



ซิมพลิไฟอะแดปทีฟอัลกอริทึมสำหรับการตีเทคต์สัญญาณชานน์  
คลื่นเดียวโดยใช้ฟิลเตอร์แบบปรับค่าคิวแพลเตอร์

1. นาย นริศ ศรีทองอ่อน รหัส 39012013 2N
2. นาย สิริพงษ์ ฉัตรทินกร รหัส 39012030 2N
3. นาย อธิษฐ์ เกรือกาบ รหัส 39012035 2N

วัน เดือน ปี..... 14. ค.ค. 2541  
 เลขทะเบียน..... 038897  
 เลขเรียกหนังสือ..... ท.10137 ๖251 ๗

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต  
 ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม  
 คณะวิศวกรรมศาสตร์  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง  
 ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ 038897  
 ใ้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ **ซิมพลิไฟลด์อะแดปทีฟอัลกอริทึมสำหรับการดีเทกต์สัญญาณซายน์คลื่นเดียว**  
**โดยใช้ฟิลเตอร์แบบปรับค่าควแฟคเตอร์**  
**Simplified Adaptive Algorithm For A Single Sinusoid Detection Using A**  
**Variable Q Factor Filter**

โดย

1.นาย นริศ ศรีทองอ่อน	รหัส 39012013	2N
2.นาย สิริพงษ์ ฉัตรทินกร	รหัส 39012030	2N
3.นาย อธิษฐ์ เครือกาบ	รหัส 39012035	2N

ภาควิชา **เทคนิคอุตสาหกรรม**  
 อาจารย์ที่ปรึกษา **ผศ. ชวลิต เบญจางคประเสริฐ**

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง  
 อนุมัติให้นำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา  
 อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์  
 \_\_\_\_\_ อาจารย์ที่ปรึกษา  
 ( \_\_\_\_\_ )  
 \_\_\_\_\_ กรรมการ  
 ( \_\_\_\_\_ )  
 \_\_\_\_\_ กรรมการ  
 ( \_\_\_\_\_ )  
 \_\_\_\_\_ กรรมการ  
 ( \_\_\_\_\_ )  
 \_\_\_\_\_ กรรมการ  
 ( \_\_\_\_\_ )

หัวข้อปริญญาโท  
 ซิมพลิไฟซ์อะแดปทีฟอัลกอริทึมสำหรับการตีเทคต์สัญญาณขายน  
 คลื่นเดียวโดยใช้ฟิเตอร์แบบปรับค่าควเฟคเตอร์

นักศึกษา	1. นาย นริศ ศรีทองอ่อน	รหัส 39012013	2N
	2. นาย สิทธิพงษ์ ฉัตรทินกร	รหัส 39012030	2N
	3. นาย อธิษฐ์ เครือกาบ	รหัส 39012035	2N

อาจารย์ที่ปรึกษา                      ผศ. ชวลิต เบญจางคประเสริฐ

ระดับการศึกษา                        อุดสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

ปีการศึกษา                              พ.ศ. 2540

### บทคัดย่อ

บทวิจัยนี้เป็นการนำเสนอทฤษฎีเบื้องต้น และแนวความคิดในการซิมพลิไฟซ์อะแดปทีฟอัลกอริทึมแบบใหม่ เพื่อใช้สำหรับการตีเทคต์สัญญาณขายนคลื่นเดียว โดยใช้วิธีการปรับค่า Q-FACTOR ด้วยวงจรกรองความถี่กลางผ่านแบบ IIR การทำงานของอะแดปทีฟอัลกอริทึมนี้ จะมีการปรับค่า Q-FACTOR เพื่อความรวดเร็วและสามารถติดตามสัญญาณทางอินพุตตามความถี่ที่ใช้งานได้เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งอะแดปทีฟอัลกอริทึมแบบใหม่สามารถลดอุปกรณของวงจรให้น้อยลงได้ จากผลการทดลองโดยการซิมมูลเอชันด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะเห็นได้ว่าซิมพลิไฟซ์อะแดปทีฟอัลกอริทึมแบบใหม่สามารถติดตามสัญญาณขายนได้เร็วกว่าอะแดปทีฟอัลกอริทึมแบบเดิมอีกด้วย

**PROJECT**                      Simplified Adaptive Algorithm For A Single Sinusoid Detection  
Using A Variable Q Factor Filter

<b>NAME</b>	1. NARIS	SRITONGON	39012013	2N
	2. SIRIPONG	CHATTINNAKORN	39012030	2N
	3. ATINUT	KERGRAB	39012035	2N

**ADVISOR**                      CHAWALIT    BENJANGKAPRASERT

**LEVEL OF STUDY**            BECHELOR DEGREE IN INDUSTRIAL ELECTRONIC

**ACADEMIC YEAR**            1997

### ABSTRACT

THIS PAPER PROPOSED A NEW SIMPLIFIED ALGORITHM USING A VARIABLE Q FACTOR FILTER BASED ON AN IIR BANDPASS FILTER FOR A SINGLE SINUSOID DETECTION. THE ALGORITHM WORKS SUCH THAT THE FILTER CENTER FREQUENCY TRACKS THE OBJECT FREQUENCY WITH Q-FACTOR VARIED ADAPTIVELY. THE NEW ALGORITHM WAS THE REDUCED AMOUNT OF COMPUTATIONAL COMPLEXITY FOR COEFFICIENT UPDATE CIRCUIT OF THE FILTER AND HIGHER CONVERGENCE RATE THAN THE PREVIOUS ONE. THE COMPUTER SIMULATION RESULTS ARE GIVEN TO DEMONSTRATE THE CONVERGENCE PERFORMANCE.

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่ช่วยเป็นกำลังใจในการทำงานและคอยให้ความช่วยเหลืออุปการะในทุก ๆ ด้าน

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ ขวลิต เบญจางคประเสริฐ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ตลอดจนให้คำปรึกษาแนะแนวทางและวิธีในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และเอื้อเพื่อเอกสารต่าง ๆ จนปริญญาณิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณ ราชู และ คุณ ประวิทย์ ตลอดจนเพื่อน ๆ ทั้งหลายที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	II
ABSTRACT	III
กิตติกรรมประกาศ	IV
คำอธิบายสัญลักษณ์	X
บทนำ	XI
บทที่ 1 ทฤษฎีเบื้องต้น	1
- INTRODUCTION TO DIGITAL FILTER	1
- APPLICATION IN DIGITAL FILTER DESIGN	2
- REALIZATION STRUCTURES FOR DIGITAL FILTER	3
- TYPE OF DIGITAL FILTER	4
- SUMMARY OF KEY CHARACTERISTIC FEATURES OF FIR FILTER	5
- SUMMARY OF THE BASIC FEATURES OF IIR FILTER	6
- ADAPTIVE DIGITAL FILTER	8
- CONCEPTS OF ADAPTIVE DIGITAL FILTER	9
บทที่ 2 การวิเคราะห์และการออกแบบ	10
-ADAPTIVE ALGORITHM โดยใช้ฟิลเตอร์แบบค่า Q-FACTOR คงที่	11
-ADAPTIVE ALGORITHM โดยใช้ฟิลเตอร์ที่ปรับค่า Q-FACTOR ได้	14
-SIMPLIFIED ADAPTIVE ALGORITHM	26
บทที่ 3 สรุปผลการทดลอง	35
บทที่ 4 โปรแกรมและกราฟแสดงผลการทดลอง	38
-โปรแกรม	39-85
-กราฟแสดงผลการทดลอง	86-131
เอกสารอ้างอิง	132

## สารบัญ

## โปรแกรมและกราฟแสดงผลการทดลอง

## โปรแกรม

-กราฟแสดงคุณสมบัติของ $ H(\omega) $ เทียบกับ $\omega$	39
-กราฟแสดงคุณสมบัติของ $ H(\omega) $ เทียบกับ $\alpha_1$	41
-กราฟแสดงคุณสมบัติของ $\alpha_1(k)$ เทียบกับ $k$	45
-กราฟแสดงคุณสมบัติของ $ H(\alpha_0(k)) $ เทียบกับ $\alpha_0$	53
-กราฟแสดงคุณสมบัติของ $ G(z) ,  G_{01}(z) $ และ $ G_{02}(z) $ เทียบกับ $\omega$	58
-กราฟแสดงคุณสมบัติของ $\alpha_1(k)$ เทียบกับ $k$ เมื่อ $\alpha_0(k)$ คงที่	61
-กราฟแสดงคุณสมบัติของ $\alpha_1(k)$ เทียบกับ $k$ เมื่อ $\alpha_0(k)$ เปลี่ยนแปลง	65
-กราฟแสดงคุณสมบัติของ $ H(\alpha_0(k)) $ เทียบกับ $\alpha_0$	75
-กราฟแสดงคุณสมบัติของ $ \Pi(\alpha_0(k)) $ เทียบกับ $\alpha_0$	77
-กราฟแสดงการ CONVERGE ของ $\alpha_1(k)$	79

## กราฟแสดงผลการทดลอง

● กราฟแสดงคุณสมบัติของ $ H(\omega) $ เทียบกับ $\omega$	
รูปที่ 1.1 $\alpha_0 = 0.1, \alpha_1 = 0.1$	86
รูปที่ 1.2 $\alpha_0 = 0.8, \alpha_1 = 0.1$	87
รูปที่ 1.3 $\alpha_0 = 0.1, \alpha_1 = -0.8$	88
รูปที่ 1.4 $\alpha_0 = 0.8, \alpha_1 = 0.8$	89
รูปที่ 1.5 1. $\alpha_0 = 0.1, \alpha_1 = 0.1$ 2. $\alpha_0 = 0.8, \alpha_1 = 0.1$ 3. $\alpha_0 = 0.1, \alpha_1 = -0.8$ 4. $\alpha_0 = 0.8, \alpha_1 = 0.8$	90

● กราฟแสดงคุณสมบัติของ $ H(\omega) $ เทียบกับ $\alpha_1$	
รูปที่ 2.1 $\omega = \pi/3, \alpha_0 = 0.1$	91

รูปที่ 2.2 $\omega = \pi/3, \alpha_0 = 0.4$	92
---	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3	$\omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.8$	93
รูปที่ 2.4	1. $\omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.1$ 2. $\omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.4$ 3. $\omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.8$	94
รูปที่ 2.5	$\omega = \pi / 4, \alpha_0 = 0.1$	95
รูปที่ 2.6	$\omega = \pi / 4, \alpha_0 = 0.4$	96
รูปที่ 2.7	$\omega = \pi / 4, \alpha_0 = 0.8$	97
รูปที่ 2.8	1. $\omega = \pi / 4, \alpha_0 = 0.1$ 2. $\omega = \pi / 4, \alpha_0 = 0.4$ 3. $\omega = \pi / 4, \alpha_0 = 0.8$	98

● กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $\alpha_1(k)$  เทียบกับ  $k$

รูปที่ 3.1	$A = 1, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.3$	99
รูปที่ 3.2	$A = 1, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.6$	100
รูปที่ 3.3	$A = 1, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.8$	101
รูปที่ 3.4	$A = 1, \mu = 0.0006, \omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.3$	102
รูปที่ 3.5	$A = 1, \mu = 0.0006, \omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.6$	103
รูปที่ 3.6	$A = 1, \mu = 0.0006, \omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.8$	104
รูปที่ 3.7	$A = 1, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 4, \alpha_0 = 0.3$	105
รูปที่ 3.8	$A = 1, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 4, \alpha_0 = 0.6$	106
รูปที่ 3.9	$A = 1, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 4, \alpha_0 = 0.8$	107

● กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $|H(\alpha_0(k))|$  เทียบกับ  $\alpha_0$

รูปที่ 4.1	1. $\alpha_1 = 0.1, \omega = \pi / 3$ 2. $\alpha_1 = 0.2, \omega = \pi / 3$ 3. $\alpha_1 = 0.3, \omega = \pi / 3$ 4. $\alpha_1 = 0.4, \omega = \pi / 3$	108
รูปที่ 4.2	1. $\alpha_1 = 0.1, \omega = \pi / 4$ 2. $\alpha_1 = 0.2, \omega = \pi / 4$ 3. $\alpha_1 = 0.3, \omega = \pi / 4$ 4. $\alpha_1 = 0.4, \omega = \pi / 4$	109

● กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $|G(z)|, |G_{01}(z)|$  และ  $|G_{02}(z)|$  เทียบกับ  $\omega$

รูปที่ 5.1	$\alpha_0 = 0.1, \alpha_1 = 0.1$	110
------------	----------------------------------	-----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.2	$\alpha_0 = 0.1, \alpha_1 = 0.8$	111
รูปที่ 5.3	$\alpha_0 = 0.8, \alpha_1 = 0.1$	112
● กราฟแสดงคุณสมบัติของ $\alpha_1(k)$ เทียบกับ $k$ เมื่อ $\alpha_0(k)$ คงที่		
รูปที่ 6.1	$\alpha_0 = 0.3, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 3$	113
รูปที่ 6.2	$\alpha_0 = 0.7, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 3$	114
รูปที่ 6.3	$\alpha_0 = 0.3, \mu = 0.0006, \omega = \pi / 3$	115
รูปที่ 6.4	$\alpha_0 = 0.3, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 4$	116
● กราฟแสดงคุณสมบัติของ $\alpha_1(k)$ เทียบกับ $k$ เมื่อ $\alpha_0(k)$ เปลี่ยนแปลง		
รูปที่ 7.1	$A = 1, \mu = 0.0003, \mu_0 = 0.0006, \omega = \pi / 3$	117
รูปที่ 7.2	$A = 1, \mu = 0.0001, \mu_0 = 0.0006, \omega = \pi / 3$	118
รูปที่ 7.3	$A = 1, \mu = 0.0003, \mu_0 = 0.0009, \omega = \pi / 3$	119
รูปที่ 7.4	$A = 1, \mu = 0.0002, \mu_0 = 0.0005, \omega = \pi / 4$	120
● กราฟแสดงคุณสมบัติของ $ H(\alpha_0(k)) $ เทียบกับ $\alpha_0$		
รูปที่ 8.1	$\alpha_1 = 0.2, \omega = \pi / 3$	121
รูปที่ 8.2	$\alpha_1 = 0.3, \omega = \pi / 3$	122
รูปที่ 8.3	$\alpha_1 = 0.4, \omega = \pi / 3$	123
รูปที่ 8.4	1. $\alpha_1 = 0.2, \omega = \pi / 3$ 2. $\alpha_1 = 0.3, \omega = \pi / 3$ 3. $\alpha_1 = 0.4, \omega = \pi / 3$	124
● กราฟแสดงคุณสมบัติของ $ \Pi(\alpha_0(k)) $ เทียบกับ $\alpha_0$		
รูปที่ 9.1	$\alpha_1 = 0.2, \omega = \pi / 3$	125
รูปที่ 9.2	$\alpha_1 = 0.3, \omega = \pi / 3$	126
รูปที่ 9.3	$\alpha_1 = 0.4, \omega = \pi / 3$	127
รูปที่ 9.4	1. $\alpha_1 = 0.2, \omega = \pi / 3$ 2. $\alpha_1 = 0.3, \omega = \pi / 3$ 3. $\alpha_1 = 0.4, \omega = \pi / 3$	128

● กราฟแสดงการ CONVERGE ของ  $\alpha_1(k)$

รูปที่ 10.1	$A = 1, SNR = 10\text{dB}, \omega = \pi / 3, \mu_0 = 0.0006, \mu_1 = 0.0003$	129
รูปที่ 10.2	$A = 1, SNR = 10\text{dB}, \omega = \pi / 4, \mu_0 = 0.0006, \mu_1 = 0.0003$	130
รูปที่ 10.3	$A = 1, SNR = 1.8\text{dB}, \omega = \pi / 3, \mu_0 = 0.0006, \mu_1 = 0.0003$	131



## คำอธิบายสัญลักษณ์

$k$  : จำนวนเวลาการ SAMPLING (จำนวนเต็ม)

$X(k)$  : สัญญาณทางค่านอินพุท

$y(k)$  : สัญญาณทางค่านเอาต์พุท

$n(k)$  : สัญญาณรบกวนแบบเกาส์

$H(z)$  : TRANSFER FUNCTION ของวงจรกรองความถี่กลางผ่านแบบ IIR อันดับสอง

$\alpha_0(k)$  : สัมประสิทธิ์คงที่สำหรับกำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่มีค่าระหว่าง  
 $0 < \alpha_0 < 1$

$\alpha_1(k)$  : สัมประสิทธิ์แปรค่าที่ใช้กำหนดค่าความถี่กลาง ( $\omega_0$ ) มีค่าระหว่าง  $-1 < \alpha_1(k) < 1$

$\psi_{01}(k), \psi_{02}(k)$  : สัญญาณควบคุม ADAPTIVE ของ  $\alpha_1(k)$

$\mu_0, \mu_1$  : STEP SIZE PARAMETER

$\frac{\partial |H(\alpha_1(k))|^2}{\partial \alpha_1(k)}$  : จะเป็นสัดส่วน โดยตรงกับค่า  $y(k)$  และ  $\psi(k)$  ซึ่งต่างก็มาจาก  $H(z)$  เนื่องจากว่า  
 $\alpha_1(k)$  จะติดตามความถี่ได้เร็วหรือไม่นั้นก็ขึ้นอยู่กับค่าของ  $y(k) * \psi(k)$

$\alpha_{0,opt}(k)$  : ค่า  $\alpha_0(k)$  ที่จะทำให้  $\alpha_1(k)$  มีค่าสูงสุด ซึ่งหาได้จากสมการ  $\frac{\partial H_1(\alpha_0(k))}{\partial \alpha_0(k)} = 0$

$G(z)$  : TRANSFER FUNCTION ของ  $\psi(k)$  ที่อยู่ในรูป Z-TRANSFORM

$|H(\alpha_1(k))|^2$  : เป็นฟังก์ชันของ  $\alpha_0$  ซึ่งจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าเฉลี่ยกำลังสองของ  $[y(k)]^2$

$\Pi(\alpha_0)$  : เป็นฟังก์ชันของ  $\alpha_0$  มีค่าเท่ากับ  $\frac{\partial |H(\alpha_1(k))|}{\partial \alpha_1(k)}$

## บทนำ

ในเครื่องมือที่มีการใช้ความถี่ของสัญญาณเพื่อนำไปประมวลผล เช่น เครื่องตรวจสอบการทำงานของหัวใจ หรือเครื่องมือวัดความถี่ต่าง ๆ ความสามารถของวงจรกรองความถี่ทั่วไปของเครื่องมือเหล่านี้ยังคงยอมให้มีสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ผ่านไปได้

ปริญญานิพนธ์นี้จึงสร้างวงจรเพื่อใช้ควบคุมวงจรกรองความถี่ให้สามารถลดทอนสัญญาณรบกวนได้มากขึ้น โดยการออกแบบวงจรกรองความถี่ที่ใช้อะแคปทีฟฟัลทอริทึมประยุกต์เข้ากับวงจรกรองความถี่กลางแบบไอไออาร์ ผลของการออกแบบนี้จะได้รับการพิสูจน์จากโปรแกรมที่เขียนมาเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ

แต่ละบทภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นดังนี้

บทที่ 1 เป็นทฤษฎีเบื้องต้นของอะแคปทีฟฟัลเตอร์ คำจำกัดความของฟิลเตอร์

บทที่ 2 เป็นการวิเคราะห์และออกแบบสมการต่าง ๆ

บทที่ 3 สรุปผลการทดลอง

บทที่ 4 โปรแกรมและกราฟแสดงผลการทดลอง

# บทที่ 1

## ทฤษฎีเบื้องต้น

### 1. INTRODUCTION TO DIGITAL FILTERS

DIGITAL FILTER เป็นสิ่งที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งในการนำไปใช้ในระบบ DSP (DIGITAL SIGNAL PROCESSING) เป็นการนำ ALGORITHM ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในระบบ HARDWARE หรือ SOFTWARE กล่าวคือ สัญญาณ DIGITAL INPUT จะทำการสร้างสัญญาณ DIGITAL OUTPUT โดยใช้ FILTERING ALGORITHM เพื่อให้ได้รับสัญญาณจากการ FILTERING ตามความต้องการเพื่อนำไปใช้ใน DIGITAL FILTER สำหรับชนิดของ FILTER ที่สำคัญจะถูกกำหนด โดย

$$y(n) = \sum_{k=0}^{n-1} h(k) \cdot x(n-k) \quad (1)$$

โดยที่  $h(k)$  = สัมประสิทธิ์ ของ FILTER

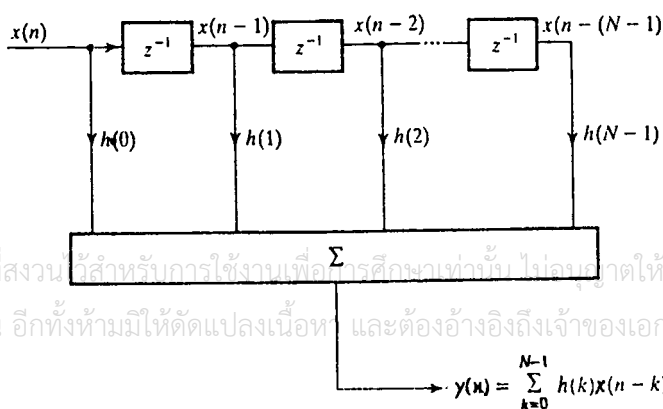
$$k = 0, 1, \dots, n-1$$

$x(n)$  = INPUT FILTER

$y(n)$  = OUTPUT FILTER

ซึ่งสำหรับ FILTER ที่ให้มา ค่าสัมประสิทธิ์จะกำหนด CHARACTERISITIC ของ FILTER FILTERING นี้จะอยู่ในการ CONVOLUTION ที่แท้จริงของสัญญาณ และการตอบสนองต่อ อิมพัลส์ของ FILTER ใน TIME DOMAIN ซึ่งก็คือ  $h(k)$

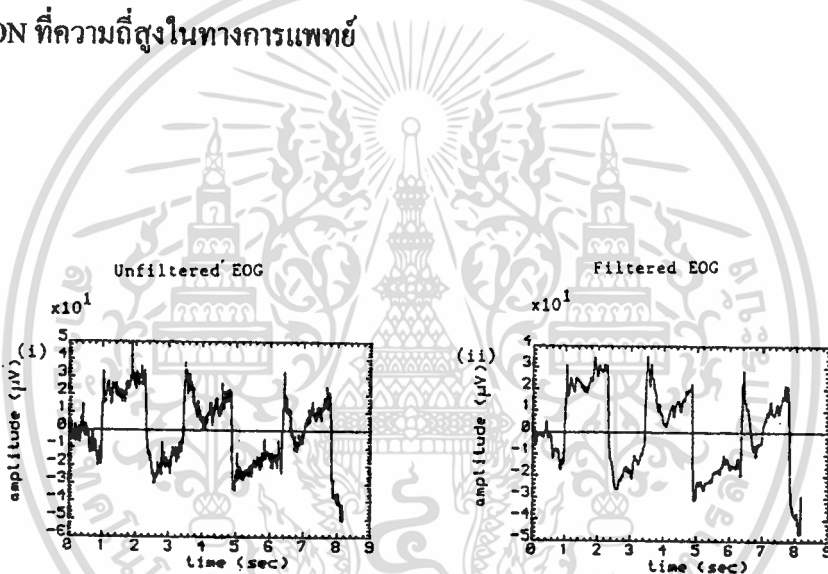
**รูปที่ 1.** บล็อกไดอะแกรมของ TRANSVERSAL FILTER โดยที่มี  $h(k)$ , ( $k=0,1,\dots,n-1$ ) เป็น สัมประสิทธิ์ของ FILTER และ  $Z^{-1}$  แสดงถึง DELAY ของช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างหนึ่งครั้ง



จากรูปจะแสดงถึง BLOCK DIAGRAM ซึ่งจะแสดงถึงนิยามของ DIGITAL FILTER ที่กำหนดไว้ก่อนหน้านี้ โดยที่รูปแบบ FILTER ชนิดนี้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย เรียกว่า TRANSVERSAL FILTER จากรูป  $Z^{-1}$  จะแสดงถึง DELAY ของช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างหนึ่งครั้ง

วัตถุประสงค์ของ FILTER โดยรวม ๆ แล้วเป็นการกำจัดหรือลด NOISE จากสัญญาณที่ต้องการดึงตัวอย่างจากรูป โดยการดึงข้อมูลของกลุ่มที่สนใจในช่วงหนึ่งออกมาซึ่ง NOISE ในระบบอื่นๆ อาจจะปะปนมาด้วยดังนั้นเราจึงทำการกรองสัญญาณที่แท้จริงออกมาเพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ได้ถูกต้อง ดังรูป

**รูปที่ 2.** แสดงถึงผลของการใช้ DIGITAL LOWPASS FILTERING ในการลดสัญญาณ DISTORTION ที่ความถี่สูงในทางการแพทย์



## 2. APPLICATION IN DIGITAL FILTER DESIGN

Z-TRANSFORM เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในระบบ DSP นั่นคือใช้ในการออกแบบเพื่อวิเคราะห์สัญญาณ ERROR ใน DIGITAL FILTER โดยเฉพาะในระบบ IIR FILTER ซึ่งมักจะถูกใช้ในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของ DIGITAL FILTER และวิเคราะห์ผลของการ QUANTIZATION ERRORS ต่าง ๆ ในโครงสร้างที่ใช้ใน DIGITAL FILTER และสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้ Z - TRANSFORM ในการออกแบบ DISCRETE FILTER คือใช้ในการแสดงโครงสร้างของ DIGITAL FILTER

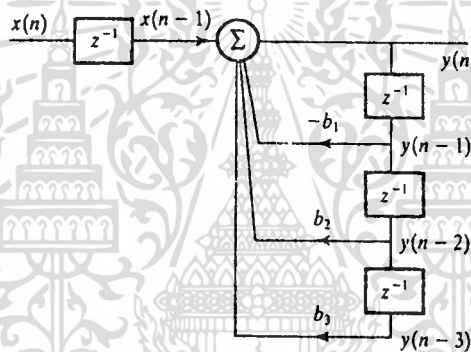
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. REALIZATION STRUCTURES FOR DIGITAL FILTER

DISCRETE-TIME FILTER จะถูกนำมาแสดงบ่อย ๆ ในรูปแบบของ BLOCK DIAGRAM หรือ SIGNAL FLOW GRAPH ซึ่ง BLOCK DIAGRAM จะเป็นการสะดวกกว่าที่ใช้ในการแสดง DIFFERENCE EQUATIONS หรือ EQUIVALENT ของ TRANSFER FUNCTION ซึ่งสามารถพิจารณาด้วยตัวอย่าง DISCRETE FILTER ด้วย DIFFERENCE EQUATION ดังรูปต่อไปนี้

**รูปที่ 3.** การวิเคราะห์สมการ DIFFERENCE EQUATION ในรูปแบบ BLOCK DIAGRAM โดยสมมติสมการดังนี้

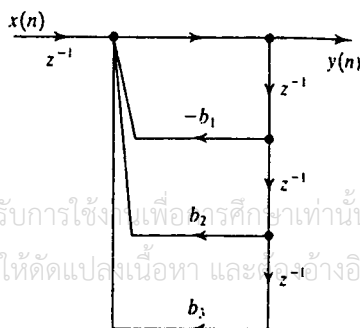
$$y(n) = x(n-1) - b_1y(n-1) + b_2y(n-2) + b_3y(n-3)$$



BLOCK DIAGRAM แสดงถึงสมการดังกล่าวจากรูปสัญลักษณ์  $Z^{-1}$  จะแสดงถึง DELAY ของช่วงเวลาหนึ่งหน่วย ซึ่งอาจจะพิจารณาใน NODE ต่าง ๆ ถูกสรแสดงถึงการ MULTIPIERS และค่าคงที่ตัวถัดมาทำการคูณกับตัวประกอบ ความสัมพันธ์ระหว่าง DIFFERENCE EQUATION และ BLOCK DIAGRAM จะค่อย ๆ ปรากฏขึ้น และ SIGNAL FLOW GRAPH DIAGRAM ก็ใช้แสดงกับ DIFFERENCE EQUATION เช่นเดียวกันดังรูป ที่ 4

**รูปที่ 4.** การวิเคราะห์สมการ DIFFERENCE EQUATION ในรูปแบบ SIGNAL FLOW GRAPH DIAGRAM โดยสมมติสมการดังนี้

$$y(n) = x(n-1) - b_1y(n-1) + b_2y(n-2) + b_3y(n-3)$$



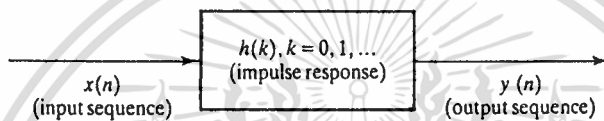
#### 4. TYPE OF DIGITAL FILTER

DIGITAL FILTER ที่ใช้อย่างกว้างขวางแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1. FINITE IMPULSE RESPONSE (FIR)

2. INFINITE IMPULSE RESPONSE (IIR)

**รูปที่ 5.** บล็อกไดอะแกรมแสดงถึงหลักการของ DIGITAL FILTER



FILTERS แต่ละชนิด จะมีรูปแบบพื้นฐานแต่ละตัวซึ่งสามารถแสดงลำดับของการตอบสนองต่ออิมพัลส์  $h(k)$  ( $k = 0, 1, \dots$ ) ดังรูปที่ 5 สัญญาณ INPUT และ OUTPUT ที่ต่อ FILTER จะถูกนำมาเกี่ยวพันโดยผลรวมของการ CONVOLUTION ซึ่งสมการแต่ละชนิดแสดงได้ดังต่อไปนี้

$$y(n) = \sum_{k=0}^{\infty} h(k) \cdot x(n-k) \quad : \quad \text{IIR DIGITAL FILTER} \quad (\text{II})$$

$$y(n) = \sum_{k=0}^{n-1} h(k) \cdot x(n-k) \quad : \quad \text{FIR DIGITAL FILTER} \quad (\text{III})$$

จากสมการข้างต้น สำหรับ IIR FILTER นั้นผลการตอบสนองต่ออิมพัลส์จะอยู่ในช่วงที่ไม่จำกัด แต่สำหรับ FIR FILTER จะอยู่ในช่วงที่กำหนด โดยเริ่มที่  $h(k)$  สำหรับ FIR จะมีเพียง  $N$  ค่า ส่วนในการคำนวณหาค่า OUTPUT ของ IIR ไม่สามารถเป็นไปได้อันเนื่องจากการมีความยาวของผลการตอบสนองต่ออิมพัลส์นั้นยาวมาก ( $\infty$  : INFINITY) ดังนั้นเราจึงแทนสมการของ IIR FILTER ในรูปของ RECURSIVE FORM

$$y(n) = \sum_{k=0}^{\infty} h(k) \cdot x(n-k) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k \cdot x(n-k) - \sum_{k=1}^{\infty} b_k \cdot x(n-k) \quad (\text{IV})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่  $a_k$  และ  $b_k$  เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของ FILTER ดังนั้นจากสมการข้างต้นคือสมการที่แตกต่างกันระหว่าง FIR และ IIR FILTER จากสมการเหล่านั้นจะมีค่า  $h(k)$  สำหรับ FIR และ  $a_k$  และ  $b_k$  สำหรับ IIR ซึ่งสมการทั้งสองเป็นสิ่งที่สำคัญมากที่ใช้ในการออกแบบ FILTER เป็นส่วนใหญ่ จากสมการ กระแสการสุ่มตัวอย่าง OUTPUT  $y(n)$  เป็น FUNCTION ของ OUTPUT ที่ผ่านมา ซึ่งค่าที่ต้องจะเท่ากับค่าตัวอย่าง INPUT ที่สุ่มมา ทั้งในอดีตและปัจจุบัน ซึ่งนั่นคือ IIR จะมีการ FEEDBACK ซึ่งจะเปรียบเทียบกับสมการ FIR แล้ว กระแสการสุ่มตัวอย่าง OUTPUT  $y(n)$  จะเป็นเพียง FUNCTION ของค่า INPUT ของในอดีตและปัจจุบันเท่านั้นเอง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อ  $b_k$  มีค่าเท่ากับ 0 สมการ IIR ก็คือ สมการ FIR นั่นเอง

และจากสมการข้างต้น นี้ก็คือ TRANSFER FUNCTION ของ FIR และ IIR FILTER ซึ่งค่า TRANSFER FUNCTION เหล่านี้จะมีประโยชน์มาก ในการคำนวณหาค่า ใน FREQUENCY RESPONSE

$$H(z) = \sum_{k=0}^{n-1} h(k) \cdot z^{-k} \quad : \quad \text{FIR DIGITAL FILTER} \quad (V)$$

$$H(z) = \frac{\sum_{k=0}^n a_k \cdot z^{-k}}{1 + \sum_{k=1}^n b_k \cdot z^{-k}} \quad : \quad \text{IIR DIGITAL FILTER} \quad (VI)$$

## 5. SUMMARY OF KEY CHARACTERISTIC FEATURES OF FIR FILTER

### 1. CHARACTERISTIC ของ FIR FILTER จะแสดงคั้งสมการ

$$y(n) = \sum_{k=0}^{n-1} h(k) \cdot x(n-k) \quad (VII)$$

$$H(z) = \sum_{k=0}^{n-1} h(k) \cdot z^{-k} \quad (VIII)$$

โดยที่  $h(k)$ ,  $k = 0, 1, \dots, n-1$  เป็นค่าสัมประสิทธิ์ในการตอบสนองต่ออินพุตของ FILTER

$H(z)$  เป็น TRANSFER FUNCTION ของ FILTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

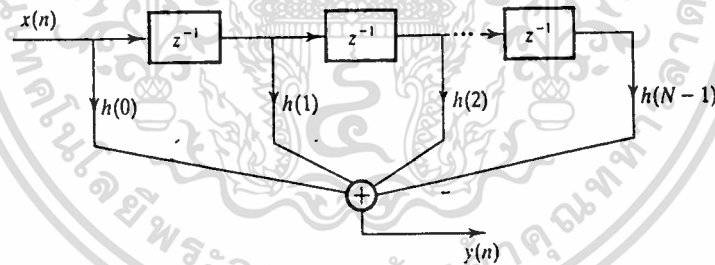
$n$  เป็น FILTER LENGTH

นั่นก็คือจำนวนของสัมประสิทธิ์ของ FILTER ของสมการแรกเป็น FIR DIFFERENCE EQUATION ซึ่งมันจะเป็นสมการใน TIME DOMAIN และจะพิจารณา FIR FILTER ในรูปของ NON-RECURSIVE FORM ซึ่งจะทำให้การคำนวณอย่าง OUTPUT  $y(n)$  เป็น FUNCTION เพียงค่าของ INPUT ในอดีตและปัจจุบัน เท่านั้น ,  $x(n)$  เมื่อ FILTER ถูกนำไปใช้ในรูปแบบนี้ นั่นคือ จะเป็นการหาค่าโดยตรง จะทำให้ได้ค่าคงที่ (STABLE) และ TRANSFER FUNCTION ของ FILTER จะใช้ในการวิเคราะห์และหาค่า FILTER ในทาง FREQUENCY RESPONSE

2. FIR FILTER สามารถมีความเป็น LINEAR PHASE RESPONSE ที่แท้จริง

3. FIR FILTER ง่ายที่จะนำไปใช้ในระบบ DSP PROCESSORS ทั้งหมดมีความเหมาะสมที่จะใช้กับ FIR FILTERING NON-RECURSIVE FIR FILTER จะมีข้อผิดพลาดน้อยกว่าผลของความยาวที่จำกัดกว่า IIR FILTER

รูปที่ 6. โครงสร้างของ FIR DIGITAL FILTER



## 6. SUMMARY OF THE BASIC FEATURES OF IIR FILTER

CHARACTERISTIC ของ IIR DIGITAL FILTER ถูกกำหนดตาม RECURSIVE EQUATION

ดังนี้

$$y(n) = \sum_{k=0}^{\infty} h(k) \cdot x(n-k) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k \cdot x(n-k) - \sum_{k=1}^{\infty} b_k \cdot x(n-k) \quad (\text{IX})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่  $h(k)$  เป็นผลการตอบสนองต่ออิมพัลส์ของ FILTER ซึ่งจะมีช่วงเวลาที่ไม่มีจำกัด

$a_k$  และ  $b_k$  เป็นสัมประสิทธิ์ของ FILTER

$x(n)$  และ  $y(n)$  เป็น INPUT และ OUTPUT ของ FILTER

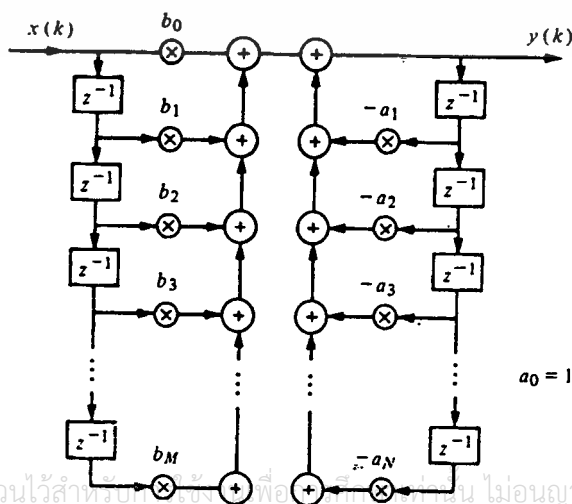
TRANSFER FUNCTION สำหรับ IIR FILTER ถูกกำหนดโดย

$$H(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + \dots + a_n z^{-n}}{1 + b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m}} = \frac{\sum_{k=0}^n a_k \cdot z^{-k}}{1 + \sum_{k=1}^m b_k \cdot z^{-k}} \quad (X)$$

ส่วนที่สำคัญในการออกแบบ IIR FILTER คือการค้นหาค่าที่เหมาะสม สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ และให้สอดคล้องกับลักษณะของ FILTER ใน FREQUENCY RESPONSE ดังนั้นสมการดังกล่าวทั้งสอง จึงเป็น CHARACTERISTIC EQUATION สำหรับ IIR FILTER

จากสมการแรก กล่าวได้ว่ากระแสดำเนินการที่ OUTPUT ,  $y(n)$  เป็น FUNCTION ของ OUTPUT ที่ผ่านมา  $y(n)$  ซึ่งจะเท่ากับค่าการสุ่มตัวอย่าง INPUT ทั้งในปัจจุบันและอดีต นั่นคือ IIR FILTER เป็นระบบ FEEDBACK ซึ่งปกติแล้ว IIR FILTER ต้องการเพียงสัมประสิทธิ์ 2-3 ตัวมากกว่า FIR FILTER สำหรับข้อกำหนดเดียวกัน ซึ่ง IIR FILTER จะถูกใช้เมื่อจุด CUT OFF ที่แคบและมี THROUGHPUT ที่สูง เป็นความต้องการที่สำคัญ เหตุผลที่จะทำให้ IIR FILTER ไม่คงที่ (UNSTABLE)

รูปที่ 7. โครงสร้าง IIR DIGITAL FILTER



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7. ADAPTIVE DIGITAL FILTER

ADAPTIVE DIGITAL FILTER เป็นสิ่งที่จำเป็นในการกรองความถี่แบบ DIGITAL ที่มีลักษณะการปรับค่าต่าง ๆ ด้วยตัวเอง โดยทำการปรับค่าอย่างอัตโนมัติ เพื่อที่จะเป็นค่าของสัญญาณ INPUT ต่อไป

ADAPTIVE FILTER เราหมายถึงอุปกรณ์ซึ่งถูกออกแบบด้วยมันเองในความคิดที่ว่า มันจะบรรจุกลุ่มของ PARAMETERS ที่ปรับค่าได้ และค่ามันจะถูกกำหนดโดยอัตโนมัติขึ้นอยู่กับการประมาณค่าคุณสมบัติทางสถิติของสัญญาณที่เกี่ยวข้อง ฉะนั้นทฤษฎีของ ADAPTIVE FILTER จะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับการออกแบบ FILTER ที่ดีที่สุดในปัญหาการออกแบบต้องการที่จะหากลุ่มที่ดีที่สุดของ FILTER PARAMETERS จากความรู้ของคุณสมบัติของสัญญาณที่เกี่ยวข้อง ให้เหมาะสมกับบรรทัดฐาน หรืออีกอย่างหนึ่ง , ปัญหาของ ADAPTIVE FILTER คือ ความต้องการที่จะหา ALGORITHM (ขบวนการในการแก้ปัญหา) สำหรับปรับค่า FILTER PARAMETERS ในสถานการณ์ที่ความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของสัญญาณที่เกี่ยวข้องไม่สมบูรณ์, ดังนั้นการทำงานของ ADAPTIVE FILTER จะเข้าสู่ลักษณะ FILTER ที่ดีที่สุด หลังจากผ่านขบวนการซ้ำ ๆ เกี่ยวกับจำนวนตัวเลขมากมายของ ALGORITHM

ADAPTIVE FILTER อาจจะมีลักษณะแตกต่างกันดังนี้

1. ADAPTIVE FILTER ลักษณะ OPEN LOOP หรือไม่กระทำซ้ำ , ประกอบด้วยขบวนการสองขั้น โดยที่ขบวนการแรก คือ การเรียนรู้สถิติของสัญญาณที่เกี่ยวข้อง แล้วนำผลที่ได้ใส่เข้าไปใน ALGORITHM ที่ไม่มีการกระทำซ้ำ (NON-RECURSIVE ALGORITHM) ลักษณะเช่นนี้จะมีข้อเสียที่ต้องการความละเอียดมากและ HARDWARE ราคาแพง
2. ADAPTIVE FILTER ลักษณะ CLOSED LOOP หรือกระทำซ้ำ ที่เรื่องของสถิติไม่ได้ถูกประมาณอย่างเด่นชัด แต่ว่าการออกแบบของ ADAPTIVE FILTER จะทำได้ในขบวนการเดียวโดยการเฉลี่ยของ ALGORITHM ที่กระทำซ้ำ (RECURSIVE ALGORITHM) ซึ่งจะเปลี่ยนค่า FILTER PARAMETERS โดยอัตโนมัติด้วยข้อมูลที่สุ่มเข้ามาใหม่ในแต่ละครั้ง ในแต่ละการกระทำซ้ำของ ALGORITHM ADAPTIVE FILTER จะค่อยๆเรียนรู้เกี่ยวกับสถิติของสัญญาณที่เกี่ยวข้องและการปรับปรุงกลุ่มของค่าปัจจุบัน ของ FILTER ที่เปลี่ยนค่า PARAMETERS ได้ จะถูกคำนวณโดยใช้ข่าวสารใหม่นี้และ ADJUSTABLE FILTER (FILTER ที่เปลี่ยนค่า PARAMETERS) ค่า PARAMETERS ของมันจะเพิ่มขึ้นและการกระทำซ้ำครั้งต่อไปจะมีฐานจากการปฏิบัติการของ FILTER ด้วยกลุ่มของค่าที่ปรับปรุงแล้วในลักษณะของ CLOSED LOOP , การเรียนรู้และการปฏิบัติ

การคำนวณจะรวมกันเป็นขบวนเดียวกันซึ่งดูเหมือนว่าจะมีเครื่องมือที่ง่ายกว่าลักษณะ OPEN LOOP

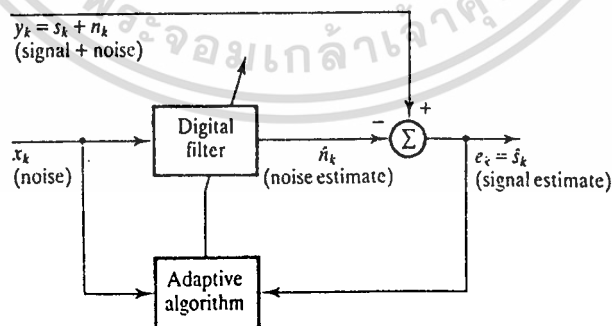
ADAPTIVE DIGITAL FILTER มีคุณสมบัติใน FREQUENCY RESPONSE จะทำการปรับหรือแก้ไขโดยอัตโนมัติ เพื่อที่จะปรับปรุงโครงสร้างให้สอดคล้องกับเกณฑ์บางส่วนในการที่จะให้ FILTER ทำการปรับและเปลี่ยนค่าลักษณะสัญญาณ INPUT เนื่องจากการปรับค่าของตัวเอง และมีความง่ายในการสร้าง ADAPTIVE DIGITAL FILTER จะพบว่าถูกนำมาใช้ในการหลาย ๆ อย่าง อาทิ เช่น TELEPHONE ECHO CANCELLING , RADAR SIGNAL PROCESSING , NAVIGATOR SYSTEM EQUATION OF COMMUNICATION CHANNELS และ BIOMEDICAL SIGNAL ENHANCEMENT

## 8. CONCEPTS OF ADAPTIVE DIGITAL FILTER

### ADAPTIVE FILTER AS A NOISE CANCELER

ADAPTIVE FILTER ประกอบด้วยสองส่วนที่แตกต่างกัน: DIGITAL FILTER กับ สัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการปรับค่า, และ ADAPTIVE ALGORITHM ซึ่งจะใช้ในการปรับค่าหรือปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ของ FILTER ดังรูป

### รูปที่ 8. ADAPTIVE NOISE CANCELER



สัญญาณ INPUT 2 สัญญาณ  $y_k$  และ  $x_k$  ถูกป้อนอย่างต่อเนื่องไปยัง ADAPTIVE FILTER สัญญาณ  $y_k$  ประกอบด้วยสัญญาณที่ต้องการ ( $s_k$ ) และ NOISE ปะปนอยู่ สมมติว่าสัญญาณทั้งสองเกี่ยวพันซึ่งกันและกัน โดยที่  $x_k$  เป็นสัญญาณที่ใช้ในการตรวจสอบสัญญาณที่ปะปนมา ซึ่งจะเกี่ยวพันกับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOISE( $n_k$ ) สัญญาณ  $x_k$  จะเป็นสัญญาณที่ผ่านกระบวนการ DIGITAL FILTER เพื่อที่จะประมาณค่าของ NOISE ซึ่งให้เป็น  $n_k'$  ของ  $n_k$  ดังนั้น ค่าประมาณของสัญญาณที่ต้องการจะหาได้จากการหักล้างของ OUTPUT ของ DIGITAL FILTER จากสัญญาณ  $y_k$

$$s_k' = y_k - n_k' = s_k + n_k - n_k'$$

วัตถุประสงค์ที่สำคัญใน NOISE CANCELING ก็เพื่อจะสร้างค่าประมาณที่ดีที่สุดของ NOISE ใน  $s_k$  สัญญาณที่ปะปนกัน และค่าประมาณที่ดีที่สุดของสัญญาณซึ่งจะทำได้โดยการใช้  $s_k'$  ในระบบการ FEEDBACK เพื่อทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์ของ DIGITAL FILTER , ADAPTIVE ALGORITHM ที่เหมาะสมเพื่อลด NOISE ให้มากที่สุด ใน  $s_k'$  สัญญาณ OUTPUT  $s_k'$  จะนำไปใช้สองส่วนคือ

