

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Suranaree University of Technology

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี

อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

111-University Avenue, Muang District

Nakorn Ratchasima 30000, Thailand

Tel. (044) 224091-9 Fax. (044) 224090



ใบเสร็จรับเงิน

OFFICIAL RECEIPT

เลขที่ No.

RC-0-4701296

เลขประจำตัวผู้เสียภาษีอากร

Tax ID No.

4 3 0 1 0 0 1 4 9 0

วันที่ 26 ตุลาคม 2547

Date

ได้รับเงินจาก โครงการส่งเสริมสถานะของ โกลดมหัศจรรย์แบบปรับด้านไปรษณีย์

Received from จ.วิโรจน์ นันทะทอง

ในกรณีนี้เงินเป็นค่าตอบแทนการให้บริการพิเศษรายเดือน

ไว้เป็นการถูกต้องแล้ว ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้ / In payment of :

รหัส Code	รายการ Description	กองทุน Fund	บัญชี Account	จำนวนเงิน Amount
999	รายการรายได้อื่นๆ	0100	460326	21,121.17
	- ค่าหนังสือ 21,000.00 บาท			
	- จดทะเบียน 121.17 บาท			
สองหมื่นหนึ่งพันสองร้อยยี่สิบบาทถ้วน				21,121.17

ชำระโดย / Paid by : เงินโอน

เลขที่เช็ค Cheque No.	ธนาคาร Bank	สาขา Branch	ลงวันที่ Date	จำนวนเงิน Amount

ผู้รับเงิน

Received by

น.ส.อนุภร ชัยโลกภวาล

(.....)

เจ้าหน้าที่การเงิน

ตำแหน่ง

Position

หมายเหตุ : ใบเสร็จรับเงินทุกฉบับจะต้องมีลายมือชื่อของผู้รับเงินและตำแหน่งจึงจะถือว่าสมบูรณ์ การชำระด้วยเช็ค ใบเสร็จรับเงินจะสมบูรณ์ต่อเมื่อเรียกเก็บตามเช็คแนบมาเรียบร้อยแล้ว

This receipt will not be recognized unless properly signed. In case of payment by cheque, this receipt will be valid only when the bank honors this cheque.

R 205329



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน.....ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา.....โทรศัพท์ / โทรสาร 4750
ที่.....ศร.5621/ 346.....วันที่ 24 พฤษภาคม 2547
เรื่อง.....นำส่งหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยและเงินโอนเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย

เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี

สถาบันวิจัยและพัฒนาขอส่งหลักฐานของโครงการวิจัยที่ยกเลิกและหลักฐานการโอนเงิน
เข้าบัญชีมหาวิทยาลัยของสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2545 จำนวน 1 โครงการ ดังนี้

โครงการ	หัวหน้าโครงการ	งบประมาณที่ได้รับจัดสรร	ค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นของโครงการ	จำนวนเงินคงเหลือ	ดอกเบี้ย	เงินที่โอนเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย (วันที่โอนเงิน)
โครงการติดตั้งสถานะของไหลค. ทอร์คแบบปรับตัวเองได้ในเวลาไม่ต่อเนื่องสำหรับระบบเซอร์โวขับเคลื่อนมอเตอร์	อ.วิโรจน์ แสงธาทอง	50,000.00 (เบิกเพียงงวดเดียว 21,000 บาทและขอยกเลิกโครงการ)	0.00	21,000.00	121.17	21,121.17 (โอน 13 พ.ค. 47)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

(ศาสตราจารย์ ดร.นันทกร นุญเกิด)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา

โทรศัพท์ / โทรสาร 4750

หน่วยงาน.....

ที่..... ศธ 5621/ 243

วันที่ ๑1 มีนาคม 2547

เรื่อง..... โอนปีคบัญชีเงินโครงการวิจัย

เรียน หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

อ้างถึงบันทึกข้อความที่ ศธ.5621/354 ลงวันที่ 30 ธันวาคม 2546 เรื่อง ขออนุมัติยกเลิกโครงการวิจัยเรื่อง ตัวตั้งกตสถานะของโพลีเมอร์แบบปรับตัวเองได้ในเวลาไม่ต่อเนื่องสำหรับระบบเซอร์โวขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยอาจารย์ ดร.วิโรจน์ แสงธงทอง เป็นหัวหน้าโครงการ นั้น บัดนี้ท่านอธิการบดีได้อนุมัติให้ดำเนินการยกเลิกโครงการดังกล่าวแล้ว

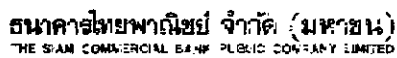
สถาบันวิจัยและพัฒนาขอให้หัวหน้าโครงการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่บัญชี 580-2-15772-8 ประเภทบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ สาขามุขมนตรี เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 21,000 บาท (สองหมื่นหนึ่งพันบาทถ้วน) พร้อมดอกเบี้ยเงินฝากธนาคาร (ถ้ามี)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการด้วยจักษุชอบคุณยิ่ง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์)

รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

รักษาการแทนผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



☐เงินสด(CASH) ☐ IC ☐ CL ☐ TR.....
☐ออมทรัพย์ SAVING A/C
☐ประจำ FIXED A/C ระยะเวลา..... เดือน ☐

ใบนำฝาก DEPOSIT SLIP

67-15841-104

วันที่/DATE

00:24:52 13/05/47 5802157728 SURANAREE UNIVERS

XDN *****21,121.17 TR 23313 1059B

အေစီအေ
A.C. N.O.

