.262204	0.265071	0.269825
875	0.260533	0.270535	0.263984	0.260735	0.261586
880	0.266581	0.268718	0.265051	0.266345	0.265024
885	0.270926	0.269015	0.265953	0.260313	0.264044
890	0.270089	0.270102	0.262028	0.257673	0.267901
895	0.270598	0.265208	0.263748	0.257568	0.263645
900	0.268248	0.270074	0.262761	0.257492	0.273213
905	0.256417	0.265274	0.265232	0.259514	0.262920
910	0.268702	0.267058	0.260169	0.257953	0.267716
915	0.268780	0.263611	0.260295	0.257935	0.264190
920	0.265863	0.270218	0.260908	0.258829	0.270499
925	0.258116	0.261044	0.261337	0.263371	0.264661
930	0.266477	0.267903	0.260657	0.262016	0.261459
935	0.267567	0.263456	0.264289	0.258110	0.259661
940	0.266386	0.267364	0.262857	0.262568	0.266495
945	0.262125	0.272462	0.259476	0.259814	0.262023
950	0.266033	0.269091	0.261982	0.268503	0.264400
955	0.262946	0.264045	0.260121	0.256961	0.263953
960	0.266267	0.267319	0.260919	0.263282	0.266093
965	0.261169	0.267181	0.263117	0.260667	0.261929

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

	0	1	2	3	4
970	0.265971	0.264662	0.260474	0.265774	0.265090
975	0.267914	0.261625	0.266984	0.259133	0.261925
980	0.267115	0.268308	0.263496	0.261076	0.273353
985	0.267604	0.261460	0.265787	0.261804	0.264950
990	0.268244	0.266774	0.262357	0.263233	0.267484
995	0.259832	0.268566	0.263868	0.261949	0.263213
1000	0.267020	0.269360	0.261825	0.265376	0.269557
1005	0.263585	0.260194	0.264089	0.263534	0.264424
1010	0.268511	0.267977	0.261159	0.262259	0.274879
1015	0.259002	0.273105	0.260047	0.261230	0.263953
1020	0.263953	0.268064	0.267139	0.265909	0.262795

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 แสดงสัมประสิทธิ์ของสัญญาณชานน์ 1 Hz ความถี่สุ่ม 1 kHz จากการใช้เทคนิค Discrete Least Square

สมการที่	a_3	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0
สมการดีกรี 2						
1				8.2343256675e-006	-4.1400764603e-003	3.0550338746e-002
2				-8.2328223834e-006	4.1632352310e-003	-3.6217393795e-002
3				-1.0136029901e-005	-2.8832755432e-003	8.7931636765e-003
สมการดีกรี 3						
1			1.8677699839e-010	8.0942429187e-006	-4.1120318567e-003	2.9375969030e-002
2			-2.8071926755e-010	-8.0218618539e-006	4.1209164926e-003	-3.4441767146e-002
3			3.9543213513e-007	-2.4964734968e-005	-2.7319436651e-003	8.4461719779e-003
สมการดีกรี 4						
1		-2.9230109681e-011	2.9416886680e-008	-1.3074339525e-006	-3.0649571313e-003	2.9633274893e-003
2		2.9044301971e-011	-2.9383109842e-008	1.3574436259e-006	3.0742490156e-003	-7.9870655021e-003
3		-4.4640759867e-008	2.6274701285e-006	-6.1346954259e-005	-2.5199000558e-003	8.1327938437e-003
สมการดีกรี 5						
1	-1.5891859597e-016	-2.9031461436e-011	2.9328554162e-008	-1.2908466253e-006	-3.0661467000e-003	2.9834315667e-003
2	1.0263691696e-015	2.7758774586e-011	-2.8810334264e-008	1.2496714376e-006	3.0819933498e-003	-8.1182052667e-003
3	3.8579474865e-008	-2.4558579389e-006	5.6810199272e-005	-5.8618856023e-004	-4.8337102320e-004	5.9511245401e-003