1. ใช้ในการประมาณค่าสัญญาณที่ต้องการ
2. สัญญาณที่ผิดพลาดจะถูกใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ของ FILTER



## บทที่ 2

### การวิเคราะห์และออกแบบ

โครงการนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบ ADAPTIVE ALGORITHM เข้ากับ IIR DIGITAL -BANDPASS FILTER อันดับ 2 ที่มีค่า Q-FACTOR คงที่ เพื่อออกแบบฟิลเตอร์ที่มีความสามารถปรับค่า Q-FACTOR และ SIMPLIFIED ADAPTIVE ALGORITHM ที่มีการปรับค่า Q-FACTOR เพื่อความรวดเร็วและสามารถติดตามสัญญาณทางอินพุตตามความถี่ที่ใช้งานได้เร็วยิ่งขึ้น

#### 1. ADAPTIVE ALGORITHM โดยวิธีฟิลเตอร์แบบค่า Q-FACTOR คงที่

กำหนดให้ช่วงเวลาการแซมปลิง (SAMPLING) เป็น  $T$  (วินาที) อุณหภูมิที่ (NORMALIZED) อยู่ที่ 1 ตัวแปร  $k$  (เลขจำนวนเต็ม) เป็นเวลาการแซมปลิง และสัญญาณทางด้านอินพุตเขียนได้ดังสมการ

$$X(k) = A \cdot \cos(k \cdot \omega) + n(k) \quad (1)$$

โดยที่  $X(k)$  คือสัญญาณทางด้านอินพุต ซึ่งประกอบด้วยคลื่นไซน์  $A \cdot \cos(k \omega)$  ( $A$  เป็นค่าคงที่,  $\omega$  (rad/sec) ความเร็วเชิงมุม มีค่าในช่วง  $0 < \omega < \pi$ ) และสัญญาณรบกวนแบบเกาส์  $n(k)$

สำหรับ TRANSFER FUNCTION ของวงจรกรองความถี่กลางผ่านแบบ IIR อันดับสองที่มีความถี่กลางเป็น  $\omega_0$  คือ

$$H(z) = \frac{1 - \alpha_0}{2} \frac{1 - z^{-2}}{1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) \cdot z^{-1} + \alpha_0 z^{-2}} \quad (2)$$

โดยที่  $\alpha_1(k)$  มีค่าระหว่าง  $-1 < \alpha_1(k) < 1$  เป็นสัมประสิทธิ์แปรค่าที่ใช้สำหรับกำหนด  $\omega_0$  ซึ่ง

$$\alpha_1(k) = \cos(\omega_0) \quad (3)$$

$\alpha_0$  มีค่าอยู่ระหว่าง  $0 < \alpha_0 < 1$  เป็นสัมประสิทธิ์คงที่สำหรับกำหนดค่า Q-FACTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อนำ ADAPTIVE ALGORITHM มาใช้งานจึงต้องมีการศึกษาค่า PARAMETERS แต่ละตัวของ  $H(z)$  โดยแทน  $z = e^{j\omega}$  เมื่อ  $\omega$  มีค่าระหว่าง  $0 < \omega < \pi$  แล้ว PLOT กราฟของ  $|H(e^{j\omega})|$  เทียบกับแกน  $\omega$  พบว่าค่าของ  $\alpha_0$  (มีค่าอยู่ระหว่าง  $0 < \alpha_0 < 1$ ) จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ Q-FACTOR โดยมีความสัมพันธ์ที่แปรผันต่อกันดังนี้

- เมื่อค่า  $\alpha_0$  เข้าใกล้ศูนย์ : ค่า Q-FACTOR มีน้อยลง กราฟของ  $H(e^{j\omega})$  จะมีความกว้างมาก
  - เมื่อค่า  $\alpha_0$  เข้าใกล้หนึ่ง : ค่า Q-FACTOR มีสูงขึ้น กราฟของ  $H(e^{j\omega})$  จะมีความกว้างน้อยลง
- ค่าของ  $\alpha_1$  จะมีผลทำให้ความถี่กลาง  $\omega_0$  เบี่ยงเบนไปโดยที่
- ค่าของ  $\alpha_1 = 0$  จะทำให้  $\omega_0$  อยู่ตรงกลางพอดี
  - ค่าของ  $\alpha_1$  เป็นลบ ความถี่  $\omega_0$  จะเบี่ยงเบนไปทางขวา
  - ค่าของ  $\alpha_1$  เป็นบวก ความถี่  $\omega_0$  จะเบี่ยงเบนไปทางซ้าย

เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของ  $\alpha_1(k)$  เมื่อมีสัญญาณอินพุตป้อนเข้ามา จึงต้องหาเอาท์พุท  $y(k)$  เมื่อ  $Y(z)$  เป็น Z-TRANSFORM ของ  $y(k)$  ความสัมพันธ์ของ TRANSFER FUNCTION จะเป็น  $H(z) = Y(z)/X(z)$  หรือ  $Y(z) = H(z)X(z)$  เมื่อ

$$Y(z) = H(z) \cdot X(z) \quad (4)$$

จาก

$$Y(z) = \left[ \frac{1 - \alpha_0}{2} \frac{1 - z^{-2}}{1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) \cdot z^{-1} + \alpha_0 z^{-2}} \right] \cdot X(z)$$

$$Y(z) \left[ 1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) \cdot z^{-1} + \alpha_0 z^{-2} \right] = \frac{(1 - \alpha_0)}{2} (1 - z^{-2}) \cdot X(z)$$

$$Y(z) - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) \cdot Y(z)z^{-1} + \alpha_0 Y(z)z^{-2} = \frac{(1 - \alpha_0)}{2} (X(z) - X(z)z^{-2}) \quad (5)$$

TAKE INVERSE Z-TRANSFORM

$$y(k) - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) \cdot y(k-1) + \alpha_0 y(k-2) = \frac{(1 - \alpha_0)}{2} (x(k) - x(k-2))$$

ดังนั้น สามารถเขียนเอาท์พุทของวงจรกรองความถี่ให้อยู่ในรูปทางเวลาจะได้

$$y(k) = \left( \frac{1 - \alpha_0}{2} \right) [X(k) - X(k-2)] + \alpha_1(k)(1 + \alpha_0)y(k-1) - \alpha_0 y(k-2) \quad (6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของ  $[y(k)]^2$  จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ  $|H(e^{j\omega})|^2$  ที่  $z = e^{j\omega}$  เมื่อใช้วิธีการของ STOCHASTIC GRADIENT ค่า  $\alpha_1(k)$  ที่ทำให้  $[y(k)]^2$  มีค่าสูงสุด ADAPTIVE ALGORITHM สามารถกำหนดได้ดังสมการ

$$\alpha_1(k+1) = \alpha_1(k) + \frac{\mu_1}{2} \frac{\partial y^2(k)}{\partial \alpha_1(k)} \quad (7)$$

$$= \alpha_1(k) + \mu_1 y(k) \cdot \psi(k) \quad (8)$$

เมื่อ  $\psi(k) = \frac{\partial y(k)}{\partial \alpha_1(k)}$  : เป็นสัญญาณควบคุม ADAPTIVE ของ  $\alpha_1(k)$

$\mu_1$  เป็น STEP SIZE PARAMETER : ถ้ามีค่าเล็กพอจะทำให้การเปลี่ยนแปลงของ  $y(k)$  ในแต่ละครั้งมีน้อย จึงสามารถประมาณสัญญาณควบคุม ADAPTIVE ได้ดังนี้

$$\psi(k-i) = \frac{\partial y(k-i)}{\partial \alpha_1(k-i)} \approx \frac{\partial y(k-i)}{\partial \alpha_1(k)} \quad (9)$$

เมื่อ  $i$  เป็นจำนวนเต็มบวกใดๆ

จากสมการ (6) และ (9) สามารถเขียน  $\psi(k)$  ใหม่ได้เป็น

$$\psi(k) = \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) \cdot \psi(k-1) - \alpha_0 \psi(k-2) + (1 + \alpha_0) \cdot y(k-1) \quad (10)$$

พิจารณาความเร็วในการ CONVERGE ของ  $\alpha_1(k)$  โดยการ PLOT กราฟ  $\alpha_1(k)$  เทียบกับแกนเวลา  $k$  จะพบว่า

- ความละเอียดของค่า  $\mu_1$  จะส่งผลต่อการเกิด NOISE ถ้าค่านี้มีความละเอียดมาก NOISE จะลดลง แต่การ CONVERGE ก็จะมีช้าลงด้วย
- ความเร็วเชิงมุม  $\omega_0$  ที่มีค่ามากจะทำให้การ CONVERGE เร็วกว่าค่า  $\omega_0$  ที่มีค่าน้อย
- ความสูงของสัญญาณอินพุตที่เข้ามาก็มีผลต่อการ CONVERGE โดยที่ถ้าความแรงของสัญญาณอินพุตมีมากก็จะทำให้การ CONVERGE เร็วขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- $\alpha_0$  ค่ามาก (เข้าใกล้หนึ่ง) จะทำให้มีการแกว่งของสัญญาณ แต่การ CONVERGE จะเร็วเมื่อ เข้าใกล้สถานะคงที่ และเมื่อค่า  $\alpha_0$  ค่าน้อย (เข้าใกล้ศูนย์) การ CONVERGE ในช่วงเริ่มต้นเร็วและแทบไม่มีการแกว่งของสัญญาณ

## 2. ADAPTIVE ALGORITHM โดยใช้ฟิลเตอร์ที่สามารถปรับค่า Q-FACTOR ได้

การเปลี่ยนแปลงค่าของ  $\alpha_1(k)$  จะเร็วขึ้นได้โดยการปรับค่า  $\alpha_0$  ให้เปลี่ยนแปลงไปด้วยวิธีการ STOCHASTIC GRADIENT เนื่องจากว่า  $\alpha_1(k)$  จะติดตามความถี่ได้เร็วหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับค่าของ  $y(k) * \psi(k)$  เรียกว่า UPDATE FUNCTION และค่าของ  $y(k)$  และ  $\psi(k)$  ต่างก็มาจาก  $H(z)$  ดังนั้น

$[y(k) * \psi(k)]^2$  ก็จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ  $\frac{\partial [H(\alpha_1(k))]^2}{\partial \alpha_1(k)}$

เพื่อใช้วิธีการ STOCHASTIC GRADIENT จะต้องพิสูจน์เทอม  $\frac{\partial [H(\alpha_1(k))]^2}{\partial \alpha_1(k)}$  เมื่อ PLOT กับ  $\alpha_0$  แล้วต้องมียอดสูงสุดของกราฟเพียงยอดเดียวเท่านั้น จึงต้องหาค่าของสมการนี้ เพื่อนำมาเขียนกราฟจาก

$$H(z) = \frac{1 - \alpha_0}{2} \frac{1 - z^{-2}}{1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) \cdot z^{-1} + \alpha_0 z^{-2}}$$

แทน  $z = e^{j\omega}$

$$H(e^{j\omega}) = \frac{1 - \alpha_0}{2} \frac{1 - (e^{j\omega})^{-2}}{1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) \cdot (e^{j\omega})^{-1} + \alpha_0 (e^{j\omega})^{-2}} \quad (11)$$

คูณพจน์บนและล่างด้วย  $e^{j\omega}$  ทั้งเศษและส่วน

$$H(e^{j\omega}) = \frac{1 - \alpha_0}{2} \frac{e^{j\omega} - e^{-j\omega}}{e^{j\omega} - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) + \alpha_0 e^{-j\omega}} \quad (12)$$

จากกฎของ EULER  $e^{\pm j\theta} = \cos(\theta) \pm j\sin(\theta)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H(e^{j\omega}) = \frac{1 - \alpha_0}{2} \frac{\cos(\omega) + j \cdot \sin(\omega) - \cos(\omega) + j \cdot \sin(\omega)}{\cos(\omega) + j \cdot \sin(\omega) - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) + \alpha_0 \cos(\omega) - j \cdot \alpha_0 \sin(\omega)} \quad (13)$$

SIMPLIFIED

$$H(e^{j\omega}) = \frac{j \cdot \sin(\omega)}{\{\cos(\omega) - \alpha_1(k)\} \left\langle \frac{1 + \alpha_0}{1 - \alpha_0} \right\rangle + j \cdot \sin(\omega)} \quad (14)$$

หาค่าสัมบูรณ์

$$\begin{aligned} |H(e^{j\omega})| &= \frac{\sin^2(\omega)}{\sqrt{\left\{ \cos(\omega) - \alpha_1(k) \right\} \left\langle \frac{1 + \alpha_0}{1 - \alpha_0} \right\rangle^2 + \sin^2(\omega)}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{\left[ \frac{\{\cos(\omega) - \alpha_1(k)\} \left\langle \frac{1 + \alpha_0}{1 - \alpha_0} \right\rangle^2}{\sin^2(\omega)} + 1 \right]}} \end{aligned} \quad (15)$$

ยกกำลังสองทั้งสองข้าง

$$|H(e^{j\omega})|^2 = \left[ \frac{\left\{ (\cos(\omega) - \alpha_1(k)(1 + \alpha_0)) \right\}^2}{\sin^2(\omega)(1 - \alpha_0)} + 1 \right]^{-1} \quad (16)$$

จะได้

$$H(\alpha_0) = \frac{\partial |H(e^{j\omega})|^2}{\partial \alpha_1(k)} = 2 \cdot \frac{\left\{ \frac{1 + \alpha_0}{\sin(\omega)(1 - \alpha_0)} \right\}^2 \{\cos(\omega) - \alpha_1(k)\}}{\left[ \frac{\left\{ (\cos(\omega) - \alpha_1(k)(1 + \alpha_0)) \right\}^2}{\sin^2(\omega)(1 - \alpha_0)} + 1 \right]^2} \quad (17)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำฟังก์ชัน (17) ไปเขียนกราฟ เมื่อ  $\alpha_0$  เปลี่ยนจาก 0 ถึง 1 พบว่ากราฟที่ได้จะมียอดสูงที่สุดเพียงหนึ่งยอดเท่านั้น ดังนั้นสามารถใช้วิธี STOCHASTIC GRADIENT เพื่อหาสมการเปลี่ยนแปลง  $\alpha_0$  ได้

ADAPTIVE ALGORITHM สำหรับ  $\alpha_0(k)$  สามารถกำหนดได้ดังสมการ

$$\alpha_0(k+1) = \alpha_0(k) + \frac{\mu_0}{2} \frac{\partial(y(k) \cdot \psi(k))^2}{\partial \alpha_0(k)} \quad (18)$$

$$\alpha_0(k+1) = \alpha_0(k) + \mu_0 y(k) \cdot \psi(k) \cdot [\psi(k) \cdot \psi_{01}(k) + \psi_{02}(k) \cdot y(k)] \quad (19)$$

โดยที่  $\psi_{01}(k) = \frac{\partial y(k)}{\partial \alpha_0(k)}$  และ  $\psi_{02}(k) = \frac{\partial \psi(k)}{\partial \alpha_0(k)}$

$\psi_{01}, \psi_{02}$ : เป็นสัญญาณควบคุมแบบ ADAPTIVE ของ  $\alpha_0(k)$

$\mu_0$  เป็น STEP SIZE PARAMETER

จาก

$$y(k) = \left( \frac{1 - \alpha_0}{2} \right) (x(k) - x(k-2)) + \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) \cdot y(k-1) - \alpha_0 y(k-2)$$

จะได้

$$\begin{aligned} \psi_{01}(k) &= \frac{\partial y(k)}{\partial \alpha_0(k)} \\ &= \frac{1}{2} [x(k-2) - x(k)] + \alpha_1(k) \cdot y(k-1) - y(k-2) + \\ &\quad \alpha_1(k) [1 + \alpha_0(k)] \psi_{01}(k-1) - \alpha_0(k) \psi_{01}(k-2) \end{aligned} \quad (20)$$

และจาก  $\psi(k) = \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) \cdot \psi(k-1) - \alpha_0 \psi(k-2) + (1 + \alpha_0) \cdot y(k-1)$

จะได้

$$\begin{aligned} \psi_{02}(k) &= \frac{\partial \psi(k)}{\partial \alpha_0(k)} \\ &= \alpha_1(k) [1 + \alpha_0(k)] \psi_{02}(k-1) + \alpha_1(k) \psi(k-1) - \alpha_0(k) \psi_{02}(k-2) \\ &\quad - \psi(k-2) + [1 + \alpha_0(k)] \psi_{01}(k-1) + y(k-1) \end{aligned} \quad (21)$$

เมื่อนำทั้งสองฟังก์ชันไปแทนใน  $\alpha_0(k)$  สำหรับค่าของ  $\mu_0$  ในฟังก์ชัน  $\alpha_0(k)$  จะต้องมีค่ามากกว่าค่า  $\mu_0$  ของฟังก์ชัน  $\alpha_1(k)$  เพื่อที่จะทำให้การลู่เข้า (CONVERGE) ของฟังก์ชัน  $\alpha_0(k)$  เร็วกว่า  $\alpha_1(k)$  เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ต้องคำนึงถึงเสถียรภาพ เพราะถ้าค่า  $\mu$  ทั้งสองแตกต่างกันมากเกินไปจะทำให้มีริบเบิล (RIPPLE) เกิดขึ้น เมื่อฟังก์ชัน  $\alpha_1(k)$  CONVERGE และค่าของ  $\alpha_0(k)$  ที่หาได้จากฟังก์ชันนี้นั้น จะมีค่าอยู่ระหว่าง  $-1 < \alpha_0(k) < 1$  แต่ค่า  $\alpha_0(k)$  ที่ใช้กับเบนพาสฟิลเตอร์แบบโอไออาร์สำหรับโครงการนี้ จะมีค่าอยู่ระหว่าง  $0 < \alpha_0(k) < 1$  เท่านั้น จึงต้องมีการควบคุมค่านี้

จากสมการที่ (19) จะเห็นว่าต้องใช้สัญญาณควบคุมแบบอะแดปทีฟ 2 ตัวคือ  $\psi_{01}(k)$ ,  $\psi_{02}(k)$  และจากสมการ (20) ต้องใช้สัญญาณอินพุต 2 ตัว คือ  $x(k)$ ,  $y(k)$  เพื่อสร้างสัญญาณควบคุมแบบ ADAPTIVE  $\psi_{01}(k)$  และจากสมการ (21) ต้องใช้สัญญาณอินพุต 3 ตัวคือ  $y(k)$ ,  $\psi_0(k)$ ,  $\psi_{01}(k)$  เพื่อสร้างสัญญาณควบคุมแบบ ADAPTIVE  $\psi_{02}(k)$  ซึ่งวงจรที่ได้ยังซับซ้อนและยากในการออกแบบ

$$\text{สำหรับค่า } \alpha_0(k) \text{ ที่จะทำให้ } \alpha_1(k) \text{ มีค่าสูงสุด จะหาได้จาก } \alpha_{0, \text{opt}}(k) = \frac{\partial H_1(\alpha_0(k))}{\partial \alpha_0(k)} = 0$$

จาก

$$H(\alpha_0) = \frac{\partial |H(e^{j\omega})|^2}{\partial \alpha_1(k)} = 2 \cdot \frac{\left\{ \frac{1 + \alpha_0}{\sin(\omega)(1 - \alpha_0)} \right\}^2 \{ \cos(\omega) - \alpha_1(k) \}}{\left[ \left\{ \frac{(\cos(\omega) - \alpha_1(k))(1 + \alpha_0)}{\sin(\omega)(1 - \alpha_0)} \right\}^2 + 1 \right]^2}$$

$$\text{กำหนดให้ } h(\alpha_0) = \frac{1 + \alpha_0}{1 - \alpha_1} \quad A = \frac{1}{\sin(\omega)} \quad \text{และ} \quad B = \{ \cos(\omega) - \alpha_1(k) \}$$

จะได้

$$H(\alpha_0) = \frac{2 \cdot A^2 h^2(\alpha_0) B}{\{ A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1 \}^2}$$

ดังนั้น

$$\frac{\partial}{\partial \alpha_0(k)} \left[ \frac{A^2 h^2(\alpha_0) B}{\{ A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1 \}^2} \right] = 0$$

$$2 \cdot A^2 B \cdot \frac{\left[ (A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1)^2 (2 \cdot h(\alpha_0) h'(\alpha_0)) - h^2(\alpha_0) \right]}{(A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1)^4} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$2 \cdot A^2 B \cdot \frac{\left[ \begin{array}{l} 2 \cdot (A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1)^2 (h(\alpha_0) h'(\alpha_0)) \\ - 4 \cdot (A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1) h^3(\alpha_0) A^2 B^2 h'(\alpha_0) \end{array} \right]}{(A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1)^4} = 0$$

$$2 \cdot A^2 B \cdot \frac{\left[ 2 \cdot h(\alpha_0) h'(\alpha_0) \{ A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1 - 2 \cdot A^2 B^2 h^2(\alpha_0) \} \right]}{(A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1)^3} = 0$$

$$\frac{4 \cdot A^2 B \cdot h(\alpha_0) h'(\alpha_0) (1 - A^2 B^2 h^2(\alpha_0))}{(A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1)^3} = 0$$

จะมีอยู่ 2 กรณีคือ  $4 \cdot A^2 B \cdot h(\alpha_0) h'(\alpha_0) = 0$  และ  $1 - A^2 B^2 h^2(\alpha_0) = 0$

จาก  $4 \cdot A^2 B \cdot h(\alpha_0) h'(\alpha_0) = 0$

$$h(\alpha_0) h'(\alpha_0) = 0$$

$$h'(\alpha_0) = \frac{\partial h(\alpha_0)}{\partial \alpha_0} = \frac{\partial(1 + \alpha_0)}{\partial \alpha_0 (1 - \alpha_0)}$$

$$\therefore h'(\alpha_0) = \frac{2}{(1 - \alpha_0)^2}$$

ได้  $\left[ \frac{1 + \alpha_0}{1 - \alpha_0} \right] \frac{2}{(1 - \alpha_0)^2} = 0$

$$\left[ \frac{(1 - \alpha_0^2)^2}{(1 - \alpha_0)^2} \right] = 0$$

$$1 - \alpha_0^2 = 0$$

$$\therefore \alpha_0 = \pm 1$$

และจาก  $1 - A^2 B^2 h^2(\alpha_0) = 0$

$$A^2 B^2 h^2(\alpha_0) = 1$$

$$A^2 B^2 \left[ \frac{1 + \alpha_0}{1 - \alpha_0} \right]^2 = 1$$

$$A^2 B^2 (1 + \alpha_0)^2 = (1 - \alpha_0)^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ที่สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$A \cdot B \cdot (1 + \alpha_0) = (1 - \alpha_0)$$

$$A \cdot B \cdot (1 + \alpha_0) = \pm(1 - \alpha_0)$$

กรณีที่ 1  $A \cdot B \cdot (1 + \alpha_0) = (1 - \alpha_0)$

$$A \cdot B + A \cdot B \cdot \alpha_0 = 1 - \alpha_0$$

$$\alpha_0 = \frac{1 - A \cdot B}{1 + A \cdot B}$$

$$A \cdot B = \frac{\cos(\omega) - \alpha_1(k)}{\sin(\omega)}$$

$$\alpha_0 = \frac{1 - \frac{\cos(\omega) - \alpha_1(k)}{\sin(\omega)}}{1 + \frac{\cos(\omega) - \alpha_1(k)}{\sin(\omega)}}$$

$$\therefore \alpha_0 = \frac{\sin(\omega) - \cos(\omega) + \alpha_1(k)}{\sin(\omega) + \cos(\omega) - \alpha_1(k)}$$

กรณีที่ 2  $A \cdot B \cdot (1 + \alpha_0) = (\alpha_0 - 1)$

$$A \cdot B + A \cdot B \cdot \alpha_0 = \alpha_0 - 1$$

$$\alpha_0 = \frac{1 + A \cdot B}{1 - A \cdot B}$$

$$\alpha_0 = \frac{1 + \frac{\cos(\omega) - \alpha_1(k)}{\sin(\omega)}}{1 - \frac{\cos(\omega) - \alpha_1(k)}{\sin(\omega)}}$$

$$\alpha_0 = \frac{1 - \frac{\cos(\omega) - \alpha_1(k)}{\sin(\omega)}}{1 + \frac{\cos(\omega) - \alpha_1(k)}{\sin(\omega)}}$$

$$\therefore \alpha_0 = \frac{\sin(\omega) + \cos(\omega) - \alpha_1(k)}{\sin(\omega) - \cos(\omega) + \alpha_1(k)}$$

ทดสอบโดยการกำหนดให้  $\alpha_1(k) > \cos(\omega)$  และ  $\alpha_1(k) < \cos(\omega)$  พบว่า

$$\alpha_{0,opt}(k) = \frac{\sin(\omega) - \cos(\omega) + \alpha_1(k)}{\sin(\omega) + \cos(\omega) - \alpha_1(k)} \quad \text{เมื่อ} \quad \alpha_1(k) < \cos(\omega) \quad (22)$$

$$\alpha_{0,opt}(k) = \frac{\sin(\omega) + \cos(\omega) - \alpha_1(k)}{\sin(\omega) - \cos(\omega) + \alpha_1(k)} \quad \text{เมื่อ} \quad \alpha_1(k) > \cos(\omega) \quad (23)$$

ลักษณะฟังก์ชันของ  $\psi(k)$ ,  $\psi_{01}(k)$  และ  $\psi_{02}(k)$  จะขึ้นอยู่กับฟังก์ชันหลายตัว ไม่ขึ้นกับฟังก์ชันตัวใดตัวหนึ่ง ถ้าสามารถเปลี่ยนฟังก์ชันเหล่านี้ให้ขึ้นอยู่กับฟังก์ชันตัวใดตัวหนึ่งได้ ก็จะทำให้วงจรมีความง่ายขึ้น ซึ่งทำได้โดยการหา TRANSFER FUNCTION ของฟังก์ชันเหล่านี้

TRANSFER FUNCTION  $\psi(k)$  เขียนสัญลักษณ์ด้วย  $G(z)$  ในรูป Z-TRANSFORM หาได้จาก

$$\psi(k) = \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k)) \cdot \psi(k-1) - \alpha_0(k)\psi(k-2) + (1 + \alpha_0(k)) \cdot y(k-1)$$

TAKE Z-TRANSFORM

$$\psi(z) = \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k)) \cdot \psi(z) \cdot z^{-1} - \alpha_0(k)\psi(z) \cdot z^{-2} + (1 + \alpha_0(k)) \cdot y(z) \cdot z^{-1}$$

$$\psi(z) \left[ 1 - \alpha_1(k)(1 + \alpha_0(k))z^{-1} + \alpha_0(k)z^{-2} \right] = (1 + \alpha_0(k))z^{-1}y(z)$$

$$G(z) = \frac{\psi(z)}{y(z)} = \frac{(1 + \alpha_0(k))z^{-2}}{1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k)) \cdot z^{-1} + \alpha_0(k)z^{-2}} \quad (24)$$

TRANSFER FUNCTION ของ  $\psi_{01}(k)$  เขียนสัญลักษณ์ด้วย  $G_{01}(z)$  หาได้จาก

$$\psi_{01}(k) = \frac{1}{2} [x(k-2) - x(k)] + \alpha_1(k)y(k-1) - y(k-2) + \alpha_1(k)[1 + \alpha_0(k)]\psi_{01}(k-1) - \alpha_0(k) \cdot \psi_{01}(k-2) \quad (25)$$

เปลี่ยน  $x(k)$  ให้อยู่ในรูป  $y(k)$

$$y(k) = \left( \frac{1 - \alpha_0}{2} \right) [X(k) - X(k-2)] + \alpha_1(k)(1 + \alpha_0)y(k-1) - \alpha_0 y(k-2)$$

$$\frac{1}{2} [X(k-2) - X(k)] = \frac{-y(k)}{1 - \alpha_0(k)} + \frac{1 + \alpha_0(k)}{1 - \alpha_0(k)} \alpha_1(k)y(k-1) - \frac{\alpha_0(k)}{1 - \alpha_0(k)} y(k-2)$$

(26)

$$\text{หา } \frac{\psi_{01}(k)}{y(k)} = G_{01}(z)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \psi_{01}(k) - \alpha_1(k) \cdot [1 + \alpha_0(k)] \psi_{01}(k-1) + \alpha_0(k) \psi_{01}(k-2) = \\ \frac{-y(k)}{1 - \alpha_0(k)} + \frac{1 + \alpha_0(k)}{1 - \alpha_0(k)} \alpha_1(k) y(k-1) + \frac{\alpha_0(k)}{1 - \alpha_0(k)} y(k-2) + \alpha_1(k) y(k-1) - y(k-2) \end{aligned} \quad (27)$$

TAKE Z-TRANSFORM

$$\begin{aligned} \psi_{01}(z) [1 - \alpha_1(k)(1 + \alpha_0(k))z^{-1} + \alpha_0(k)z^{-2}] = y(z) \cdot \\ \left[ \frac{1 + \alpha_0(k)}{1 - \alpha_0(k)} \alpha_1(k)z^{-1} - \frac{1 + \alpha_0(k) \cdot z^{-2}}{1 - \alpha_0(k)} + \frac{\alpha_1(k) \cdot (1 - \alpha_0(k))}{1 - \alpha_0(k)} z^{-1} - \frac{1 + \alpha_0(k)}{1 - \alpha_0(k)} z^{-2} \right] \\ G_{01}(z) = \frac{\psi_{01}(z)}{y(z)} = \frac{2 \cdot \alpha_1(k) \cdot z^{-1} - z^{-2} - 1}{(1 - \alpha_0(k)) [1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k))z^{-1} + \alpha_0(k)z^{-2}]} \end{aligned} \quad (28)$$

TRANSFER FUNCTION ของ  $\psi_{02}(k)$  เขียนสัญลักษณ์ด้วย  $G_{02}(z)$  หาได้จาก

$$\begin{aligned} \psi_{02}(k) = \alpha_1(k) [1 + \alpha_0(k)] \psi_{02}(k-1) + \alpha_1(k) \psi(k-1) - \alpha_0(k) \psi_{02}(k-2) - \psi(k-2) \\ + [1 + \alpha_0(k)] \psi_{01}(k-1) + y(k-1) \end{aligned} \quad (29)$$

เปลี่ยน  $\psi_{01}(k)$ ,  $y(k)$  ให้อยู่ในเทอมของ  $\psi(k)$

จาก

$$\psi(k) = \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k)) \cdot \psi(k-1) - \alpha_0(k) \psi(k-2) + (1 + \alpha_0(k)) \cdot y(k-1)$$

จะได้

$$y(k-1) = \frac{\psi(k)}{1 + \alpha_0(k)} - \alpha_1(k) \cdot \psi(k-1) + \frac{\alpha_0(k)}{1 + \alpha_0(k)} \psi(k-2) \quad (30)$$

นำไปแทนใน  $\psi_{02}(k)$  เป็น

$$\begin{aligned} \psi_{02}(k) = & \alpha_1(k) \cdot [1 + \alpha_0(k)] \psi_{02}(k-1) + \alpha_1(k) \cdot \psi(k-1) - \alpha_0(k) \cdot \psi_{02}(k-2) - \psi(k-2) + \\ & [1 + \alpha_0(k)] \psi_{01}(k-1) + \frac{\psi(k)}{1 + \alpha_0(k)} - \alpha_1(k) \cdot \psi(k-1) + \frac{\alpha_0(k)}{1 + \alpha_0(k)} \psi(k-2) \end{aligned} \quad (31)$$

TAKE Z-TRANSFORM

$$\begin{aligned} \psi_{02}(z) = & \alpha_1(k) \cdot [1 + \alpha_0(k)] \psi_{02}(z) z^{-1} + \alpha_1(k) \cdot \psi(z) z^{-1} - \alpha_0(k) \cdot \psi_{02}(z) z^{-2} - \psi(z) z^{-2} + \\ & [1 + \alpha_0(k)] \psi_{01}(z) z^{-1} + \frac{\psi(z)}{1 + \alpha_0(k)} - \alpha_1(k) \cdot \psi(z) z^{-1} + \frac{\alpha_0(k)}{1 + \alpha_0(k)} \psi(z) z^{-2} \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} \psi_{02}(z) [1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k)) z^{-1} + \alpha_0(k) \cdot z^{-2}] = & \alpha_1(k) \cdot \psi(z) z^{-1} - \psi(z) z^{-2} + \frac{\psi(z)}{1 + \alpha_0(k)} \\ & - \alpha_1(k) \cdot \psi(z) z^{-1} + \frac{\alpha_0(k)}{1 + \alpha_0(k)} \psi(z) z^{-2} + (1 + \alpha_0(k)) \psi_{01}(z) z^{-1} \end{aligned} \quad (33)$$

$$\psi_{01}(z) = \frac{2 \cdot \alpha_1(k) \cdot z^{-1} - z^{-2} - 1}{(1 - \alpha_0(k)) [1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k)) z^{-1} + \alpha_0(k) z^{-2}]} \cdot y(z) \quad (34)$$

$$y(z) z^{-1} = \frac{\psi(z)}{1 + \alpha_0(k)} - \alpha_1(k) \cdot \psi(z) z^{-1} + \frac{\alpha_0(k)}{1 + \alpha_0(k)} \psi(z) z^{-2} \quad (35)$$

$$\psi_{01}(z) = \frac{[2 \cdot \alpha_1(k) \cdot z^{-1} - z^{-2} - 1] \cdot [1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k)) z^{-1} + \alpha_0(k) z^{-2}] \cdot \psi(z)}{(1 - \alpha_0^2(k)) [1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k)) z^{-1} + \alpha_0(k) z^{-2}] \cdot z^{-1}} \quad (36)$$

$$\psi_{01}(z) = \frac{2 \cdot \alpha_1(k) \cdot z^{-1} - z^{-2} - 1}{(1 - \alpha_0^2(k)) \cdot z^{-1}} \cdot \psi(z) \quad (37)$$

เอา  $\psi_{01}$  ที่ได้ไปแทนลงใน  $\psi_{02}$  จะได้

$$\begin{aligned} \psi_{02}(z) [1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k)) z^{-1} + \alpha_0(k) \cdot z^{-2}] = & \alpha_1(k) \cdot \psi(z) z^{-1} - \psi(z) z^{-2} + \frac{\psi(z)}{1 + \alpha_0(k)} \\ & - \alpha_1(k) \cdot \psi(z) z^{-1} + \frac{\alpha_0(k)}{1 + \alpha_0(k)} \psi(z) z^{-2} + \frac{2 \cdot \alpha_1(k) \cdot z^{-1} - z^{-2} - 1}{(1 - \alpha_0(k))} \psi(z) \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= [\alpha_1(k) \cdot z^{-1} - z^{-2} + \frac{1}{1 + \alpha_0(k)} - \alpha_1(k) \cdot z^{-1} + \frac{\alpha_0(k)}{1 + \alpha_0(k)} z^{-2} + \frac{2 \cdot \alpha_1(k) \cdot z^{-1} - z^{-2} - 1}{(1 - \alpha_0(k))}] \cdot \psi(z)$$

$$\frac{\psi_{02}(z)}{\psi(z)} = \frac{\left[ \begin{array}{l} -(1 - \alpha_0^2(k))z^{-2} + 1 - \alpha_0(k) + \alpha_0(k)(1 - \alpha_0(k))z^{-2} + 2 \cdot \alpha_1(k)(1 + \alpha_0(k))z^{-1} - \\ (1 + \alpha_0(k))z^{-2} - 1 - \alpha_0(k) \end{array} \right]}{(1 - \alpha_0^2(k)) [1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k))z^{-1} + \alpha_0(k) \cdot z^{-2}]} \quad (38)$$

$$G_{02}(z) = \frac{\psi_{02}(z)}{\psi(z)} = 2 \cdot \frac{-\alpha_0(k) + \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k))z^{-1} - z^{-2}}{(1 - \alpha_0^2(k)) [1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k))z^{-1} + \alpha_0(k) \cdot z^{-2}]} \quad (39)$$

เมื่อได้ TRANSFER FUNCTION ทั้ง 3 แล้ว ก็จะนำไปเขียนวงจรได้ เนื่องจากฟังก์ชันแต่ละตัวขึ้นอยู่กับฟังก์ชันใดฟังก์ชันหนึ่งเท่านั้น จึงสามารถเขียนวงจรได้

จากสมการ

$$y(k) = \left( \frac{1 - \alpha_0}{2} \right) [X(k) - X(k-2)] + \alpha_1(k)(1 + \alpha_0)y(k-1) - \alpha_0 y(k-2) \quad (6)$$

$$\alpha_1(k+1) = \alpha_1(k) + \mu_1 y(k) \cdot \psi(k) \quad (8)$$

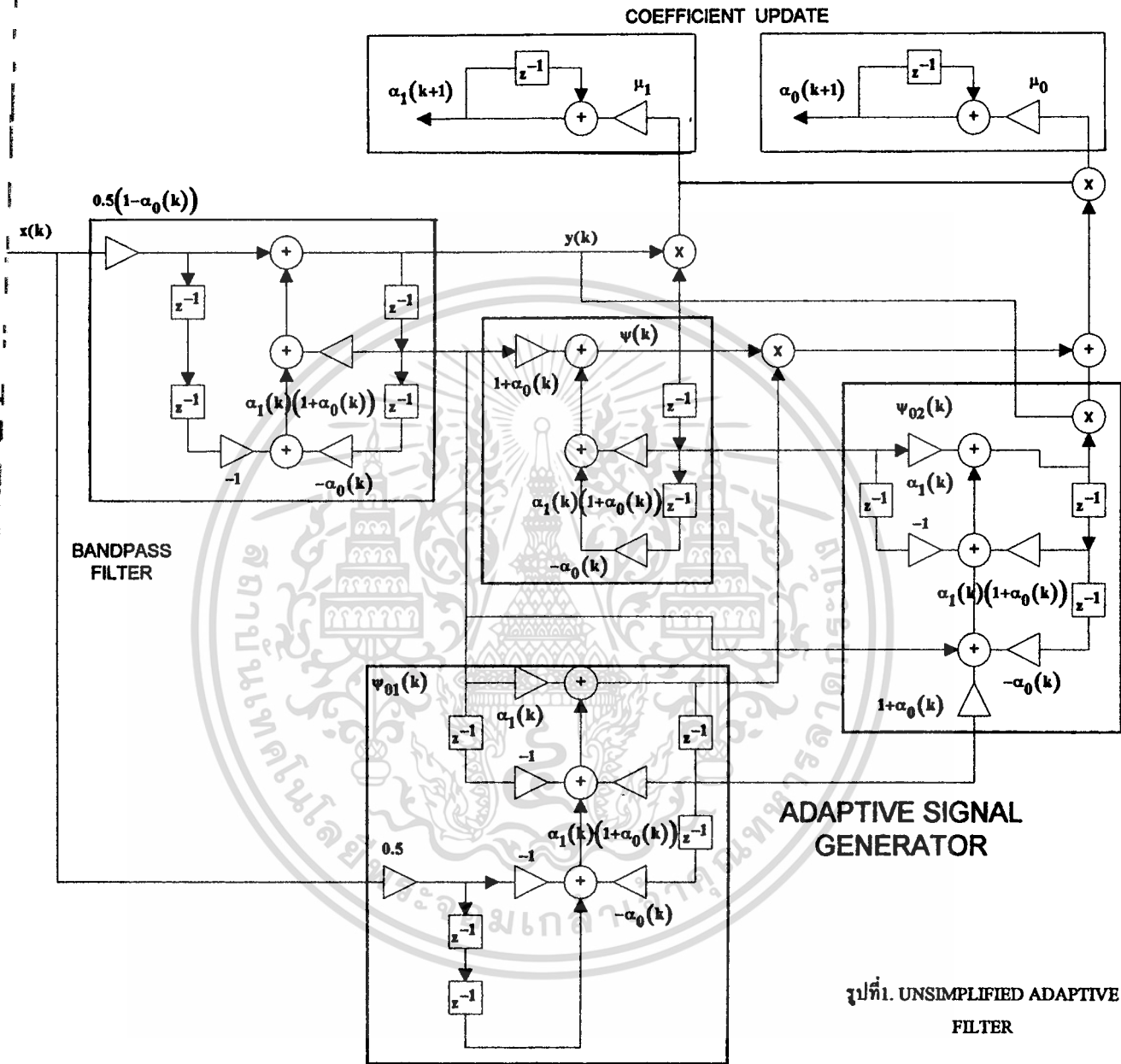
$$\psi(k) = \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) \cdot \psi(k-1) - \alpha_0 \psi(k-2) + (1 + \alpha_0) \cdot y(k-1) \quad (10)$$

$$\alpha_0(k+1) = \alpha_0(k) + \mu_0 y(k) \cdot \psi(k) \cdot [\psi(k) \cdot \psi_{01}(k) + \psi_{02}(k) \cdot y(k)] \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \psi_{01}(k) &= \frac{1}{2} [x(k-2) - x(k)] + \alpha_1(k) \cdot y(k-1) - y(k-2) + \\ &\quad \alpha_1(k)[1 + \alpha_0(k)]\psi_{01}(k-1) - \alpha_0(k)\psi_{01}(k-2) \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \psi_{02}(k) &= \alpha_1(k)[1 + \alpha_0(k)]\psi_{02}(k-1) + \alpha_1(k)\psi(k-1) - \alpha_0(k)\psi_{02}(k-2) - \psi(k-2) \\ &\quad + [1 + \alpha_0(k)]\psi_{01}(k-1) + y(k-1) \end{aligned} \quad (21)$$

สามารถนำมาเขียนวงจร ADAPTIVE FILTER ได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. UNSIMPLIFIED ADAPTIVE FILTER

จากวงจรสามารถลดรูปได้โดยการปรับตัวแปรหรือสมการ  $\psi_{01}(k)$  และ  $\psi_{02}(k)$  ใหม่ได้มาจาก  $G_{01}(k)$  และ  $G_{02}(k)$  เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้

จาก

$$G_{01}(z) = \frac{\psi_{01}(z)}{y(z)} = \frac{2 \cdot \alpha_1(k) \cdot z^{-1} - z^{-2} - 1}{(1 - \alpha_0(k)) [1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k)) z^{-1} + \alpha_0(k) z^{-2}]}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หา  $\psi_{01}(z)$

$$\psi_{01}(k) - \alpha_1(k) \cdot [1 + \alpha_0(k)] \psi_{01}(k-1) + \alpha_0(k) \psi_{01}(k-2) = \frac{-y(k)}{1 - \alpha_0(k)} + \frac{\alpha_1(k)}{1 - \alpha_0(k)} \frac{y(k-2)}{1 - \alpha_0(k)} \quad (40)$$

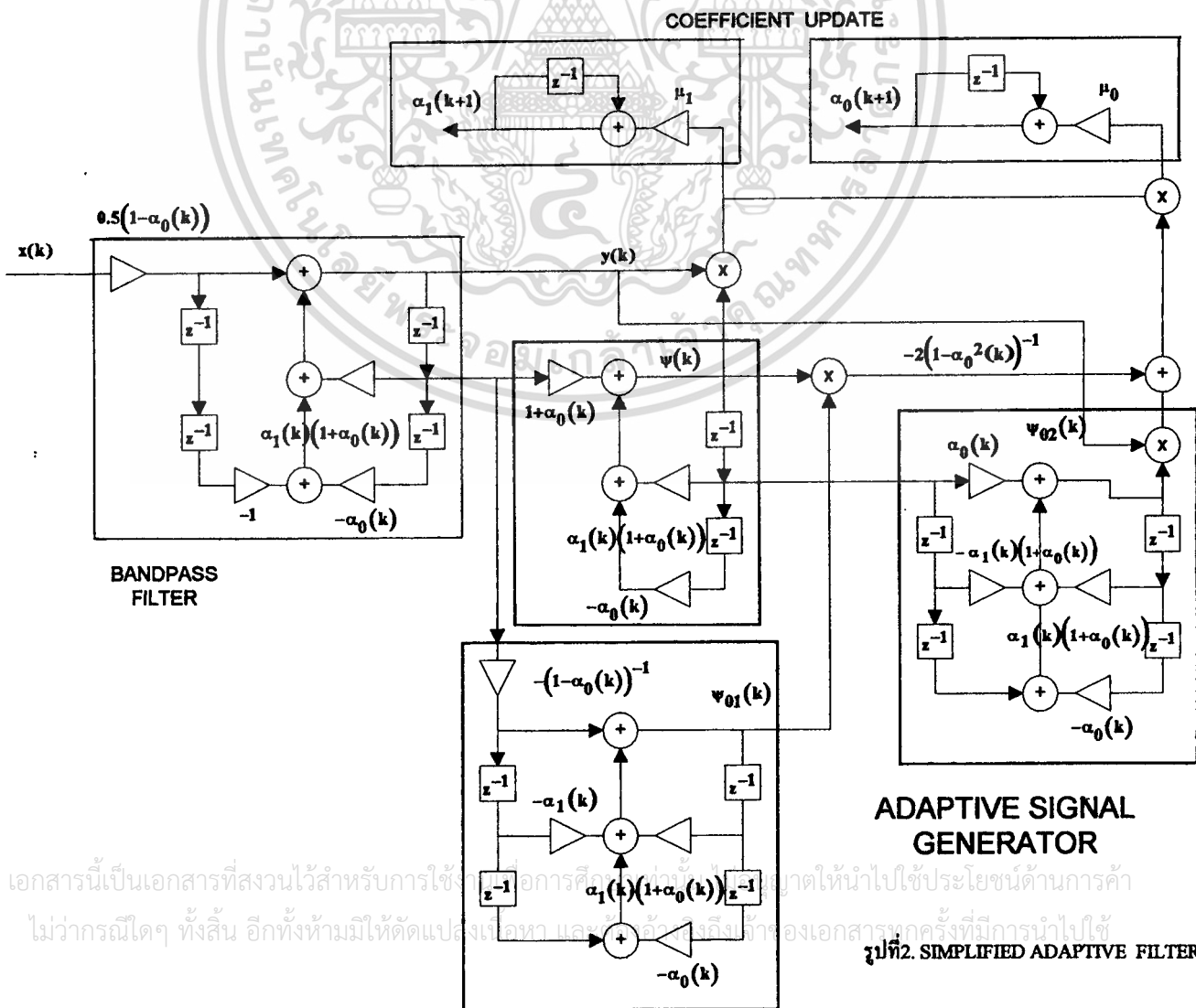
และจาก

$$G_{02}(z) = \frac{\psi_{02}(z)}{\psi(z)} = 2 \cdot \frac{-\alpha_0(k) + \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k)) z^{-1} - z^{-2}}{(1 - \alpha_0^2(k)) [1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k)) z^{-1} + \alpha_0(k) \cdot z^{-2}]}$$