ชื่อลูกค้า
A/C NAME

BA-IT

รายละเอียดเช็ค CHEQ. DETAILS	ชื่อสาขา-分行 BANK-BRANCH	หมายเลขเช็ค CHEQ. NO.	จำนวนเงินขอ AMOUNT REQUESTED	
ปี-ปีแรก-ปีแรกและปีสุดท้าย ปี-ปีแรก-ปีแรกและปีสุดท้าย		จำนวน	วันที่	รวมยอดเงินเดิม

AUTHORIZED TELLER

AUTHORIZED

ประธานเจ้าหน้าที่และวาณิชชาตต์ มหัทธ

PLEASE READ CAREFULLY INSTRUCTION ON THE REVERSE

จำนวน ฉบับ รวมยอดเงินเช็ค

DEPOSIT BY ដាក់បញ្ចូលដោយ

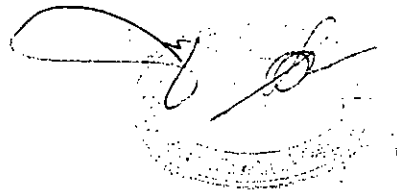
โทร.
TEL.

(สมุดเล่มนี้สามารถตรวจสอบยอดคงเหลือโดยเครื่องรับยอดสมุดอัตโนมัติได้)

มทส.โครงการกัวดังเขตสถานะของไหลทอรัค

707-2 -13374-2

2065211



16/01/02 CDO ++++++500.00 *****500.00 1059K

	INT	++++++121.01		
25/06/02	TAX	-----0.00	*****21,521.01	0000A
	INT	++++++126.96		
25/12/02	TAX	-----0.00	*****21,547.97	0000A
22/05/03	CWD	-----500.00	*****21,047.97	1236
	INT	++++++26.72		
25/06/03	TAX	-----0.00	*****21,074.69	0000A
	INT	++++++26.40		
25/12/03	TAX	-----0.00	*****21,101.09	0000A

	INT	++++++20.09		
	TAX	-----0.00		
13/05/04	XWC	-----21,121.17	*****0.00	1059K

aw. z 121.17
sk " 21,000
21,121.17



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

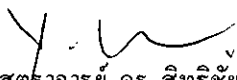
สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่ 656/๔๗
วันที่ ๓๔ พ.ค. 2547
เวลา 10.3๐ น.

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4229 โทรสาร 4220
ที่ ศก 5614/22) 185 วันที่ 13 พฤษภาคม 2547
เรื่อง ขอส่งเอกสารการยกเลิกโครงการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านคณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์)

สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ขอนำเสนอเอกสารการยกเลิกโครงการวิจัยของ อ.วิโรจน์ แสงธงทอง ซึ่งได้รับจัดสรรงบประมาณปี 2545 ให้โครงการตัวสังเกตสถานะของโหนดเทอร์คแบบปรับตัวเองได้ในเวลาไม่ต่อเนื่องสำหรับระบบเซมิโวลูชันนอร์ โดยไม่มีเอกสารแนบคือ สำเนาสมุดบัญชี และใบโอนเงินเข้าบัญชี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สาขามุขมนตรี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิตธิชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

FORM IRD-8-01

สถาบันวิจัยและพัฒนา

รับที่..... 184/45

วันที่..... ๕1 ก.ย. 2545

เวลา..... 16.30 น.

หน่วยงาน..... สพ.เจดีย์ สำนักวิจัยและพัฒนา โทร. 043

School /Institute..... Tel/Fax.....

ที่ ทม..... ๕๑๗๐๑/๒๗ วันที่..... 31 ตุลาคม 2545

เรื่อง..... ขอเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๔๕ งวดที่..... 1

Subject: Request the payment of research allocation for fiscal year..... Installment no.....

เรียน..... ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

To: Director of Institute of research and development

จากที่ข้าพเจ้า..... วิโรจน์ แสงทอง.....สังกัด สำนักวิชา

As I..... a member of Institute of

วิศวกรรมศาสตร์.....ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปี

..... was allocated university research funding for fiscal

งบประมาณ พ.ศ. ๒๕๔๕.....เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง..... ตัวเลี้ยงเกสรลักษณะของโหนด

year..... for the expenditures of project (name).....

ทอว์กแบบปรับตัวเองได้ ในเวลาไม่ต่อเนื่องสำหรับระบบเซอร์

เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น..... 50,000.....บาท นั้น..... ไว้ขับเคลื่อนมอเตอร์

for the amount of..... baht,

ข้าพเจ้าขอเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๔๕

I request the payment of research allocation monies for the Installment no.....

เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น..... ๒1,000.....บาท (..... สองหมื่นหนึ่งพันบาท.....)

for the amount of..... baht

ถ้วน.....) ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้

as the following expense estimates:

1. ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย

Temporary Wages Consisting of:

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ..... ปริญญาตรี.....อัตราเดือนละ..... ๒,๐๐๐.....บาท

Research assistant Wages (degree)..... amount..... per month.

ระยะเวลา..... 6.....เดือน จำนวน..... 1.....คน.....เป็นเงิน..... 12,๐๐๐.....บาท

for duration of..... months No. of employees..... total amount..... per month

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ..........อัตราเดือนละ..........บาท

Research assistant Wages (degree)..... amount..... per month.

ระยะเวลา..........เดือน จำนวน..........คน.....เป็นเงิน..........บาท

for duration of..... months No. of employees..... total amount..... per month

ค่าจ้างคนงานรายเดือน อัตราเดือนละ..........บาท

Monthly employee at..... per month

ระยะเวลา..........เดือน จำนวน..........คน.....เป็นเงิน..........บาท

for duration of..... months No. of employees..... total amount..... baht

ค่าจ้างคนงานรายวัน อัตราวันละ..........บาท

Daily employee at... per day

ระยะเวลา..........วัน จำนวน..........คน.....เป็นเงิน..........บาท

for duration of..... days No. of employees..... total amount..... baht

รวม..... 12,๐๐๐.....บาท

Totalling..... baht

2. ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย
Compensation, service contracting and nonrenewable materials expenses

อุปกรณ์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า	เป็นเงิน 3,000	บาท
	total amount	baht
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	เป็นเงิน 3,000	บาท
	total amount	baht
ค่าทำเอกสารรายงาน	เป็นเงิน 3,000	บาท
	total amount	baht
	เป็นเงิน	บาท
	total amount	baht
	เป็นเงิน	บาท
	total amount	baht
	เป็นเงิน	บาท
	total amount	baht
	เป็นเงิน	บาท
	total amount	baht
รวม	9,000	บาท
Totaling		baht

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ
Your approval is hereby requested.

วิโรจน์ แสงธงทอง
(วิโรจน์ แสงธงทอง)
หัวหน้าโครงการวิจัย
Head of project

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
Head of research Department
30 / ๙๙ / ๒๕

(รองศาสตราจารย์ ดร.จรัสศรี ลอประยูร)
รองคณบดีฝ่ายบริหารคณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
Dean
ปฏิบัติกรแทนคณบดี
31 ส.ค. 2545

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☐ คณะทำงานฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้า และรายงานการใช้จ่ายเงินฯ งวดที่.....แล้ว ☒ เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติค่าใช้จ่ายงวดที่...1... 2545 ในวงเงิน 21,000. - บาท (สองหมื่นหนึ่งพันบาทถ้วน) ☐ ไม่ถูกต้องเนื่องจาก..... (นางสาวณัฐนิชา มหัทธนาภิวัฒน์) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา 4 / ต.พ. / 2545	(3) ☐ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการและเงื่อนไขข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ..... (ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 5 / ต.พ. 2545
(4.1) ☐ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัยจำนวน 21,000. - บาท (สองหมื่นหนึ่งพันบาทถ้วน) เข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาย่อย มทส. ชื่อบัญชี มทส. โดยกระทรวงมหาดไทยของโครงการวิจัย เลขที่บัญชี 707-2-13374-2 ด้วย จักขอขอบคุณยิ่ง (ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 5 / ต.พ. 2545	(4.2) ☐ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย สวพ. ขอส่งสำเนารับที่กขอนุมัติเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติฉบับจริง ได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชีโครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป (นางสาวดารณี จำเอง) พนักงานธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา 5 / ต.พ. 2545



ต้นฉบับ

สัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สัญญานี้ทำขึ้น ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบล
สุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 24 เดือนมกราคม พ.ศ. 2545 ระหว่าง มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีสุรนารี โดย ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ซึ่งได้รับมอบ
อำนาจจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีตามคำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ 1 / 2542 ลงวันที่
26 กุมภาพันธ์ 2542 และ ที่ 633 / 2540 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540 ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า “ผู้ให้ทุน”
ฝ่ายหนึ่ง กับ อาจารย์วิโรจน์ แสงธทอง สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า
“ผู้รับทุน” อีกฝ่ายหนึ่ง

คู่สัญญาได้ตกลงกันมีข้อความดังต่อไปนี้

ข้อ 1. ผู้ให้ทุนตกลงให้ทุนอุดหนุนโครงการวิจัย เรื่อง “ตัวสังเกตสถานะของโหนดทอร์คแบบ
ปรังตัวเองได้ในเวลาไม่ต่อเนื่องสำหรับระบบเซอร์โวขับเคลื่อนมอเตอร์” ตามเอกสารหมายเลข 3 ตั้งแต่ วันที่
24 เดือนมกราคม พ.ศ. 2545 ถึง วันที่ 23 เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 เป็นจำนวนเงิน 50,000 บาท (ห้าหมื่น
บาทถ้วน) โดย ผู้ให้ทุนจะจ่ายให้แก่ผู้รับทุนเป็นงวดตามรายละเอียดดังนี้