ตารางที่ ข.4 แสดงสัมประสิทธิ์ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจตำแหน่ง LL ความถี่สุ่ม 1 kHz จากการใช้เทคนิค Discrete Least Square

สมการที่	a_5	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0
สมการดีกรี 2						
1				-7.3627137811e-008	1.7915041207e-005	2.6332844716e-001
2				-5.6953567011e-006	9.3681025212e-004	2.4942401288e-001
3				-8.0237734245e-006	4.6533654716e-004	2.6010131707e-001
4				-3.8087962649e-004	2.6614790433e-002	2.1914540474e-001
5				3.9837281221e-004	-3.3893340358e-002	6.8379666743e-001
6				-4.8303888960e-005	7.1655326406e-003	1.7318235900e-001
7				9.0023335237e-008	1.7734984435e-005	2.6159942089e-001
8				-1.9131841344e-005	2.1669170773e-003	2.6737609267e-001
9				1.4121142100e-006	-3.6362747216e-004	2.8494350521e-001
สมการดีกรี 3						
1			-3.8982529998e-010	6.6709970181e-008	4.4145334531e-006	2.6360127186e-001
2			-6.1085504024e-008	7.6823686801e-006	1.5286332768e-004	2.5912553933e-001
3			-2.7137942179e-007	2.6170033721e-005	-6.9046841025e-004	2.6843320808e-001
4			-1.7832597861e-005	5.2858286443e-004	1.4060641539e-002	2.5734282936e-001
5			6.0535294875e-005	-1.5992919186e-003	-1.5902250721e-002	6.4703963638e-001
6			5.1386380381e-005	-1.0503383064e-003	1.2586795771e-002	1.6616811808e-001

ตารางที่ ข.4 (ต่อ)

สมการที่	a_5	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0
7			1.3582876661e-008	-3.7199735681e-006	3.0348746876e-004	2.5708686056e-001
8			-1.0349947552e-007	-3.4516708027e-006	1.5302814535e-003	2.7286728839e-001
9			-1.5091029503e-008	6.0526057822e-006	-7.4507889760e-004	2.9153949993e-001
สมการดีกรี 4						
1		9.3908180123e-012	-4.8974179459e-009	7.6313974170e-007	-3.2909943509e-005	2.6405757694e-001
2		1.5731390717e-009	-5.2044211297e-007	5.0895824778e-005	-1.2604785245e-003	2.6976175787e-001
3		3.6126621125e-011	-2.7744869414e-007	2.6499100791e-005	-6.9669765127e-004	2.6846077862e-001
4		1.8288578786e-007	-3.0268831435e-005	8.0319893816e-004	1.1911838038e-002	2.6148409514e-001
5		3.2743977880e-006	-8.3538207798e-005	4.7153079672e-004	-2.6594562812e-002	6.6124116736e-001
6		1.1653157972e-006	2.1088169655e-005	-7.8980698889e-004	1.1760087450e-002	1.6689527514e-001
7		4.3433952973e-011	-2.6614217513e-009	-1.7636648922e-006	2.2168118196e-004	2.5787019312e-001
8		4.6392057034e-009	-1.0406190276e-006	5.7598288023e-005	1.4401388749e-004	2.8018099777e-001
9		1.3535784533e-010	-7.0587746088e-008	1.3378269056e-005	-1.0807151114e-003	2.9505542940e-001

ตารางที่ ข.4 (ต่อ)