หา  $\psi_{02}(z)$

$$\psi_{02}(k) - \alpha_1(k) \cdot [1 + \alpha_0(k)] \psi_{02}(k-1) + \alpha_0(k) \cdot \psi_{02}(k-2) = \frac{2}{1 - \alpha_0^2(k)} [-\alpha_0(k) \cdot \psi(k) + \alpha_1(k)(1 + \alpha_0(k)) \cdot \psi(k-1) - \psi(k-2)] \quad (41)$$

จากสมการ(6),(8),(10),(19),(40)และ (41) ที่ได้จึงนำมาเขียนวงจรครูปได้ดังรูปที่2



รูปที่2. SIMPLIFIED ADAPTIVE FILTER

### 3. SIMPLIFIED ADAPTIVE ALGORITHM

จากหัวข้อที่ 2 เราจะทำการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการคัดแปลงและปรับปรุงสมการใหม่โดยพิจารณาสิ่งดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของ  $[y(k)]^2$  เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าของ  $|H(\alpha_1(k))|^2$  ซึ่งเป็นฟังก์ชันของ  $\alpha_0$  จะได้สมการดังต่อไปนี้

จาก TRANSFER FUNCTION ของวงจรกรองความถี่กลางผ่านแบบ IIR อันดับสองที่มีความถี่กลางเป็น  $\omega_0$  เขียนเป็นสมการดังต่อไปนี้

$$H(z) = \frac{1 - \alpha_0}{2} \frac{1 - z^{-2}}{1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) \cdot z^{-1} + \alpha_0 z^{-2}}$$

แทน  $z = e^{j\omega}$

$$H(e^{j\omega}) = \frac{1 - \alpha_0}{2} \frac{1 - (e^{j\omega})^{-2}}{1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) \cdot (e^{j\omega})^{-1} + \alpha_0 (e^{j\omega})^{-2}}$$

คูณพจน์บนและล่างด้วย  $e^{j\omega}$  ทั้งเศษและส่วน

$$H(e^{j\omega}) = \frac{1 - \alpha_0}{2} \frac{e^{j\omega} - e^{-j\omega}}{e^{j\omega} - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) + \alpha_0 e^{-j\omega}}$$

จากกฎของ EULER  $e^{\pm j\theta} = \cos(\theta) \pm j\sin(\theta)$

$$H(e^{j\omega}) = \frac{1 - \alpha_0}{2} \frac{\cos(\omega) + j \cdot \sin(\omega) - \cos(\omega) + j \cdot \sin(\omega)}{\cos(\omega) + j \cdot \sin(\omega) - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) + \alpha_0 \cos(\omega) - j \cdot \alpha_0 \sin(\omega)}$$

$$H(e^{j\omega}) = \frac{1 - \alpha_0}{2} \frac{2 \cdot j \cdot \sin(\omega)}{\cos(\omega)(1 + \alpha_0) - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) + j \cdot \sin(\omega)(1 - \alpha_0)} \quad (42)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H(e^{j\omega}) = \frac{j \cdot \sin(\omega)(1 - \alpha_0)}{(1 + \alpha_0)\{\cos(\omega) - \alpha_1(k)\} + j \cdot \sin(\omega)(1 - \alpha_0)} \quad (43)$$

$$|H(e^{j\omega})| = \frac{[\sin(\omega)(1 - \alpha_0)]^2}{\sqrt{[(1 + \alpha_0)\{\cos(\omega) - \alpha_1(k)\}]^2 + [\sin(\omega)(1 - \alpha_0)]^2}} \quad (44)$$

∴

$$H(\alpha_0) = \frac{\sin(\omega)(1 - \alpha_0)}{[(1 + \alpha_0)^2 \{\cos(\omega) - \alpha_1(k)\}^2 + (1 - \alpha_0)^2 \sin^2(\omega)]^{1/2}} \quad (45)$$

คุณลักษณะของ  $|H(\alpha_0)|$  เทียบกับ  $\alpha_0$  แสดงดังรูปที่ 3 จากรูปจะเห็นว่า  $|H(\alpha_0)|$  ไม่มีขดเลย ดังนั้นค่าสูงสุดของค่าเฉลี่ยของ  $y(k)$   $\psi(k)$  สามารถประมาณให้เท่ากับค่าเฉลี่ยของ  $\psi(k)$  ได้ ดังนั้น

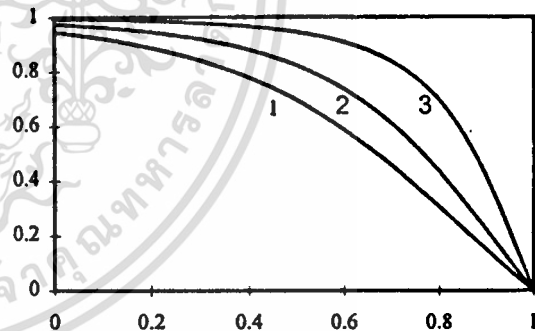
ค่าเฉลี่ยของ  $\psi(k)$  เป็นสัดส่วนโดยตรงกับ  $\frac{\partial |H(\alpha_1(k))|^2}{\partial \alpha_1(k)}$  ซึ่งจะเป็นไปตามสมการดังต่อไปนี้

รูปที่ 3. คุณลักษณะของ  $|H(\alpha_0)|$

1 :  $\alpha_1(k) = 0.2, \omega = \pi/3$

2 :  $\alpha_1(k) = 0.3, \omega = \pi/3$

3 :  $\alpha_1(k) = 0.4, \omega = \pi/3$



$$\begin{aligned} \text{จาก } \frac{\partial |H(\alpha_1(k))|^2}{\partial \alpha_1(k)} &= \frac{\left\{ \frac{1 + \alpha_0}{\sin(\omega)(1 - \alpha_0)} \right\}^2 \{\cos(\omega) - \alpha_1(k)\}^2}{\left[ \left\{ \frac{(\cos(\omega) - \alpha_1(k))(1 + \alpha_0)}{\sin(\omega)(1 - \alpha_0)} \right\}^2 + 1 \right]^3} \\ &= \frac{[(1 + \alpha_0)^2 (1 - \alpha_0) \sin(\omega) \{\cos(\omega) - \alpha_1(k)\}]^2}{[(1 + \alpha_0)^2 \{\cos(\omega) - \alpha_1(k)\}^2 + (1 - \alpha_0)^2 \sin^2(\omega)]^3} \end{aligned} \quad (46)$$

∴

$$\frac{\partial |H(\alpha_1(k))|}{\partial \alpha_1(k)} = \frac{(1 + \alpha_0)^2 (1 - \alpha_0) \sin(\omega) \{\cos(\omega) - \alpha_1(k)\}}{\left[ (1 + \alpha_0)^2 \{\cos(\omega) - \alpha_1(k)\}^2 + (1 - \alpha_0)^2 \sin^2(\omega) \right]^{3/2}} \quad (47)$$

จากสมการที่ (47) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของ  $\alpha_0$  สามารถเขียนใหม่ให้อยู่ในรูปที่ง่ายขึ้นได้ดังสมการ

$$\Pi(\alpha_0) = \frac{\partial |H(\alpha_1(k))|}{\partial \alpha_1(k)} \quad (48)$$

คุณลักษณะของ  $|\Pi(\alpha_0)|$  เทียบกับ  $\alpha_0$  แสดงดังรูปที่ 4 จากรูปจะเห็นว่า  $|\Pi(\alpha_0)|$  มียอดเดียวเช่นกับวงจรกรองความถี่กลางผ่าน ดังนั้นสามารถดัดแปลงหรือปรับปรุงอัลกอริทึมสำหรับการ UPDATE ของ  $\alpha_0(k)$  ขึ้นใหม่ได้ดังสมการ

$$\alpha_0(k+1) = \alpha_0(k) + \frac{\mu_0}{2} \frac{\partial \psi^2(k)}{\partial \alpha_0(k)} \quad (49)$$

$$= \alpha_0(k) + \mu_0 \psi(k) \cdot \psi_{02}(k) \quad (50)$$

โดยที่  $\psi_{02}(k) = \frac{\partial \psi(k)}{\partial \alpha_0(k)}$  ;  $\mu_0$  เป็น STEP SIZE PARAMETER

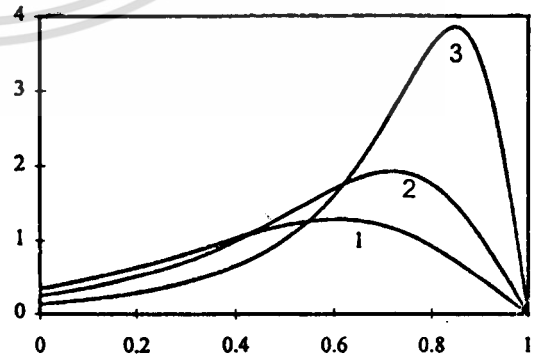
และ  $\psi_{02}(k)$  เป็นสัญญาณควบคุมแบบ ADAPTIVE ของ  $\alpha_0(k)$  จะเห็นว่าใช้เพียงแค่ตัวเดียวเท่านั้น

รูปที่ 4. คุณลักษณะของ  $|\Pi(\alpha_0)|$

1 :  $\alpha_1(k) = 0.2, \omega = \pi/3$

2 :  $\alpha_1(k) = 0.3, \omega = \pi/3$

3 :  $\alpha_1(k) = 0.4, \omega = \pi/3$



จากความสัมพันธ์ของสมการ (6) ,(10) ,(20) ,(21) สามารถเขียน  $\psi_{01}(k), \psi_{02}(k)$  ใหม่ได้ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก

$$y(k) = \left( \frac{1 - \alpha_0}{2} \right) (x(k) - x(k-2)) + \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) \cdot y(k-1) - \alpha_0 y(k-2)$$

$$\frac{1}{2} [X(k-2) - X(k)] = \frac{-y(k)}{1 - \alpha_0(k)} + \frac{1 + \alpha_0(k)}{1 - \alpha_0(k)} \alpha_1(k) y(k-1) - \frac{\alpha_0(k)}{1 - \alpha_0(k)} y(k-2)$$

นำไปแทนค่าใน  $\psi_{01}(k) = \frac{\partial y(k)}{\partial \alpha_0(k)}$  จะได้

$$\begin{aligned} \psi_{01}(k) &= \alpha_1(k) \cdot [1 + \alpha_0(k)] \psi_{01}(k-1) - \alpha_0(k) \psi_{01}(k-2) + \alpha_1(k) y(k-1) - y(k-2) \\ &\quad - \frac{y(k)}{1 - \alpha_0(k)} + \frac{\alpha_1(k)(1 + \alpha_0(k)) y(k-1)}{1 - \alpha_0(k)} - \frac{\alpha_0(k) y(k-2)}{1 - \alpha_0(k)} \\ &= \alpha_1(k)(1 + \alpha_0(k)) \psi_{01}(k-1) - \alpha_0(k) \psi_{01}(k-2) + \frac{1}{1 - \alpha_0(k)} \\ &\quad \left[ -y(k) + \alpha_1(k)(1 + \alpha_0(k)) y(k-1) - \alpha_0(k) y(k-2) + (1 - \alpha_0(k)) \alpha_1(k) y(k-1) \right] \\ &\quad \left[ - (1 - \alpha_0(k)) y(k-2) \right] \end{aligned}$$

จะได้

$$\begin{aligned} \psi_{01}(k) &= \alpha_1(k)(1 + \alpha_0(k)) \psi_{01}(k-1) - \alpha_0(k) \psi_{01}(k-2) + \frac{1}{1 - \alpha_0(k)} \\ &\quad \left[ -y(k) + 2 \cdot \alpha_1(k) y(k-1) - y(k-2) \right] \end{aligned} \quad (51)$$

จาก

$$\psi(k) = \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) \cdot \psi(k-1) - \alpha_0 \psi(k-2) + (1 + \alpha_0) \cdot y(k-1)$$

$$y(k-1) = \frac{\psi(k)}{1 + \alpha_0(k)} - \alpha_1(k) \cdot \psi(k-1) + \frac{\alpha_0(k)}{1 + \alpha_0(k)} \psi(k-2) \quad (52)$$

นำไปแทนใน  $\psi_{02}(k)$

$$\begin{aligned} \psi_{02}(k) &= \alpha_1(k) \cdot [1 + \alpha_0(k)] \psi_{02}(k-1) - \alpha_0(k) \cdot \psi_{02}(k-2) - \psi(k-2) + \\ &\quad (1 + \alpha_0(k)) \psi_{01}(k-1) + \frac{\psi(k)}{1 + \alpha_0(k)} + \frac{\alpha_0(k)}{1 + \alpha_0(k)} \psi(k-2) \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก (52) TAKE Z-TRANSFORM ได้

$$y(z) \cdot z^{-1} = \frac{\psi(z)}{1 + \alpha_0(k)} - \alpha_1(k)\psi(z)z^{-1} + \frac{\alpha_0(k)}{1 + \alpha_0(k)}\psi(z)z^{-2} \quad (53)$$

และจาก (34)

$$\psi_{01}(z) = \frac{2 \cdot \alpha_1(k) \cdot z^{-1} - z^{-2} - 1}{(1 - \alpha_0(k)) [1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k))z^{-1} + \alpha_0(k)z^{-2}]} \bullet y(z)$$

แทนค่าจะได้

$$\psi_{01}(z) \cdot z^{-1} = \frac{2 \cdot \alpha_1(k) \cdot z^{-1} - z^{-2} - 1}{(1 - \alpha_0^2(k))} \bullet \psi(z) \quad (54)$$

TAKE  $Z^{-1}$  TRANSFORM

$$\psi_{01}(k-1) = \frac{2 \cdot \alpha_1(k)\psi(k-1) - \psi(k-2) - \psi(k)}{(1 - \alpha_0^2(k))} \quad (55)$$

แทนลงใน  $\psi_{02}(k)$

$$\begin{aligned} \psi_{02}(k) &= \alpha_1(k) \cdot [1 + \alpha_0(k)]\psi_{02}(k-1) - \alpha_0(k) \cdot \psi_{02}(k-2) - \psi(k-2) + \frac{\psi(k)}{1 + \alpha_0(k)} \\ &+ \frac{\alpha_0(k)}{1 + \alpha_0(k)}\psi(k-2) + (1 + \alpha_0(k)) \left[ \frac{2 \cdot \alpha_1(k)\psi(k-1) - \psi(k-2)\psi(k)}{(1 - \alpha_0^2(k))} \right] \end{aligned} \quad (56)$$

จะได้

$$\begin{aligned} \psi_{02}(k) &= \alpha_1(k) \cdot [1 + \alpha_0(k)]\psi_{02}(k-1) - \alpha_0(k) \cdot \psi_{02}(k-2) + \frac{2}{1 - \alpha_0^2(k)} \\ &[-\alpha_0(k)\psi(k) - \psi(k-2) + \alpha_1(k)(1 + \alpha_0(k))\psi(k-1)] \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้าน (57) ใดๆ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ (57) จะเห็นว่าสัญญาณควบคุมแบบ ADAPTIVE  $\psi_{02}(k)$  ต้องการสัญญาณอินพุต  $\psi(k)$  เพียงตัวเดียวเท่านั้น ดังนั้นโครงสร้างของวงจรจะง่ายขึ้น

สำหรับค่า  $\alpha_0(k)$  ที่จะทำให้  $\alpha_1(k)$  มีค่าสูงสุดถูกแทนด้วย  $\alpha_0, \text{opt}(k)$  ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$\text{สมการ } \alpha_{0, \text{opt}(k)} = \frac{\partial H(\alpha_0(k))}{\partial \alpha_0(k)} = 0 \text{ จะได้}$$

จาก

$$|\Pi(\alpha_0)| = \left| \frac{\partial H(\alpha_1(k))}{\partial \alpha_1(k)} \right|^2 = \frac{\left\{ \frac{1 + \alpha_0}{\sin(\omega)(1 - \alpha_0)} \right\}^2 \{\cos(\omega) - \alpha_1(k)\}^2}{\left[ \left\{ \frac{(\cos(\omega) - \alpha_1(k))(1 + \alpha_0)}{\sin(\omega)(1 - \alpha_0)} \right\}^2 + 1 \right]^3} \quad (58)$$

จะได้

$$\text{กำหนดให้ } h(\alpha_0) = \frac{1 + \alpha_0}{1 - \alpha_1} \quad A = \frac{1}{\sin(\omega)} \quad \text{และ } B = \{\cos(\omega) - \alpha_1(k)\}$$

ดังนั้น

$$|\Pi(\alpha_0)| = \frac{A^2 h^2(\alpha_0) B^2}{\{A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1\}^3}$$

$$\frac{\partial}{\partial \alpha_0(k)} \left[ \frac{A^2 h^2(\alpha_0) B^2}{\{A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1\}^3} \right] = 0$$

$$\frac{\left[ (A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1)^3 (A^2 B^2 2 \cdot h(\alpha_0) h'(\alpha_0)) - (A^2 B^2 h^2(\alpha_0)) \right]}{\{3 \cdot (A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1)^2 (A^2 B^2 2 \cdot h(\alpha_0) h'(\alpha_0))\}} = 0$$

$$\frac{(A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1)^6}{(A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1)^6} = 0$$

$$A^2 B^2 \cdot \frac{\left[ 2 \cdot (A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1)^3 (h(\alpha_0) h'(\alpha_0)) - 6 \cdot (A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1)^2 h^3(\alpha_0) A^2 B^2 h'(\alpha_0) \right]}{(A^2 B^2 h^2(\alpha_0) + 1)^6} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A^2B^2 \cdot \frac{[2 \cdot h(\alpha_0)h'(\alpha_0)\{A^2B^2h^2(\alpha_0)+1-3 \cdot A^2B^2h^2(\alpha_0)\}]}{(A^2B^2h^2(\alpha_0)+1)^4} = 0$$

$$\frac{2 \cdot A^2B^2 \cdot h(\alpha_0)h'(\alpha_0)(1 - A^2B^2h^2(\alpha_0))}{(A^2B^2h^2(\alpha_0)+1)^4} = 0$$

จะมีอยู่ 2 กรณีคือ  $2 \cdot A^2B^2 \cdot h(\alpha_0)h'(\alpha_0) = 0$  และ  $1 - A^2B^2h^2(\alpha_0) = 0$

จาก  $2 \cdot A^2B^2 \cdot h(\alpha_0)h'(\alpha_0) = 0$

$$h(\alpha_0)h'(\alpha_0) = 0$$

$$h'(\alpha_0) = \frac{\partial h(\alpha_0)}{\partial \alpha_0} = \frac{\partial(1+\alpha_0)}{\partial \alpha_0(1-\alpha_0)}$$

$$\therefore h'(\alpha_0) = \frac{2}{(1-\alpha_0)^2}$$

ได้  $\left[ \frac{1+\alpha_0}{1-\alpha_0} \right] \frac{2}{(1-\alpha_0)^2} = 0$

$$\left[ \frac{(1-\alpha_0^2)^2}{(1-\alpha_0)^2} \right] = 0$$

$$1-\alpha_0^2 = 0$$

$$\therefore \alpha_0 = \pm 1$$

และจาก  $1 - A^2B^2h^2(\alpha_0) = 0$

$$A^2B^2h^2(\alpha_0) = 1$$

$$A^2B^2 \left[ \frac{1+\alpha_0}{1-\alpha_0} \right]^2 = 1$$

$$A^2B^2(1+\alpha_0)^2 = (1-\alpha_0)^2$$

$$A \cdot B \cdot (1+\alpha_0) = \pm(1-\alpha_0)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 1

$$A \cdot B \cdot (1 + \alpha_0) = (1 - \alpha_0)$$

$$A \cdot B + A \cdot B \cdot \alpha_0 = 1 - \alpha_0$$

$$\alpha_0 = \frac{1 - A \cdot B}{1 + A \cdot B}$$

$$A \cdot B = \frac{\cos(\omega) - \alpha_1(k)}{\sin(\omega)}$$

$$\alpha_0 = \frac{1 - \frac{\cos(\omega) - \alpha_1(k)}{\sin(\omega)}}{1 + \frac{\cos(\omega) - \alpha_1(k)}{\sin(\omega)}}$$

$$\therefore \alpha_0 = \frac{\sin(\omega) - \cos(\omega) + \alpha_1(k)}{\sin(\omega) + \cos(\omega) - \alpha_1(k)}$$

กรณีที่ 2

$$A \cdot B \cdot (1 + \alpha_0) = (\alpha_0 - 1)$$

$$A \cdot B + A \cdot B \cdot \alpha_0 = \alpha_0 - 1$$

$$\alpha_0 = \frac{1 + A \cdot B}{1 - A \cdot B}$$

$$\alpha_0 = \frac{1 + \frac{\cos(\omega) - \alpha_1(k)}{\sin(\omega)}}{1 - \frac{\cos(\omega) - \alpha_1(k)}{\sin(\omega)}}$$

$$\therefore \alpha_0 = \frac{\sin(\omega) + \cos(\omega) - \alpha_1(k)}{\sin(\omega) - \cos(\omega) + \alpha_1(k)}$$

ทดสอบโดยการกำหนดให้  $\alpha_1(k) > \cos(\omega)$  และ  $\alpha_1(k) < \cos(\omega)$  พบว่า

$$\alpha_{0,opt}(k) = \frac{\sin(\omega) - \cos(\omega) + \alpha_1(k)}{\sin(\omega) + \cos(\omega) - \alpha_1(k)} \quad \text{เมื่อ} \quad \alpha_1(k) < \cos(\omega) \quad (59)$$

$$\alpha_{0,opt}(k) = \frac{\sin(\omega) + \cos(\omega) - \alpha_1(k)}{\sin(\omega) - \cos(\omega) + \alpha_1(k)} \quad \text{เมื่อ} \quad \alpha_1(k) > \cos(\omega) \quad (60)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ (10) และ (57) TAKE Z TRANSFORM จะได้สมการดังนี้

จาก

$$\psi(k) = \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0) \cdot \psi(k-1) - \alpha_0 \psi(k-2) + (1 + \alpha_0) \cdot y(k-1)$$

TAKE Z TRANSFORM

$$y(z)z^{-1} = \frac{\psi(z)}{1 + \alpha_0(k)} - \alpha_1(k) \cdot \psi(z)z^{-1} + \frac{\alpha_0(k)}{1 + \alpha_0(k)} \psi(z)z^{-2} \quad (61)$$

$$\psi(z) \left[ 1 - \alpha_1(k)(1 + \alpha_0(k))z^{-1} - \alpha_0(k)z^{-2} \right] = (1 + \alpha_0(k))z^{-1}y(z)$$

$$\therefore G(z) = \frac{\psi(z)}{y(z)} = \frac{(1 + \alpha_0(k))z^{-1}}{1 - \alpha_1(k) \cdot (1 + \alpha_0(k)) \cdot z^{-1} + \alpha_0(k)z^{-2}} \quad (62)$$

และจาก

$$\psi_{02}(k) = \alpha_1(k) \cdot [1 + \alpha_0(k)] \psi_{02}(k-1) - \alpha_0(k) \cdot \psi_{02}(k-2) + \frac{2}{1 - \alpha_0^2(k)} \\ [-\alpha_0(k)\psi(k) - \psi(k-2) + \alpha_1(k)(1 + \alpha_0(k))\psi(k-1)]$$

TAKE Z-TRANSFORM

$$\psi_{02}(z) = \alpha_1(k) \cdot [1 + \alpha_0(k)] \psi_{02}(z)z^{-1} - \alpha_0(k) \cdot \psi_{02}(z)z^{-2} + \frac{2}{1 - \alpha_0^2(k)} \\ [-\alpha_0(k)\psi(z) - \psi(z)z^{-2} + \alpha_1(k)(1 + \alpha_0(k))\psi(z)z^{-1}]$$

(63)

$$\psi_{02}(z) \left[ 1 - \alpha_1(k) \cdot [1 + \alpha_0(k)]z^{-1} + \alpha_0(k) \cdot z^{-2} \right] = \frac{2}{1 - \alpha_0^2(k)} \\ [-\alpha_0(k) - z^{-2} + \alpha_1(k)(1 + \alpha_0(k))z^{-1}] \psi(z)$$

$$\therefore G_{02}(z) = \frac{\psi_{02}(z)}{\psi(z)} = \frac{2}{1 - \alpha_0^2(k)} \cdot \frac{[-\alpha_0(k) + \alpha_1(k)(1 + \alpha_0(k))z^{-1} - z^{-2}]}{[1 - \alpha_1(k)(1 + \alpha_0(k))z^{-1} + \alpha_0(k)z^{-2}]} \quad (64)$$

ดังนั้นจากสมการ

$$y(k) = \left(\frac{1-\alpha_0}{2}\right)[X(k) - X(k-2)] + \alpha_1(k)(1+\alpha_0)y(k-1) - \alpha_0 y(k-2) \quad (6)$$

$$\alpha_1(k+1) = \alpha_1(k) + \mu_1 y(k) \cdot \psi(k) \quad (8)$$

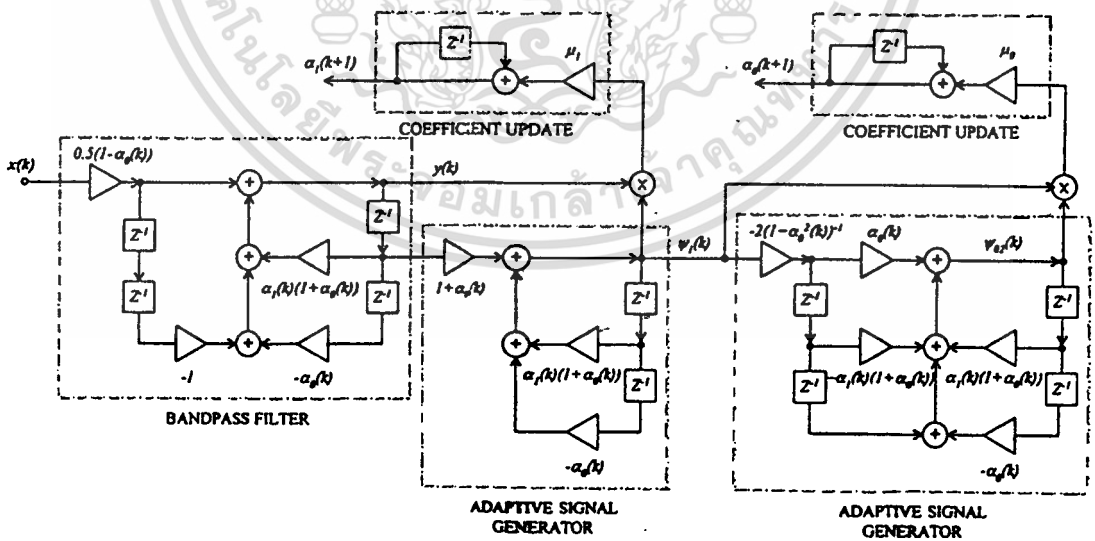
$$\psi(k) = \alpha_1(k) \cdot (1+\alpha_0) \cdot \psi(k-1) - \alpha_0 \psi(k-2) + (1+\alpha_0) \cdot y(k-1) \quad (10)$$

$$\alpha_0(k+1) = \alpha_0(k) + \mu_0 \psi(k) \cdot \psi_{02}(k) \quad (50)$$

$$\psi_{02}(k) = \alpha_1(k) \cdot [1 + \alpha_0(k)] \psi_{02}(k-1) - \alpha_0(k) \cdot \psi_{02}(k-2) + \frac{2}{1-\alpha_0^2(k)} [-\alpha_0(k)\psi(k) - \psi(k-2) + \alpha_1(k)(1+\alpha_0(k))\psi(k-1)] \quad (57)$$

จากสมการดังกล่าวสามารถนำมาออกแบบวงจรเป็นวงจร ADAPTIVE ALGORITHM ที่ใช้สำหรับการตีเทคสัญญาณชาวนัดคลื่นเดียว โดยใช้ SIMPLIFIED ADAPTIVE ALGORITHM และสามารถปรับค่า Q-FACTOR ได้ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5. วงจรซิมพลิไฟด์อะแคปทีฟออลกอริทึมที่ใช้สำหรับการตีเทคสัญญาณชาวนัดคลื่นเดียว



จากวงจรจะเห็นว่าใช้สัญญาณควบคุมแบบ ADAPTIVE เพียงสองตัวเท่านั้น คือ  $\psi(k)$ ,  $\psi_{02}(k)$  และมีอินพุทเดียว ซึ่งจะทำให้สามารถนำไปใช้งานได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการสงวนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาวิเคราะห์และออกแบบเพื่อหาอะแดปทีฟอัลกอริทึมแบบใหม่ที่ใช้สำหรับการตีเทคต์สัญญาณชาวน้คลื่นเดี่ยว โดยใช้วงจรกรองความถี่กลางผ่านแบบ IIR และสามารถปรับค่า Q-FACTOR ได้ ซึ่งสามารถควบคุมค่า Q-FACTOR เป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยตอนเริ่มต้นจะให้ค่า Q-FACTOR ค่า และเมื่ออะแดปทีฟอัลกอริทึม CONVERGE แล้ว จะให้ค่า Q-FACTOR สูง จากผลของการวิเคราะห์ทำให้สามารถออกแบบวงจรซิมพลิไฟอะแดปทีฟอัลกอริทึมขึ้นใหม่ได้ วงจรจะมีส่วนประกอบของอุปกรณ์น้อยลงและง่ายขึ้น และจากผลการทดลองด้วยการซิมมูลേഷันด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะเห็นได้ว่าอะแดปทีฟอัลกอริทึมแบบใหม่นี้ยังสามารถติดตามสัญญาณชาวน้ทางด้านอินพุตตามความถี่ที่ใช้งานได้เร็วกว่าอะแดปทีฟอัลกอริทึมแบบเดิมอีกด้วย

จากกราฟที่ 1 เป็นการแสดงคุณสมบัติของสมการทรานสเฟอร์ฟังก์ชันแบบพาสส์เทียบกับมุม  $\omega$  พบว่าค่าของ  $\alpha_0$  มีผลทำให้ค่า Q-FACTOR หรือความกว้างของการตอบสนองของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันเปลี่ยนแปลงไปโดยค่า Q-FACTOR จะแปรผันตรงกันค่าของ  $\alpha_0$  และค่าของ  $\alpha_1$  เป็นค่าที่กำหนดจุดการตอบสนองสูงสุดของทรานสเฟอร์ฟังก์ชัน โดยจุดตอบสนองสูงสุดจะเบี่ยงเบนไปด้านซ้ายถ้า  $\alpha_1$  มีค่าน้อยกว่าศูนย์ และเบี่ยงเบนไปด้านขวาถ้า  $\alpha_1$  มีค่ามากกว่าศูนย์

กราฟที่ 2 เป็นการแสดงคุณสมบัติของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันเทียบกับ  $\alpha_1$  พบว่าจุดตอบสนองสูงสุดของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันจะอยู่ที่  $\alpha_1 = \cos(\omega)$  เสมอ และค่า  $\alpha_0$  ก็ยังคงทำหน้าที่กำหนด Q-FACTOR

กราฟที่ 3 เป็นการแสดงคุณสมบัติของ  $\alpha_1(k)$  เทียบกับแกนเวลา k พบว่าค่า  $\mu$  จะมีผลทำให้การลู่เข้าของกราฟเร็วขึ้น โดยที่ถ้าค่า  $\mu$  มีค่ามากก็จะลู่เข้าเร็ว ถ้าค่าน้อย (เข้าใกล้ศูนย์) ก็จะลู่เข้าช้า ค่า  $\mu$  เป็นความละเอียดของการลู่เข้าถ้ามีค่ามากจะทำให้ลู่เข้าได้เร็ว และถ้ามากเกินไปจะทำให้ลู่เข้าอย่างขาดเสถียรภาพ ค่า  $\omega$  เป็นมุมฟังก์ชัน  $\alpha_1(k)$  จะต้องลู่เข้าที่จุด  $\alpha_1 = \cos(\omega)$  และค่าของ  $\alpha_0$  จะทำให้การลู่เข้าช้าลงถ้าค่าของ  $\alpha_0$  มาก (เข้าใกล้ศูนย์) และจะเร็วถ้ามีค่ามาก (เข้าใกล้หนึ่ง)

กราฟที่ 4 เป็นการแสดงคุณสมบัติของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันเมื่อเทียบกับ  $\alpha_0$  จะพบว่าไม่ว่าจะเปลี่ยนค่าตัวแปร  $\alpha_1$  และ  $\omega$  เป็นค่าใดก็ตามกราฟการตอบสนองของทรานสเฟอร์ฟังก์ชัน ก็ยังคงมีความสูงอยู่เพียงยอดเดียวเท่านั้น

กราฟที่ 5 เป็นการแสดงคุณสมบัติทรานสเฟอร์ฟังก์ชันของวงจรที่ถูกรูปแล้วเทียบกับแกนความถี่  $\omega$

กราฟที่ 6 เป็นแสดงคุณสมบัติของ  $\alpha_1(k)$  เทียบกับแกนเวลา  $k$  เมื่อ  $\alpha_0$  คงที่ จะเหมือนกับกราฟที่ 3

กราฟที่ 7 เป็นการแสดงคุณสมบัติของ  $\alpha_1(k)$  เทียบกับแกนเวลา  $k$  เมื่อ  $\alpha_0$  เปลี่ยนแปลง พบว่าค่าของ SIGNAL TO NOISE RATIO ที่มีกับสัญญาณ INPUT ถ้ามี SNR ต่ำ (NOISE สูง) จะทำให้การลู่เข้าของสัญญาณเร็วขึ้น แต่จะมีการกระเพื่อม (RIPPLE) เมื่อลู่เข้าแล้วมากกว่าปกติ

กราฟที่ 8 และกราฟที่ 9 เป็นการแสดงคุณสมบัติทรานสเฟอร์ฟังก์ชัน เมื่อผ่านการปรับปรุงและตัดแปลงสมการใหม่ในหัวข้อซิมพลิไฟอะแคปทีฟอัลกอริทึมเมื่อเทียบกับ  $\alpha_0$  จะพบว่า ไม่ว่าค่าตัวแปรของ  $\alpha_1$  และ  $\omega$  จะเป็นค่าใดก็ตามกราฟการตอบสนองของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันก็ยังคงมีความสูงอยู่เพียงยอดเดียวเช่นเดียวกันกับวงจรกรองความถี่กลาง

กราฟที่ 10 เป็นการแสดงการเปรียบเทียบการ CONVERGE ของ  $\alpha_1(k)$  เมื่อเทียบกับเวลา  $k$  พบว่าสัญญาณของซิมพลิไฟอะแคปทีฟอัลกอริทึมแบบใหม่ที่ใช่วงจรกรองความถี่ผ่านแบบ IIR อันดับ 2 และสามารถปรับค่า Q-FACTOR ได้นั้น สามารถ CONVERGE สัญญาณได้เร็วกว่าอะแคปทีฟอัลกอริทึมแบบเดิมที่ใช่วงจรกรองความถี่ผ่านแบบ IIR ที่สามารถปรับค่า Q-FACTOR ได้เช่นเดียวกัน โดยกำหนดสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต่าง ๆ เหมือนกันทุกประการ

จากการซิมูเลชันจะเห็นว่าสัญญาณรบกวนที่ปนเข้ามาับสัญญาณอินพุตสามารถถูกกำจัดออกไปโดยวงจรกรองความถี่นี้และเอาท์พุทที่ได้ก็มีลักษณะสัญญาณใกล้เคียงกับสัญญาณอินพุตจริงเมื่อ  $\alpha_1$  ลู่เข้าสู่ค่าคงที่ จากคุณสมบัติเหล่านี้ เราสามารถนำวงจรนี้ไปใช้ลดสัญญาณรบกวน เช่น สัญญาณที่เกิด ECHO เป็นต้น

## บทที่ 4

### โปรแกรมและกราฟแสดงผลการทดลอง

โปรแกรมแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่เขียนเป็นโปรแกรมกับส่วนที่เป็นกราฟ เพื่อแสดงผลจากการซิมูเลต โปรแกรม

#### โปรแกรมที่เขียน

โปรแกรมที่ใช้เขียนด้วย MATLAB ซึ่งเป็น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ใช้ในการซิมูเลชั่น (SIMULATION) สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบเพื่อยืนยันผลการทดลอง

#### กราฟที่แสดงผล

เป็นกราฟที่ได้จากการซิมูเลต โปรแกรมเพื่อใช้ในการยืนยันและแสดงผลจากการวิเคราะห์ และออกแบบผลการทดลอง





## โปรแกรมการวิเคราะห์และออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% 1.กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $|H(\omega)|$  เทียบกับ  $\omega$

%

% FIG. 1.1 : alpha0=0.1 , alpha1=0.1

%

alpha0=0.1; % กำหนดค่าQ-FACTOR ของวงจรรองความถี่

alpha1=0.1; % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION

w=linspace(0,pi,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความถี่ตั้งแต่ 0-pi

H=zeros(size(w));

H=abs([j.\*sin(w)]./[(cos(w)-alpha1).\*((1+alpha0)/(1-alpha0))+j.\*sin(w)]); % MAGNITUDE ของ (H(w))

plot(w,H) % กราฟ w เทียบกับ H(w)

grid

xlabel('w'),ylabel('I H I')

title('FIG.1.1 : alpha0=0.1 , alpha1=0.1')

hold on

gtext('1')

%

% FIG.1.2 : alpha0=0.8 , alpha1=0.1

%

alpha0=0.8; % กำหนดค่าQ-FACTOR ของวงจรรองความถี่

alpha1=0.1; % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION

w=linspace(0,pi,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความถี่ตั้งแต่ 0-pi

H=zeros(size(w));

H=abs([j.\*sin(w)]./[(cos(w)-alpha1).\*((1+alpha0)/(1-alpha0))+j.\*sin(w)]); % MAGNITUDE ของ (H(w))

plot(w,H) % กราฟ w เทียบกับ H(w)

xlabel('w'),ylabel('I H I')

title('FIG.1.2 : alpha0=0.8 , alpha1=0.1')

hold on

, gtext('2')

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

%
% FIG. 1.3 : alpha0=0.8 , alpha1=-0.8
%

alpha0=0.8;    % กำหนดค่าQ-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
alpha1=-0.8;   % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
w=linspace(0,pi,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความถี่ตั้งแต่ 0-pi
H=zeros(size(w));
H=abs([j.*sin(w)]./[(cos(w)-alpha1).*((1+alpha0)/(1-alpha0))+j.*sin(w)]); % MAGNITUDE ของ (H(w))
plot(w,H)      % กราฟ w เทียบกับ H(w)
xlabel('w'),ylabel('I H I')
title('FIG.1.3 : alpha0=0.8 , alpha1=-0.8')
hold on
gtext('3')

%
% FIG.1.4 : alpha0=0.8 , alpha1=0.8
%

alpha0=0.8;    % กำหนดค่าQ-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
alpha1=0.8;    % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
w=linspace(0,pi,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความถี่ตั้งแต่ 0-pi
H=zeros(size(w));
H=abs([j.*sin(w)]./[(cos(w)-alpha1).*((1+alpha0)/(1-alpha0))+j.*sin(w)]); % MAGNITUDE ของ (H(w))
plot(w,H)      % กราฟ w เทียบกับ H(w)
xlabel('w'),ylabel('I H I')
title('FIG.1.4 : alpha0=0.8 , alpha1=0.8')
hold on
gtext('4')
'title('FIG 1.5')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% 2. กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $|H(\omega)|$  เทียบกับ  $\alpha_1$

%

% FIG.2.1:  $w=\pi/3$  ,  $\alpha_0=0.1$

%

```
alpha0=0.1;           % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
w=pi/3;              % กำหนดค่าความถี่กลาง
alpha1=linspace(0,1,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
H=zeros(size(alpha1));
H=abs([j.*sin(w)]./[(cos(w)-alpha1).*((1+alpha0)/(1-alpha0))+j.*sin(w)]); % MAGNITUDE ของ H(w)
plot(alpha1,H)       % กราฟ alpha1 เทียบกับ MAGNITUDE H(w)
grid
xlabel('alpha1(k)'),ylabel('I H I')
title('FIG.2.1: w=pi/3 , alpha0=0.1')
hold on
gtext('1')
```

%

% FIG.2.2:  $w=\pi/3$  ,  $\alpha_0=0.4$

%

```
w=pi/3;              % กำหนดค่าความถี่กลาง
alpha0=0.4;          % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
alpha1=linspace(0,1,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
H=zeros(size(alpha1));
H=abs([j.*sin(w)]./[(cos(w)-alpha1).*((1+alpha0)/(1-alpha0))+j.*sin(w)]); % MAGNITUDE ของ H(w)
plot(alpha1,H)       % กราฟ alpha1 เทียบกับ MAGNITUDE H(w)
xlabel('alpha1(k)'),ylabel('I H I')
title('FIG.2.2: w=pi/3 , alpha0=0.4')
hold on
gtext('2')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

%
% FIG.2.3: w=pi/3 , alpha0=0.8
%

w=pi/3;           % กำหนดค่าความถี่กลาง
alpha0=0.8;       % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
alpha1=linspace(0,1,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
H=zeros(size(alpha1));
H=abs([j.*sin(w)]./[(cos(w)-alpha1).*((1+alpha0)/(1-alpha0))+j.*sin(w)]); % MAGNITUDE ของ H(w)
plot(alpha1,H)    % กราฟ alpha1เทียบกับ MAGNITUDE H(w)
xlabel('alpha1(k)'),ylabel('I H I')
title('FIG.2.3: w=pi/3 , alpha0=0.8')
hold on
gtext('3')
title('FIG 2.4')

```

---

```

% กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $|H(\omega)|$  เทียบกับ  $\alpha_1$ 
%
% FIG.2.5: w=pi/4 , alpha0=0.1
%

w=pi/4;           % กำหนดค่าความถี่กลาง
alpha0=0.1;       % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
alpha1=linspace(0,1,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
H=zeros(size(alpha1));
H=abs([j.*sin(w)]./[(cos(w)-alpha1).*((1+alpha0)/(1-alpha0))+j.*sin(w)]); % MAGNITUDE ของ H(w)
plot(alpha1,H)    % กราฟ alpha1เทียบกับ MAGNITUDE H(w)
grid

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

xlabel('alpha1(k)'),ylabel('I H I')
title('FIG.2.5: w=pi/4 , alpha0=0.1')
hold on
gtext('1')

%
% FIG.2.6: w=pi/4 , alpha0=0.4
%

w=pi/4;           % กำหนดค่าความถี่กลาง
alpha0=0.4;       % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
alpha1=linspace(0,1,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
H=zeros(size(alpha1));
H=abs([j.*sin(w)]./[(cos(w)-alpha1).*((1+alpha0)/(1-alpha0))+j.*sin(w)]); % MAGNITUDE ของ H(w)
plot(alpha1,H)    % กราฟ alpha1เทียบกับ MAGNITUDE H(w)
xlabel('alpha1(k)'),ylabel('I H I')
title('FIG.2.6: w=pi/4 , alpha0=0.4')
hold on
gtext('2')

%
% FIG.2.7: w=pi/4 , alpha0=0.8
%

w=pi/4;           % กำหนดค่า ความถี่กลาง
alpha0=0.8;       % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
alpha1=linspace(0,1,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
H=zeros(size(alpha1));
H=abs([j.*sin(w)]./[(cos(w)-alpha1).*((1+alpha0)/(1-alpha0))+j.*sin(w)]); % MAGNITUDE ของ H(w)
plot(alpha1,H)    % กราฟ alpha1เทียบกับ MAGNITUDE H(w)
xlabel('alpha1(k)'),ylabel('H')
title('FIG.2.7: w=pi/4 , alpha0=0.8')

```

hold on

gtext('3')

title('FIG 2.8')



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% 3. กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $\alpha_1(k)$  เทียบกับ k

```

%
% FIG 3.1 [ A=1,u=0.0003,w=pi/3,alpha0=0.3]
%
clear;
close all;
N=10000 % จำนวนของการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด
k=0:N-1; % กำหนดลำดับการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณ
data=cos(pi/3*k+randn(1,1))+0.1*randn(1,N);
alp0=0.3; % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
u=0.0003; % STEP SIZE PARAMETER
x=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณอินพุต
x(3:N+2)=data ;
w1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของค่าความถี่
alp1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของการตอบสนองของสัญญาณ
y=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณเอาต์พุต
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alp0)/2*(x(k)-x(k-2))+alp1(k)*(1+alp0)*y(k-1)-alp0*y(k-2);
    w1(k)=alp1(k)*(1+alp0)*w1(k-1)-alp0*w1(k-2)+(1+alp0)*y(k-1);
    alp1(k+1)=alp1(k)+u*y(k)*w1(k);
end;
plot(alp1) % กราฟการ CONVERGE ของ alpha1(k) เทียบกับ k
grid
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
title('FIG 3.1 [A=1,u=0.0003,w=pi/3,alpha0=0.3]');

```

```

%
% FIG 3.2 [ A=1,u=0.0003,w=pi/3,alpha0=0.6]

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

clear;
close all;
N=10000           % จำนวนของการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด
k=0:N-1;         % กำหนดลำดับการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณ
data=cos(pi/3*k+randn(1,1))+0.1*randn(1,N);
alp0=0.6;        % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
u=0.0003;       % STEP SIZE PARAMETER
x=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณอินพุต
x(3:N+2)=data ;
w1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของค่าความถี่
alp1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของการตอบสนองของสัญญาณ
y=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณเอาต์พุต
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alp0)/2*(x(k)-x(k-2))+alp1(k)*(1+alp0)*y(k-1)-alp0*y(k-2);
    w1(k)=alp1(k)*(1+alp0)*w1(k-1)-alp0*w1(k-2)+(1+alp0)*y(k-1);
    alp1(k+1)=alp1(k)+u*y(k)*w1(k);
end;
plot(alp1)      % กราฟการ CONVERGE ของ alpha1(k) เทียบกับ k
grid
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
title('FIG 3.2 [A=1,u=0.0003,w=pi/3,alpha0=0.6]');