งวดที่ 1 จ่ายให้เป็นเงินไม่เกินร้อยละ 50 ของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้
เป็นเงิน 21,000 บาท (สองหมื่นหนึ่งพันบาทถ้วน) ภายใน 2 สัปดาห์ นับแต่วันลงนามในสัญญา

งวดที่ 2 จ่ายส่วนที่เหลือของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้เป็นเงิน 29,000 บาท
(สองหมื่นเก้าพันบาทถ้วน) ภายหลังจากที่ผู้รับทุนส่งรายงานความก้าวหน้าของโครงการพร้อมรายงานการเงินงวด
ที่ 1 โดยรายงานดังกล่าวผ่านการพิจารณาและได้รับการรับรองจากคณะกรรมการประจำสถาบันวิจัยและพัฒนา
เรียบร้อยแล้ว

ข้อ 2. เอกสารอันเป็นส่วนหนึ่งของสัญญา ได้แก่

- (1) คำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ 1 / 2542 ลงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2542
- (2) คำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ 633 / 2540 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540
- (3) โครงการวิจัยเรื่อง “ตัวสังเกตสถานะของโหนดทอร์คแบบปรังตัวเองได้ในเวลา
ไม่ต่อเนื่องสำหรับระบบเซอร์โวขับเคลื่อนมอเตอร์”

- (4) ระเบียบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีว่าด้วยเงินอุดหนุนการวิจัย พ.ศ. 2539
- (5) หลักเกณฑ์การใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย
- (6) หมายเลขบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ ชื่อบัญชีโครงการวิจัย ธนาคารไทยพาณิชย์ (มหาชน) จำกัด สาขาออมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พร้อมรายชื่อผู้มีอำนาจสั่งจ่ายเงิน และสำเนาหน้าแรกของสมุดบัญชีดังกล่าว

ข้อ 3. **ผู้รับทุน**จะดำเนินการตามวัตถุประสงค์และรายละเอียดของโครงการวิจัยที่กำหนดไว้ให้ครบถ้วนสมบูรณ์ ตามเอกสารหมายเลข 3 หากเกิดอุปสรรคไม่สามารถดำเนินการได้ด้วยประการใดก็ตาม**ผู้รับทุน**จะรีบรายงานให้ผู้ให้ทุนทราบทันทีเพื่อพิจารณาหาทางแก้ไขหรือดำเนินการตามที่เห็นสมควรต่อไป

ข้อ 4. รายชื่อหัวหน้าโครงการ ผู้ร่วมทำการวิจัย และรายละเอียดของโครงการตามที่ปรากฏแนบท้ายสัญญา **ผู้รับทุน**จะเปลี่ยนแปลงไม่ได้ นอกจากจะได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจาก**ผู้ให้ทุน**ก่อน

ข้อ 5. **ผู้รับทุน**จะปฏิบัติตามระเบียบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ว่าด้วย เงินอุดหนุนการวิจัย พ.ศ. 2539 รวมทั้งหลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติในการขอรับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งกำหนดขึ้นใช้ในขณะนี้และจะกำหนดขึ้นใช้ในภายหน้า

ทั้งนี้ โดยถือว่าระเบียบรวมทั้งหลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติข้างต้นนั้น เป็นส่วนหนึ่งของสัญญา

ข้อ 6. **ผู้รับทุน**จะควบคุมการใช้จ่ายเงินให้เป็นไปอย่างประหยัดและจัดเตรียมหลักฐานบัญชีการจ่ายเงินเพื่อให้**ผู้ให้ทุน**ตรวจสอบได้ทุกโอกาส

ข้อ 7. **ผู้รับทุน**ยินยอมให้ **ผู้ให้ทุน** หรือผู้ที่ให้ทุนมอบหมายเข้าไปในสถานที่ทำงานของ**ผู้รับทุน** หรือสถานที่ที่**ผู้รับทุน**ทำการวิจัยอยู่ เพื่อประโยชน์ในการติดตามและประเมินโครงการได้

ข้อ 8. **ผู้รับทุน**จะนำส่งผลงานดังนี้

- (1) รายงานความก้าวหน้าพร้อมรายงานการเงินงวดที่ 1/2545
- (2) รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์พร้อมรายงานการเงินงวดที่ 2/2545
เดือนมกราคม พ.ศ. 2546
- (3) เอกสารสรุปผลงานวิจัย ในรูปแบบและภาษาที่เหมาะสมสำหรับการประชาสัมพันธ์ เผยแพร่ต่อประชาชนทั่วไป โดยส่งพร้อมกับรายงานฉบับสมบูรณ์และตามที่**ผู้ให้ทุน** กำหนดเป็นคราว ๆ ไป
- (4) การเสนอผลงานด้วยวาจา(Oral Presentation) ตามที่**ผู้ให้ทุน**กำหนดเป็นคราว ๆ ไป

ข้อ 9. กรรมสิทธิ์ในผลงานวิจัย เป็นกรรมสิทธิ์ของ**ผู้ให้ทุน**(เว้นแต่จะมีการตกลงเป็นอย่างอื่นในภายหลัง) ส่วนผลประโยชน์ซึ่งเกิดจากการนำผลการวิจัยและพัฒนาไปใช้ในเชิงพาณิชย์ให้แบ่งกัน ระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี กับ **ผู้รับทุน**