สมการที่	a_5	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0
สมการดีกรี 5						
1	-4.0033749108e-013	2.4959331266e-010	-5.6194662365e-008	5.3944840410e-006	-1.9303399746e-004	2.6537603243e-001
2	6.8567567990e-012	-9.2957715990e-010	-1.9507757493e-007	3.2988890141e-005	-8.8179968079e-004	2.6783011142e-001
3	3.4666190388e-010	-7.2762873195e-008	5.1749652841e-006	-1.4683531777e-004	1.4340921621e-003	2.6199375920e-001
4	2.0467161966e-008	-1.5568229793e-006	2.2729747411e-005	1.1137475177e-004	1.5481779555e-002	2.5659203408e-001
5	5.7049141936e-007	-2.8102630277e-005	5.3798049963e-004	-4.8521049650e-003	-8.2035313167e-003	6.4337120280e-001
6	-1.3391138364e-005	4.3637731261e-004	-5.1270605790e-003	2.6048266148e-002	-4.6864828402e-002	2.0635449618e-001
7	2.2953474045e-012	-1.0296409586e-009	1.7594976134e-007	-1.4339745165e-005	5.6127662056e-004	2.5567387061e-001
8	4.9033767211e-012	3.4011030813e-009	-9.2918161932e-007	5.3345405516e-005	2.0661766315e-004	2.7995553433e-001
9	-8.3045461656e-013	5.6096583632e-010	-1.4823894365e-007	1.9369836483e-005	-1.2579122696e-003	2.9630775255e-001



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชัน `polyfit(XXX)`

โพลีโนเมียล Curve Fitting

โครงสร้างฟังก์ชัน

$p = \text{polyfit}(x, y, n)$

$[p, s] = \text{polyfit}(x, y, n)$

$[p, S, mu] = \text{polyfit}(x, y, n)$

รายละเอียด

$p = \text{polyfit}(x, y, n)$ หาสัมประสิทธิ์ของสมการโพลีโนเมียล ที่ดีกรี n โดยข้อมูลเริ่มจาก $p(x_{(i)})$ กับ $y_{(i)}$ ในรูปแบบ Least Square ผลลัพธ์ p อยู่ในรูปแบบเวกเตอร์แบบแถว มีความยาว $n+1$ ประกอบด้วยสัมประสิทธิ์ของสมการโพลีโนเมียลในลักษณะกำลังลดลง

$[p, s] = \text{polyfit}(x, y, n)$ ผลลัพธ์ p จะเป็นสัมประสิทธิ์ของสมการโพลีโนเมียล และสำหรับโครงสร้าง s ใช้กับฟังก์ชัน `polyval` เพื่อรวมค่าผิดพลาดจากการประมาณค่า หรือการทำนายโครงสร้าง s บรรจุด้วย R df และ $normr$ โดย R คือปัจจัยสามส่วนของ X สำหรับ QR decomposition ในเมตริกของ Vandermonde df คือดีกรีที่เป็นอิสระ และ $normr$ คือค่าเฉลี่ยของสิ่งเพิ่มเติม ถ้าข้อมูล Y เป็นแบบสุ่ม การประมาณค่าสัมประสิทธิ์เมตริกของ P เป็นดังสมการนี้

$$\frac{(R_{inv} \times R_{inv}') \times normr^2}{df}$$

เมื่อ R_{inv} คือ inverse ของ R

ถ้าค่าผิดพลาดของ y มีการเปลี่ยนแปลงแบบคงที่ ผลผิดพลาดจากฟังก์ชัน `polyval` จะมีค่าผิดพลาดน้อยกว่า 50% จากการประมาณค่า

$[p, S, mu] = \text{polyfit}(x, y, n)$ หาสัมประสิทธิ์ของสมการโพลีโนเมียลดังสมการนี้

$$\hat{x} = \frac{x - \mu_1}{\mu_2} \quad)$$

เมื่อ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยของ x

μ_2 คือ ค่า $std(x)$

เอกสารโดย mu จะเป็นค่าของ μ_1 และ μ_2 จะอยู่ในรูป $[\mu_1, \mu_2]$ นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชัน polyval(XXX)

การประมาณค่าสมการโพลิโนเมียล

โครงสร้างฟังก์ชัน

$$y = \text{polyval}(p, x)$$

รายละเอียด

$y = \text{polyval}(p, x)$ ให้ค่าจากการประเมินสมการโพลิโนเมียลดีกรี n ที่ x p เป็นเวกเตอร์ความยาว $n+1$ ซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์ของสมการโพลิโนเมียลที่เรียงจากกำลังมากไปกำลังน้อย

$$y = p_1 x^n + p_2 x^{n-1} + \dots + p_n x + p_{n+1}$$

โดยที่ x สามารถเป็นได้ทั้งเมทริกหรือเวกเตอร์

$$y = \text{polyval}(p, x, [], mu) \text{ แทนค่า } \hat{x} \text{ จากสมการนี้ } \hat{x} = \frac{x - \mu_1}{\mu_2}$$