```

```

%
% FIG 3.3 [ A=1,u=0.0003,w=pi/3,alpha0=0.8]
%

```

```

clear;
close all;
N=10000           % จำนวนของการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด
k=0:N-1;         % กำหนดลำดับการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณ

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

data=cos(pi/3*k+randn(1,1))+0.1*randn(1,N);
alp0=0.8;           % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรความถี่
u=0.0003;          % STEP SIZE PARAMETER
x=zeros(N+2,1);    % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณอินพุท
x(3:N+2)=data ;
w1=zeros(N+2,1);   % กำหนดลำดับการสุ่มของค่าความถี่
alp1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของการตอบสนองของสัญญาณ
y=zeros(N+2,1);    % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณเอาต์พุท
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alp0)/2*(x(k)-x(k-2))+alp1(k)*(1+alp0)*y(k-1)-alp0*y(k-2);
    w1(k)=alp1(k)*(1+alp0)*w1(k-1)-alp0*w1(k-2)+(1+alp0)*y(k-1);
    alp1(k+1)=alp1(k)+u*y(k)*w1(k);
end;
plot(alp1)         % กราฟการ CONVERGE ของ alpha1(k) เทียบกับ k
grid
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
title('FIG 3.3 [A=1,u=0.0003,w=pi/3,alpha0=0.8]');
axis([0 10000 0 0.5])

%
% FIG 3.4 [ A=1,u=0.0006,w=pi/3,alpha0=0.3]
%

clear;
close all;
N=10000           % จำนวนของการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด
k=0:N-1;          % กำหนดลำดับการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณ
data=cos(pi/3*k+randn(1,1))+0.1*randn(1,N);
alp0=0.3;
u=0.0006;         % STEP SIZE PARAMETER
x=zeros(N+2,1);   % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณอินพุท

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

x(3:N+2)=data ;
w1=zeros(N+2,1);           % กำหนดลำดับการสุ่มของค่าความถี่
alp1=zeros(N+2,1);         % กำหนดลำดับการสุ่มของการตอบสนองของสัญญาณ
y=zeros(N+2,1);           % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณเอาต์พุต
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alp0)/2*(x(k)-x(k-2))+alp1(k)*(1+alp0)*y(k-1)-alp0*y(k-2);
    w1(k)=alp1(k)*(1+alp0)*w1(k-1)-alp0*w1(k-2)+(1+alp0)*y(k-1);
    alp1(k+1)=alp1(k)+u*y(k)*w1(k);
end;
plot(alp1)                  % กราฟการ CONVERGE ของ alpha1(k) เทียบกับ k
grid
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
title('FIG 3.4 [A=1,u=0.0006,w=pi/3,alpha0=0.3]');
%
% FIG 3.5 [ A=1,u=0.0006,w=pi/3,alpha0=0.6]
%
clear;
close all;
N=10000                    % จำนวนของการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด
k=0:N-1;                   % กำหนดลำดับการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณ
data=cos(pi/3*k+randn(1,1))+0.1*randn(1,N);
alp0=0.6;                  % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
u=0.0006;                  % STEP SIZE PARAMETER
x=zeros(N+2,1);           % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณอินพุต
x(3:N+2)=data ;
w1=zeros(N+2,1);           % กำหนดลำดับการสุ่มของค่าความถี่
alp1=zeros(N+2,1);         % กำหนดลำดับการสุ่มของการตอบสนองของสัญญาณ
y=zeros(N+2,1);           % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณเอาต์พุต
for k=3:N+2;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

y(k)=(1-alp0)/2*(x(k)-x(k-2))+alp1(k)*(1+alp0)*y(k-1)-alp0*y(k-2);
w1(k)=alp1(k)*(1+alp0)*w1(k-1)-alp0*w1(k-2)+(1+alp0)*y(k-1);
alp1(k+1)=alp1(k)+u*y(k)*w1(k);
end;
plot(alp1) % กราฟการ CONVERGE ของ alpha1(k) เทียบกับ k
grid
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
title('FIG 3.5 [A=1,u=0.0006,w=pi/3,alpha0=0.6]');

```

```

%
% FIG 3.6 [ A=1,u=0.0006,w=pi/3,alpha0=0.8]
%
clear;
close all;
N=10000 % จำนวนของการสุ่ม
k=0:N-1; % กำหนดลำดับการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณ
data=cos(pi/3*k+randn(1,1))+0.1*randn(1,N);
alp0=0.8; % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
u=0.0006;% STEP SIZE PARAMETER
x=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณอินพุต
x(3:N+2)=data ;
w1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของค่าความถี่
alp1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของการตอบสนองของสัญญาณ
y=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณเอาต์พุต
for k=3:N+2;
y(k)=(1-alp0)/2*(x(k)-x(k-2))+alp1(k)*(1+alp0)*y(k-1)-alp0*y(k-2);
w1(k)=alp1(k)*(1+alp0)*w1(k-1)-alp0*w1(k-2)+(1+alp0)*y(k-1);
alp1(k+1)=alp1(k)+u*y(k)*w1(k);
end;
plot(alp1) % กราฟการ CONVERGE ของ alpha1(k) เทียบกับ k

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

grid
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
title('FIG 3.6 [A=1,u=0.0006,w=pi/3,alpha0=0.8]');

%
% FIG 3.7 [ A=1,u=0.0003,w=pi/4,alpha0=0.3]
%

clear;
close all;
N=10000 % จำนวนของการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด
k=0:N-1; % กำหนดลำดับการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณ
data=cos(pi/4*k+randn(1,1))+0.1*randn(1,N);
alp0=0.3; % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรความถี่
u=0.0003; % STEP SIZE PARAMETER
x=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณอินพุต
x(3:N+2)=data ;
w1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของค่าความถี่
alp1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของการตอบสนองของสัญญาณ
y=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณเอาต์พุต
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alp0)/2*(x(k)-x(k-2))+alp1(k)*(1+alp0)*y(k-1)-alp0*y(k-2);
    w1(k)=alp1(k)*(1+alp0)*w1(k-1)-alp0*w1(k-2)+(1+alp0)*y(k-1);
    alp1(k+1)=alp1(k)+u*y(k)*w1(k);
end;
plot(alp1) % กราฟการ CONVERGE ของ alpha1(k) เทียบกับ k
grid
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
title('FIG 3.7 [A=1,u=0.0003,w=pi/4,alpha0=0.3]');
axis([0 10000 0 0.8])

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

%
% FIG 3.8 [ A=1,u=0.0003,w=pi/4,alpha0=0.6]
%

clear;
close all;
N=18000 % จำนวนของการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด
k=0:N-1; % กำหนดลำดับการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณ
data=cos(pi/4*k+randn(1,1))+0.1*randn(1,N);
alp0=0.6; % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรความถี่
u=0.0003; % STEP SIZE PARAMETER
x=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณอินพุท
x(3:N+2)=data ;
w1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของค่าความถี่
alp1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของการตอบสนองของสัญญาณ
y=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณเอาต์พุท
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alp0)/2*(x(k)-x(k-2))+alp1(k)*(1+alp0)*y(k-1)-alp0*y(k-2);
    w1(k)=alp1(k)*(1+alp0)*w1(k-1)-alp0*w1(k-2)+(1+alp0)*y(k-1);
    alp1(k+1)=alp1(k)+u*y(k)*w1(k);
end;
plot(alp1) % กราฟการ CONVERGE ของ alpha1(k) เทียบกับ k
grid
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
title('FIG 3.8 [A=1,u=0.0003,w=pi/4,alpha0=0.6]');
axis([0 18000 0 0.8])

%
% FIG 3.9 [ A=1,u=0.0003,w=pi/4,alpha0=0.8]
%

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

clear;
close all;
N=40000           % จำนวนของการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด
k=0:N-1;         % กำหนดลำดับการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณ
data=cos(pi/4*k+randn(1,1))+0.1*randn(1,N);
alp0=0.8;        % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
u=0.0003;% STEP SIZE PARAMETER
x=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณอินพุต
x(3:N+2)=data ;
w1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของค่าความถี่
alp1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของการตอบสนองของสัญญาณ
y=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณเอาต์พุต
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alp0)/2*(x(k)-x(k-2))+alp1(k)*(1+alp0)*y(k-1)-alp0*y(k-2);
    w1(k)=alp1(k)*(1+alp0)*w1(k-1)-alp0*w1(k-2)+(1+alp0)*y(k-1);
    alp1(k+1)=alp1(k)+u*y(k)*w1(k);
end;
plot(alp1)       % กราฟการ CONVERGE ของ alpha1(k) เทียบกับ k
grid
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
title('FIG 3.9 [A=1,u=0.0003,w=pi/4,alpha0=0.8]');
axis([0 40000 0 0.8])

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% 4. กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $|H(\alpha_0(k))|$  เทียบกับ  $\alpha_0$

% FIG.4.1: 1. ALPHA1=0.1 , W=PI/3 2. ALPHA1=0.2 , W=PI/3

% 3. ALPHA1=0.3 , W=PI/3 4. ALPHA1=0.4 , W=PI/3

%

% 1. ALPHA1=0.1 , W=PI/3

%

alpha1=0.1; % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION

w=pi/3; % กำหนดค่าความถี่กลาง

A=1/sin(w);

B=cos(w)-alpha1;

alpha0=linspace(0,1,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่

h=zeros(size(alpha0));

h=(1+alpha0)/(1-alpha0);

H=abs(2.\*[A.^2.\*h.^2.\*B]./[A.^2.\*B.^2.\*h.^2+1].^2); % MAGNITUDE ของ H(ALPHA0)

plot(alpha0,H) % กราฟ ALPHA0 เทียบกับ MAGNITUDE H(ALPHA0)

grid

xlabel('alpha0'),ylabel('I H I')

title('1. alpha1=0.1 , w=pi/3')

hold on

gtext('1')

%

% 2. ALPHA1=0.2 , W=PI/3

%

alpha1=0.2; % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION

w=pi/3; % กำหนดค่าความถี่กลาง

A=1/sin(w);

B=cos(w)-alpha1;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

alpha0=linspace(0,1,100);      % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
h=zeros(size(alpha0));
h=(1+alpha0)/(1-alpha0);
H=abs(2.*[A.^2.*h.^2.*B]/[A.^2.*B.^2.*h.^2+1].^2); % MAGNITUDE ของ H(ALPHA0)
plot(alpha0,H)                % กราฟ ALPHA0 เทียบกับ MAGNITUDE H(ALPHA0)
xlabel('alpha0'),ylabel('I H I')
title('2. alpha1=0.2 , w=pi/3')
hold on
gtext('2')

%
% 3. ALPHA1=0.3 , W=PI/3
%
alpha1=0.3; % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
w=pi/3; % กำหนดค่าความถี่กลาง
A=1/sin(w);
B=cos(w)-alpha1;
alpha0=linspace(0,1,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
h=zeros(size(alpha0));
h=(1+alpha0)/(1-alpha0);
H=abs(2.*[A.^2.*h.^2.*B]/[A.^2.*B.^2.*h.^2+1].^2); % MAGNITUDE ของ H(ALPHA0)
plot(alpha0,H)                % กราฟ ALPHA0 เทียบกับ MAGNITUDE H(ALPHA0)
xlabel('alpha0'),ylabel('I H I')
title('3. alpha1=0.3 , w=pi/3')
hold on
gtext('3')

%
% 4. ALPHA1=0.4 , W=PI/3
%
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

alpha1=0.4;    % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
w=pi/3;       % กำหนดค่าความถี่กลาง
A=1/sin(w);
B=cos(w)-alpha1;
alpha0=linspace(0,1,100);    % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
h=zeros(size(alpha0));
h=(1+alpha0)/(1-alpha0);
H=abs(2.*[A.^2.*h.^2.*B]/[A.^2.*B.^2.*h.^2+1].^2);    % MAGNITUDE ของ H(ALPHA0)
plot(alpha0,H)    % กราฟ ALPHA0 เทียบกับ MAGNITUDE H(ALPHA0)
xlabel('alpha0'),ylabel('|H|')
title('4. alpha1=0.4 , w=pi/3')
hold on
gtext('4')
title('FIG 4.1')

```

---

```

% FIG.4.2: 1. ALPHA1=0.1 , W=PI/4  2. ALPHA1=0.2 , W=PI/4
%      3. ALPHA1=0.3 , W=PI/4  4. ALPHA1=0.4 , W=PI/4

```

```

%
% 1. ALPHA1=0.1 , W=PI/4
%

```

```

alpha1=0.1;    % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
w=pi/4;       % กำหนดค่าความถี่กลาง
A=1/sin(w);
B=cos(w)-alpha1;
alpha0=linspace(0,1,100);    % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
h=zeros(size(alpha0));
h=(1+alpha0)/(1-alpha0);
H=abs(2.*[A.^2.*h.^2.*B]/[A.^2.*B.^2.*h.^2+1].^2);    % MAGNITUDE H(ALPHA0)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

plot(alpha0,H)      % กราฟ ALPHA0 เทียบกับ MAGNITUDE H(ALPHA0)
grid
xlabel('alpha0'),ylabel('I H I')
title('1. alpha1=0.1 , w=pi/4')
hold on
gtext('1')

%
% 2. ALPHA1=0.2 , W=PI/4
%
alpha1=0.2;      % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
w=pi/4;         % กำหนดค่าความถี่กลาง
A=1/sin(w);
B=cos(w)-alpha1;
alpha0=linspace(0,1,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
h=zeros(size(alpha0));
h=(1+alpha0)/(1-alpha0);
H=2.*[A.^2.*h.^2.*B]/[A.^2.*B.^2.*h.^2+1].^2; % MAGNITUDE ของ H(ALPHA0)
plot(alpha0,H)   % กราฟ ALPHA0 เทียบกับ MAGNITUDE H(ALPHA0)
gtext('2')
xlabel('alpha0'),ylabel('I H I')
title('2. alpha1=0.2 , w=pi/4')
hold on

%
% 3. ALPHA1=0.3 , W=PI/4
%
alpha1=0.3;      % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
w=pi/4;         % กำหนดค่าความถี่กลาง
A=1/sin(w);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

B=cos(w)-alpha1;
alpha0=linspace(0,1,100);      % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
h=zeros(size(alpha0));
h=(1+alpha0)/(1-alpha0);
H=2.*[A.^2.*h.^2.*B]/[A.^2.*B.^2.*h.^2+1].^2; % MAGNITUDE ของ H(ALPHA0)
plot(alpha0,H)                % กราฟ ALPHA0 เทียบกับ MAGNITUDE H(ALPHA0)
gtext('3')
xlabel('alpha0'),ylabel('I H I')
title('3. alpha1=0.3 , w=pi/4')

hold on

%
% 4. ALPHA1=0.4 , W=PI/4
%
alpha1=0.4; % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
w=pi/4;    % กำหนดค่าความถี่กลาง
A=1/sin(w);
B=cos(w)-alpha1;
alpha0=linspace(0,1,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
h=zeros(size(alpha0));
h=(1+alpha0)/(1-alpha0);
H=2.*[A.^2.*h.^2.*B]/[A.^2.*B.^2.*h.^2+1].^2; % MAGNITUDE ของ H(ALPHA0)
plot(alpha0,H)                % กราฟ ALPHA0 เทียบกับ MAGNITUDE H(ALPHA0)
gtext('4')
xlabel('alpha0'),ylabel('I H I')
title('4. alpha1=0.4 , w=pi/4')

hold on
title('FIG 4.2')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% 5.กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $|G(z)|$  ,  $|G_{01}(z)|$  และ  $|G_{02}(z)|$  เทียบกับ  $\omega$

%

% FIG.5.1: alpha0=0.1 , alpha1=0.1

%

```

alpha0=0.1; % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
alpha1=0.1; % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
w=linspace(0,pi,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความถี่
z=exp(j.*w);
G=abs((1+alpha0)/(z.^2-alpha1.*(1+alpha0).*z+alpha0));
plot(w,G) % กราฟ w เทียบกับ MAGNITUDE [G(z)]
hold on
G01=abs([z.^2-2.*alpha1.*z+1]/[(alpha0-1).(z.^2-alpha1.*(1+alpha0).*z+alpha0)]);
plot(w,G01) % กราฟ w เทียบกับ MAGNITUDE [G01(z)]
hold on
G02=abs(2.*[z.^2.*alpha0-alpha1.*(1+alpha0).*z+1]/[(alpha0.^2-1).(z.^2-
alpha1.*(1+alpha0).*z+alpha0)]);
plot(w,G02) % กราฟ w เทียบกับ MAGNITUDE [G02(z)]
hold on
grid
xlabel('w'),title('FIG.5.1: alpha0=0.1 , alpha1=0.1')
gtext('G(z)')
gtext('G01(z)')
gtext('G02(z)')

```

%

% FIG.5.2 : alpha0=0.1 , alpha1=0.8

%

```

alpha0=0.1; % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
alpha1=0.8; % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

alpha1=0.8; % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
w=linspace(0,pi,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความถี่
z=exp(j.*w);
G=abs((1+alpha0)/(z.^2-alpha1.*(1+alpha0).*z+alpha0));
plot(w,G) % กราฟ w เทียบกับ MAGNITUDE [G(z)]
hold on
G01=abs([z.^2-2.*alpha1.*z+1]/[(alpha0-1).(z.^2-alpha1.*(1+alpha0).*z+alpha0)]);
plot(w,G01) % กราฟ w เทียบกับ MAGNITUDE [G01(z)]
hold on
G02=abs(2.*[z.^2.*alpha0-alpha1.*(1+alpha0).*z+1]/[(alpha0.^2-1).(z.^2-
alpha1.*(1+alpha0).*z+alpha0)]);
plot(w,G02) % กราฟ w เทียบกับ MAGNITUDE [G02(z)]
hold on
grid
xlabel('w'),title('FIG.5.2: alpha0=0.1 , alpha1=0.8')
gtext('G(z)')
gtext('G01(z)')
gtext('G02(z)')

%
% FIG.5.3 : alpha0=0.8 , alpha1=0.1
%

```

```

alpha0=0.8; % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรรองความถี่
alpha1=0.1; % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
w=linspace(0,pi,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความถี่
z=exp(j.*w);
G=abs((1+alpha0)/(z.^2-alpha1.*(1+alpha0).*z+alpha0));
plot(w,G) % กราฟ w เทียบกับ MAGNITUDE [G(z)]
hold on
G01=abs([z.^2-2.*alpha1.*z+1]/[(alpha0-1).(z.^2-alpha1.*(1+alpha0).*z+alpha0)]);
plot(w,G01) % กราฟ w เทียบกับ MAGNITUDE [G01(z)]

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

hold on
G02=abs(2.*[z.^2.*alpha0-alpha1.*(1+alpha0).*z+1]./[(alpha0.^2-1).*(z.^2-
alpha1.*(1+alpha0).*z+alpha0)]);
plot(w,G02) % กราฟ w เทียบกับ MAGNITUDE [G02(z)]
hold on
grid
xlabel('w'),title('FIG.5.3: alpha0=0.8 , alpha1=0.1')
gtext('G(z)')
gtext('G01(z)')
gtext('G02(z)')

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

% 6. กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $\alpha_1(k)$  เทียบกับ  $k$  เมื่อ  $\alpha_0(k)$  คงที่

%
% FIG 6.1  $\alpha_0=0.3, u=0.0003, w=\pi/3$ 
%

clear;
close all;
N=10000 % จำนวนของการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด
k=0:N-1; % กำหนดลำดับการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณ
data=cos(pi/3*k+randn(1,1))+0.1*randn(1,N);
alp0=0.3; % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
u=0.0003; % STEP SIZE PARAMETER
x=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณอินพุต
x(3:N+2)=data ;
w1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของค่าความถี่
alp1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของการตอบสนองสัญญาณ
y=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณเอาต์พุต
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alp0)/2*(x(k)-x(k-2))+alp1(k)*(1+alp0)*y(k-1)-alp0*y(k-2);
    w1(k)=alp1(k)*(1+alp0)*w1(k-1)-alp0*w1(k-2)+(1+alp0)*y(k-1);
    alp1(k+1)=alp1(k)+u*y(k)*w1(k);
end;
plot(alp1) % กราฟการ CONVERGE ของ  $\alpha_1(k)$  เทียบกับ  $k$ 
grid
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
title('FIG 6.1 [A=1,u=0.0003,w=\pi/3,alpha0=0.3]');

%
% FIG 6.2  $\alpha_0=0.3, u=0.0006, w=\pi/3$ 
%

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

clear;
close all;
N=10000           % จำนวนของการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด
k=0:N-1;         % กำหนดลำดับการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณ
data=cos(pi/3*k+randn(1,1))+0.1*randn(1,N);
alp0=0.3;        % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
u=0.0006;       % STEP SIZE PARAMETER
x=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณอินพุท
x(3:N+2)=data ;
w1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของค่าความถี่
alp1=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของการตอบสนองสัญญาณ
y=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณเอาต์พุท
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alp0)/2*(x(k)-x(k-2))+alp1(k)*(1+alp0)*y(k-1)-alp0*y(k-2);
    w1(k)=alp1(k)*(1+alp0)*w1(k-1)-alp0*w1(k-2)+(1+alp0)*y(k-1);
    alp1(k+1)=alp1(k)+u*y(k)*w1(k);
end;
plot(alp1)       % กราฟการ CONVERGE ของ alpha1(k) เทียบกับ k
grid
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
title('FIG 6.2 [A=1,u=0.0006,w=pi/3,alpha0=0.3]');

```

```

%
% FIG 6.3 alpha0=0.3 ,u=0.0003 ,w=pi/4
%

```

```

clear;
close all;
N=10000           % จำนวนของการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด
k=0:N-1;         % กำหนดลำดับการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณ
data=cos(pi/4*k+randn(1,1))+0.1*randn(1,N);
alp0=0.3;        % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

u=0.0003;      % STEP SIZE PARAMETER
x=zeros(N+2,1);      % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณอินพุท
x(3:N+2)=data ;
w1=zeros(N+2,1);    % กำหนดลำดับการสุ่มของค่าความถี่
alp1=zeros(N+2,1);  % กำหนดลำดับการสุ่มของการตอบสนองสัญญาณ
y=zeros(N+2,1);     % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณเอาต์พุท
for k=3:N+2;
    y(k)=(1- $\alpha_0$ )/2*(x(k)-x(k-2))+ $\alpha_1(k)$ *(1+ $\alpha_0$ )*y(k-1)- $\alpha_0$ *y(k-2);
    w1(k)= $\alpha_1(k)$ *(1+ $\alpha_0$ )*w1(k-1)- $\alpha_0$ *w1(k-2)+(1+ $\alpha_0$ )*y(k-1);
     $\alpha_1(k+1)=\alpha_1(k)+u*y(k)*w1(k)$ ;
end;
plot( $\alpha_1$ )      % กราฟการ CONVERGE ของ  $\alpha_1(k)$  เทียบกับ k
grid
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
title('FIG 6.3 [A=1,u=0.0003,w= $\pi/4$ ,alpha0=0.3]');
axis([0 10000 0 0.8])

%
% FIG 6.4 alpha0=0.3 ,u=0.0006 ,w= $\pi/4$ 
%

clear;
close all;
N=10000      % จำนวนของการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด
k=0:N-1;     % กำหนดลำดับการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณ
data=cos( $\pi/4*k$ +randn(1,1))+0.1*randn(1,N);
alp0=0.3;    % กำหนดค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
u=0.0006;    % STEP SIZE PARAMETER
x=zeros(N+2,1);      % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณอินพุท
x(3:N+2)=data ;
w1=zeros(N+2,1);    % กำหนดลำดับการสุ่มของค่าความถี่
alp1=zeros(N+2,1);  % กำหนดลำดับการสุ่มของการตอบสนองสัญญาณ

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

y=zeros(N+2,1); % กำหนดลำดับการสุ่มของสัญญาณเอาท์พุท
for k=3:N+2;
    y(k)=(1- $\alpha_0$ )/2*(x(k)-x(k-2))+ $\alpha_1(k)$ *(1+ $\alpha_0$ )*y(k-1)- $\alpha_0$ *y(k-2);
    w1(k)= $\alpha_1(k)$ *(1+ $\alpha_0$ )*w1(k-1)- $\alpha_0$ *w1(k-2)+(1+ $\alpha_0$ )*y(k-1);
     $\alpha_1(k+1)=\alpha_1(k)+u*y(k)*w1(k)$ ;
end;
plot( $\alpha_1$ )           % กราฟการ CONVERGE ของ  $\alpha_1(k)$  เทียบกับ k
grid
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
title('FIG 6.4 [A=1,u=0.0006,w=pi/4,alpha0=0.3]');

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% 7.กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $\alpha_1(k)$  เทียบกับ  $k$  เมื่อ  $\alpha_0(k)$  เปลี่ยนแปลง

```

%
% FIG 7.1 [A=1,u=0.0003,u0=0.0006,w=pi/3]
%
% SNR = 10 dB
close all;
clear;
N=10000;
knt=0:N-1;
data=cos(pi/3*knt)+0.1*randn(1,N);
u1=0.0003;
u0=0.0006;
x=zeros(N+2,1);
x(3:N+2)=data;
w1=zeros(N+2,1);
w01=zeros(N+2,1);
w02=zeros(N+2,1);
alpha1=0.1*zeros(N+2,1);
alpha0=0.12*zeros(N+2,1);
y=zeros(N+2,1);
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alpha0(k))/2*(x(k)-x(k-2))+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*y(k-1)-alpha0(k)*y(k-2);
    w1(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w1(k-1)-alpha0(k)*w1(k-2)+(1+alpha0(k))*y(k-1);
    w01(k)=1/2*(x(k-2)-x(k))+alpha1(k)*y(k-1)-y(k-2)+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w01(k-1)-
alpha0(k)*w01(k-2);
    w02(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w02(k-1)+alpha1(k)*w1(k-1)-alpha0(k)*w02(k-2)-
w1(k-2)+(1+alpha0(k))*w01(k-1)+y(k-1);
    alpha1(k+1)=alpha1(k)+u1*y(k)*w1(k);
    alpha0(k+1)=alpha0(k)+u0*y(k)*w1(k)*(w1(k)*w01(k)+w02(k)*y(k));

```

if alpha0(k+1) >= 0.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

alpha0(k+1)=0.7;
end;
end;
disp(alpha1(N+2))
plot(alpha1)
hold on
grid
gtext('SNR=10dB');

% SNR = 1.8 dB
N=10000;
knt=0:N-1;
data=cos(pi/3*knt)+0.66*randn(1,N);
u1=0.0003;
u0=0.0006;
x=zeros(N+2,1);
x(3:N+2)=data;
w1=zeros(N+2,1);
w01=zeros(N+2,1);
w02=zeros(N+2,1);
alpha1=0.1*zeros(N+2,1);
alpha0=0.12*zeros(N+2,1);
y=zeros(N+2,1);
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alpha0(k))/2*(x(k)-x(k-2))+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*y(k-1)-alpha0(k)*y(k-2);
    w1(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w1(k-1)-alpha0(k)*w1(k-2)+(1+alpha0(k))*y(k-1);
    w01(k)=1/2*(x(k-2)-x(k))+alpha1(k)*y(k-1)-y(k-2)+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w01(k-1)-
alpha0(k)*w01(k-2);
    w02(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w02(k-1)+alpha1(k)*w1(k-1)-alpha0(k)*w02(k-2)-
w1(k-2)+(1+alpha0(k))*w01(k-1)+y(k-1);
    alpha1(k+1)=alpha1(k)+u1*y(k)*w1(k);
    alpha0(k+1)=alpha0(k)+u0*y(k)*w1(k)*(w1(k)*w01(k)+w02(k)*y(k));

```

```

        if alpha0(k+1) >= 0.7
            alpha0(k+1) = 0.7;
        end;
    end;
end;
disp(alpha1(N+2))
plot(alpha1,'g')
hold on
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
title('FIG 7.1 [A=1,u=0.0003,u0=0.0006,w=pi/3]');
gtext('SNR=1.8dB');

```

```

%
% FIG 7.2 [A=1,u=0.0001,u0=0.0006,w=pi/3]
%

```

```

% SNR = 10 dB

```

```

close all;

```

```

clear;

```

```

N=12500;

```

```

knt=0:N-1;

```

```

data=cos(pi/3*knt)+0.1*randn(1,N);

```

```

u1=0.0001;

```

```

u0=0.0006;

```

```

x=zeros(N+2,1);

```

```

x(3:N+2)=data;

```

```

w1=zeros(N+2,1);

```

```

w01=zeros(N+2,1);

```

```

w02=zeros(N+2,1);

```

```

alpha1=0.1*zeros(N+2,1);

```

```

alpha0=0.12*zeros(N+2,1);

```

```

y=zeros(N+2,1);

```

```

for k=3:N+2;

```

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

y(k)=(1-alpha0(k))/2*(x(k)-x(k-2))+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*y(k-1)-alpha0(k)*y(k-2);
w1(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w1(k-1)-alpha0(k)*w1(k-2)+(1+alpha0(k))*y(k-1);
w01(k)=1/2*(x(k-2)-x(k))+alpha1(k)*y(k-1)-y(k-2)+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w01(k-1)-
alpha0(k)*w01(k-2);
w02(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w02(k-1)+alpha1(k)*w1(k-1)-alpha0(k)*w02(k-2)-
w1(k-2)+(1+alpha0(k))*w01(k-1)+y(k-1);
alpha1(k+1)=alpha1(k)+u1*y(k)*w1(k);
alpha0(k+1)=alpha0(k)+u0*y(k)*w1(k)*(w1(k)*w01(k)+w02(k)*y(k));
    if alpha0(k+1) >=0.7
        alpha0(k+1) =0.7;
    end;
end;
disp(alpha1(N+2))
plot(alpha1)
hold on
grid
gtext('SNR=10dB');

% SNR = 1.8 dB
N=12500;
knt=0:N-1;
data=cos(pi/3*knt)+0.66*randn(1,N);
u1=0.0001;
u0=0.0006;
x=zeros(N+2,1);
x(3:N+2)=data;
w1=zeros(N+2,1);
w01=zeros(N+2,1);
w02=zeros(N+2,1);
alpha1=0.1*zeros(N+2,1);
alpha0=0.12*zeros(N+2,1);
y=zeros(N+2,1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for k=3:N+2;

    y(k)=(1-alpha0(k))/2*(x(k)-x(k-2))+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*y(k-1)-alpha0(k)*y(k-2);
    w1(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w1(k-1)-alpha0(k)*w1(k-2)+(1+alpha0(k))*y(k-1);
    w01(k)=1/2*(x(k-2)-x(k))+alpha1(k)*y(k-1)-y(k-2)+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w01(k-1)-
alpha0(k)*w01(k-2);

    w02(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w02(k-1)+alpha1(k)*w1(k-1)-alpha0(k)*w02(k-2)-
w1(k-2)+(1+alpha0(k))*w01(k-1)+y(k-1);

    alpha1(k+1)=alpha1(k)+u1*y(k)*w1(k);
    alpha0(k+1)=alpha0(k)+u0*y(k)*w1(k)*(w1(k)*w01(k)+w02(k)*y(k));

        if alpha0(k+1) >=0.7
            alpha0(k+1) =0.7;
        end;
end;

disp(alpha1(N+2))
plot(alpha1,'g')
hold on
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
title('FIG 7.2 [A=1,u=0.0001,u0=0.0006,w=pi/3]');
gtext('SNR=1.8dB');

%
% FIG 7.3 [A=1,u=0.0003,u0=0.0009,w=pi/3]
%

% SNR = 10 dB

close all;

clear;

N=10000;

knt=0:N-1;

data=cos(pi/3*knt)+0.1*randn(1,N);

u1=0.0003;
u0=0.0009;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

x=zeros(N+2,1);
x(3:N+2)=data;
w1=zeros(N+2,1);
w01=zeros(N+2,1);
w02=zeros(N+2,1);
alpha1=0.1*zeros(N+2,1);
alpha0=0.12*zeros(N+2,1);
y=zeros(N+2,1);
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alpha0(k))/2*(x(k)-x(k-2))+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*y(k-1)-alpha0(k)*y(k-2);
    w1(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w1(k-1)-alpha0(k)*w1(k-2)+(1+alpha0(k))*y(k-1);
    w01(k)=1/2*(x(k-2)-x(k))+alpha1(k)*y(k-1)-y(k-2)+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w01(k-1)-
alpha0(k)*w01(k-2);
    w02(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w02(k-1)+alpha1(k)*w1(k-1)-alpha0(k)*w02(k-2)-
w1(k-2)+(1+alpha0(k))*w01(k-1)+y(k-1);
    alpha1(k+1)=alpha1(k)+u1*y(k)*w1(k);
    alpha0(k+1)=alpha0(k)+u0*y(k)*w1(k)*(w1(k)*w01(k)+w02(k)*y(k));
    if alpha0(k+1) >=0.7
        alpha0(k+1) =0.7;
    end;
end;
disp(alpha1(N+2))
plot(alpha1)
hold on
grid
gtext('SNR=10dB');

% SNR = 1.8 dB
N=10000;
knt=0:N-1;
data=cos(pi/3*knt)+0.66*randn(1,N);
u1=0.0003;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

u0=0.0009;
x=zeros(N+2,1);
x(3:N+2)=data;
w1=zeros(N+2,1);
w01=zeros(N+2,1);
w02=zeros(N+2,1);
alpha1=0.1*zeros(N+2,1);
alpha0=0.12*zeros(N+2,1);
y=zeros(N+2,1);
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alpha0(k))/2*(x(k)-x(k-2))+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*y(k-1)-alpha0(k)*y(k-2);
    w1(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w1(k-1)-alpha0(k)*w1(k-2)+(1+alpha0(k))*y(k-1);
    w01(k)=1/2*(x(k-2)-x(k))+alpha1(k)*y(k-1)-y(k-2)+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w01(k-1)-
alpha0(k)*w01(k-2);
    w02(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w02(k-1)+alpha1(k)*w1(k-1)-alpha0(k)*w02(k-2)-
w1(k-2)+(1+alpha0(k))*w01(k-1)+y(k-1);
    alpha1(k+1)=alpha1(k)+u1*y(k)*w1(k);
    alpha0(k+1)=alpha0(k)+u0*y(k)*w1(k)*(w1(k)*w01(k)+w02(k)*y(k));
    if alpha0(k+1) >=0.7
        alpha0(k+1) =0.7;
    end;
end;
disp(alpha1(N+2))
plot(alpha1,'g')
hold on
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
title('FIG 7.3 [A=1,u=0.0003,u0=0.0009,w=pi/3]');
gtext('SNR=1.8dB');

```

```
%
```

```
% FIG 7.4 [A=1,u=0.0002,u0=0.0005,w=pi/4]
```

```
%
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

% SNR = 10 dB
close all;
clear;
N=12500;
knt=0:N-1;
data=cos(pi/4*knt)+0.1*randn(1,N);
u1=0.0002;
u0=0.0005;
x=zeros(N+2,1);
x(3:N+2)=data;
w1=zeros(N+2,1);
w01=zeros(N+2,1);
w02=zeros(N+2,1);
alpha1=0.1*zeros(N+2,1);
alpha0=0.12*zeros(N+2,1);
y=zeros(N+2,1);
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alpha0(k))/2*(x(k)-x(k-2))+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*y(k-1)-alpha0(k)*y(k-2);
    w1(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w1(k-1)-alpha0(k)*w1(k-2)+(1+alpha0(k))*y(k-1);
    w01(k)=1/2*(x(k-2)-x(k))+alpha1(k)*y(k-1)-y(k-2)+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w01(k-1)-
alpha0(k)*w01(k-2);
    w02(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w02(k-1)+alpha1(k)*w1(k-1)-alpha0(k)*w02(k-2)-
w1(k-2)+(1+alpha0(k))*w01(k-1)+y(k-1);
    alpha1(k+1)=alpha1(k)+u1*y(k)*w1(k);
    alpha0(k+1)=alpha0(k)+u0*y(k)*w1(k)*(w1(k)*w01(k)+w02(k)*y(k));
    if alpha0(k+1) >=0.7
        alpha0(k+1) =0.7;
    end;
end;
disp(alpha1(N+2))
plot(alpha1)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

hold on
grid
gtext('SNR=10dB');

% SNR = 1.8 dB
N=12500;
knt=0:N-1;
data=cos(pi/4*knt)+0.66*randn(1,N);
u1=0.0002;
u0=0.0005;
x=zeros(N+2,1);
x(3:N+2)=data;
w1=zeros(N+2,1);
w01=zeros(N+2,1);
w02=zeros(N+2,1);
alpha1=0.1*zeros(N+2,1);
alpha0=0.12*zeros(N+2,1);
y=zeros(N+2,1);
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alpha0(k))/2*(x(k)-x(k-2))+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*y(k-1)-alpha0(k)*y(k-2);
    w1(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w1(k-1)-alpha0(k)*w1(k-2)+(1+alpha0(k))*y(k-1);
    w01(k)=1/2*(x(k-2)-x(k))+alpha1(k)*y(k-1)-y(k-2)+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w01(k-1)-
alpha0(k)*w01(k-2);
    w02(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w02(k-1)+alpha1(k)*w1(k-1)-alpha0(k)*w02(k-2)-
w1(k-2)+(1+alpha0(k))*w01(k-1)+y(k-1);
    alpha1(k+1)=alpha1(k)+u1*y(k)*w1(k);
    alpha0(k+1)=alpha0(k)+u0*y(k)*w1(k)*(w1(k)*w01(k)+w02(k)*y(k));
    if alpha0(k+1) >=0.7
        alpha0(k+1) =0.7;
    end;
end;
disp(alpha1(N+2))

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
plot(alpha1,'g')  
hold on  
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');  
title('FIG 7.4 [A=1,u=0.0002,u0=0.0005,w=pi/4]');  
gtext('SNR=1.8dB');
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% 8.คุณลักษณะของ  $|H(\alpha_0(k))|$  เทียบกับ  $\alpha_0$

```

%
% FIG 1. alpha1=0.1 , w=pi/3
%

alpha1=0.1; % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
w=pi/3; % กำหนดค่าความถี่
alpha0=linspace(0,1,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
H=zeros(size(alpha0));
H=abs([j.*sin(w).*(1-alpha0)]./[(1+alpha0).*(cos(w)-alpha1)+j.*sin(w).*(1-alpha0)]);
plot(alpha0,H) % กราฟแสดง MAGNITUDE ของ H(alpha0) เทียบกับ alpha0
grid
xlabel('alpha0'),ylabel('I H I')
title(' I H(alpha0) I')
hold on
gtext('1')

%
% FIG 2. alpha1=0.2 , w=pi/3
%

alpha1=0.2; % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
w=pi/3; % กำหนดค่าความถี่
alpha0=linspace(0,1,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
H=zeros(size(alpha0));
H=abs([j.*sin(w).*(1-alpha0)]./[(1+alpha0).*(cos(w)-alpha1)+j.*sin(w).*(1-alpha0)]);
plot(alpha0,H) % กราฟแสดง MAGNITUDE ของ H(alpha0) เทียบกับ alpha0
xlabel('alpha0'),ylabel('I H I')
title(' I H(alpha0) I')
hold on
gtext('2');

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

%
% FIG 3. alpha1=0.3 ,w=pi/3
%

alpha1=0.3;    % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
w=pi/3;       % กำหนดค่าความถี่
alpha0=linspace(0,1,100);    % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
H=zeros(size(alpha0));
H=abs([j.*sin(w).*(1-alpha0)]./[(1+alpha0).*(cos(w)-alpha1)+j.*sin(w).*(1-alpha0)]);
plot(alpha0,H) % กราฟแสดง MAGNITUDE ของ H(alpha0) เทียบกับ alpha0
hold on
gtext('3');

%
% FIG 4. alpha1=0.4 , w=pi/3
%

alpha1=0.4;    % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
w=pi/3;       % กำหนดค่าความถี่
alpha0=linspace(0,1,100);    % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
H=zeros(size(alpha0));
H=abs([j.*sin(w).*(1-alpha0)]./[(1+alpha0).*(cos(w)-alpha1)+j.*sin(w).*(1-alpha0)]);
plot(alpha0,H) % กราฟแสดง MAGNITUDE ของ H(alpha0) เทียบกับ alpha0
hold on
gtext('4');

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% 9. คุณลักษณะของ  $|\Pi(\alpha_0(k))|$  เทียบกับ  $\alpha_0$

%

% FIG 1. alpha1=0.2 , w=pi/3 ;

%

alpha1=0.2; % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION

w=pi/3; % กำหนดค่าความถี่

alpha0=linspace(0,1,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่

H=zeros(size(alpha0));

H=abs([(1+alpha0).^2.\*sin(w).\*(1-alpha0).\*(cos(w)-alpha1)]./[(1+alpha0).^2.\*(cos(w)-alpha1).^2+(sin(w)).^2.\*(1-alpha0).^2].^3/2);

plot(alpha0,H) % กราฟแสดง MAGNITUDE ของ H(alpha0) เทียบกับ alpha0

grid

hold on

xlabel('alpha0'),ylabel('I H I')

title(' I H(alpha0) I')

gtext('1');

%

% FIG 2. alpha1=0.3 , w=pi/3

%

alpha1=0.3; % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION

w=pi/3; % กำหนดค่าความถี่

alpha0=linspace(0,1,100); % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่

H=zeros(size(alpha0));

H=abs([(1+alpha0).^2.\*sin(w).\*(1-alpha0).\*(cos(w)-alpha1)]./[(1+alpha0).^2.\*(cos(w)-alpha1).^2+(sin(w)).^2.\*(1-alpha0).^2].^3/2);

plot(alpha0,H) % กราฟแสดง MAGNITUDE ของ H(alpha0) เทียบกับ alpha0

hold on

xlabel('alpha0'),ylabel('I H I')

title(' I H(alpha0) I')

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gtext('2');

%
% FIG 3. alpha1=0.4 , w=pi/3
%

alpha1=0.4;    % กำหนดค่าการตอบสนองของ TRANSFER FUNCTION
w=pi/3;        % กำหนดค่าความถี่
alpha0=linspace(0,1,100);    % กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า Q-FACTOR ของวงจรกรองความถี่
H=zeros(size(alpha0));
H=abs([(1+alpha0).^2.*sin(w).*(1-alpha0).*(cos(w)-alpha1)],[(1+alpha0).^2.*(cos(w)-
alpha1).^2+(sin(w)).^2.*(1-alpha0).^2].^3/2);
plot(alpha0,H) % กราฟแสดง MAGNITUDE ของ H(alpha0) เทียบกับ alpha0
hold on
xlabel('alpha0'),ylabel(' | H I ')
title(' | H(alpha0) I ')
gtext('3');

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% 10. กราฟแสดงการ converge ของ  $\alpha_1(k)$

%

% FIG 10.1 : 1. ADAPTIVE ALGORITHM

% 2. SIMPLIFIED ADAPTIVE ALGORITHM

% 1. ADAPTIVE ALGORITHM

close all;

clear;

N=10000;

knt=0:N-1;

data=cos(pi/3\*knt)+0.1\*randn(1,N);

u1=0.0003;

u0=0.0006;

x=zeros(N+2,1);

x(3:N+2)=data;

w1=zeros(N+2,1);

w01=zeros(N+2,1);

w02=zeros(N+2,1);

alpha1=0.1\*zeros(N+2,1);

alpha0=0.12\*zeros(N+2,1);

y=zeros(N+2,1);

for k=3:N+2;

$y(k)=(1-\alpha_0(k))/2*(x(k)-x(k-2))+\alpha_1(k)*(1+\alpha_0(k))*y(k-1)-\alpha_0(k)*y(k-2);$

$w_1(k)=\alpha_1(k)*(1+\alpha_0(k))*w_1(k-1)-\alpha_0(k)*w_1(k-2)+(1+\alpha_0(k))*y(k-1);$

$w_{01}(k)=1/2*(x(k-2)-x(k))+\alpha_1(k)*y(k-1)-y(k-2)+\alpha_1(k)*(1+\alpha_0(k))*w_{01}(k-1)-\alpha_0(k)*w_{01}(k-2);$

$w_{02}(k)=\alpha_1(k)*(1+\alpha_0(k))*w_{02}(k-1)+\alpha_1(k)*w_1(k-1)-\alpha_0(k)*w_{02}(k-2)-w_1(k-2)+(1+\alpha_0(k))*w_{01}(k-1)+y(k-1);$

$\alpha_1(k+1)=\alpha_1(k)+u_1*y(k)*w_1(k);$

$\alpha_0(k+1)=\alpha_0(k)+u_0*y(k)*w_1(k)*(w_1(k)*w_{01}(k)+w_{02}(k)*y(k));$

if  $\alpha_0(k+1) \geq 0.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนสำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        alpha0(k+1)=0.7;
    end;
end;
disp(alpha1(N+2))
plot(alpha1)
grid
hold on
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
gtext('1')

```

## % 2. SIMPLIFIED ADAPTIVE ALGORITHM

```

clear;
N=10000;
knt=0:N-1;
data=cos(pi/3*knt)+0.1*randn(1,N);
u1=0.0003;
u0=0.0006;
x=zeros(N+2,1);
x(3:N+2)=data;
w1=zeros(N+2,1);
w01=zeros(N+2,1);
w02=zeros(N+2,1);
alpha1=0.1*zeros(N+2,1);
alpha0=0.12*zeros(N+2,1);
y=zeros(N+2,1);
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alpha0(k))/2*(x(k)-x(k-2))+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*y(k-1)-alpha0(k)*y(k-2);
    w1(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w1(k-1)-alpha0(k)*w1(k-2)+(1+alpha0(k))*y(k-1);
    ya=-y(k)+2*alpha1(k)*y(k-1)-y(k-2);
    w01(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w01(k-1)-alpha0(k)*w01(k-2)+1/(1-alpha0(k))*ya;
    wa=-alpha0(k)*w1(k)+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w1(k-1)-w1(k-2);
    w02(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w02(k-1)-alpha0(k)*w02(k-2)+2/(1-alpha0(k)^2)*wa;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่สู่สาธารณะหรือใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

alpha1(k+1)=alpha1(k)+u1*y(k)*w1(k);
alpha0(k+1)=alpha0(k)+u0*w1(k)*w02(k);
    if alpha0(k+1) >=0.7
        alpha0(k+1) =0.7;
    end;
end;

disp(alpha1(N+2))
plot(alpha1,'g')
gtext('2')
title('FIG 10.1 [A=1,SNR=10dB,w=pi/3,u0=0.0006,u=0.0003]')

```