ข้อ 10. ในการเผยแพร่ข้อมูล ข่าวสารอันเกี่ยวกับผลงานวิจัย ในสิ่งพิมพ์ใดหรือสื่อใดในแต่ครั้ง **ผู้รับทุน**ต้องระบุข้อความว่า “ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี” หรือข้อความอื่นที่มีความหมายเหมือนกัน

ข้อ 11. ในกรณีที่มีผู้ร่วมวิจัยหลายคน **ผู้รับทุน**จะต้องเป็นผู้ตรวจสอบดูแลผู้ร่วมวิจัยทุกคนให้ปฏิบัติตามระเบียบ หลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติที่เกี่ยวข้องของ**ผู้ให้ทุน**อย่างเคร่งครัด

ข้อ 12. การระงับงานชั่วคราวและการบอกเลิกสัญญา

- (1) **ผู้ให้ทุน**มีสิทธิระงับงานชั่วคราวหรือบอกเลิกสัญญาได้ ถ้า**ผู้ให้ทุน**เห็นว่า**ผู้รับทุน**ไม่ได้ปฏิบัติงานด้วยความชำนาญหรือด้วยความเอาใจใส่ในวิชาชีพเท่าที่พึงคาดหมายได้จากนักวิจัยในระดับเดียวกัน หรือมิได้ปฏิบัติตามข้อสัญญาและเงื่อนไขที่กำหนดในสัญญานี้ ในกรณีเช่นนี้ **ผู้ให้ทุน**จะมีหนังสือแจ้งให้**ผู้รับทุน**ทราบ และการระงับงานชั่วคราวหรือบอกเลิกสัญญาดังกล่าวจะมีผลในเวลาไม่น้อยกว่า 60 วัน นับถัดจากวันที่**ผู้รับทุน**ได้รับหนังสือบอกกล่าวนั้น
- (2) **ผู้รับทุน**มีสิทธิบอกเลิกสัญญาได้ ถ้า**ผู้ให้ทุน**มิได้ปฏิบัติหน้าที่ความรับผิดชอบตามที่สัญญาระบุไว้ ในกรณีเช่นนี้ **ผู้รับทุน**จะต้องมีหนังสือถึง**ผู้ให้ทุน** ระบุรายละเอียดถึงสาเหตุและเหตุผลในการขอเลิกสัญญา ถ้า**ผู้ให้ทุน**มิได้ดำเนินการแก้ไขให้เป็นที่พอใจในระยะเวลา 30 วัน นับถัดจากวันที่ได้รับหนังสือบอกกล่าวนั้น **ผู้รับทุน**มีสิทธิบอกเลิกสัญญาได้
- (3) ในกรณีที่**ผู้รับทุน**ไม่สามารถทำการวิจัยให้เสร็จตามที่ได้ตกลงไว้ **ผู้รับทุน**ยินยอมคืนเงินอุดหนุนการวิจัยพร้อมทั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ และครุภัณฑ์ที่รับไปแล้วทั้งหมดหรือบางส่วนทั้งนี้ให้อยู่ในดุลพินิจของ**ผู้ให้ทุน**

ข้อ 13. **ผู้ให้ทุน**เป็นเจ้าของเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือครุภัณฑ์ใด ๆ ที่**ผู้รับทุน**ได้จัดซื้อโดยทุนทรัพย์ของ**ผู้ให้ทุน** จนกว่าจะมีการตกลงเป็นอย่างอื่น

ข้อ 14. **ผู้รับทุน**จะใช้และบำรุงรักษาครุภัณฑ์การวิจัยของ**ผู้ให้ทุน**ให้อยู่ในสภาพดี ใช้การได้อยู่เสมอ และ**ผู้รับทุน**ยินยอมให้**ผู้ให้ทุน**หรือผู้ที่ได้รับมอบหมายจาก**ผู้ให้ทุน**ตรวจตราครุภัณฑ์การวิจัยซึ่งเป็นทรัพย์สินของ**ผู้ให้ทุน** ตลอดขณะและทุกโอกาส และเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยตามโครงการแล้ว **ผู้รับทุน**จะส่งคืนครุภัณฑ์ให้แก่**ผู้ให้ทุน**ทันที นอกจากจะมีการตกลงกันเป็นอย่างอื่น

ข้อ 15. การบอกกล่าว

บรรดาคำบอกกล่าวหรือการให้ความยินยอมหรือความเห็นชอบใด ๆ ตามสัญญานี้ต้องทำเป็นหนังสือและจะต้องได้ส่งไปโดยชอบแล้ว หากได้จัดส่งทางหนึ่งทางใดดังต่อไปนี้ คือ

- (1) ส่งมอบโดยบุคคลแก่ผู้แทนที่ได้รับมอบหมายของคู่สัญญาแต่ละฝ่าย
- (2) ทางไปรษณีย์ลงทะเบียน
- (3) ทางโทรเลข โทรพิมพ์ หรือโทรสาร แล้วยืนยันเป็นหนังสือโดยเร็วไปยังชื่อและที่อยู่ของคู่สัญญา ดังต่อไปนี้