$[y, delta] = \text{polyval}(p, x, S)$ และ $[y, delta] = \text{polyval}(p, x, S, mu)$ โครงสร้างของ S ถูกสร้างโดยฟังก์ชัน polyfit เพื่อประมาณค่าผิดพลาดจาก $y \pm delta$ ถ้าค่าผิดพลาดในอินพุตที่ให้กับฟังก์ชัน polyfit มีการเปลี่ยนแปลงแบบคงที่ ค่า $y \pm delta$ จะคงที่อย่างน้อย 50%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างโปรแกรมที่พัฒนาด้วย MATLAB

```

clc;

close all;

clear all;

load ecg10;

le = sprintf('LL');
n = 5;

if le == ('LL')
    ecg = ll;
elseif le == ('LA')
    ecg = la;
elseif le == ('RA')
    ecg = ra;
elseif le == ('V1')
    ecg = v1;
elseif le == ('V2')
    ecg = v2;
elseif le == ('V3')
    ecg = v3;
elseif le == ('V4')
    ecg = v4;
elseif le == ('V5')
    ecg = v5;
elseif le == ('V6')
    ecg = v6;
else
    ecg = 0;
end

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่มีการแก้ไข ทั้งต้นฉบับและไฟล์ที่แปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่ใช้

```

s = sprintf('Position %s Order %d',le,n);
disp(s);

phase = [1 500 760 936 1002 1048 1080 1400 1760 2048];
ph = 10;

for i=1:ph-1
    for j=phase(i):phase(i+1)
        data = 0;
        x = 0;
    end
    for j=phase(i):phase(i+1)-1
        tj = j-phase(i)+1;
        data(tj) = ecg(j);
        x(tj) = tj;
    end
    coef = polyfit(x,data,n);
    for j=1:n+1;
        scoef(i,j) = coef(j);
    end
    for j=1:phase(i+1)-phase(i)
        data(j) = polyval(coef,j);
    end
    for j=1:phase(i+1)-phase(i)
        xdata(j+phase(i)) = data(j);
    end
end

end

```

```

for i=1:phase(ph)-1
    genecg(i) = xdata(i+1);
end
genecg(phase(ph)) = genecg(phase(ph)-1);

for i=1:phase(ph)

    diff(i) = abs(genecg(i) - ecg(i));
end

for i=1:phase(ph)

    temp01(i) = (genecg(i)-ecg(i))*(genecg(i)-ecg(i));
    temp02(i) = ecg(i)*ecg(i);
end

prd = sqrt(sum(temp01)/sum(temp02))*100;
s = sprintf('prd = %0.10d',prd);
disp(s);
disp(' ');
s = sprintf('%%s',le);
disp(s);

for i=1:ph-1
    s = sprintf("");
    for j=1:n+1
        s = sprintf('%s %0.10d',s,scoef(i,j));
    end
    disp(s);
end
end

```

```
disp(s);

subplot(2,1,1);
plot(ecg);
axis([0 2200 -0.2 1]);
s = sprintf('ECG position %s from AD612 Sampling Rate 2kHz',le);
title(s);

subplot(2,1,2);
plot(genecg);
axis([0 2200 -0.2 1]);
s = sprintf('ECG position %s from Least Square degree %d PRD = %5.5f',le,n,prd);
title(s);
```

ตัวอย่างโปรแกรมที่พัฒนาด้วยภาษา C เพื่อใช้กับ ARM7