```

%
% FIG 10.2 : 1. ADAPTIVE ALGORITHM
%           2. SIMPLIFIED ADAPTIVE ALGORITHM

```

```

% 1. ADAPTIVE ALGORITHM

```

```

close all;
clear;
N=10000;
knt=0:N-1;
data=cos(pi/4*knt)+0.1*randn(1,N);
u1=0.0003;
u0=0.0006;
x=zeros(N+2,1);
x(3:N+2)=data;
w1=zeros(N+2,1);
w01=zeros(N+2,1);
w02=zeros(N+2,1);
alpha1=0.1*zeros(N+2,1);
alpha0=0.12*zeros(N+2,1);

```

```

y=zeros(N+2,1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alpha0(k))/2*(x(k)-x(k-2))+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*y(k-1)-alpha0(k)*y(k-2);
    w1(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w1(k-1)-alpha0(k)*w1(k-2)+(1+alpha0(k))*y(k-1);
    w01(k)=1/2*(x(k-2)-x(k))+alpha1(k)*y(k-1)-y(k-2)+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w01(k-1)-
    alpha0(k)*w01(k-2);
    w02(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w02(k-1)+alpha1(k)*w1(k-1)-alpha0(k)*w02(k-2)-
    w1(k-2)+(1+alpha0(k))*w01(k-1)+y(k-1);
    alpha1(k+1)=alpha1(k)+u1*y(k)*w1(k);
    alpha0(k+1)=alpha0(k)+u0*y(k)*w1(k)*(w1(k)*w01(k)+w02(k)*y(k));
    if alpha0(k+1) >=0.7
        alpha0(k+1) =0.7;
    end;
end;
disp(alpha1(N+2))
plot(alpha1)
grid
hold on
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
gtext('1')

% 2. SIMPLIFIED ADAPTIVE ALGORITHM
clear;
N=10000;
knt=0:N-1;
data=cos(pi/4*knt)+0.1*randn(1,N);
u1=0.0003;
u0=0.0006;
x=zeros(N+2,1);
x(3:N+2)=data;
w1=zeros(N+2,1);
w01=zeros(N+2,1);
w02=zeros(N+2,1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

alpha1=0.1*zeros(N+2,1);
alpha0=0.12*zeros(N+2,1);
y=zeros(N+2,1);
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alpha0(k))/2*(x(k)-x(k-2))+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*y(k-1)-alpha0(k)*y(k-2);
    w1(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w1(k-1)-alpha0(k)*w1(k-2)+(1+alpha0(k))*y(k-1);
    ya=-y(k)+2*alpha1(k)*y(k-1)-y(k-2);
    w01(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w01(k-1)-alpha0(k)*w01(k-2)+1/(1-alpha0(k))*ya;
    wa=-alpha0(k)*w1(k)+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w1(k-1)-w1(k-2);
    w02(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w02(k-1)-alpha0(k)*w02(k-2)+2/(1-alpha0(k)^2)*wa;
    alpha1(k+1)=alpha1(k)+u1*y(k)*w1(k);
    alpha0(k+1)=alpha0(k)+u0*w1(k)*w02(k);
    if alpha0(k+1) >=0.7
        alpha0(k+1) =0.7;
    end;
end;
disp(alpha1(N+2))
plot(alpha1,'g')
gtext('2')
title('FIG 10.2 [A=1,SNR=10dB,w=pi/4,u0=0.0006,u=0.0003]')
%
% FIG 10.3 : 1. ADAPTIVE ALGORITHM
%
% 2. SIMPLIFIED ADAPTIVE ALGORITHM
%
% 1. ADAPTIVE ALGORITHM
close all;
clear;
N=10000;
knt=0:N-1;
data=cos(pi/3*knt)+0.66*randn(1,N);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