ก. ที่อยู่ของผู้ให้ทุน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี

อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

ข. ที่อยู่ของผู้รับทุน

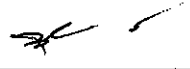
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

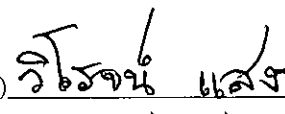
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

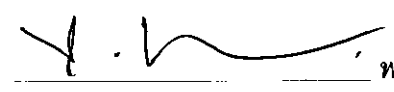
111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี

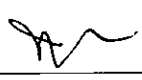
อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

สัญญานี้ทำขึ้นสองฉบับมีข้อความตรงกัน คู่สัญญาได้อ่านและเข้าใจข้อความในสัญญานี้ โดย
ตลอดแล้ว จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน และต่างเก็บไว้ฝ่ายละหนึ่งฉบับ

(ลงชื่อ)  ผู้ให้ทุน
(ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
ผู้รับมอบอำนาจจากอธิการบดี

(ลงชื่อ)  ผู้รับทุน
(อาจารย์วิโรจน์ แสงธงทอง)
หัวหน้าโครงการวิจัย

(ลงชื่อ)  พยาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิธิชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าสถานวิจัย
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

(ลงชื่อ)  พยาน
(นางพรประภา ช้อนสุข)
เจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา

แบบเสนอโครงการวิจัย

ประกอบการของงบประมาณเพื่อการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2545

.....

ทิศทางของการวิจัย การวิจัยที่นำประเทศไปสู่การพึ่งตนเอง

แผนวิจัย การสร้างเทคโนโลยีหรือวิธีการใช้เทคโนโลยีในประเทศ

หัวข้อวิจัย การวิจัยเพื่อพัฒนาคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์เพื่อลดการนำเข้าจากต่างประเทศ

ลักษณะข้อเสนอการวิจัย การวิจัยพื้นฐาน

ส่วน ก. : สารสำคัญของโครงการวิจัย

1.) ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย)

"ตัวสังเกตสถานะของโหลดทอร์กแบบปรับตัวเองได้ในเวลาไม่ต่อเนื่องสำหรับระบบเซอร์โวขับเคลื่อนมอเตอร์"

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาอังกฤษ)

"Discrete-Time, Adaptive Load-Torque Observer for Electrical Servo-Drives"

2.) หน่วยงานหลักที่รับผิดชอบงานวิจัย และที่อยู่

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ : (044) 2244395 , 224400

โทรสาร : (044) 224220

3.) หัวหน้าโครงการวิจัย (ภาษาไทย) อาจารย์วิโรจน์ แสงรงทอง

(ภาษาอังกฤษ) WIROTE SANGTUNGTONG

สัดส่วนที่ทำงานวิจัย 100%

4.) ประเภทของงานวิจัย การวิจัยประยุกต์

5.) สาขาวิชาที่ทำการวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมการศึกษา

6. คำสำคัญของเรื่องที่ทำการศึกษา (Keywords)

ตัวสังเกตโหลดทอร์ก(Load Torque Observer)

ตัวสังเกตสถานะแบบปรับค่าได้(Adaptive State Observer)

7. ความสำคัญที่มรของปัญหาที่ทำการศึกษา และการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง (reviewed literature)