```
#include <math.h>

#include <LPC213x.H>

#include <serial0.h>

#include <delay.h>

void main(void)
{
    float gen, kk;

    const float coef1[243] = {

//LL
        -7.3627137811e-008, 1.7915041207e-005, 2.6332844716e-001,
        -5.6953567011e-006, 9.3681025212e-004, 2.4942401288e-001,
        -8.0237734245e-006, 4.6533654716e-004, 2.6010131707e-001,
        -3.8087962649e-004, 2.6614790433e-002, 2.1914540474e-001,
        3.9837281221e-004, -3.3893340358e-002, 6.8379666743e-001,
        -4.8303888960e-005, 7.1655326406e-003, 1.7318235900e-001,
        9.0023335237e-008, 1.7734984435e-005, 2.6159942089e-001,
        -1.9131841344e-005, 2.1669170773e-003, 2.6737609267e-001,
        1.4121142100e-006, -3.6362747216e-004, 2.8494350521e-001,

//RA
        2.5993828889e-008, -5.5892496839e-007, -4.5617506894e-002,
        -8.5006635299e-007, 1.2670196265e-004, -4.6807508385e-002,
        -1.2366446045e-006, 9.1371324671e-005, -4.7095776152e-002,
```

-2.9030780392e-005, 2.8393257873e-003, -5.4635969712e-002,
 -1.1884133582e-005, -2.8613208803e-003, 1.1296119467e-002,
 1.4359736328e-004, -1.0820124701e-003, -5.2273358361e-002,
 2.5668246021e-007, -4.6370695093e-005, -4.3571531161e-002,
 -2.1357637201e-006, 2.7006249717e-004, -4.4123485963e-002,
 1.4355720383e-007, -3.4760714702e-005, -4.2227034114e-002,

//LA

1.7618464537e-008, -2.3601057525e-006, 9.1447767394e-002,
 -2.6750952584e-006, 4.3815945967e-004, 8.5200382233e-002,
 -4.4213613656e-006, 2.5549594831e-004, 8.8416093257e-002,
 -1.4571712787e-004, 1.1856679869e-002, 5.6716878101e-002,
 -8.0458456902e-006, -1.2046684108e-002, 3.0040903866e-001,
 2.0834583580e-004, 3.3522701032e-004, 4.6719157845e-002,
 5.8849549328e-008, 1.3429144697e-005, 8.8239230530e-002,
 -9.7218756948e-006, 1.1462589008e-003, 8.9560463467e-002,
 7.8540854687e-007, -1.9987117367e-004, 1.0122923150e-001,

//V1

-3.0403108189e-008, 1.4941460882e-005, 2.0058787428e-004,
 -8.2864050864e-007, 1.3313627356e-004, -5.9863455169e-005,
 -1.2148216543e-006, 5.6834778438e-005, 1.3423996378e-003,
 -4.1889621239e-005, 3.4168189242e-003, -8.6945318823e-003,
 2.1348044444e-006, -3.6159664209e-003, 5.9960675507e-002,
 2.8301224662e-007, 8.7129496616e-004, -1.3305181833e-002,
 -6.7132766189e-008, 1.3016038662e-005, -9.6175457646e-004,
 -2.3515890062e-006, 2.7967698182e-004, -1.7256806782e-004,
 2.0882885844e-007, -5.1777768958e-005, 2.0180431889e-003,

```
//V2
```

```
6.5312457470e-008, -1.9150951154e-005, -2.0349099389e-002,  
-3.4276754923e-007, 4.9784383734e-005, -2.1523690167e-002,  
-3.7210107697e-007, 2.0295326380e-005, -2.1019666141e-002,  
-8.3857795372e-006, 1.2606431748e-003, -2.6814793667e-002,  
-1.5355561526e-005, -1.0932829053e-003, 7.3982870962e-003,  
7.7328896253e-005, -5.3566931663e-004, -2.6346062940e-002,  
-4.6102322404e-008, 9.7581000581e-006, -2.1709055063e-002,  
-9.5575155516e-007, 1.2164782240e-004, -2.1216757081e-002,  
1.0024678728e-007, -2.4829650065e-005, -1.9268373383e-002};
```