u1=0.0003;
u0=0.0006;
x=zeros(N+2,1);
x(3:N+2)=data;
w1=zeros(N+2,1);
w01=zeros(N+2,1);
w02=zeros(N+2,1);
alpha1=0.1*zeros(N+2,1);
alpha0=0.12*zeros(N+2,1);
y=zeros(N+2,1);
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alpha0(k))/2*(x(k)-x(k-2))+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*y(k-1)-alpha0(k)*y(k-2);
    w1(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w1(k-1)-alpha0(k)*w1(k-2)+(1+alpha0(k))*y(k-1);
    w01(k)=1/2*(x(k-2)-x(k))+alpha1(k)*y(k-1)-y(k-2)+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w01(k-1)-
alpha0(k)*w01(k-2);
    w02(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w02(k-1)+alpha1(k)*w1(k-1)-alpha0(k)*w02(k-2)-
w1(k-2)+(1+alpha0(k))*w01(k-1)+y(k-1);
    alpha1(k+1)=alpha1(k)+u1*y(k)*w1(k);
    alpha0(k+1)=alpha0(k)+u0*y(k)*w1(k)*(w1(k)*w01(k)+w02(k)*y(k));
    if alpha0(k+1) >=0.7
        alpha0(k+1) =0.7;
    end;
end;
disp(alpha1(N+2))
plot(alpha1)
grid
hold on
xlabel('k');ylabel('alpha1(k)');
gtext('1')

```

## 2. SIMPLIFIED ADAPTIVE ALGORITHM

clear;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

N=10000;
knt=0:N-1;
data=cos(pi/3*knt)+0.66*randn(1,N);
u1=0.0003;
u0=0.0006;
x=zeros(N+2,1);
x(3:N+2)=data;
w1=zeros(N+2,1);
w01=zeros(N+2,1);
w02=zeros(N+2,1);
alpha1=0.1*zeros(N+2,1);
alpha0=0.12*zeros(N+2,1);
y=zeros(N+2,1);
for k=3:N+2;
    y(k)=(1-alpha0(k))/2*(x(k)-x(k-2))+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*y(k-1)-alpha0(k)*y(k-2);
    w1(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w1(k-1)-alpha0(k)*w1(k-2)+(1+alpha0(k))*y(k-1);
    ya=-y(k)+2*alpha1(k)*y(k-1)-y(k-2);
    w01(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w01(k-1)-alpha0(k)*w01(k-2)+1/(1-alpha0(k))*ya;
    wa=-alpha0(k)*w1(k)+alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w1(k-1)-w1(k-2);
    w02(k)=alpha1(k)*(1+alpha0(k))*w02(k-1)-alpha0(k)*w02(k-2)+2/(1-alpha0(k)^2)*wa;
    alpha1(k+1)=alpha1(k)+u1*y(k)*w1(k);
    alpha0(k+1)=alpha0(k)+u0*w1(k)*w02(k);
    if alpha0(k+1) >=0.7
        alpha0(k+1) =0.7;
    end;
end;
disp(alpha1(N+2))
plot(alpha1,'g')
gtext('2')
title('FIG 10.3 [A=1,SNR=1.8dB,w=pi/3,u0=0.0006,u=0.0003]')

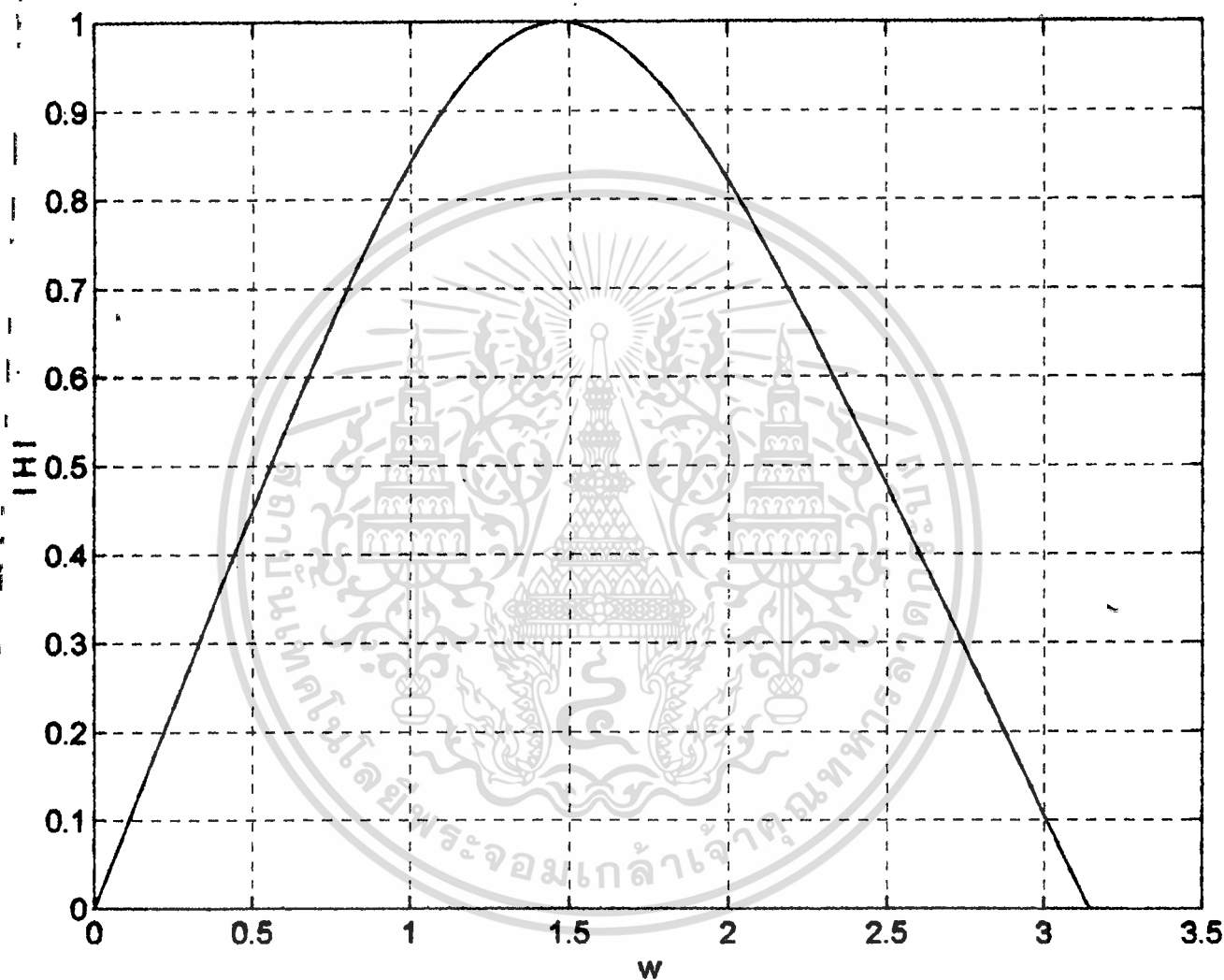
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $|H(\omega)|$  เทียบกับ  $\omega$

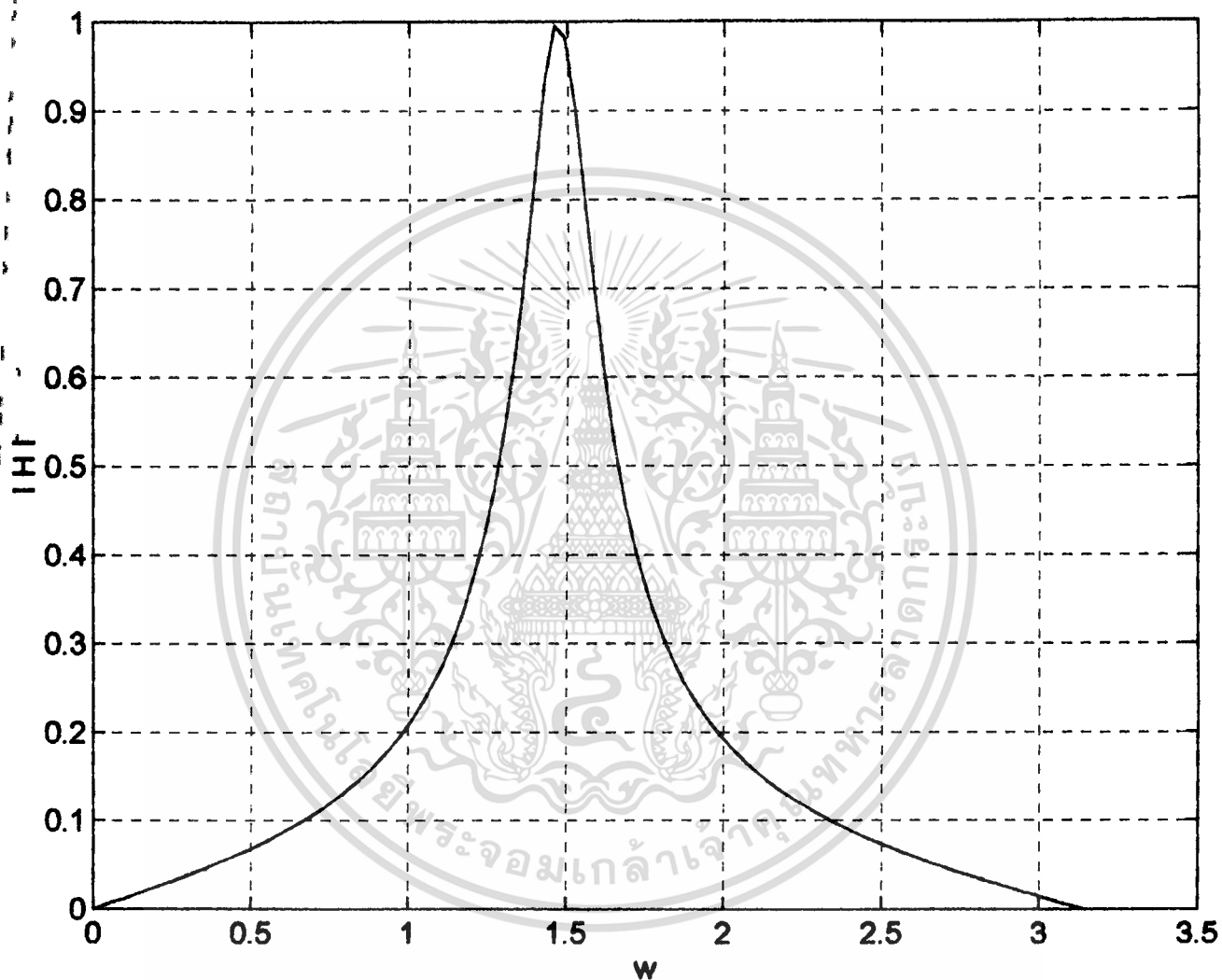


รูปที่ 1.1

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_0 = 0.1, \alpha_1 = 0.1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

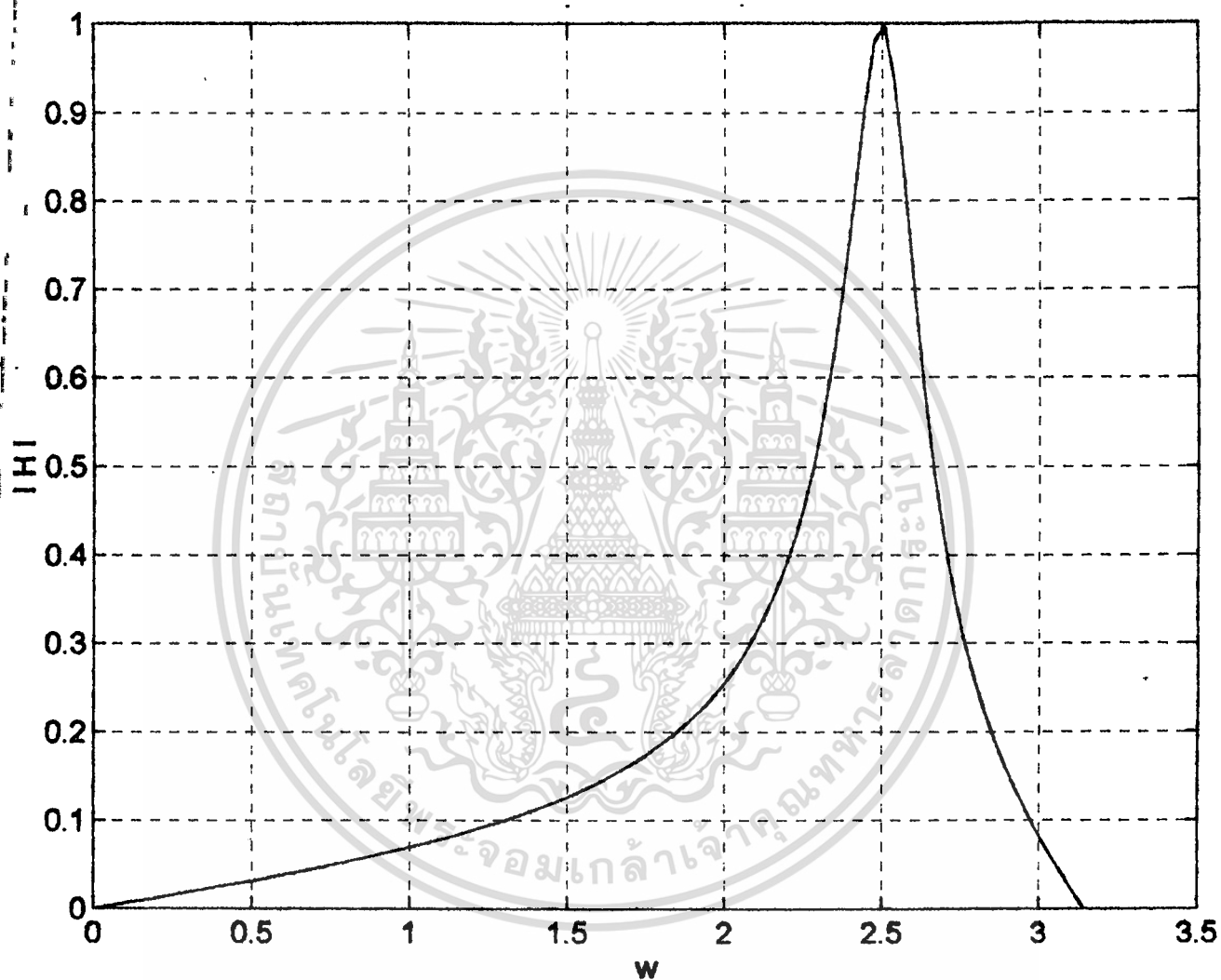


รูปที่ 1.2

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_0 = 0.8, \alpha_1 = 0.1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

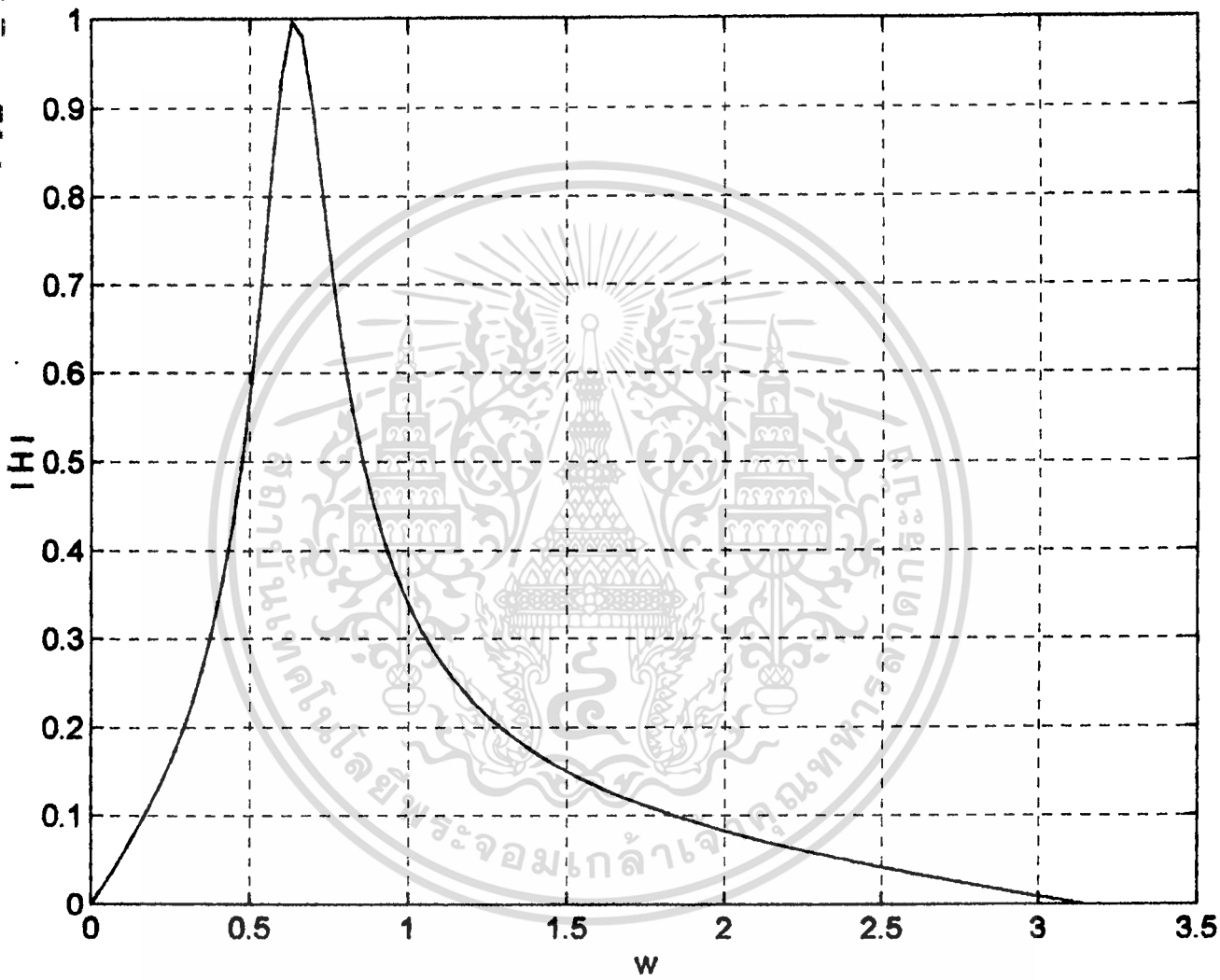


รูปที่ 1.3

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_0 = 0.8, \alpha_1 = -0.8$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

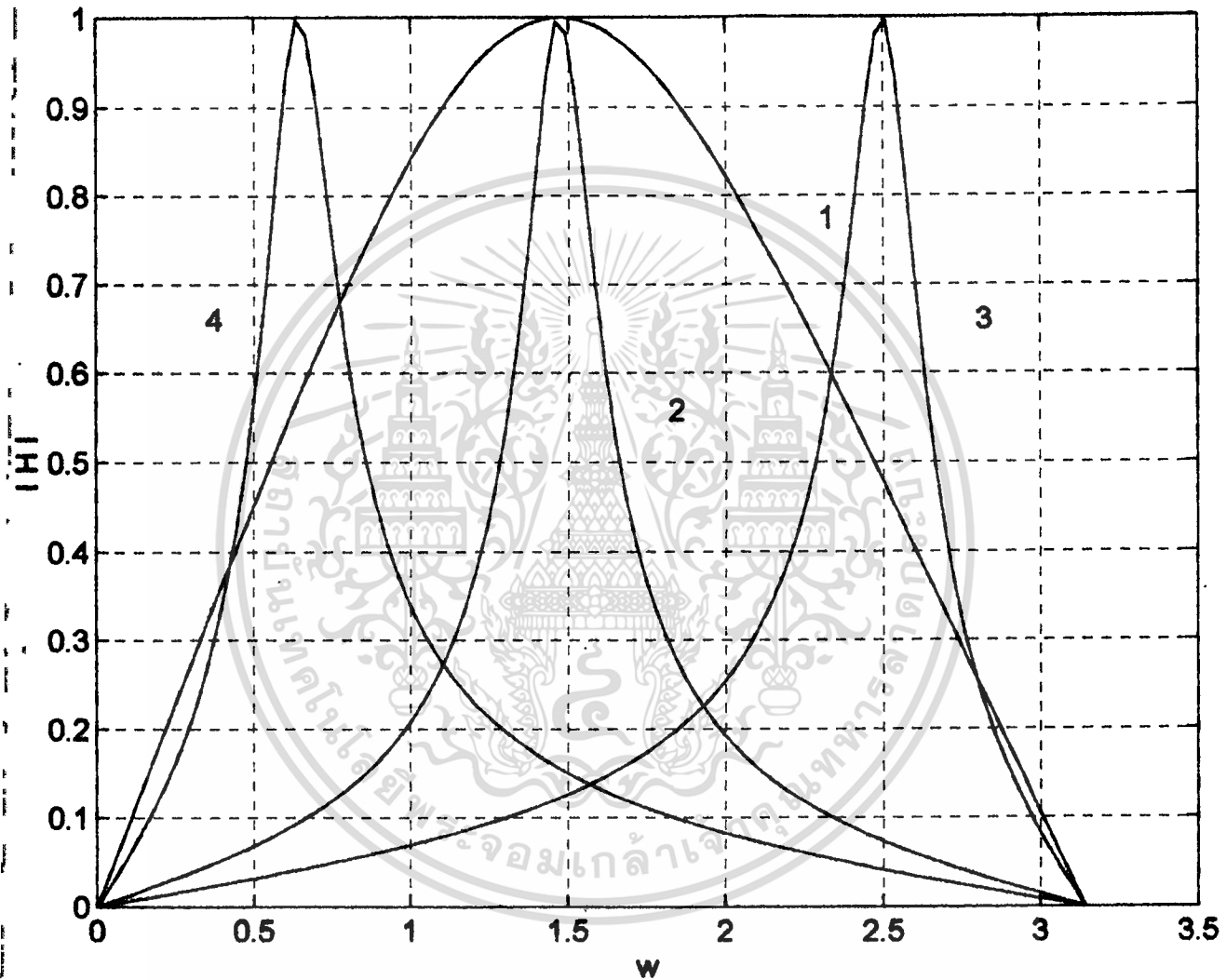


รูปที่ 1.4

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_0 = 0.8, \alpha_1 = 0.8$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



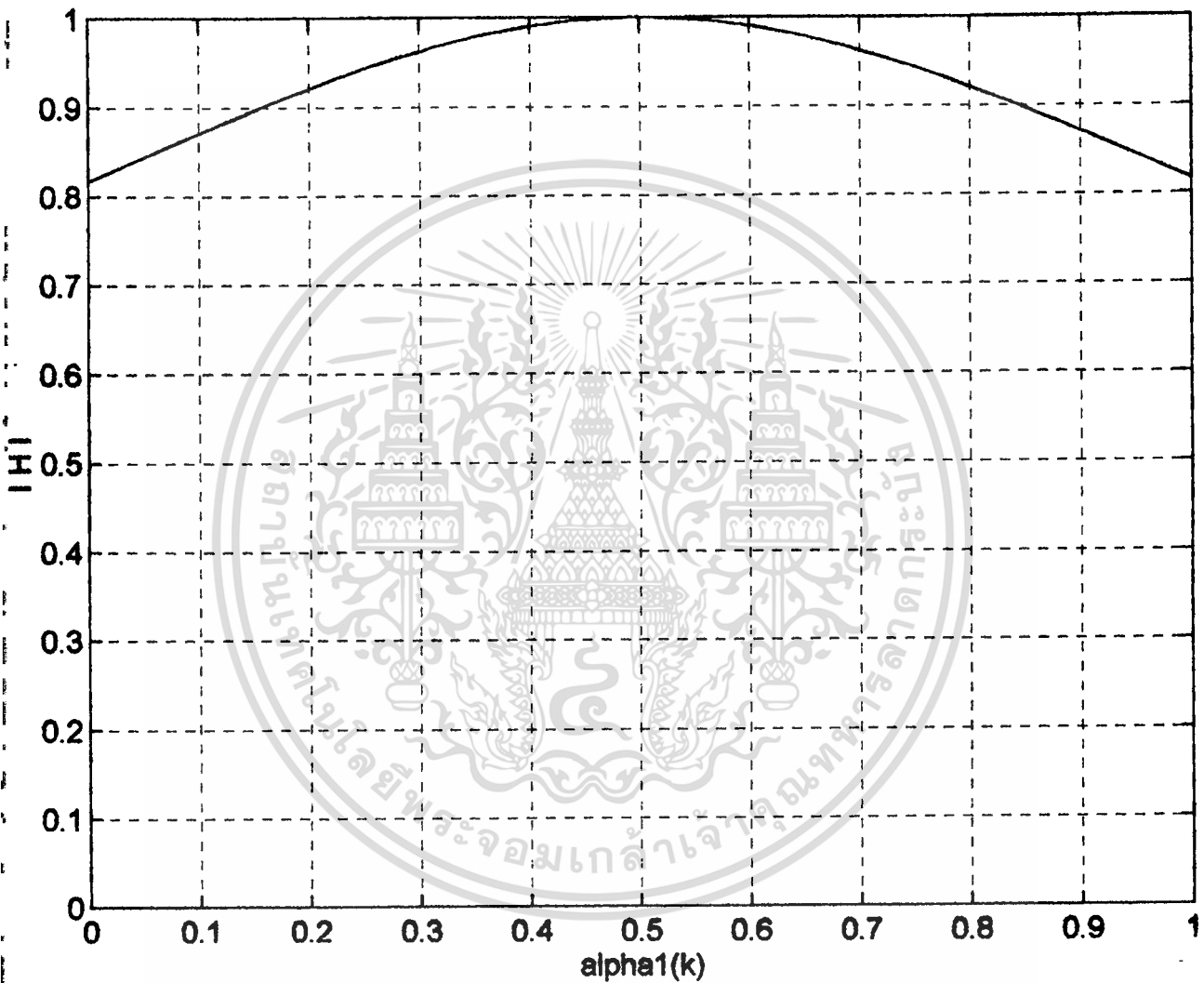
รูปที่ 1.5

$$1. \alpha_0 = 0.1, \alpha_1 = 0.1 \quad 2. \alpha_0 = 0.8, \alpha_1 = 0.1$$

$$3. \alpha_0 = 0.8, \alpha_1 = -0.8 \quad 4. \alpha_0 = 0.8, \alpha_1 = 0.8$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $|H(\omega)|$  เทียบกับ  $\alpha_1$

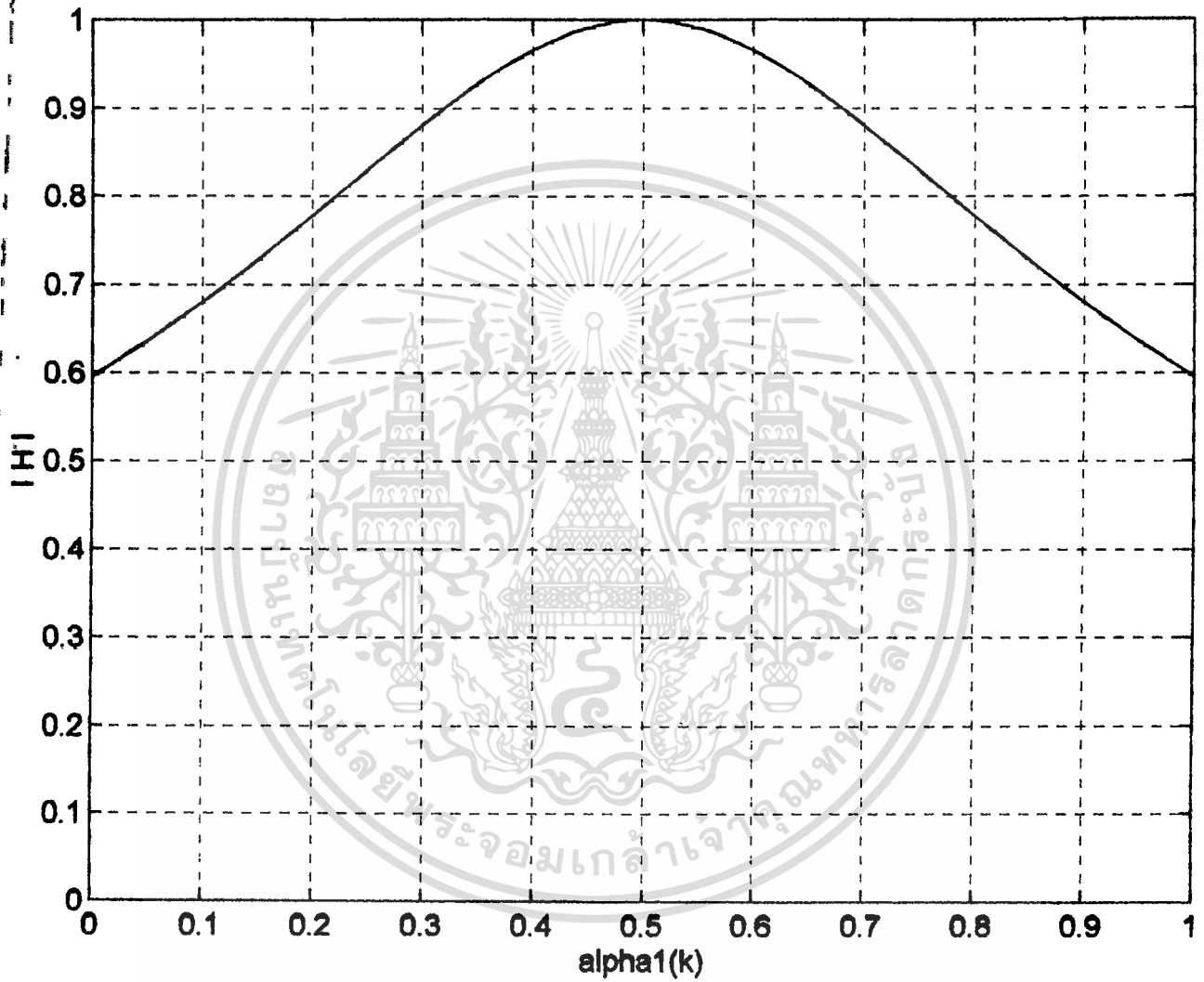


รูปที่ 2.1

เมื่อกำหนดให้

$$\omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

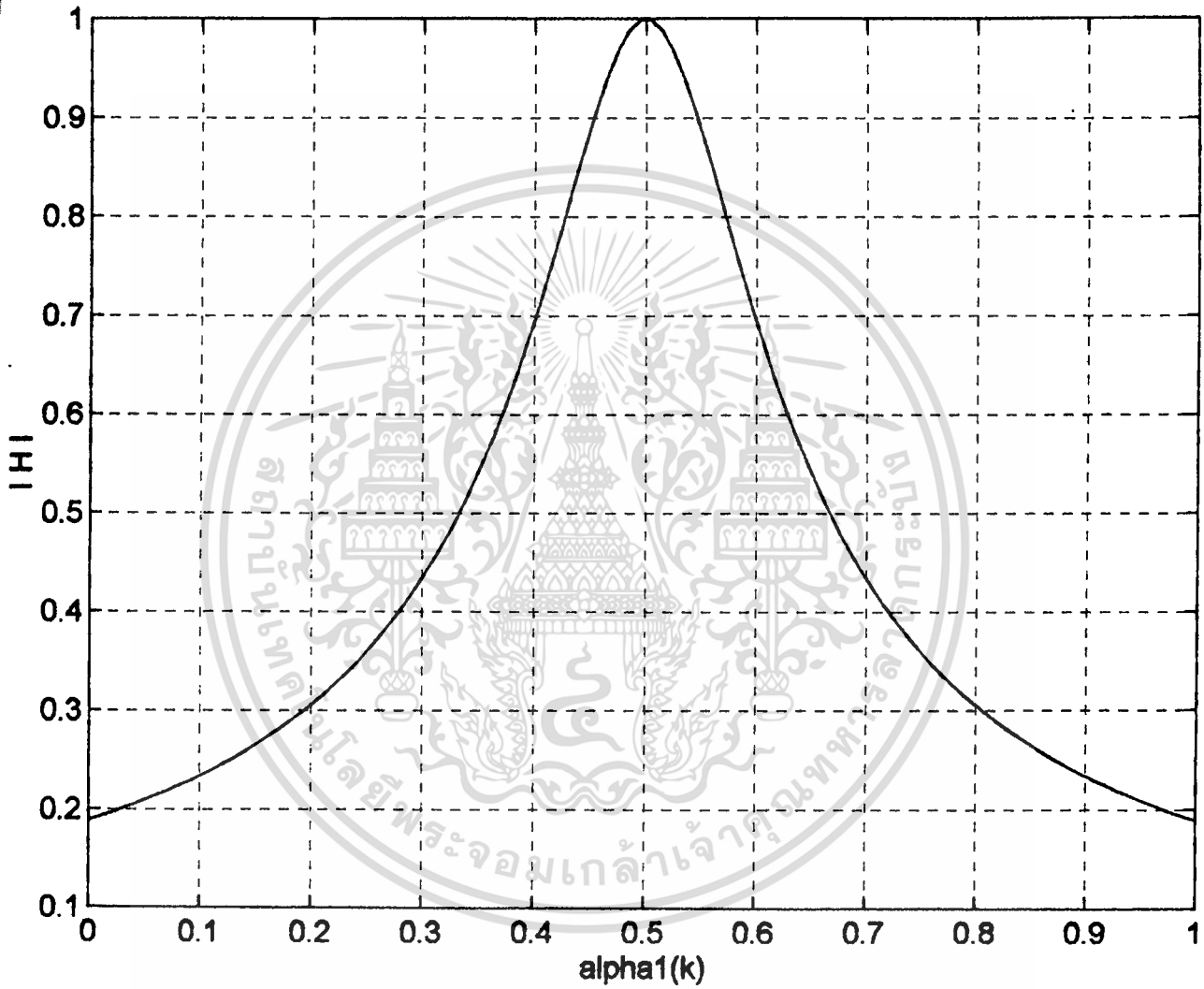


รูปที่ 2.2

เมื่อกำหนดให้

$$\omega = \pi/3, \alpha_0 = 0.4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

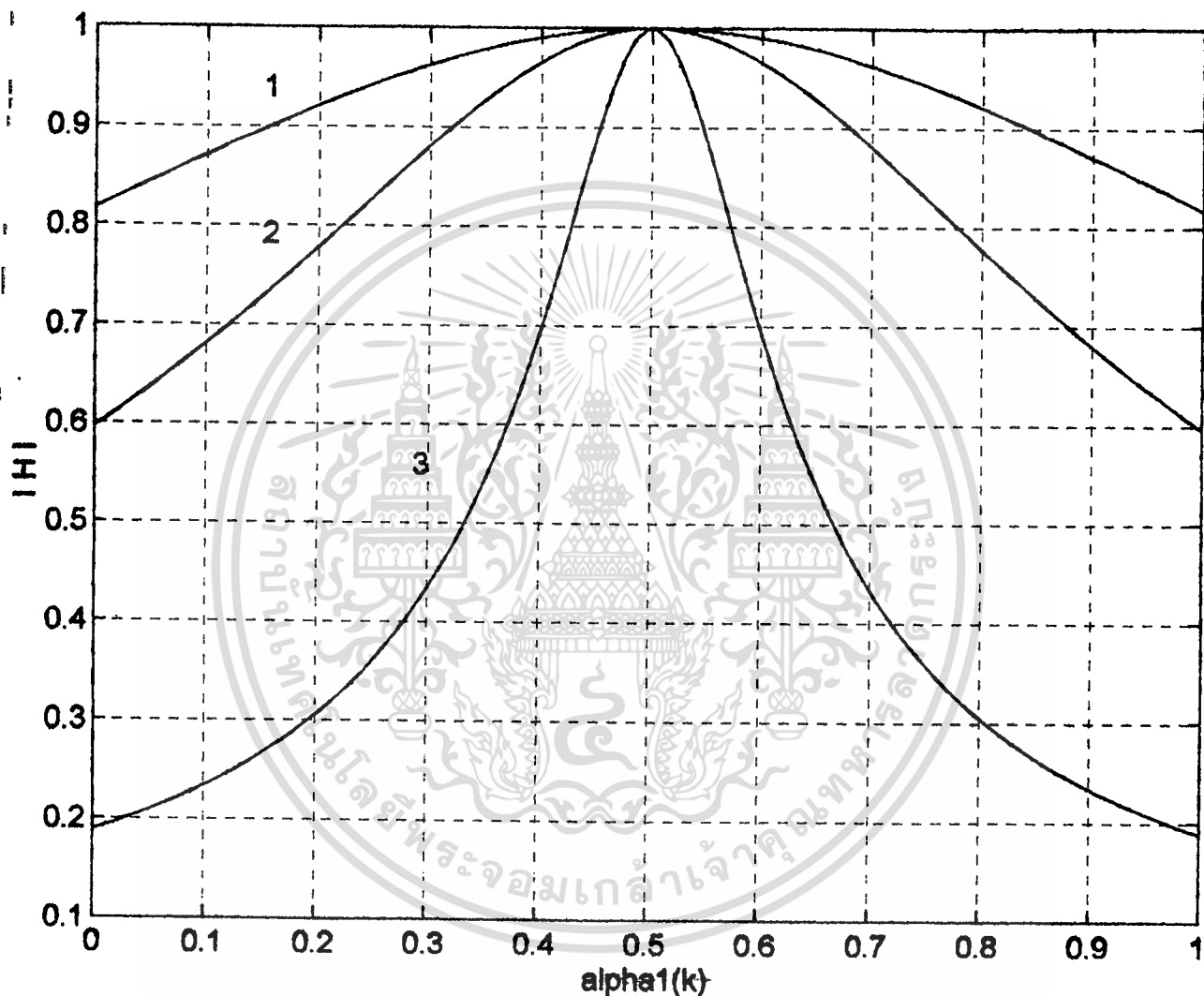


รูปที่ 2.3

เมื่อกำหนดให้

$$\omega = \pi/3, \alpha_0 = 0.8$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

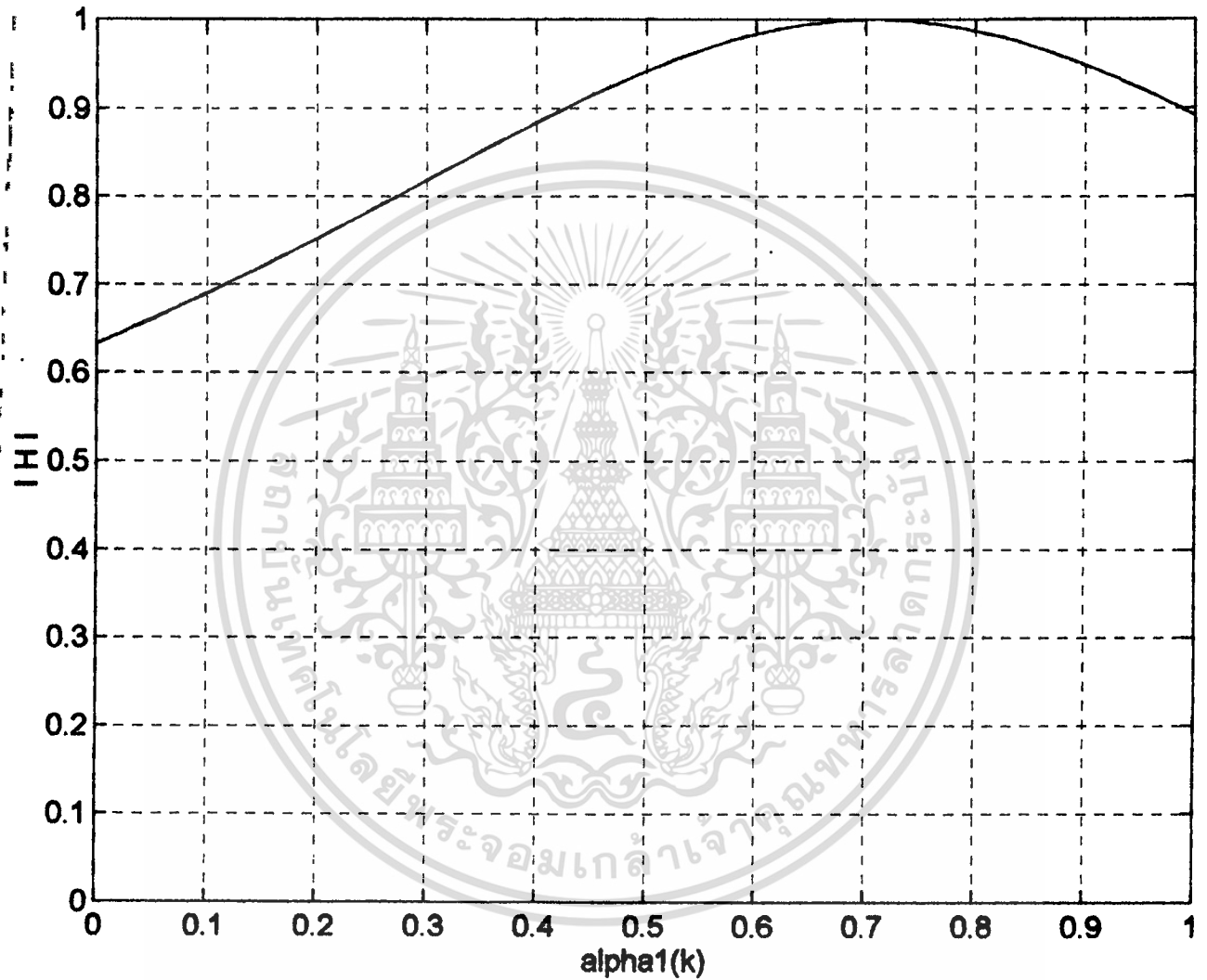


รูปที่ 2.4

$$1. \omega = \pi/3, \alpha_0 = 0.1 \quad 2. \omega = \pi/3, \alpha_0 = 0.4$$

$$3. \omega = \pi/3, \alpha_0 = 0.8$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

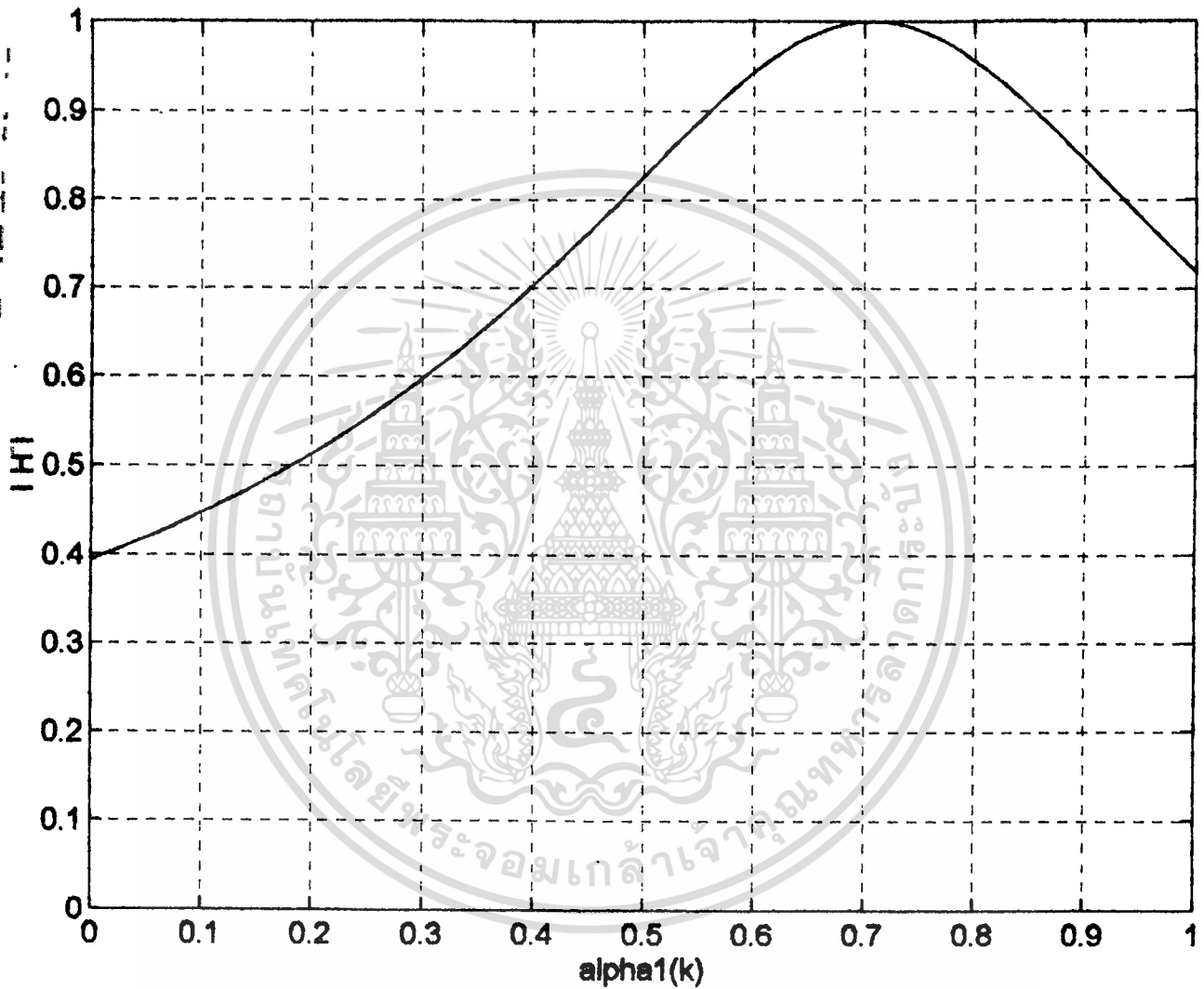