เนื่องจากโหลดทอร์กเป็นแรงบิดต้านทานการหมุนของมอเตอร์และอุปกรณ์ส่งผ่านกำลังในระบบขับเคลื่อนเชิงกลและไฟฟ้า(ระบบเซอร์โว) ทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์หรือความเร็วรอบของระบบรวมขึ้นอยู่กับโหลดทอร์ก กล่าวคือถ้าโหลดทอร์กมีการเปลี่ยนแปลงตามการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของขนาดหรือน้ำหนักของภาระชิ้นงาน มอเตอร์จะมีความเร็วรอบเปลี่ยนแปลงจากเดิม นอกจากนี้โหลดทอร์กมีการเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายในและภายนอก เช่น อายุการใช้งาน ความต้านทานลมของรูปร่างหรือรูปทรงของภาระชิ้นงาน แรงเสียดทานที่เกิดจากพื้นผิวสัมผัสระหว่างภาระชิ้นงานและพื้นที่ทำงานซึ่งเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิและความชื้นอีกทอดหนึ่ง และรวมถึงความไม่แน่นอนของตัวเลขพารามิเตอร์ในระบบขับเคลื่อนเชิงกลและไฟฟ้า ปัจจัยเหล่านี้เป็นสาเหตุให้มอเตอร์มีความเร็วเปลี่ยนแปลงจากเดิมเช่นเดียวกัน เพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้น ในงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการออกแบบตัวชดเชยหรือตัวควบคุมระบบขับเคลื่อนเชิงกลและไฟฟ้าหรือประยุกต์ใช้ ในขั้นตอนการผลิตบางขั้นตอนที่ต้องการความแม่นยำสูงทางตำแหน่งและความเร็วรอบ เช่น การประกอบชิ้นงานหรือการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผงวงจรโดยใช้แขนกลหุ่นยนต์ การกัดกลึงตัดชิ้นงานหรืออะไหล่ที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์(ซีเอ็นซี) ฯลฯ ให้เป็นระบบวงปิด เป็นผลให้ระบบวงปิดจึงกล่าวมีความสัมฤทธิ์ผลทางด้านความแม่นยำตามที่ต้องการ ในส่วนของแผนการสร้างตัวชดเชยหรือตัวควบคุมที่กล่าวถึง ได้มีการใช้ข้อมูลของโหลดทอร์กเป็นข้อมูลป้อนกลับให้กับตัวควบคุม ทำให้มีความจำเป็นต้องเพิ่มอุปกรณ์ตรวจวัดโหลดทอร์กเชื่อมติดเข้ากับเพลาหมุนของมอเตอร์ นั่นคือเป็นการเพิ่มพื้นที่ทำงานและเพิ่มค่าใช้จ่ายที่สูงมากซึ่งเกิดจากอุปกรณ์ตรวจวัดโหลดทอร์กมีราคาแพง เมื่อพิจารณางานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการสร้างและออกแบบตัวสังเกตสถานะของโหลดทอร์กในรูปของโปรแกรมชุดคำสั่งภาษาแอสเซมบลีที่ถูกละประมวลผลในชิปประมวลผลสัญญาณ(DSP)หรือชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ทดแทนอุปกรณ์ตรวจวัดดังกล่าว เป็นผลให้ค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบวงปิดมีต้นทุนลดลง แต่ตัวสังเกตสถานะของโหลดทอร์กที่ได้ต้องการตัวเลขพารามิเตอร์ของระบบที่คงที่และเที่ยงตรงกับความเป็นจริง จึงจะได้ผลลัพธ์ของการคำนวณหรือการประมาณ โหลดทอร์กที่เที่ยงตรงกับความเป็นจริงเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาในทางปฏิบัติ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมจะเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สามารถทำนายได้ในตัวเลขพารามิเตอร์ของระบบ ทำให้ค่าพารามิเตอร์ของระบบมีความไม่แน่นอนหรือไม่คงที่ในระหว่างการทำงาน เป็นผลให้การประมาณโหลดทอร์กไม่ตรงกับความเป็นจริงเช่นเดียวกัน เพื่อแก้ไขหรือลดผลกระทบจากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ แนวคิดของการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในตัวสังเกตสถานะของโหลดทอร์กหรือแนวคิดของการปรับตัวเองได้ในระหว่างการทำงาน จึงเป็นทางเลือกใหม่ของการออกแบบตัวสังเกตสถานะเพื่อให้ได้การคำนวณหรือการประมาณโหลดทอร์กที่ตรงกับความเป็นจริงหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริงในทางปฏิบัติ

8.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 8.1) พัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์และอัลกอริธึม รวมถึงตรวจสอบเสถียรภาพของตัวสังเกตสถานะของโพลทอร์คแบบปรับตัวเองได้ในเวลาไม่ต่อเนื่อง
- 8.2) จัดทำโปรแกรมตัวสังเกตสถานะของโพลทอร์คแบบปรับตัวเองได้ในเวลาไม่ต่อเนื่อง
- 8.3) ตรวจสอบทฤษฎีของการออกแบบตัวสังเกตสถานะของโพลทอร์คแบบปรับตัวเองได้ในเวลาไม่ต่อเนื่อง โดยการทดลองเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา

9.) การใช้ประโยชน์ของผลงานวิจัย เป็นพื้นฐานในการวิจัยต่อไป

และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ มหาวิทยาลัยต่างๆ หน่วยงานเอกชนและบริษัทที่เกี่ยวข้องกับการผลิตการสร้างเครื่องจักรกลชนิดอื่นและอุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์

10.) ทฤษฎีหรือกรอบแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบตัวสังเกตสถานะของโพลทอร์คแบบปรับตัวเองได้ในเวลาไม่ต่อเนื่อง ยังไม่มีปรากฏในประเทศไทย ถ้าหากมีการพัฒนางานวิจัยอย่างต่อเนื่อง ผลลัพธ์ที่ตามมาคือการเกิดทฤษฎีใหม่(องค์ความรู้ใหม่)หรือเทคโนโลยีใหม่ในอนาคต นอกจากนี้การคำนวณตัวแปรสถานะของโพลทอร์คให้ตรงกับความเป็นจริงหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริง มีส่วนสำคัญที่ทำให้ตัวควบคุมหรือตัวขับเคลื่อนซึ่งข้อมูลนี้ยังกลับการป้อนพลังงานจากแหล่งจ่ายให้กับระบบผสมเชิงกลไฟฟ้าไม่ขาดไม่เกิน เพื่อให้ได้ความแม่นยำที่ต้องการ นั่นคือเป็นการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า