```
unsigned int mux[9] = {0x8000, 0x8100, 0x8200, 0x8300, 0x8400,  
0x8500, 0x8600, 0x8700, 0x4000};
```

```
unsigned int scale[9] = {240,385,468,501,522,534,720,820,1024};
```

```
unsigned int val,i,j,k;
```

```
unsigned long del1 = 9500;
```

```
PINSEL1 = 0x00480000; //P0.25,27 D/A & A/D
```

```
PINSEL0 = 0x00000000; //P0.0..15 GPIO
```

```
IODIR0 = 0x0000FF00; //P0.8..15 define as Outputs
```

```
IOSET0 = 0x00008000;
```

```
i = 0;
```

```
serial0_init(115200);
```

```
while(1)
```

```
{
```

```
if (i<=scale[0])
```

```
{
```

```
kk = i;
```

```
j = 0;
```

```
else if (i<=scale[1])
```

```
{
```

```
    kk = i-scale[0];
```

```
        j = 1;
```

```
}
```

```
else if (i<=scale[2])
```

```
{
```

```
    kk = i-scale[1];
```

```
        j = 2;
```

```
}
```

```
else if (i<=scale[3])
```

```
{
```

```
    kk = i-scale[2];
```

```
        j = 3;
```

```
}
```

```
else if (i<=scale[4])
```

```
{
```

```
    kk = i-scale[3];
```

```
        j = 4;
```

```
}
```

```
else if (i<=scale[5])
```

```
{
```

```
    kk = i-scale[4];
```

```
        j = 5;
```

```
}
```

```
else if (i<=scale[6])
```

```
{
```

```
    kk = i-scale[5];
```

```
        j = 6;
```

```
}
```

```
else if (i<=scale[7])
```

```

{
    kk = i-scale[6];
    j = 7;
}
else if (i<=scale[8])
{
    kk = i-scale[7];
    j = 8;
}
else
{
    i = 0;
}
for (k=0;k<9;k++)
{
    gen = coef1[(k*45)+(j*5)]*kk*kk*kk*kk + coef1[(k*45)+(j*5)+1]*kk*kk*kk
+ coef1[(k*45)+(j*5)+2]*kk*kk + coef1[(k*45)+(j*5)+3]*kk + coef1[(k*45)+(j*5)+4];
    gen = (gen+0.1) * 1024.0;
    val = gen;
    IOSET0 = mux[k];
    DACR = val<<6;
    delay(del1);
    IOCLR0 = mux[k];
}
i++;
}
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REFERENCES

- [1] W. J. Tompkins, "Twelve-lead simulation for testing interpretive ECG machines," *Proc. of the Third Annual IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems*, pp.178-181, 1990.
- [2] I. Sadiqhi and M. Kejariwal, "A Generalized ECG simulator: an educational tool," *Images of the Twenty-First Century. Proc. of the Annual International Conference of the IEEE Engineering on Engineering in Medicine and Biology Society*, Vol. 6, pp.1963-1964, 1989.
- [3] L. Shuqian and W. J. Tompkins, "Microcomputer-based simulator of the 12-lead electrocardiogram," *Proc. of the Annual International Conference of the IEEE on Engineering in Medicine and Biology Society*, Vol. 1, pp.25-26, 1988.
- [4] R. F. Coughlin, R.S. Villanucci, "Introductory of operational amplifiers and linear ICs theory and experimentation," Prentice-Hall, 1990.
- [5] User manual, "Data acquisition card for PCI AD-612," Humusoft, 2003.
- [6] User manual, "Real time toolbox for use with MATLAB R14," Humusoft, 2003.
- [7] W. Hager, "Applied numerical linear algebra," Prentice Hall 1988.
- [8] I. S. Mackenzie, "The 8051 microcontroller," Macmillan 1992.
- [9] W. J. Tompkins, "Biomedical digital signal processing C- language examples and laboratory experiments for the IBM PC," Prentice Hall, 1993.