รูปที่ 2.5

เมื่อกำหนดให้

$$\omega = \pi / 4 , \alpha_0 = 0.1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

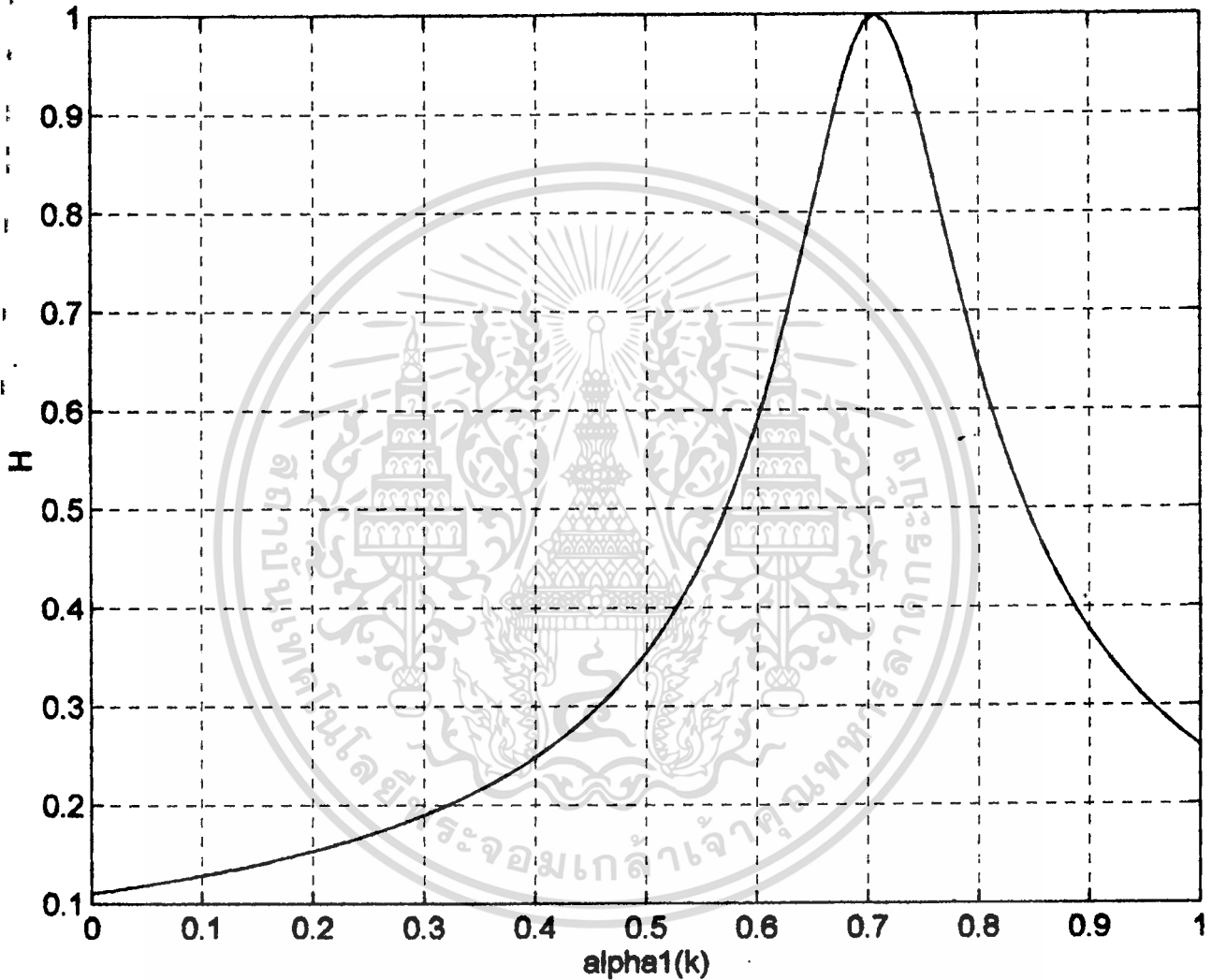


รูปที่ 2.6

เมื่อกำหนดให้

$$\omega = \pi/4, \alpha_0 = 0.4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

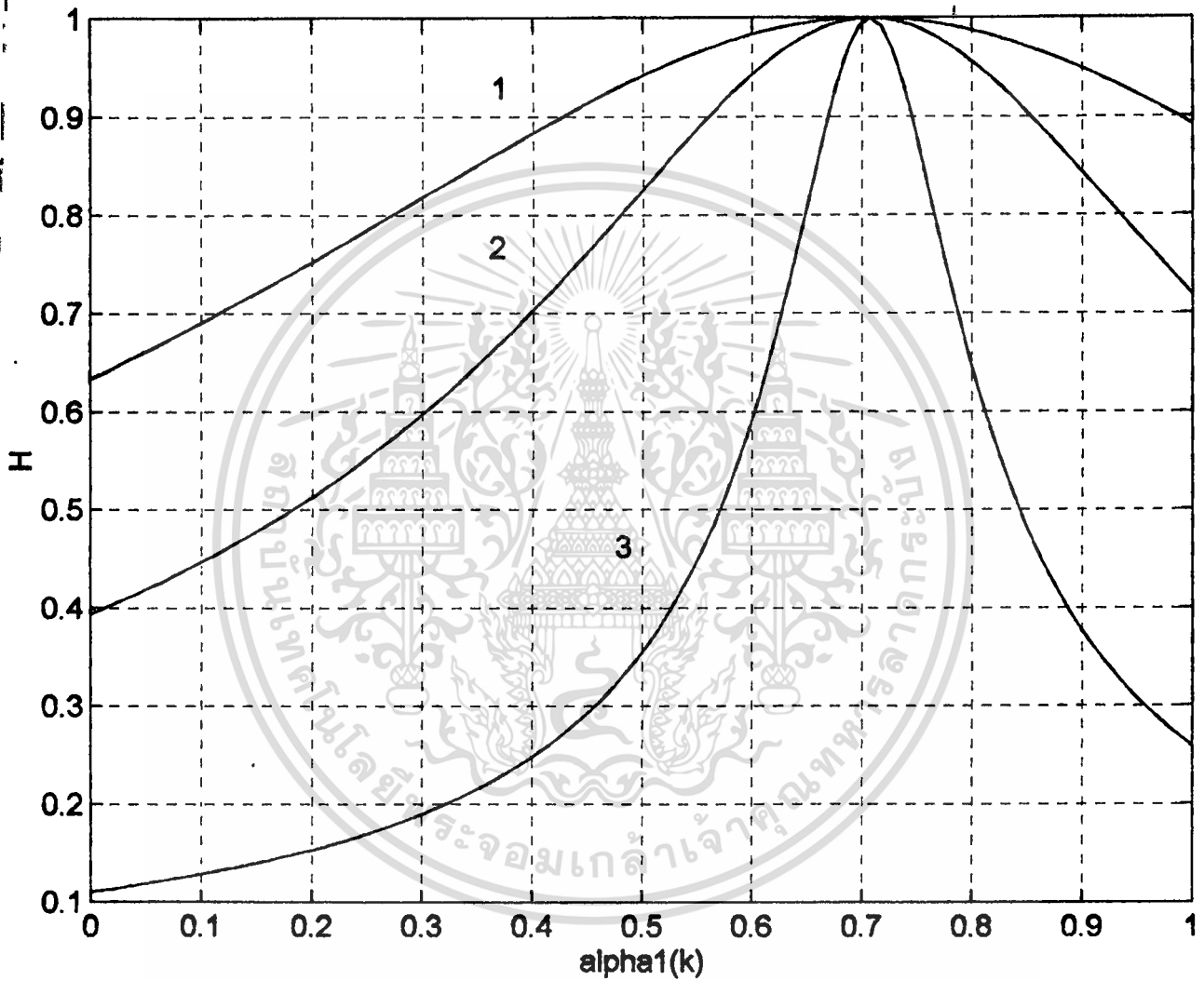


รูปที่ 2.7

เมื่อกำหนดให้

$$\omega = \pi/4, \alpha_0 = 0.8$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

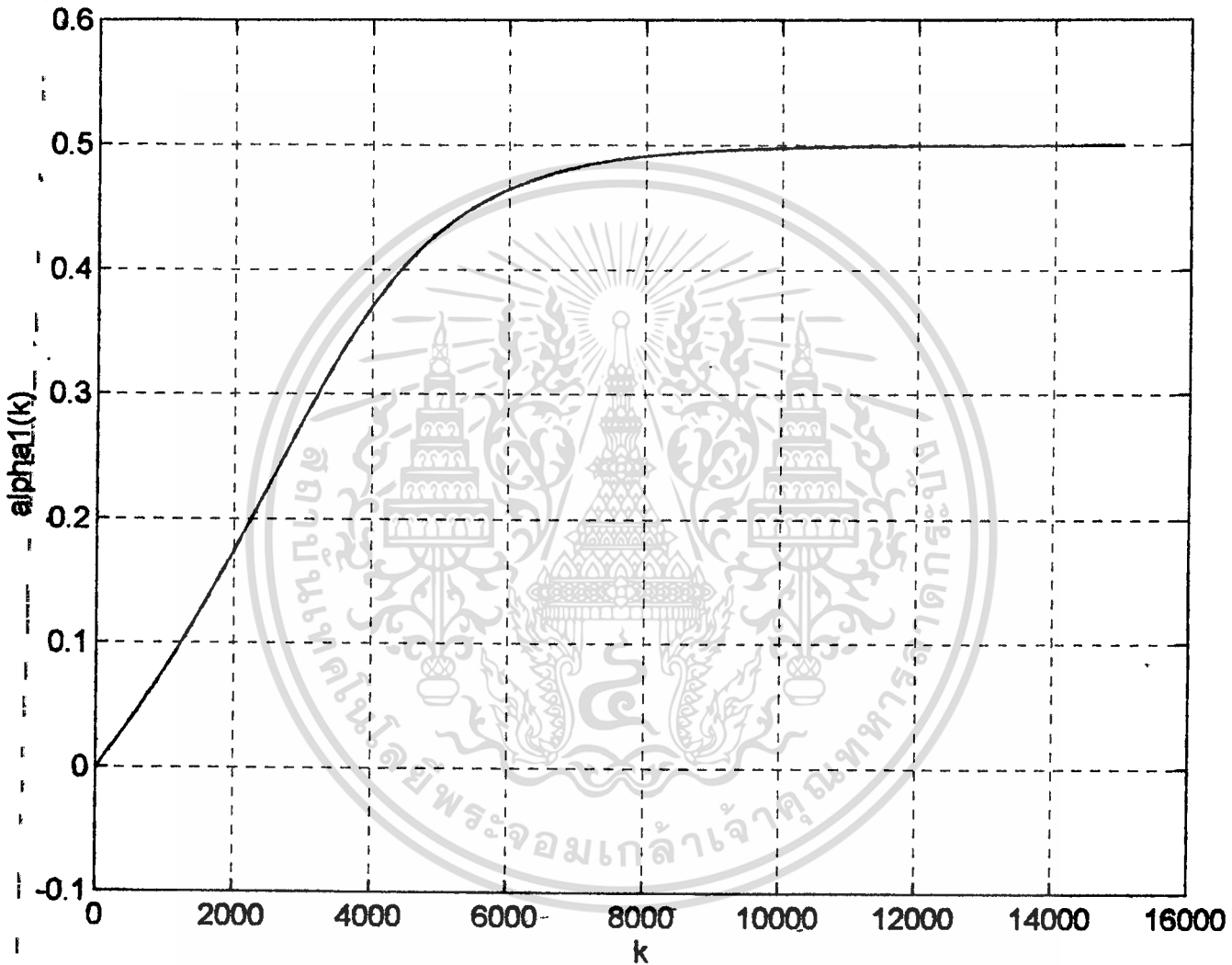


รูปที่ 2.8

1.  $\omega = \pi/4$  ,  $\alpha_0 = 0.1$       2.  $\omega = \pi/4$  ,  $\alpha_0 = 0.4$   
 3.  $\omega = \pi/4$  ,  $\alpha_0 = 0.8$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. กราฟแสดงคุณสมบัติของ $\alpha_1(k)$ เทียบกับ $k$

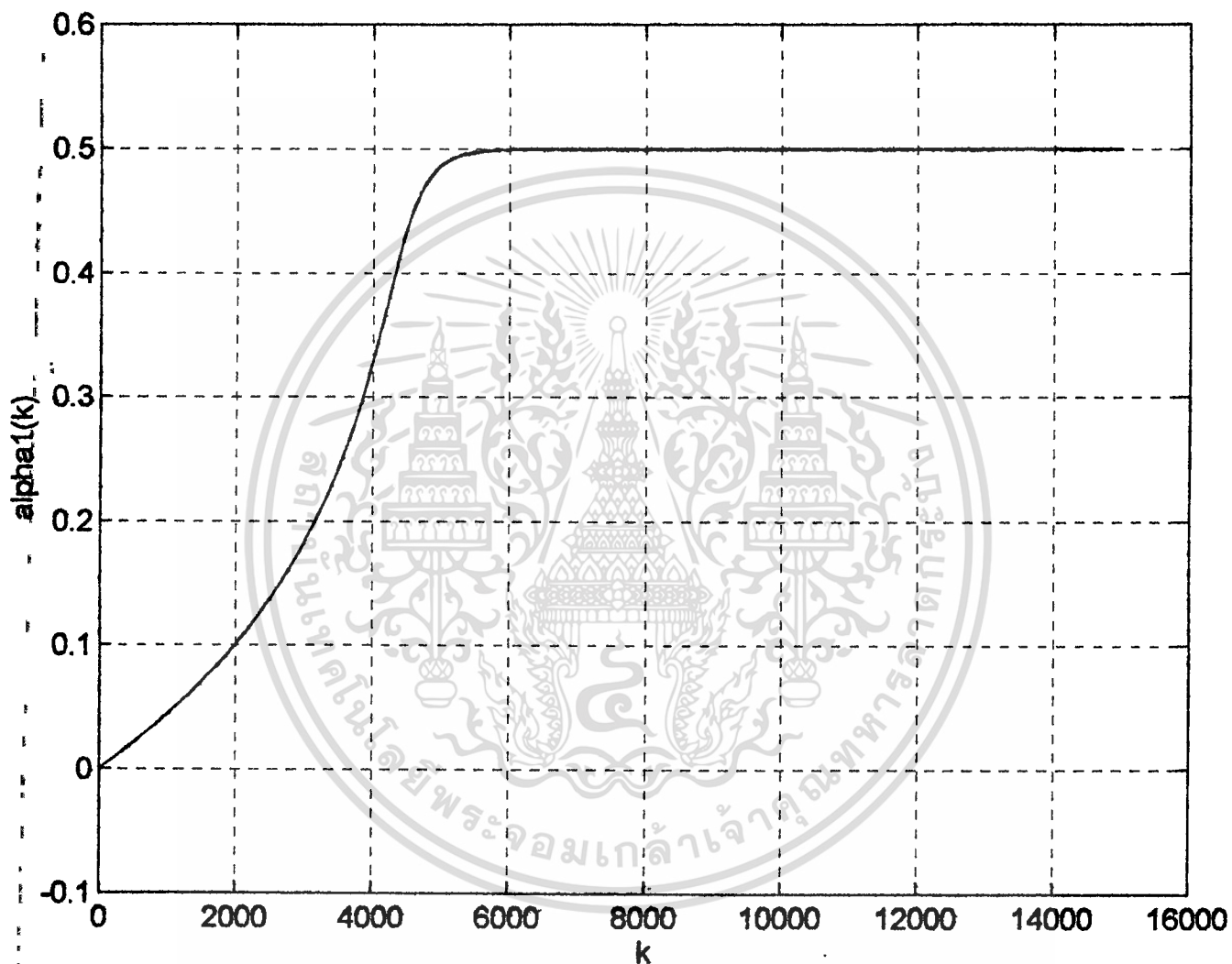


รูปที่ 3.1

เมื่อกำหนดให้

$$A = 1, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

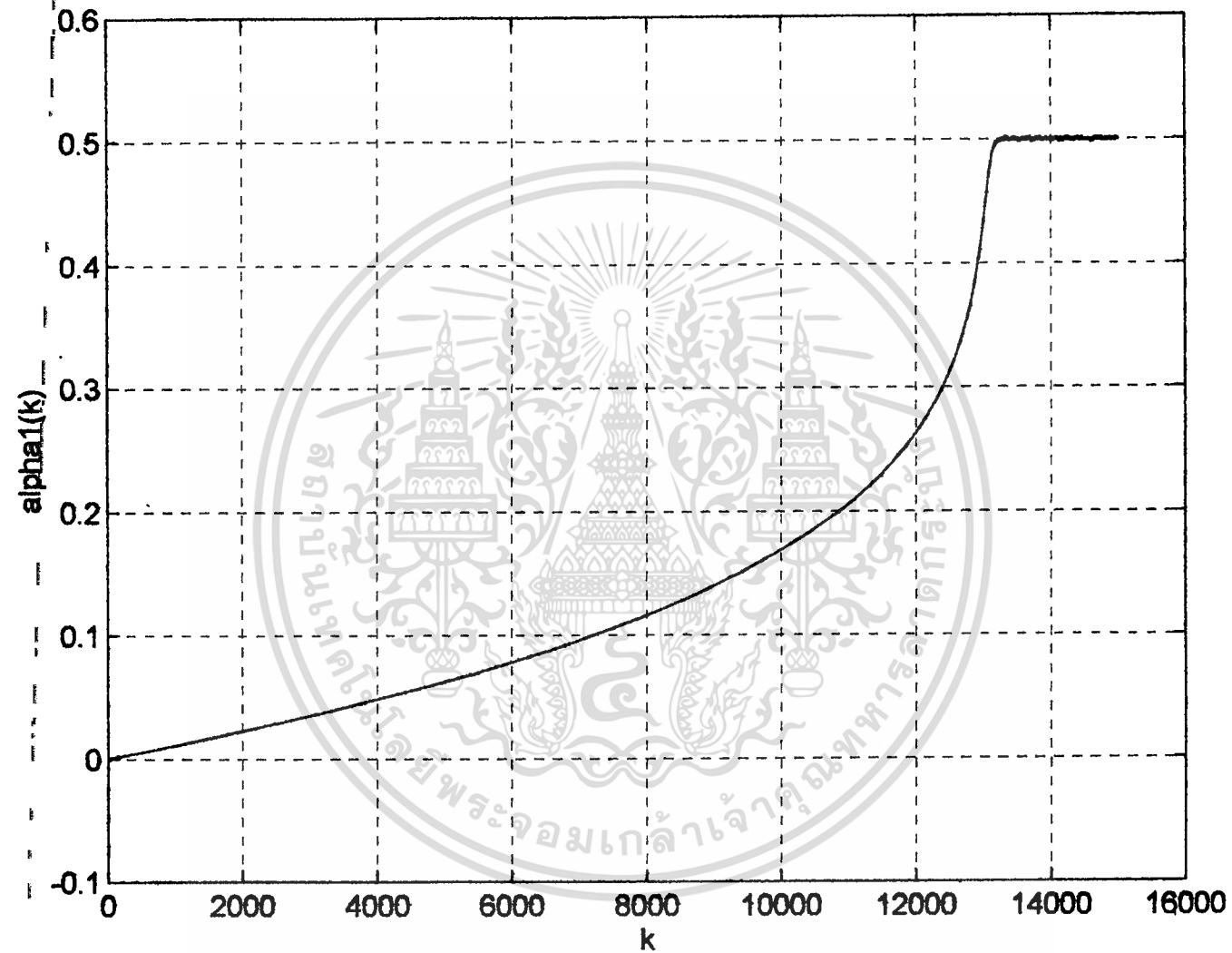


รูปที่ 3.2

เมื่อกำหนดให้

$$A = 1, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.6$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

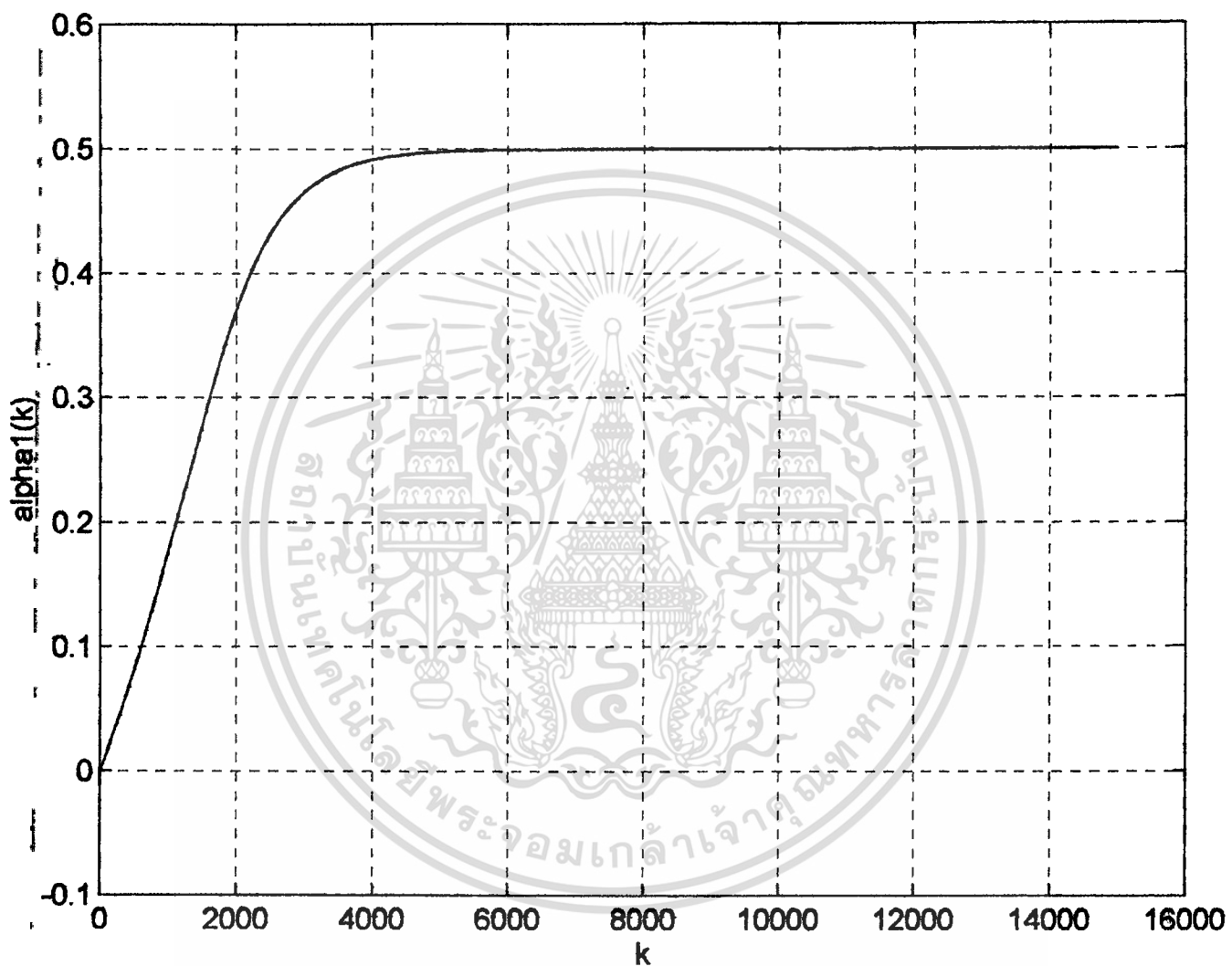


รูปที่ 3.3

เมื่อกำหนดให้

$$A = 1, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.8$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

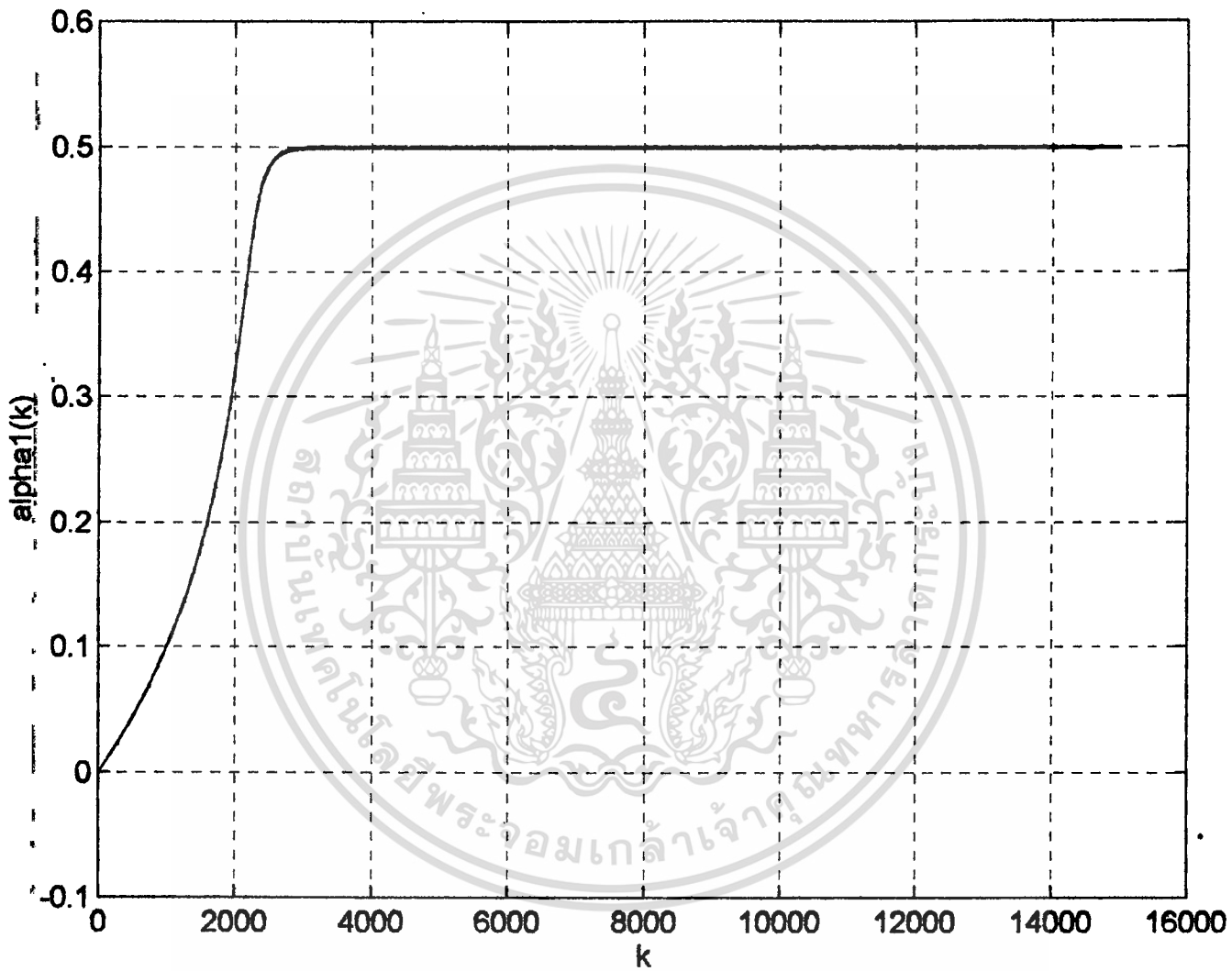


รูปที่ 3.4

เมื่อกำหนดให้

$$A = 1, \mu = 0.0006, \omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

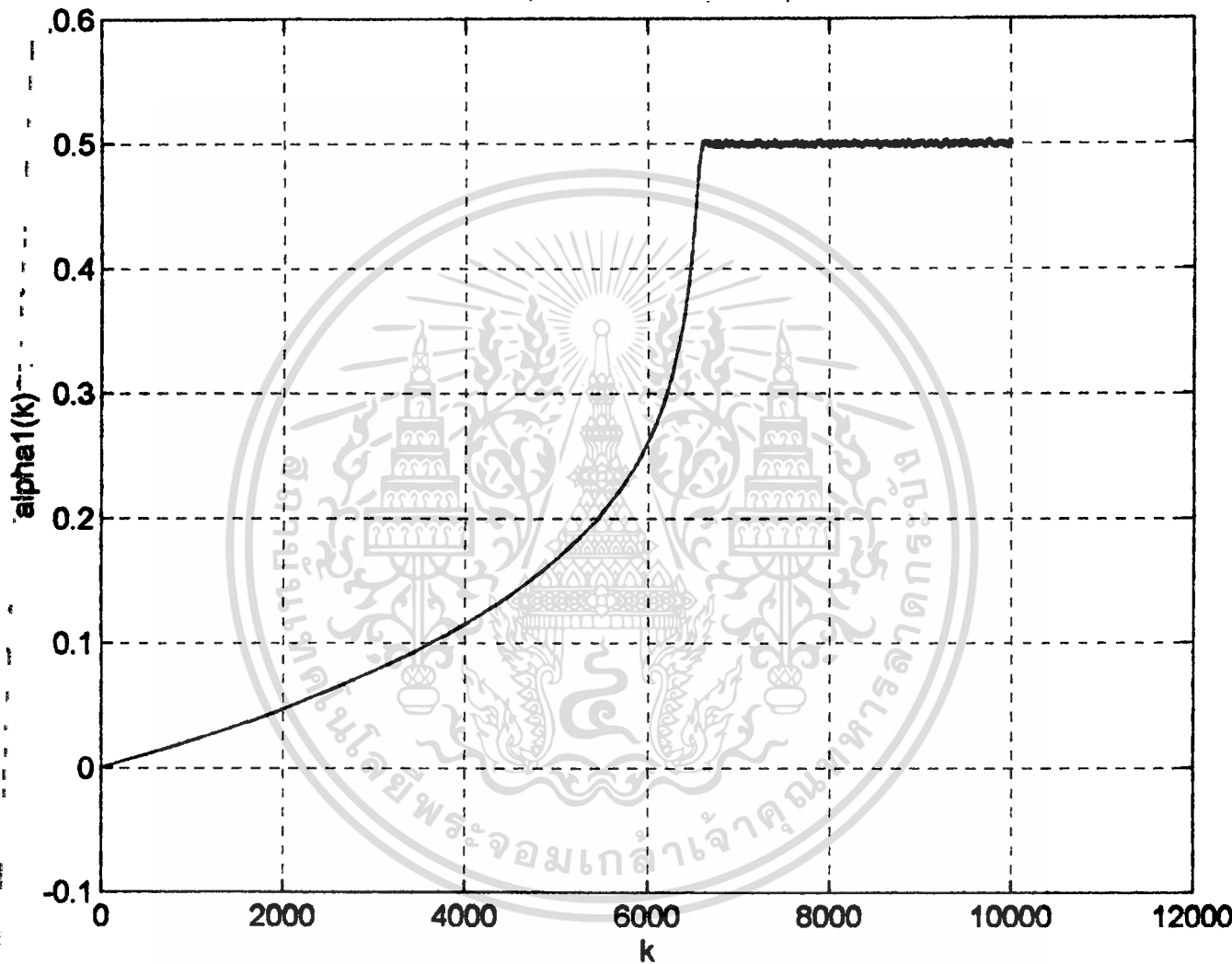


รูปที่ 3.5

เมื่อกำหนดให้

$$A = 1, \mu = 0.0006, \omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.6$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

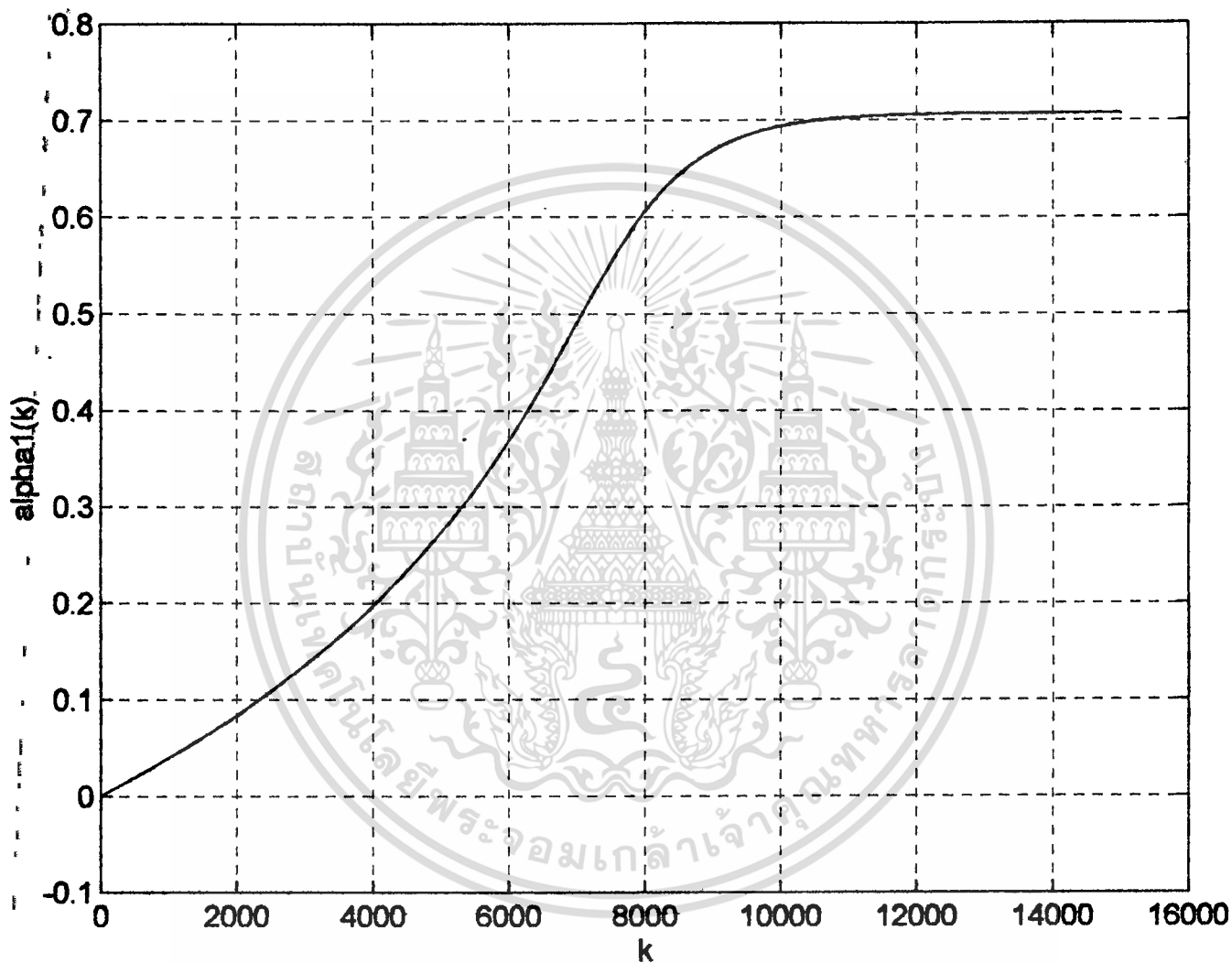


รูปที่ 3.6

เมื่อกำหนดให้

$$A = 1, \mu = 0.0006, \omega = \pi / 3, \alpha_0 = 0.8$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

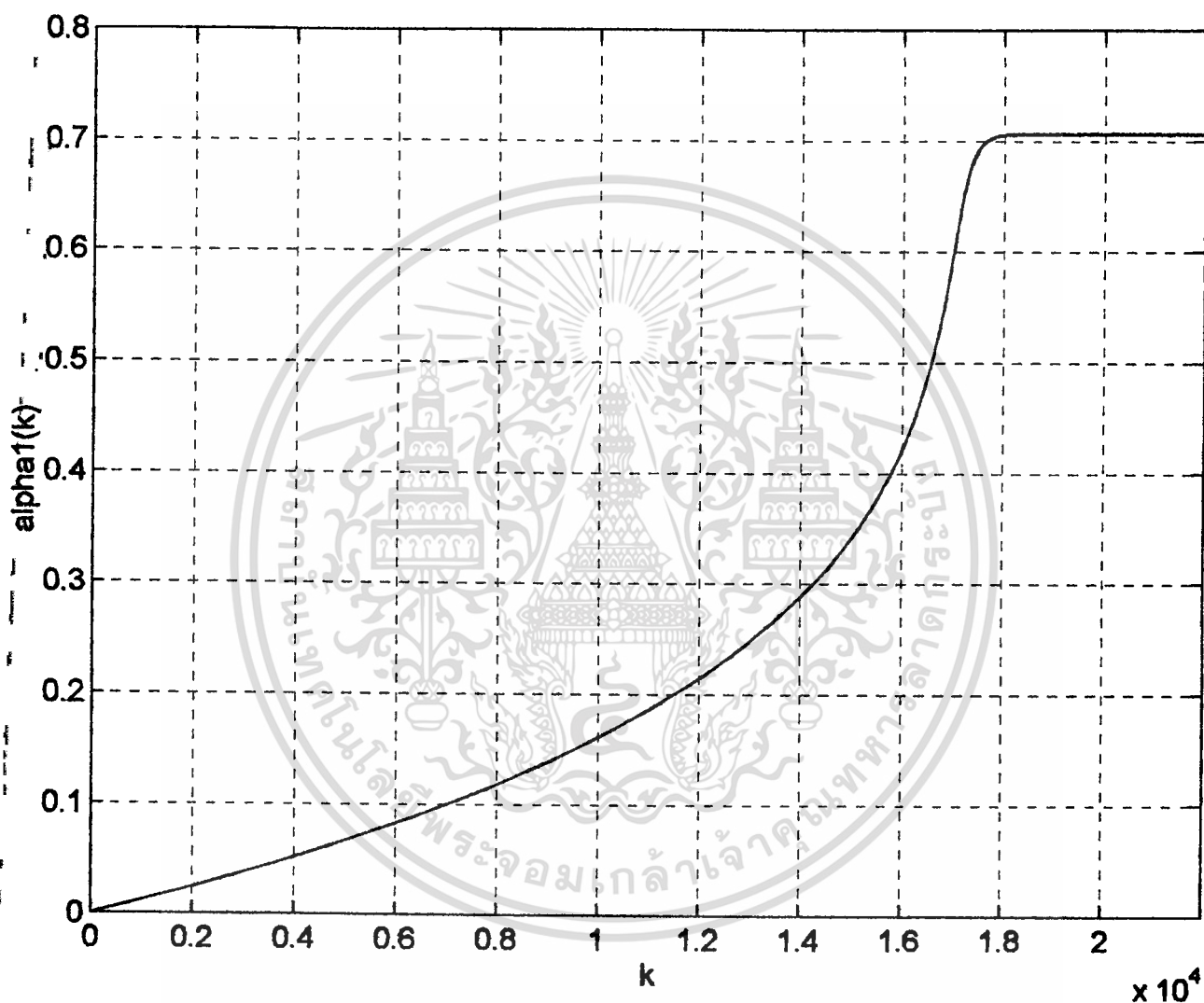


รูปที่ 3.7

เมื่อกำหนดให้

$$A = 1, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 4, \alpha_0 = 0.3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

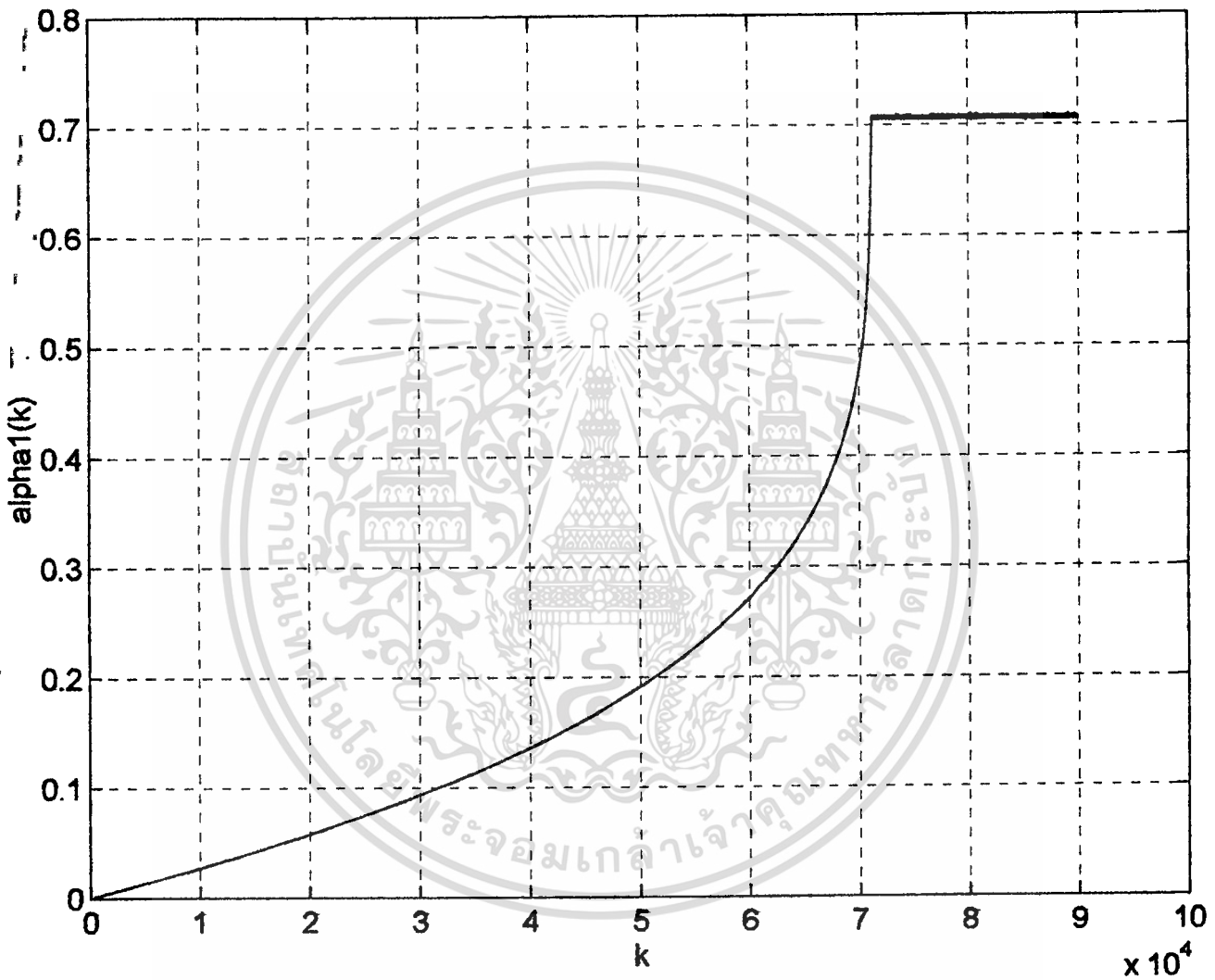


รูปที่ 3.8

เมื่อกำหนดให้

$$A = 1, \mu = 0.0003, \omega = \pi/4, \alpha_0 = 0.6$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



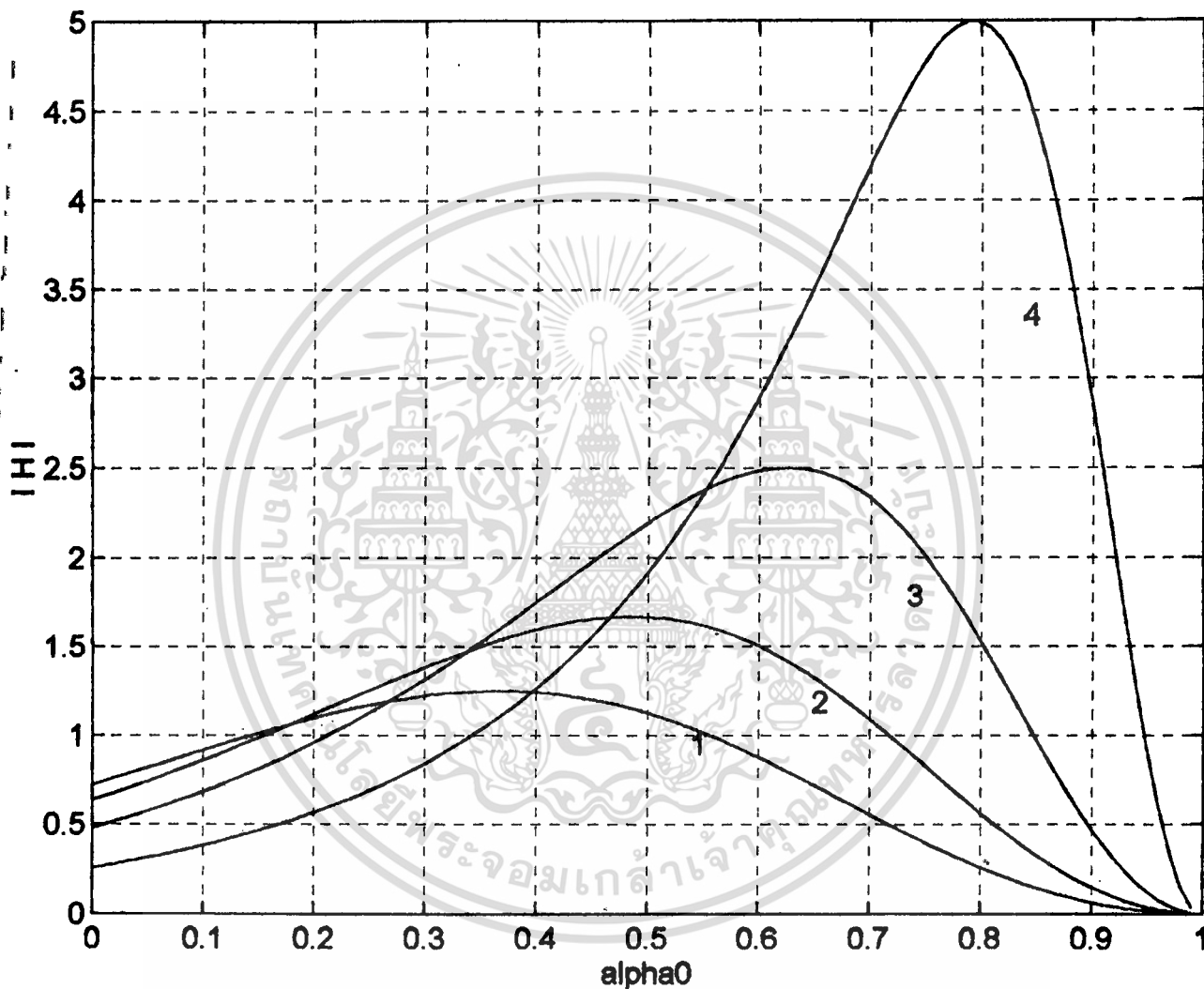
รูปที่ 3.9

เมื่อกำหนดให้

$$A = 1, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 4, \alpha_0 = 0.8$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $|H(\alpha_0(k))|$  เทียบกับ  $\alpha_0$

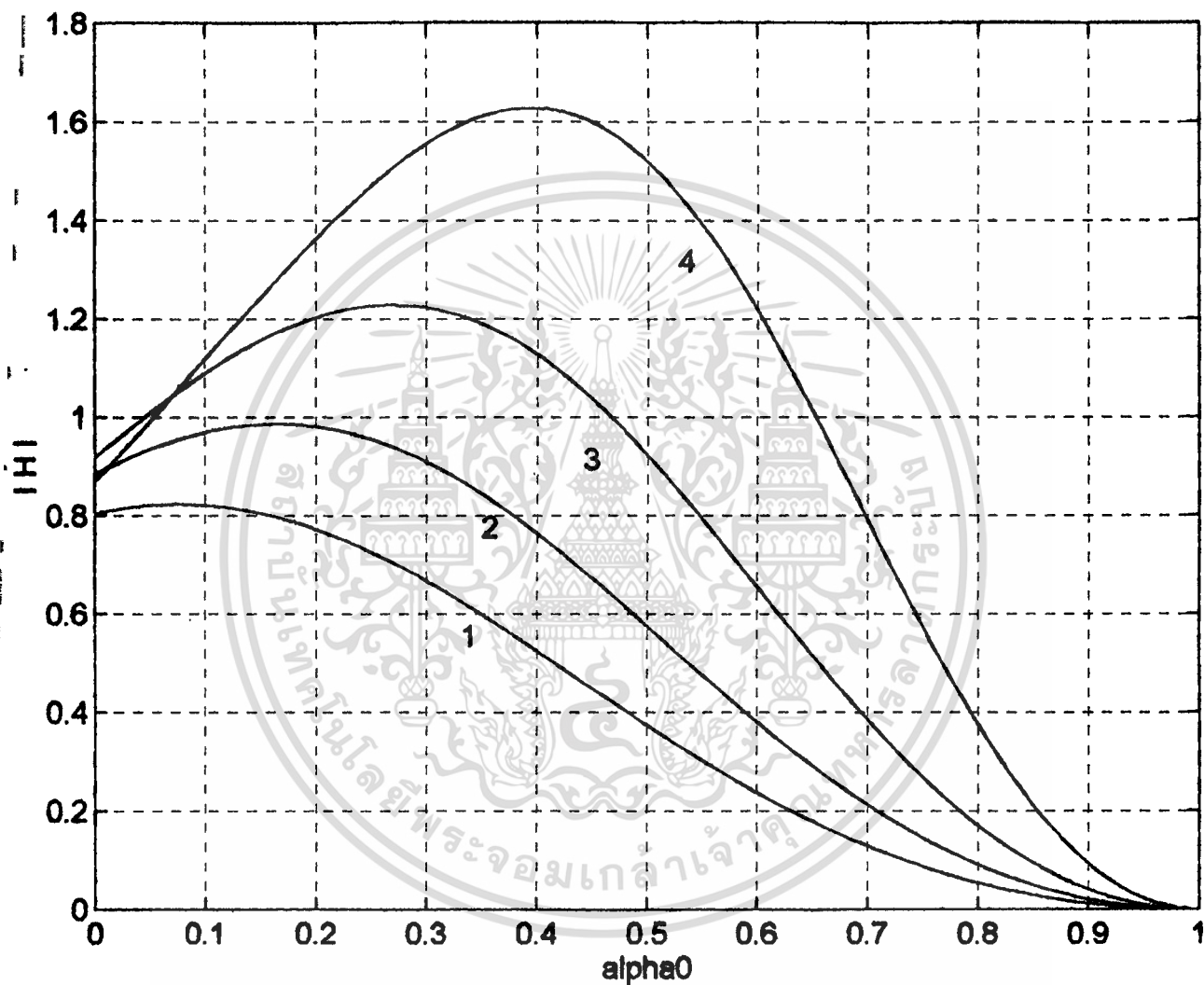


รูปที่ 4.1

1.  $\alpha_1 = 0.1, \omega = \pi/3$     2.  $\alpha_1 = 0.2, \omega = \pi/3$

3.  $\alpha_1 = 0.3, \omega = \pi/3$     4.  $\alpha_1 = 0.4, \omega = \pi/3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

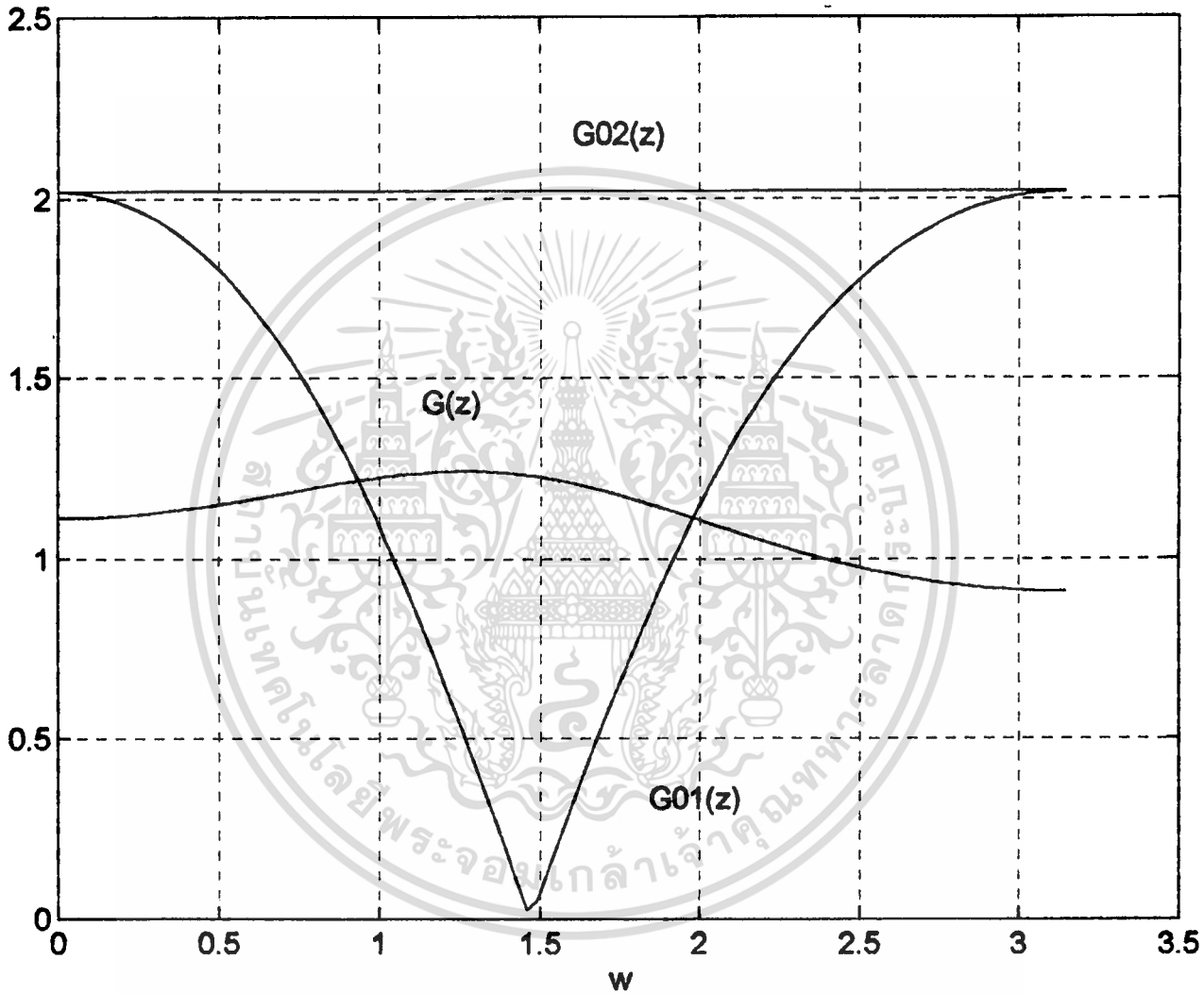


รูปที่ 4.2

1.  $\alpha_1 = 0.1, \omega = \pi/4$     2.  $\alpha_1 = 0.2, \omega = \pi/4$   
 3.  $\alpha_1 = 0.3, \omega = \pi/4$     4.  $\alpha_1 = 0.4, \omega = \pi/4$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $|G(z)|$ ,  $|G_{01}(z)|$  และ  $|G_{02}(z)|$  เทียบกับ  $\omega$

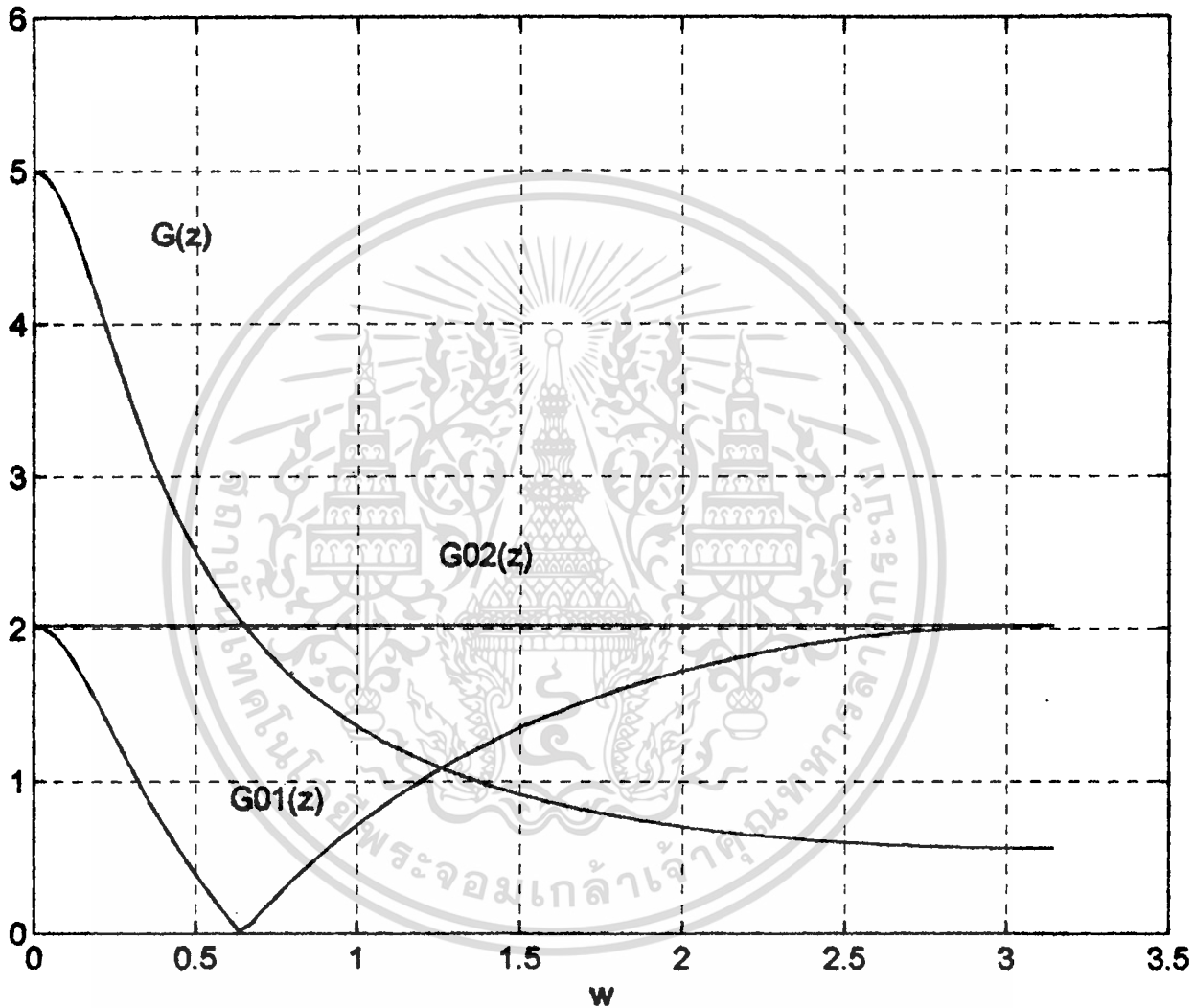


รูปที่ 5.1

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_0 = 0.1, \alpha_1 = 0.1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

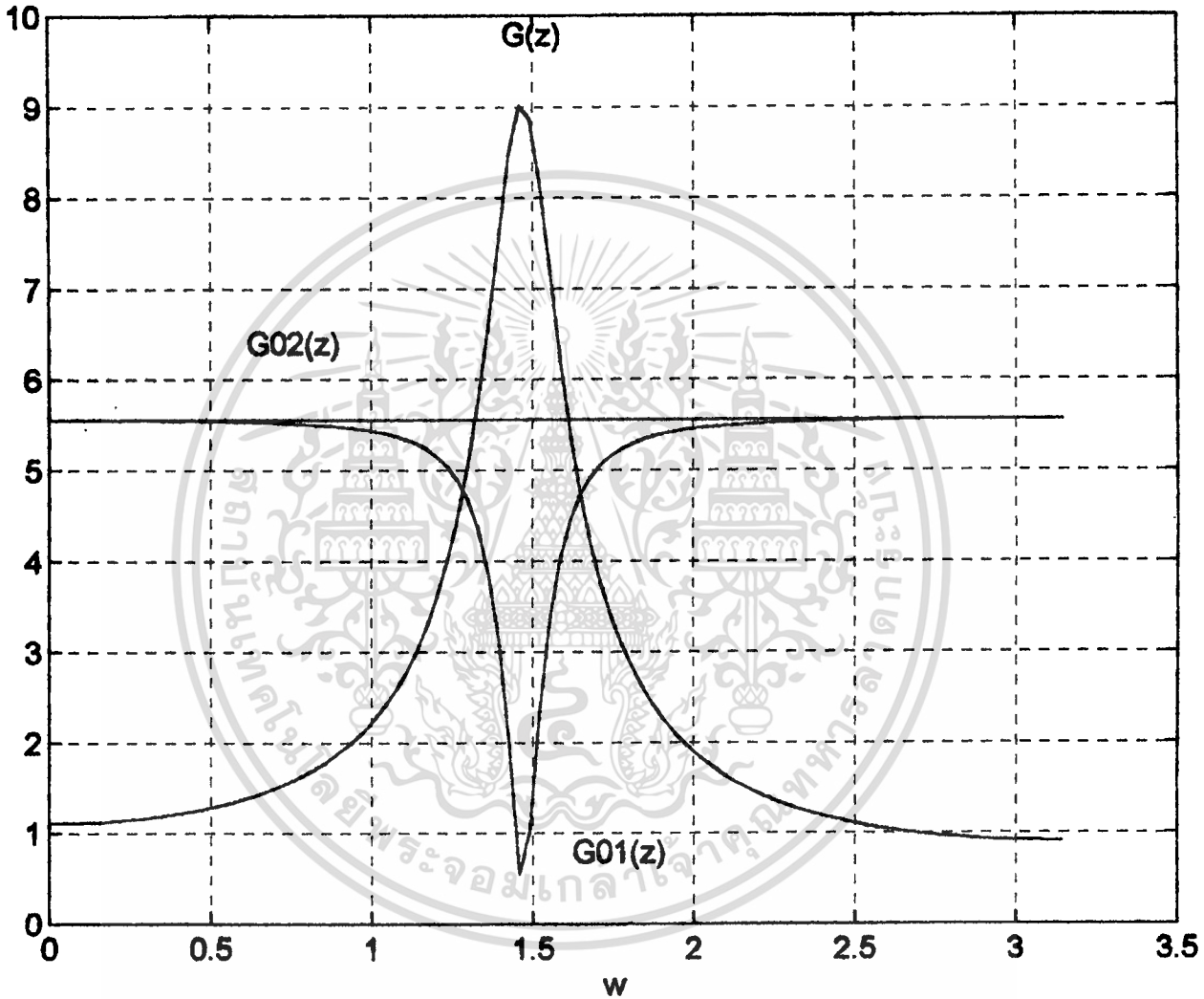


รูปที่ 5.2

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_0 = 0.1, \alpha_1 = 0.8$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



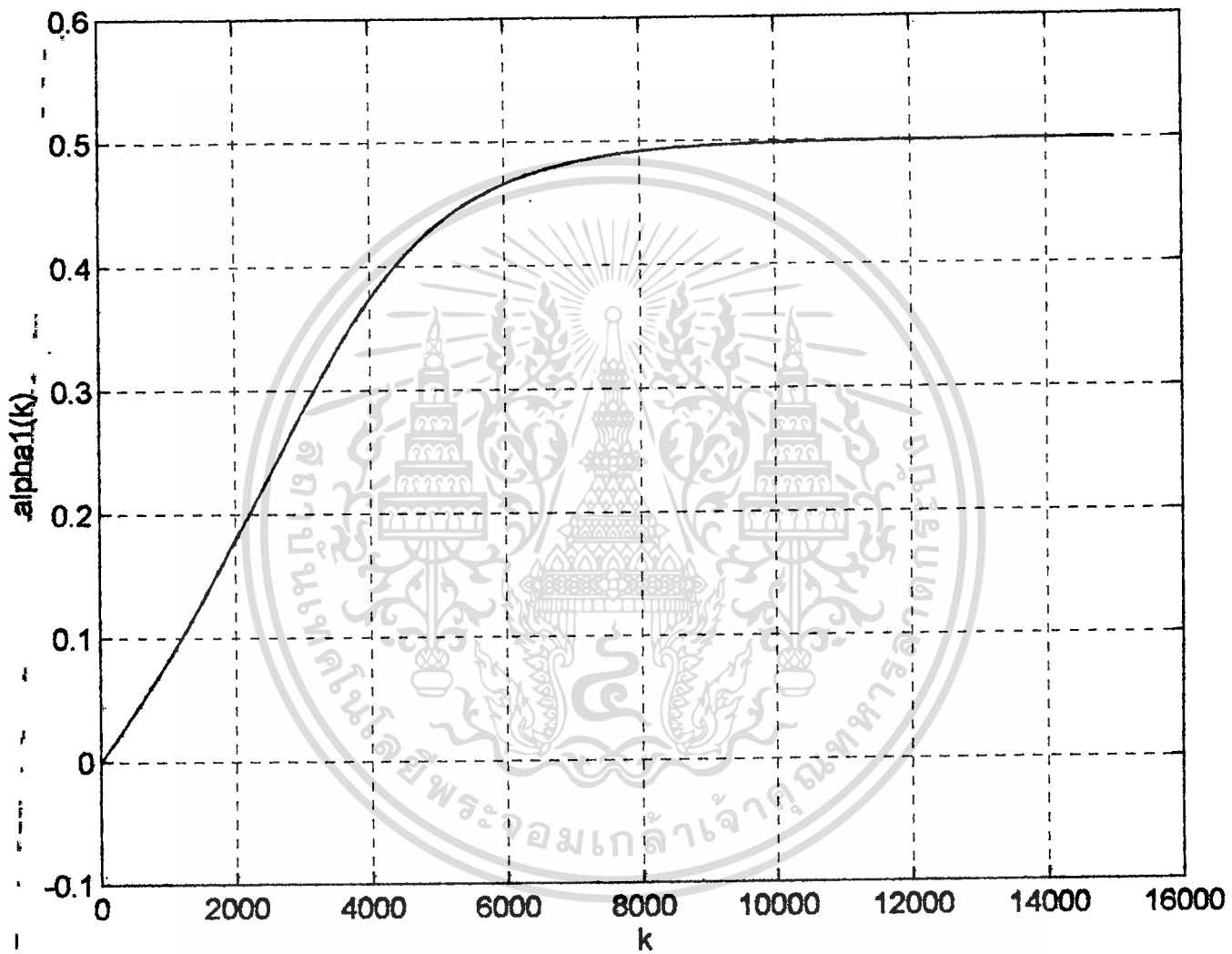
รูปที่ 5.3

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_0 = 0.8, \alpha_1 = 0.1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $\alpha_1(k)$  เทียบกับ  $k$  เมื่อ  $\alpha_0(k)$  คงที่

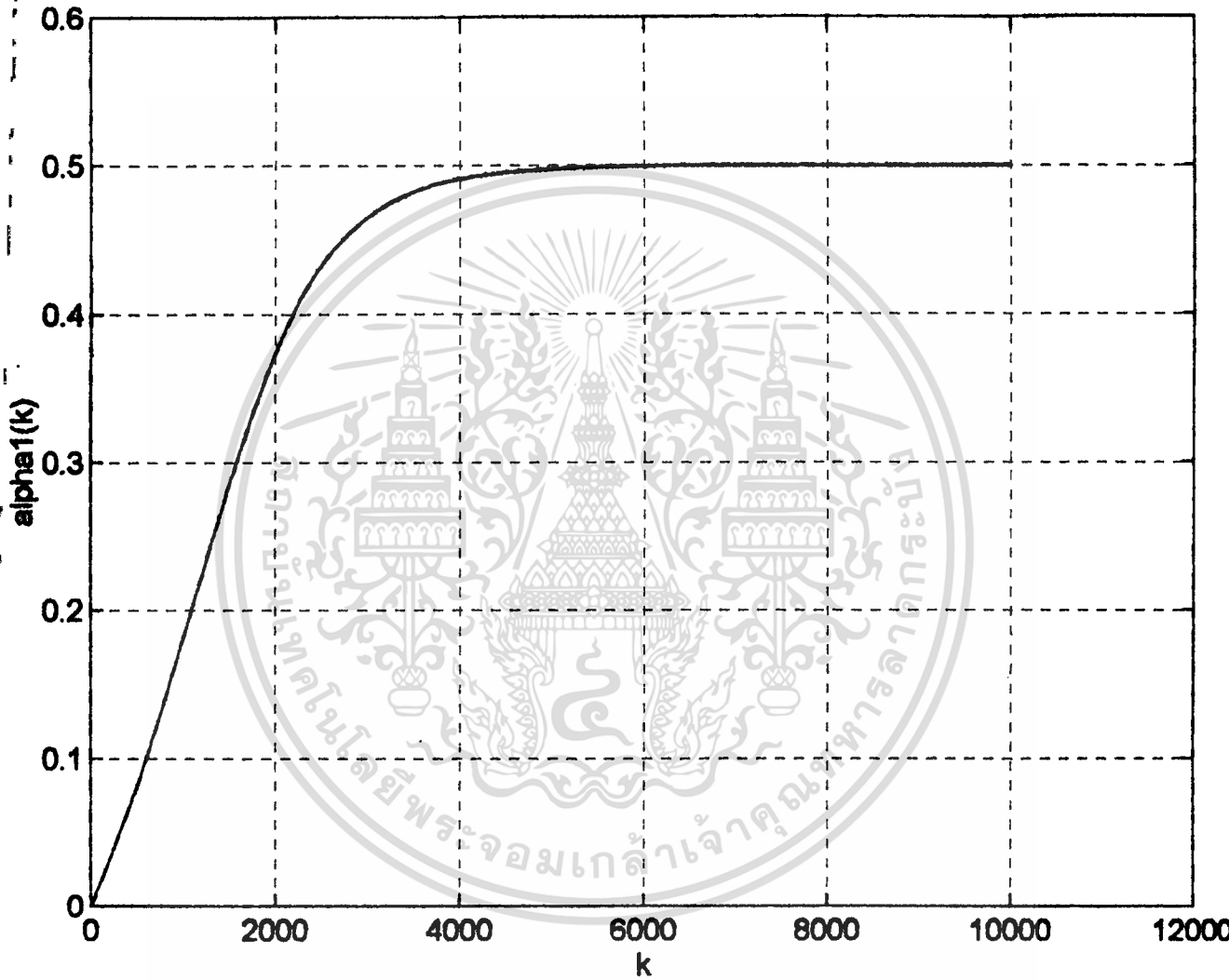


รูปที่ 6.1

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_0 = 0.3, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

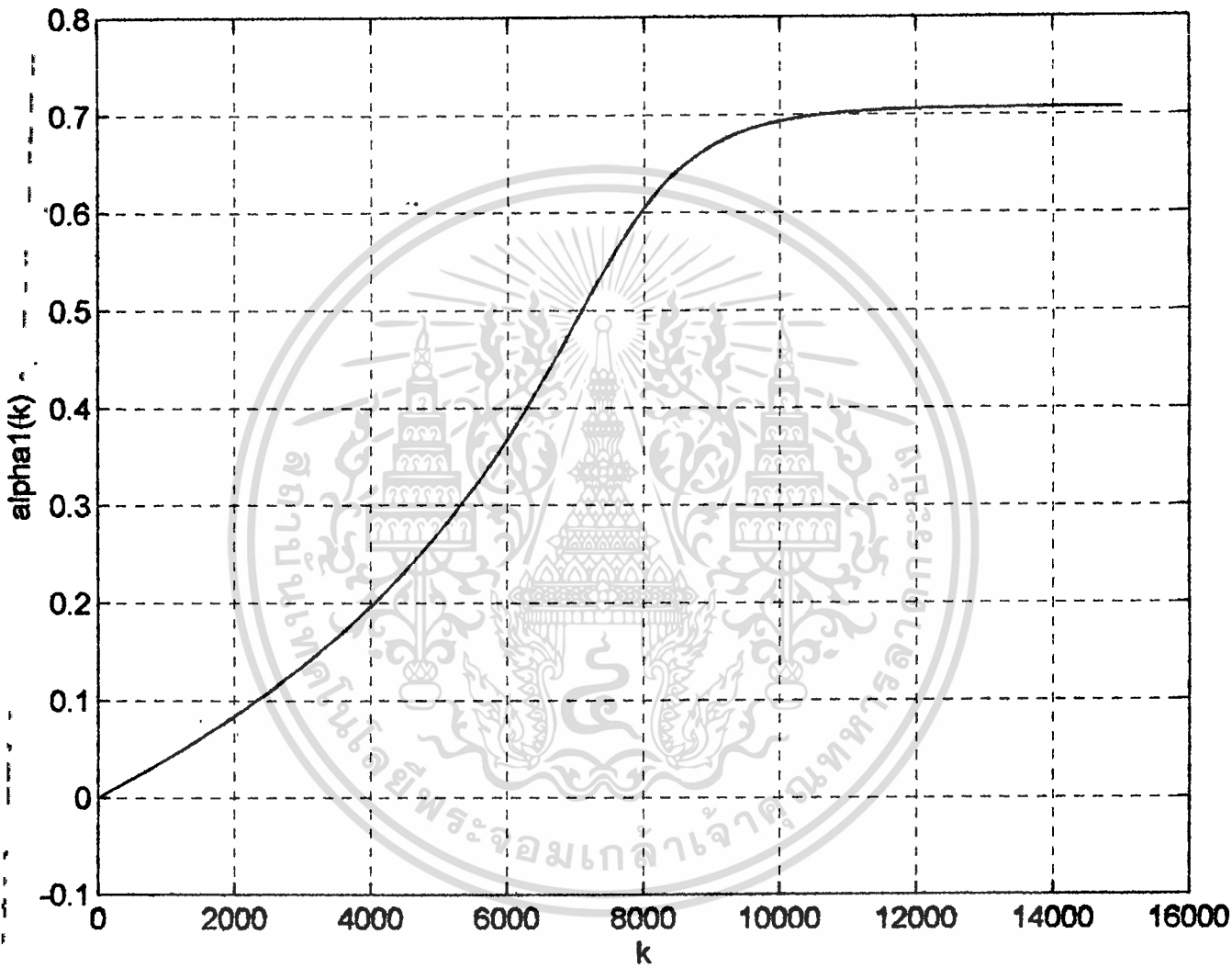


รูปที่ 6.2

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_0 = 0.7, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

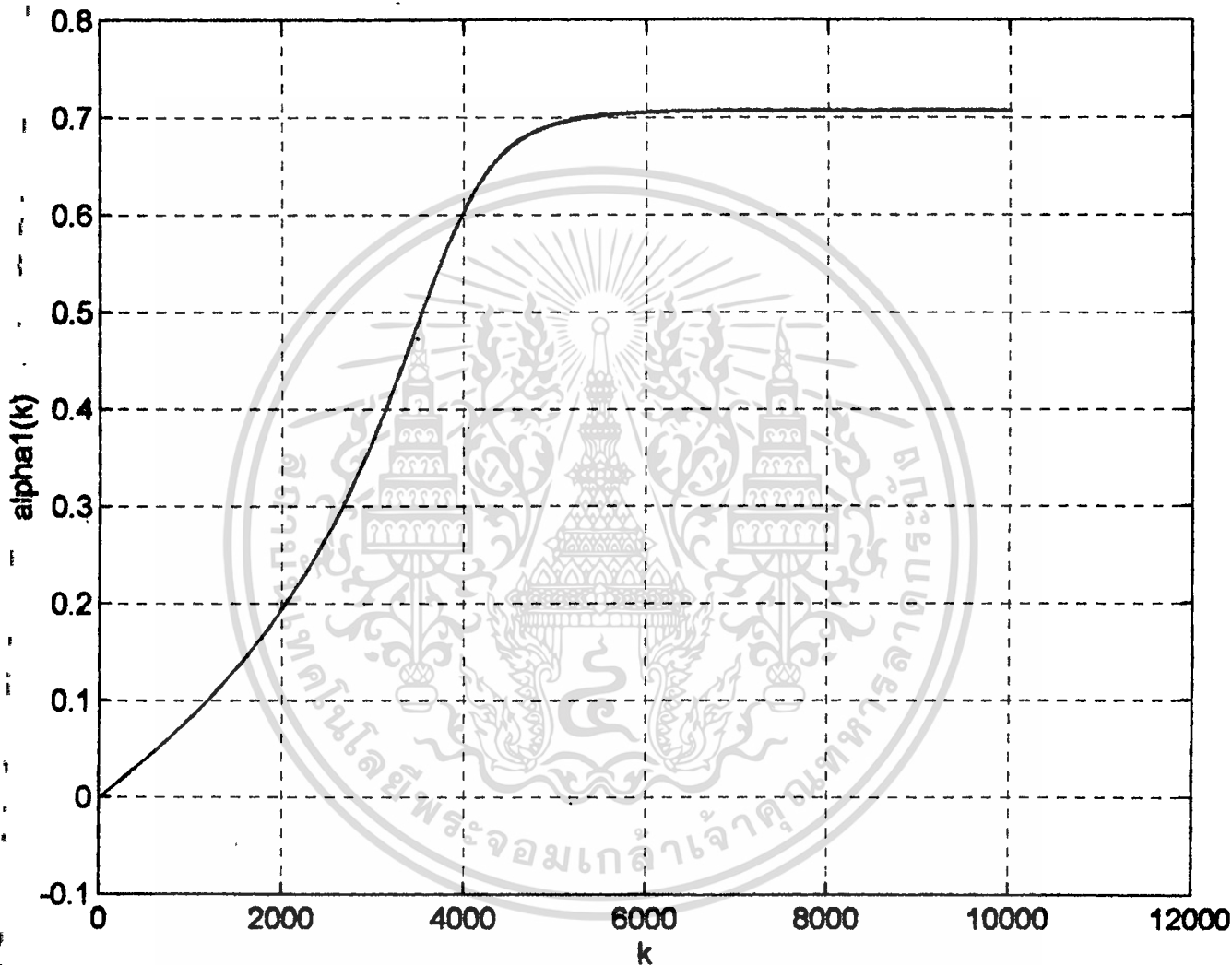


รูปที่ 6.3

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_0 = 0.3, \mu = 0.0006, \omega = \pi / 3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



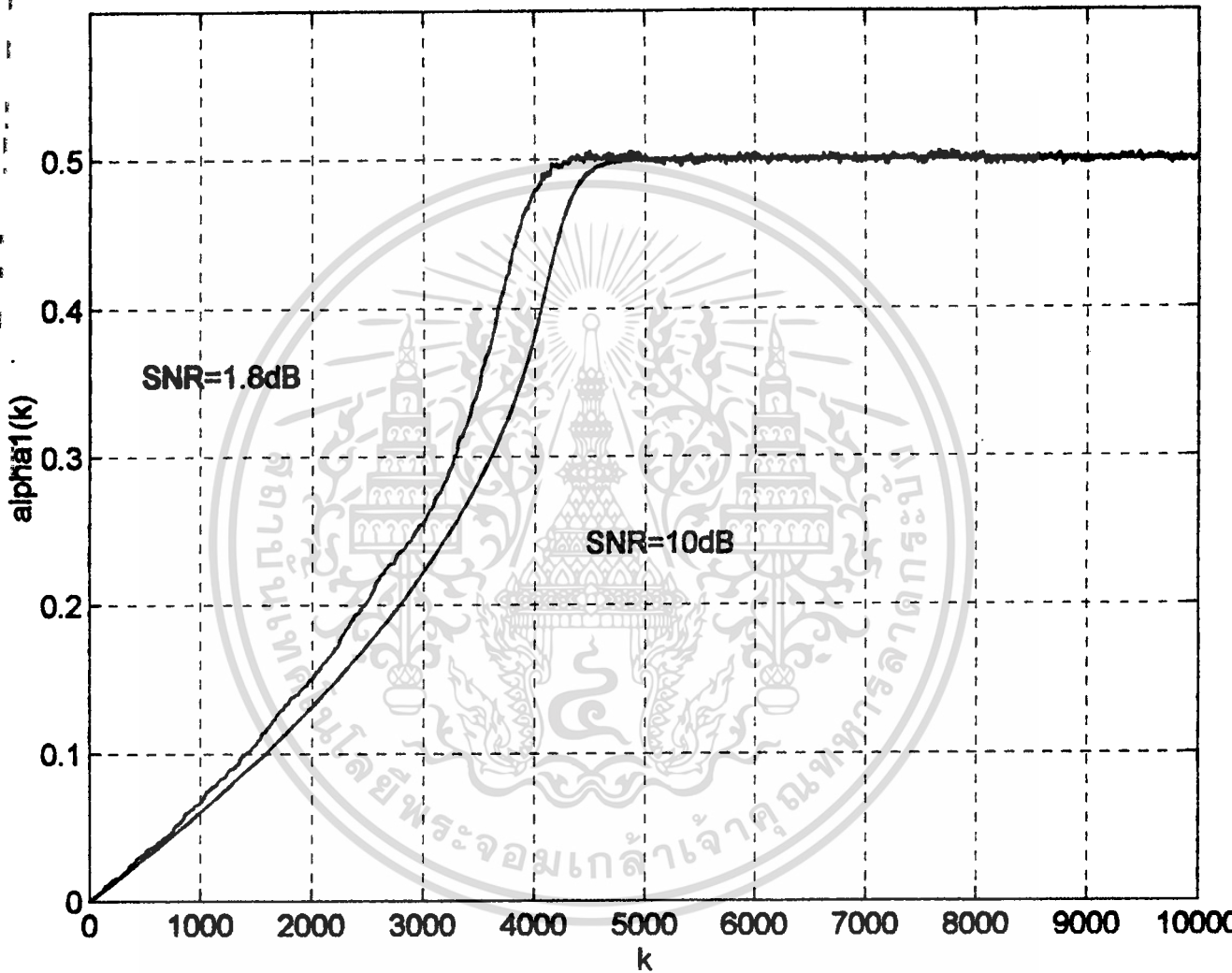
รูปที่ 6.4

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_0 = 0.3, \mu = 0.0003, \omega = \pi / 4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $\alpha_1(k)$  เทียบกับ  $k$  เมื่อ  $\alpha_0(k)$  เปลี่ยนแปลง

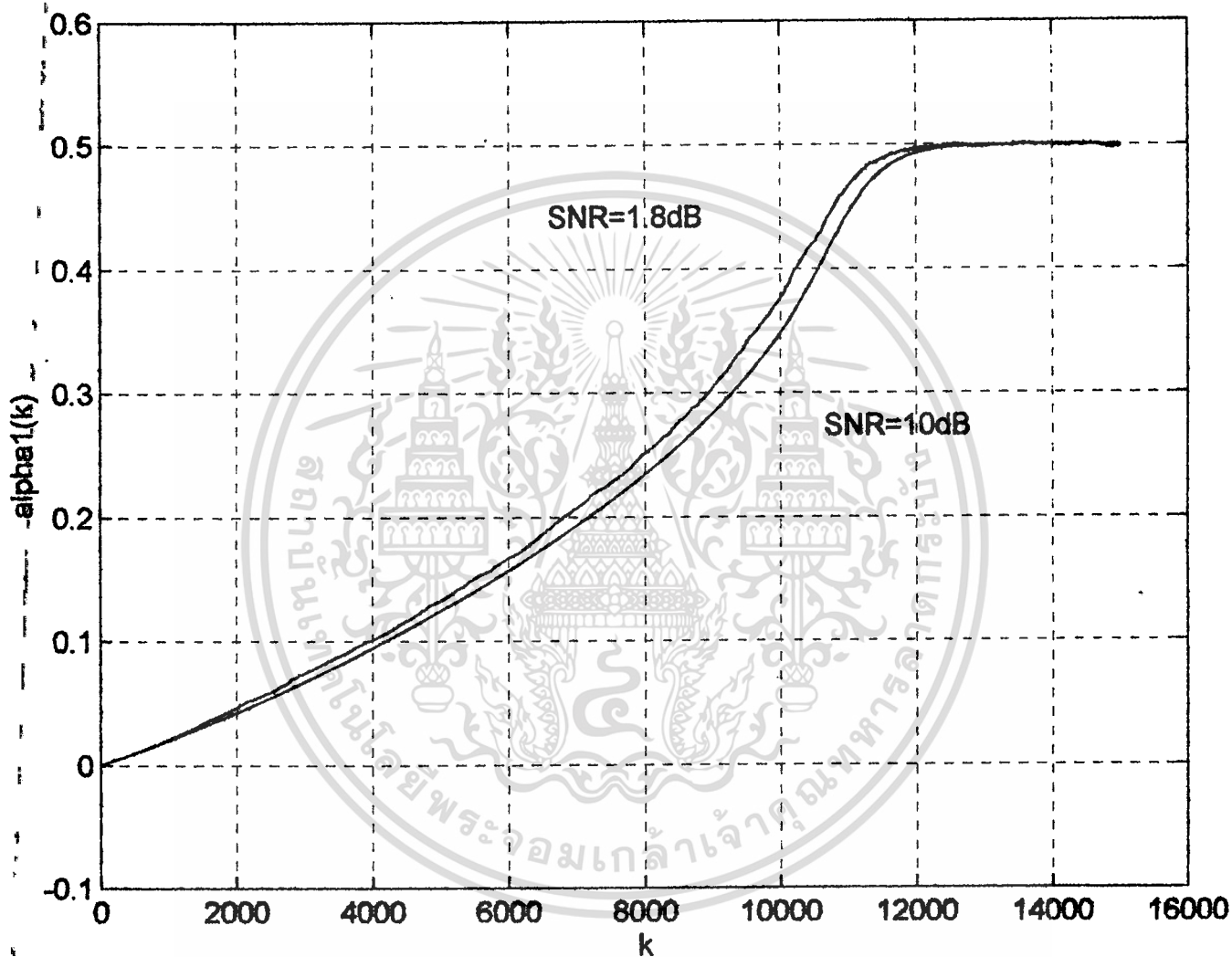


รูปที่ 7.1

เมื่อกำหนดให้

$$A = 1, \mu = 0.0003, \mu_0 = 0.0006, \omega = \pi / 3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

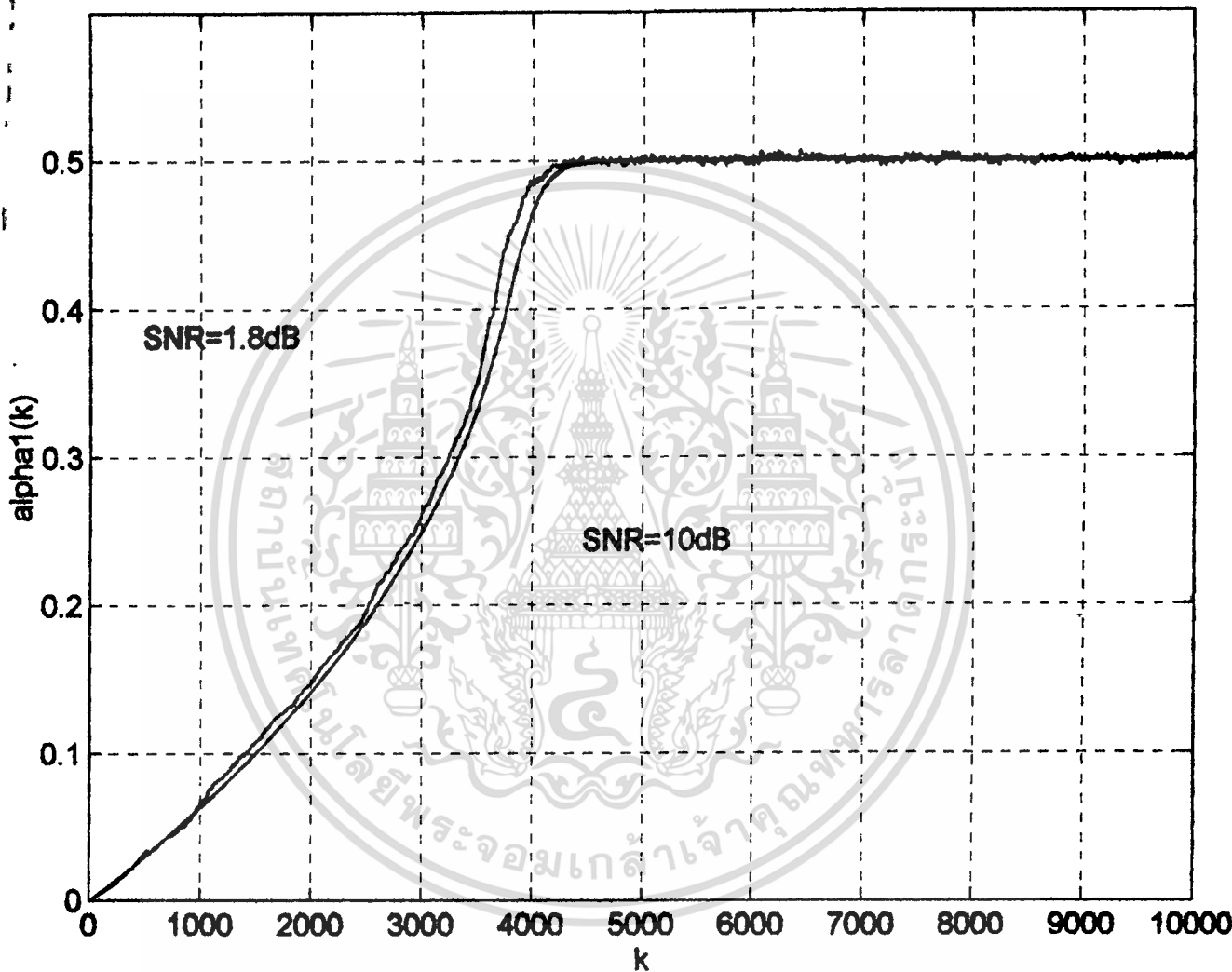


รูปที่ 7.2

เมื่อกำหนดให้

$$A = 1, \mu = 0.0001, \mu_0 = 0.0006, \omega = \pi / 3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

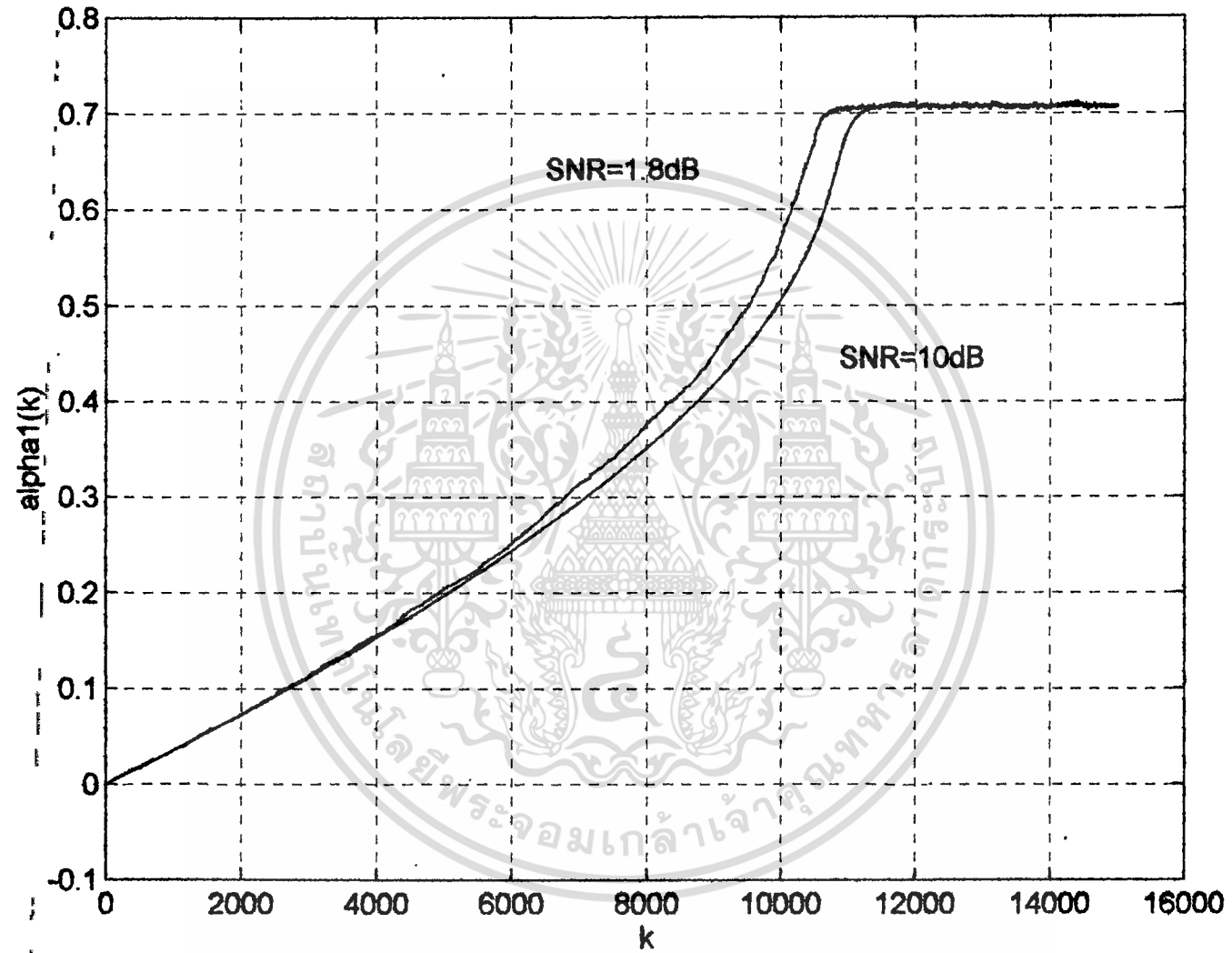


รูปที่ 7.3

เมื่อกำหนดให้

$$A = 1, \mu = 0.0003, \mu_0 = 0.0009, \omega = \pi / 3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



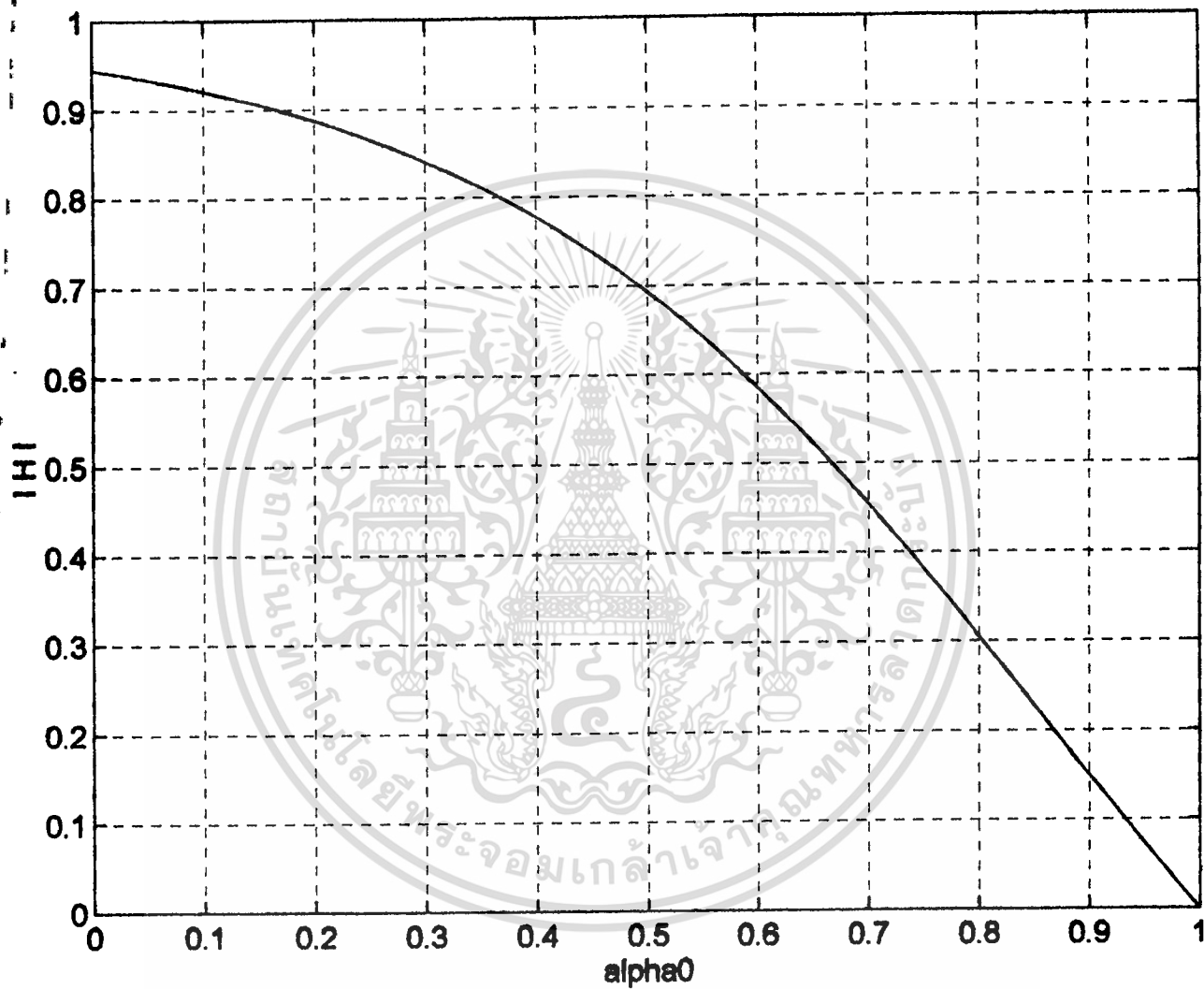
รูปที่ 7.4

เมื่อกำหนดให้

$$A = 1, \mu = 0.0002, \mu_0 = 0.0005, \omega = \pi / 4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $|H(\alpha_0(k))|$  เทียบกับ  $\alpha_0$

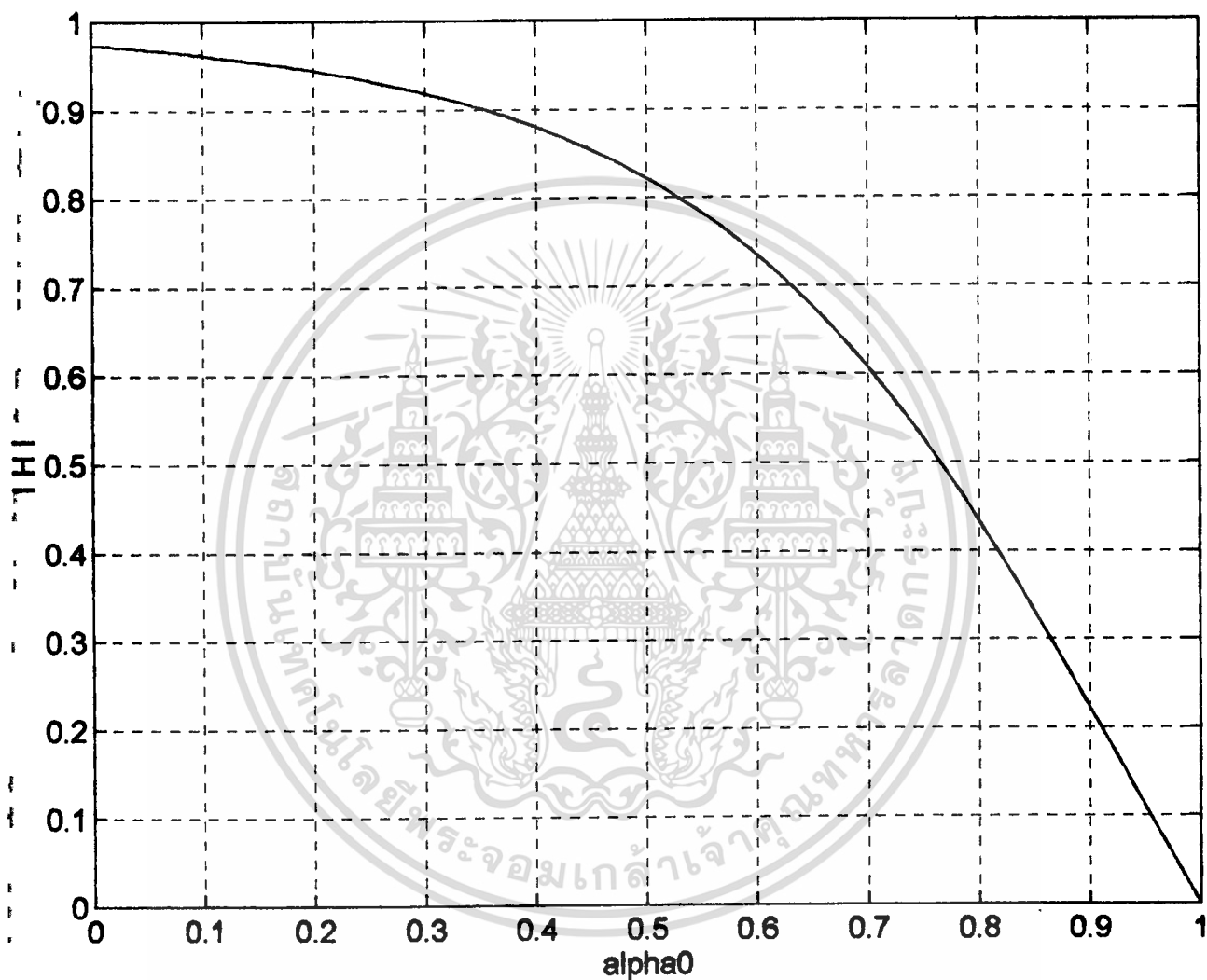


รูปที่ 8.1

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_1 = 0.2, \omega = \pi / 3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

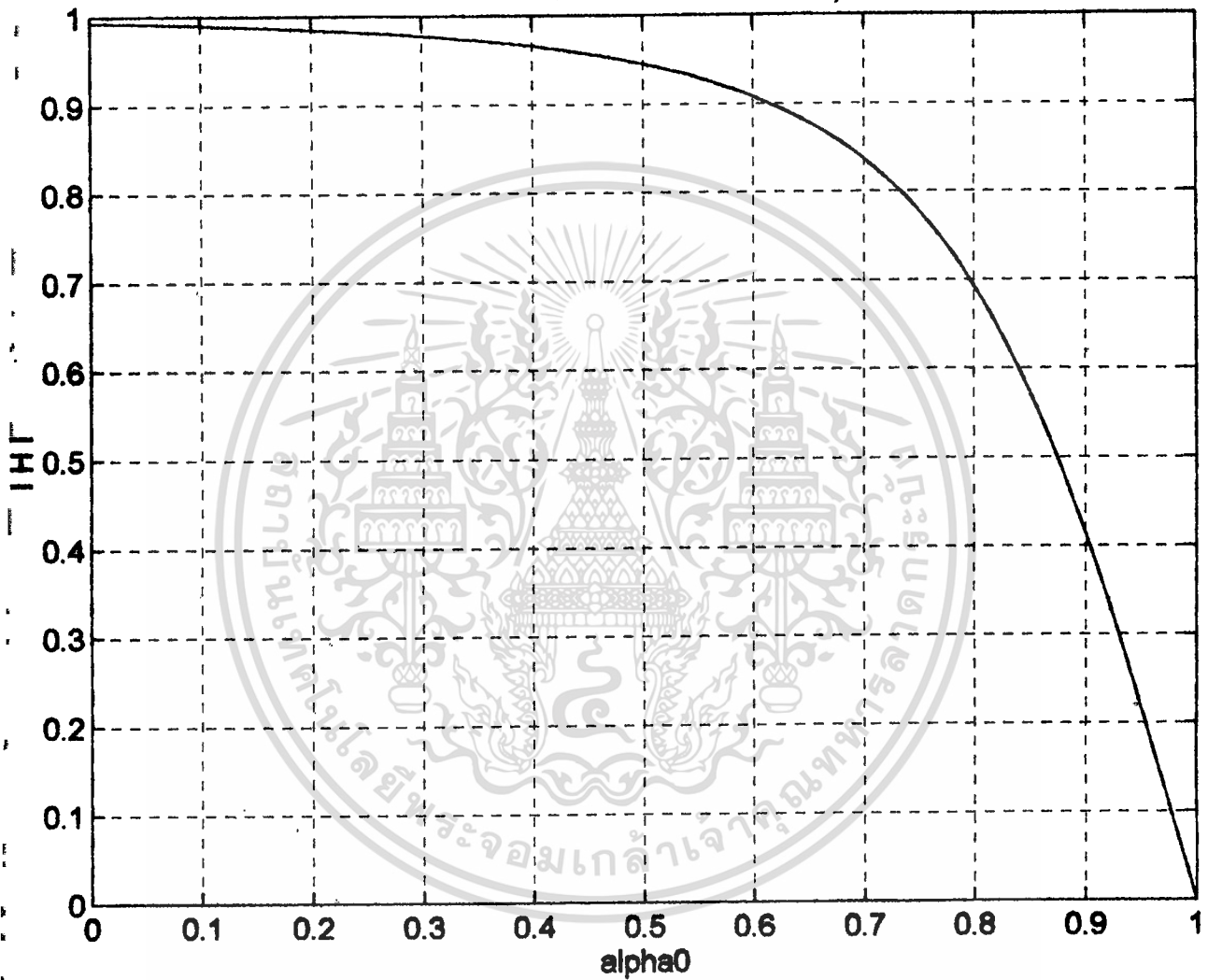


รูปที่ 8.2

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_1 = 0.3, \omega = \pi / 3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

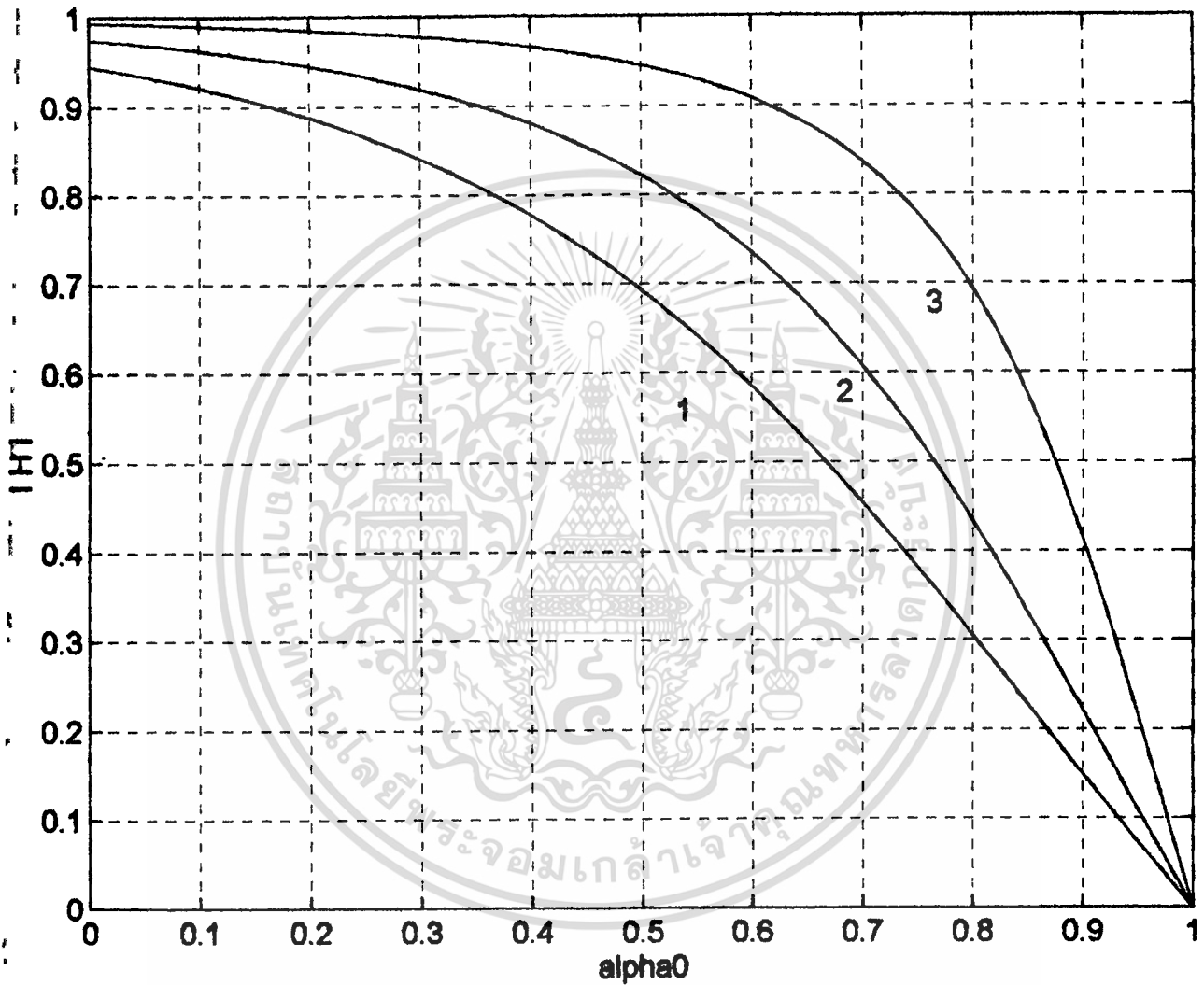


รูปที่ 8.3

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_1 = 0.4, \omega = \pi / 3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

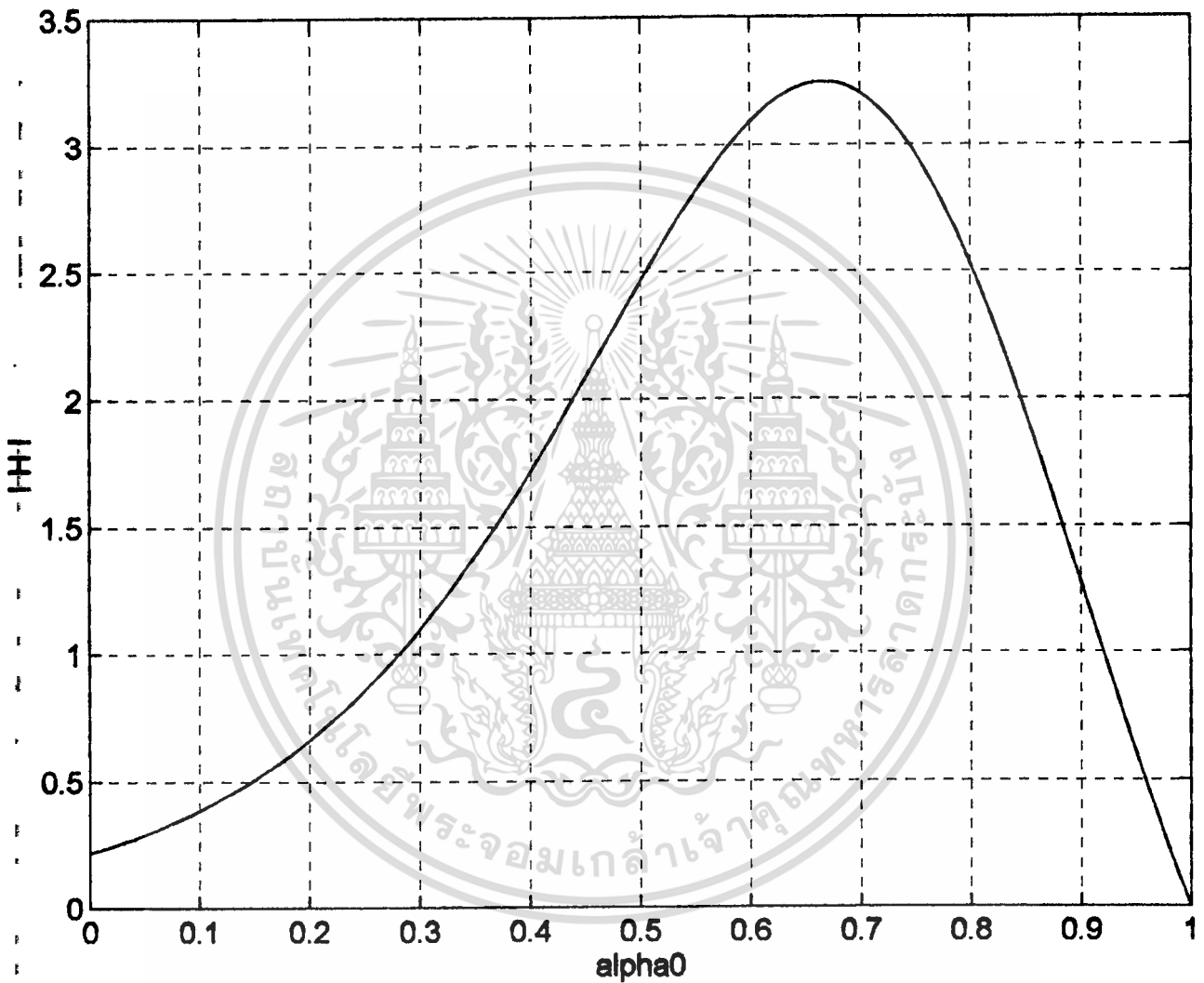


รูปที่ 8.4

1.  $\alpha_1 = 0.2, \omega = \pi/3$     2.  $\alpha_1 = 0.3, \omega = \pi/3$   
 3.  $\alpha_1 = 0.4, \omega = \pi/3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

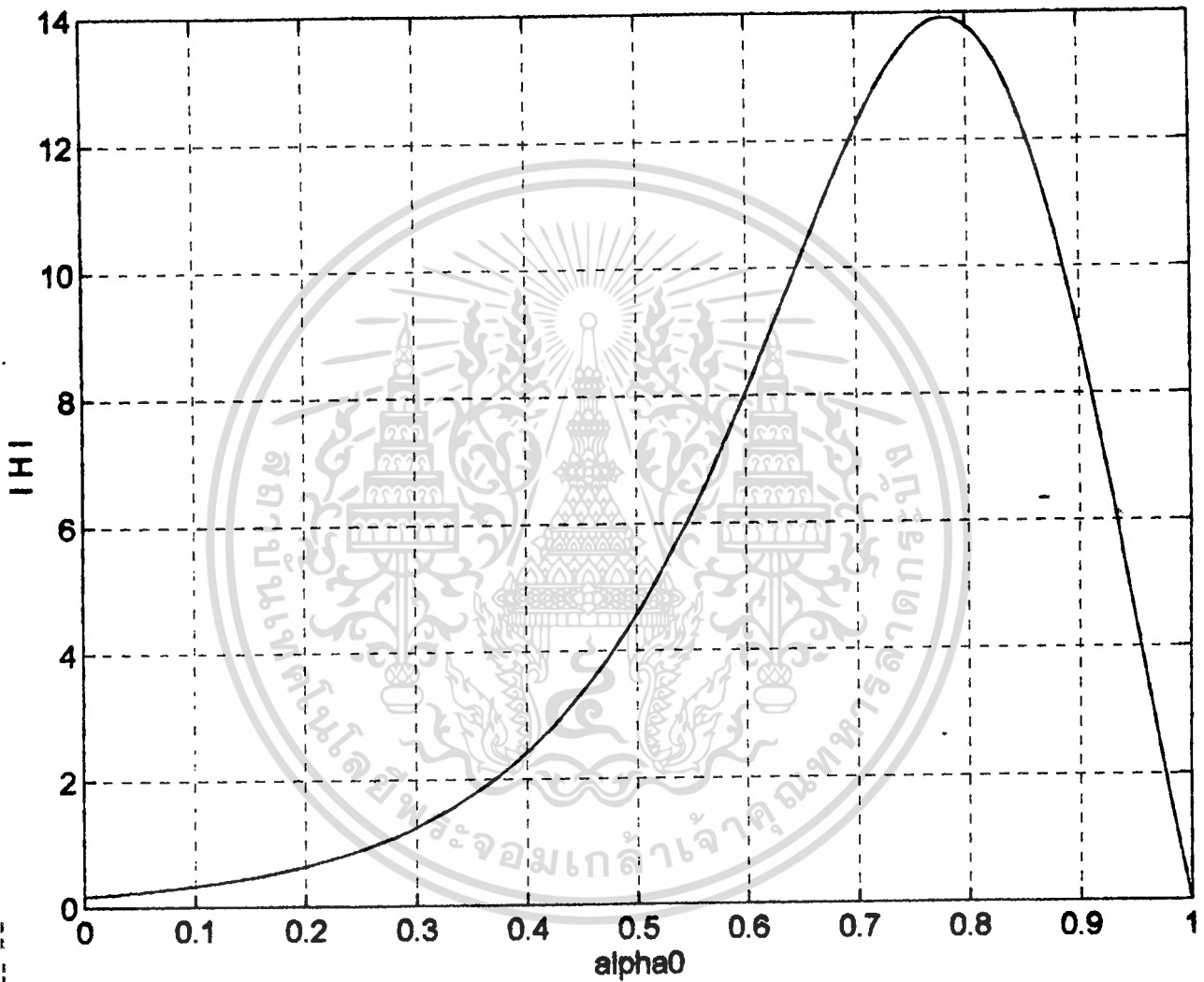
9. กราฟแสดงคุณสมบัติของ  $|\Pi(\alpha_0(\mathbf{k}))|$  เทียบกับ  $\alpha_0$



รูปที่ 9.1

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_1 = 0.2, \omega = \pi / 3$$

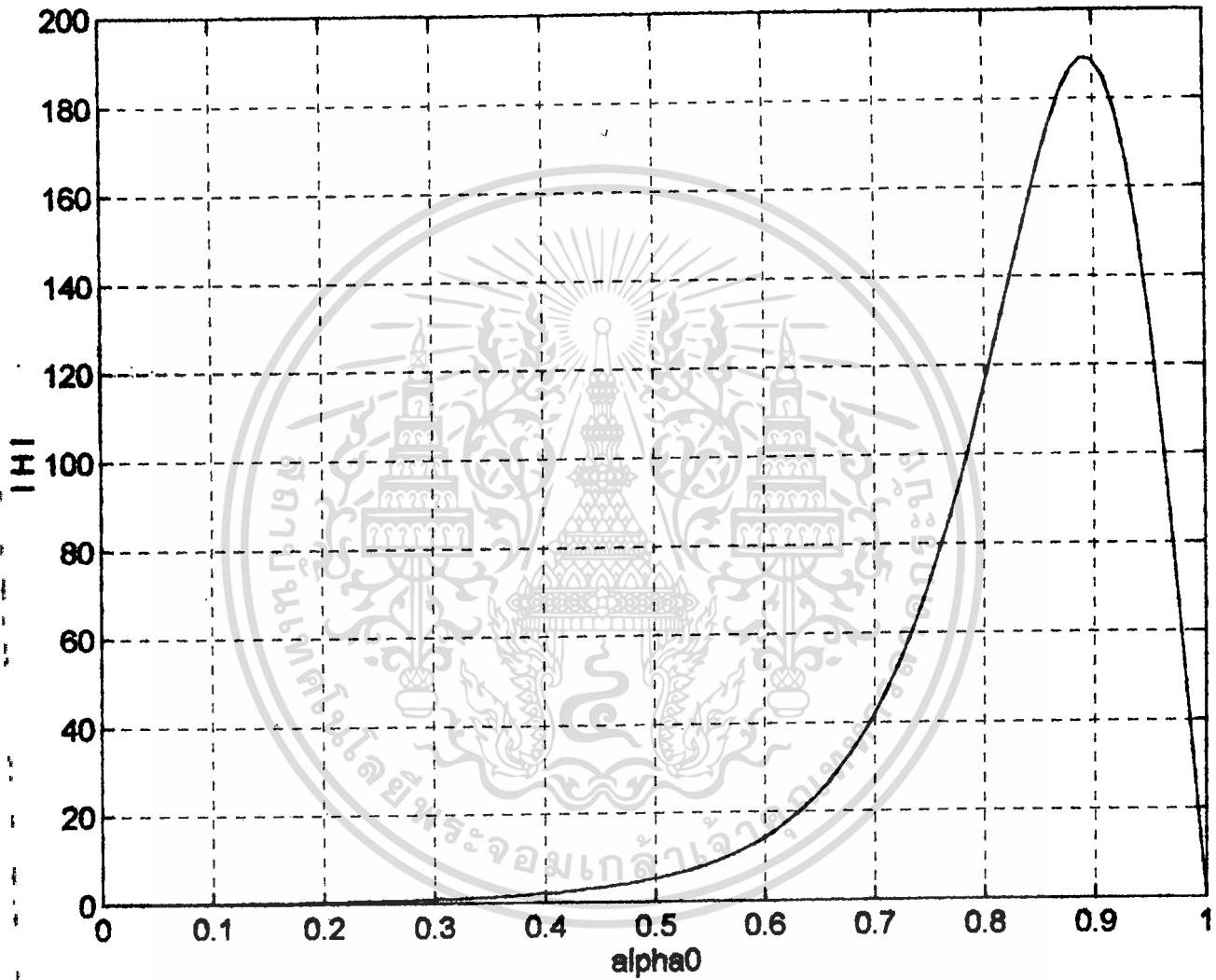


รูปที่ 9.2

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_1 = 0.3, \omega = \pi / 3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

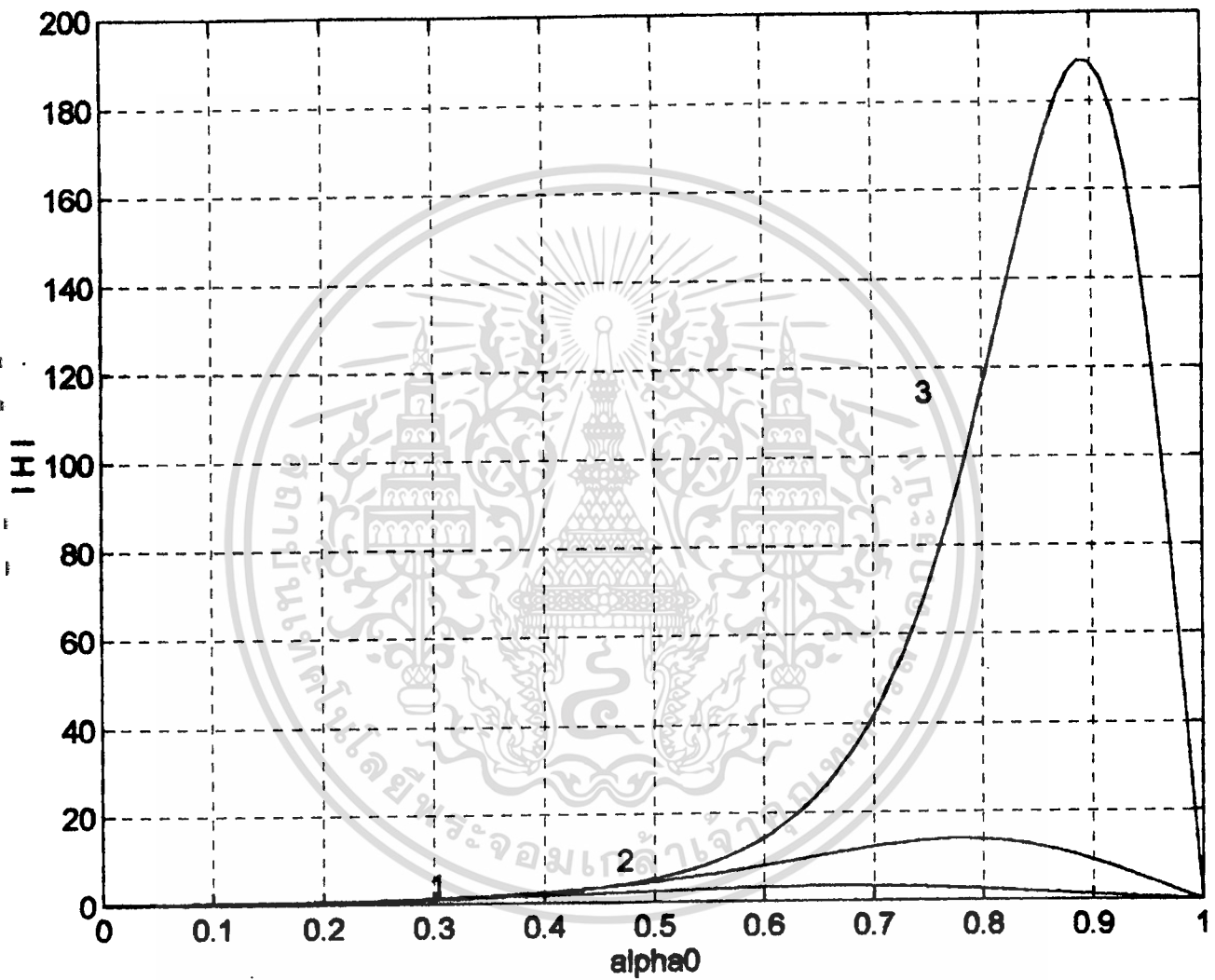


รูปที่ 9.3

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha_1 = 0.4, \omega = \pi / 3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

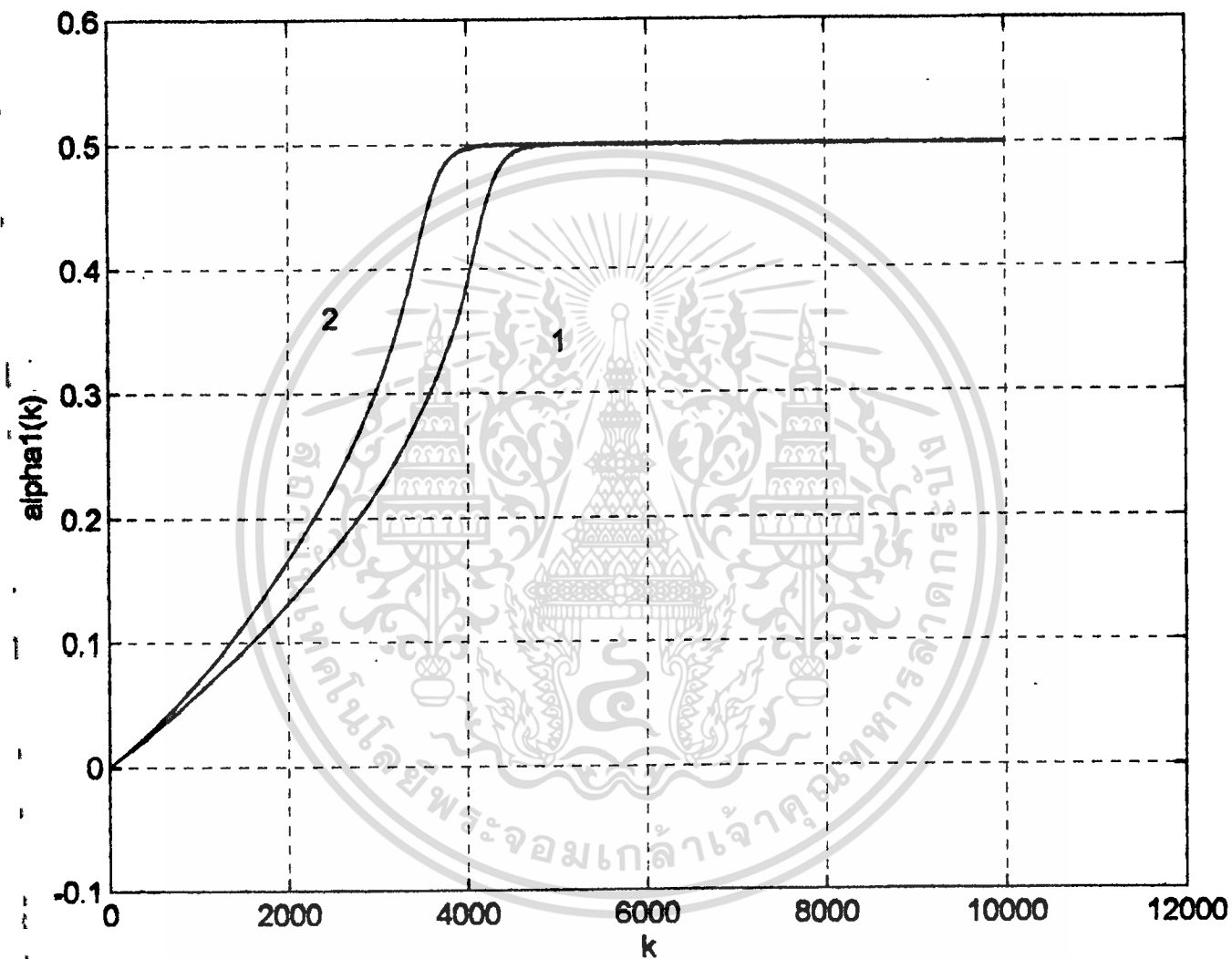


รูปที่ 9.4

$$1. \alpha_1 = 0.2, \omega = \pi/3 \quad 2. \alpha_1 = 0.3, \omega = \pi/3$$

$$3. \alpha_1 = 0.4, \omega = \pi/3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

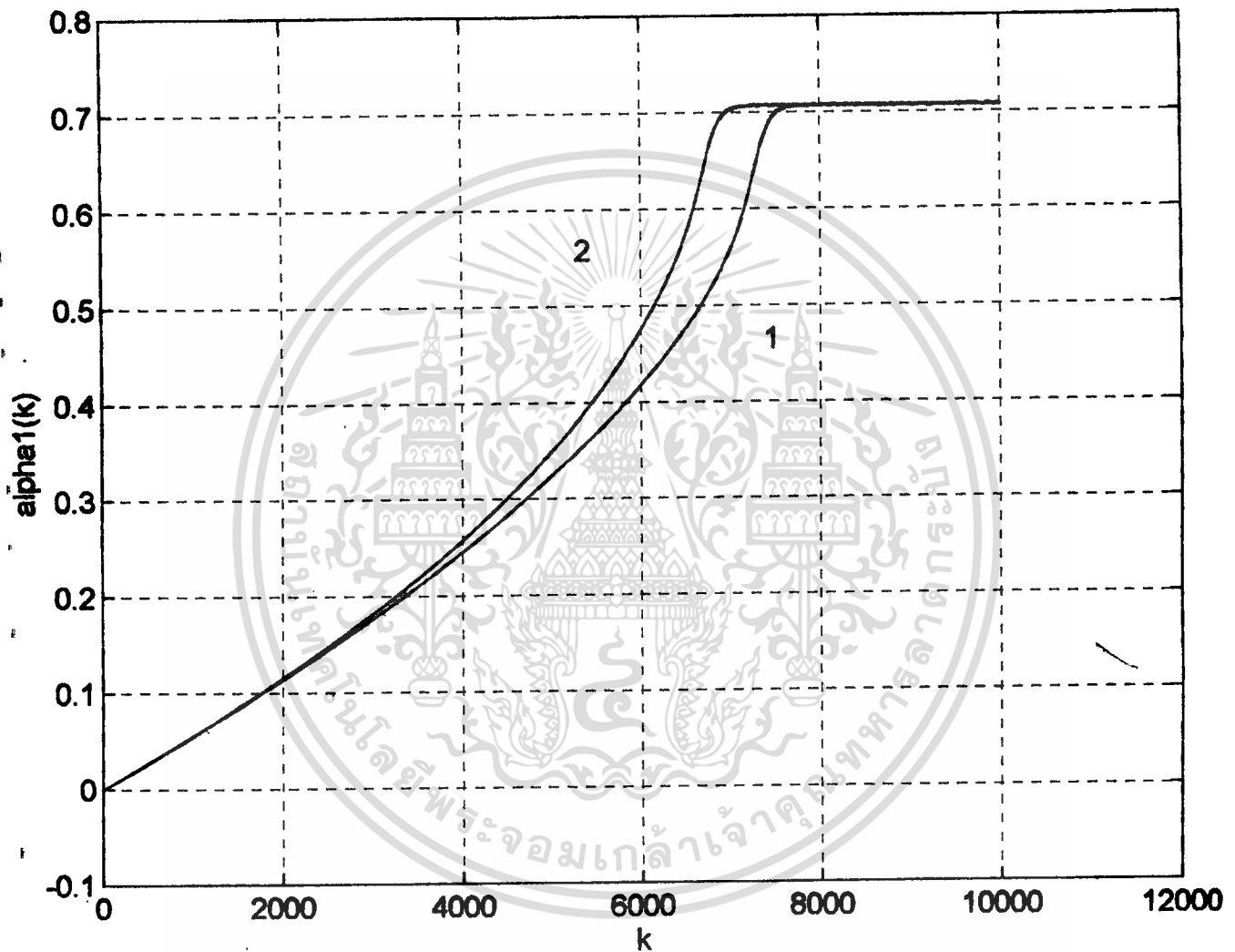
10. กราฟแสดงการ CONVERGE ของ  $\alpha_1(k)$ 

รูปที่ 10.1

เมื่อกำหนดให้

$$A=1, \text{SNR}=10 \text{ dB}, \omega = \pi / 3, \mu_0 = 0.0006, \mu_1 = 0.0003$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

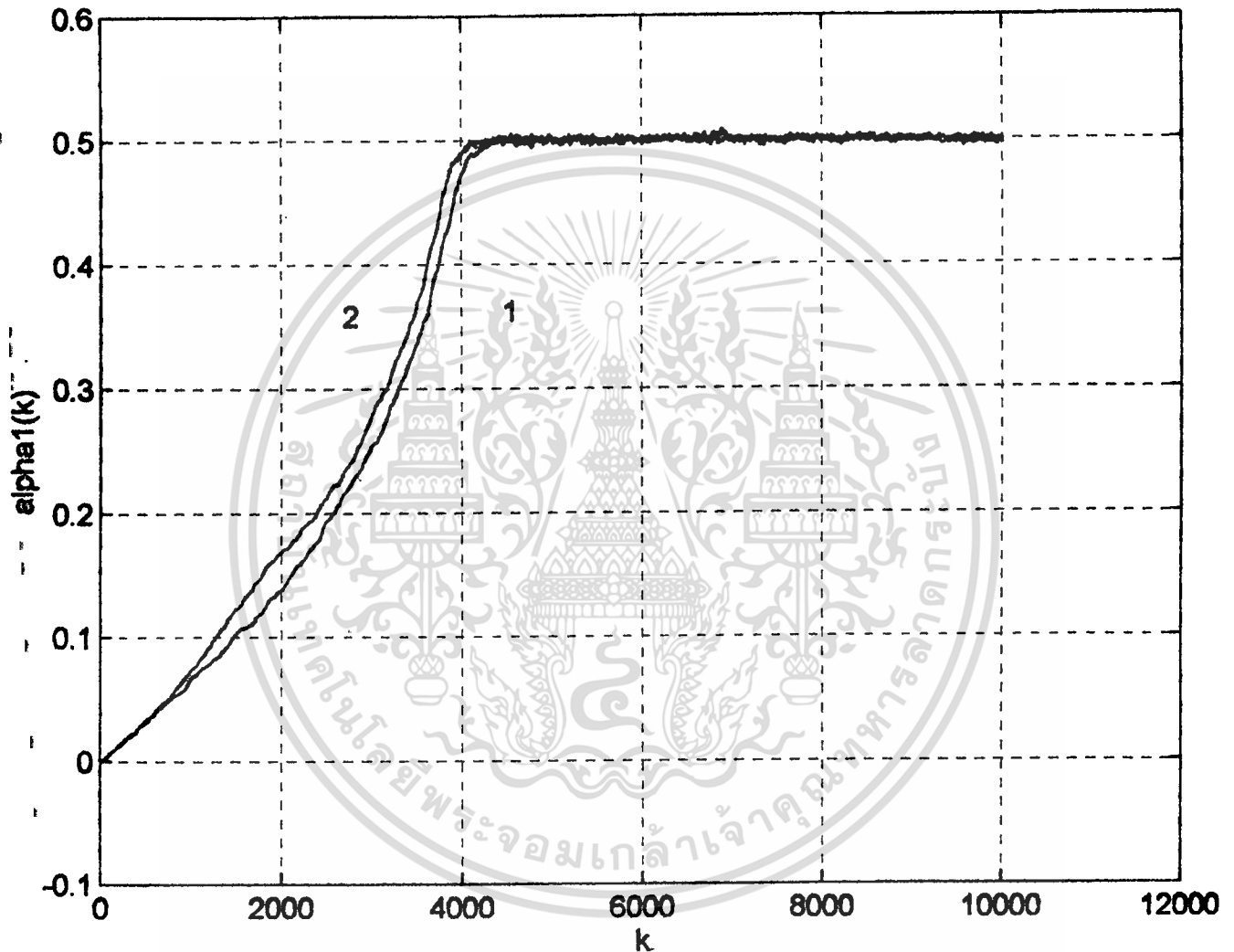


รูปที่ 10.2

เมื่อกำหนดให้

$$A=1, \text{SNR}=10 \text{ dB}, \omega = \pi / 4, \mu_0 = 0.0006, \mu_1 = 0.0003$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10.3

เมื่อกำหนดให้

$$A=1, \text{SNR}=1.8 \text{ dB}, \omega = \pi / 3, \mu_0 = 0.0006, \mu_1 = 0.0003$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- (1) Widrow B. , Stearn S. “ Adaptive Signal Processing “ , Prentice-Hall , Inc. Englewood Cliffs , 1985
- (2) Richard G. Lyons “ Understand Digital Signal Processing “ IEEE Proc., pp. 561-751, April 1978
- (3) W.Kenneth Jenkins , Andrew W.Hull , Jeffrey C.Strait , Bernard A.Schnauffer , Xiaohui Li “ Advanced Concepts In Adaptive Signal Processing “
- (4) Simon Haykin , “ Introduction To Adaptive Filters “ , Macmillan Publishing Company ,Newyork.
- (5) Alan V. Oppenheim and Ronald W. Schafer , “ Digital Signal Processing “ ,Prentice-Hall International , Alan V. Oppenheim and Bell Telephone Laboratories ,Inc.,1975