11.) เอกสารอ้างอิง

- 11.1) W. Leonhard: "Control of Electrical Drives", Springer-verlag, 1996.
- 11.2) C.M. Onz: "Dynamic Simulation of Electric Machinery Using Matlab/Simulink", Phentice Hall, 1998.
- 11.3) KO, J.S., LEE, J.H., CHUNG, S.K., and YOUN, M.J. : "A Robust Digital Position Control of Brushless DC Motor with Dead Beat Load Torque Observer", IEEE Trans. Ind. Electron., 1993, 40, (5), pp. 512-520

12.) ระเบียบวิธีวิจัย

- 12.1) ศึกษาสำรวจงานวิจัยที่ปรากฏมาก่อน
- 12.2) พัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์และอัลกอริธึมของตัวสังเกตสถานะของโพลทอร์คแบบปรับตัวเองได้
- 12.3) ตรวจสอบเสถียรภาพของตัวสังเกตสถานะของโพลทอร์คแบบปรับตัวเองได้
- 12.4) ทำการจำลองเลียนแบบ(Simulation)เพื่อหาจุดบกพร่องของทฤษฎีโดยจำลองเงื่อนไขในกรณีต่างๆ เช่น มอเตอร์หมุนในทิศทางเดียว มอเตอร์หมุนกลับทิศทาง กรณีที่มีและไม่มีโพลทอร์ค และกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ในระบบ

16). แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี หรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

16.1) เสนอบทความลงตีพิมพ์ในวารสารของการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า(EECON)และเสนอบทความลงตีพิมพ์ในวารสารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งมีกลุ่มเป้าหมายคือนักศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษาและอาจารย์ที่สังกัดมหาวิทยาลัยต่างๆในประเทศไทย

16.2) แสดงผลงานที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 1 ครั้งเป็นอย่างน้อยในงานนิทรรศการทางด้านวิชาการที่ทางมหาวิทยาลัยเป็นผู้จัด ซึ่งมีกลุ่มเป้าหมายคือผู้เข้าเยี่ยมชมงาน หน่วยงานเอกชนและบริษัทที่เกี่ยวข้องกับการผลิตการสร้างเครื่องจักรกลซีเอ็นซีและอุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์

17.) อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

17.1) อุปกรณ์วิจัยที่มีอยู่แล้ว

- เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล S0486DX4-100
- มอเตอร์กระแสสลับสามเฟสเหนี่ยวนำและมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน
- ชุดอุปกรณ์สร้างโหลดทอร์กหรือเพนดูลัม
- อุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์
- อุปกรณ์วัดความเร็วรอบหรือทาโคมิเตอร์
- ออสซิลโลสโคปแบบบันทึกรูปคลื่นหรือสัญญาณได้
- สายไฟ, คลิปป์ิง ฯลฯ.

17.2) อุปกรณ์ที่ต้องการเพิ่มเติม

- การ์ดแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิทัลและดิจิทัลเป็นอะนาล็อกขนาด 12 บิตหรือ 16 บิต
- อุปกรณ์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า(เซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า)
- อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

17.3) อุปกรณ์ที่ต้องขอเช่า

- อุปกรณ์ตรวจวัดโหลดทอร์กและวงจรปรุงแต่งสัญญาณ

18.) รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอ (เฉพาะปีที่เสนอขอ) ตามหมวดเงินประเภทต่างๆ

รายการค่าใช้จ่าย	งบประมาณที่เสนอขอปี 2545 (บาท)
1. ค่าใช้สอย	
- ค่าเช่าอุปกรณ์ตรวจวัดโพลทอร์คและค่าเช่าสถานที่	10,000
- อื่นๆ เช่น ค่าขนย้ายอุปกรณ์ ค่าทำเอกสารรายงาน ฯลฯ	10,000
2. ค่าวัสดุ	
- ค่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า	6,000
3. ค่าจ้างชั่วคราว	
- ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยระดับปริญญาตรีเดือนละ 2000 บาท / 12 เดือน	24,000
รวม	50,000

19.) วันที่เริ่มปฏิบัติงานที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 1 พฤศจิกายน 2542

(ลายเซ็น) วิโรจน์ แสงทอง
(อาจารย์วิโรจน์ แสงทอง)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ 23 เดือน ตุลาคม ... พ.ศ. 2544

(ลายเซ็น) ดร.สรวิทย์ สุนทร
(รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิทย์ สุนทร)

หัวหน้าสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

วันที่ 24 เดือน ... ๗-๑-... พ.ศ. 44

(ลายเซ็น) ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์)

หัวหน้าสถานวิจัย

วันที่ 24 เดือน ๗-๑-... พ.ศ. 44

ส่วน ๒ : ประวัติของผู้วิจัย

ชื่อ อาจารย์วีโรจน์ แสงธงทอง

WIROTE SANGTUNGTONG

ตำแหน่ง อาจารย์

สถานศึกษา คณะวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

11 ถนนพหลโยธิน ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง

จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ (044) 224395 , 224400

โทรสาร (044) 224220

E-mail: ce.wirote@ccs.sut.ac.th

การศึกษา

2539 ปริญญาตรี วศ.บ.(วิศวกรรมระบบควบคุม)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2542 ปริญญาโท วศ.ม.(วิศวกรรมไฟฟ้า)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สาขาวิชาที่ชำนาญ

- ระบบควบคุม
- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง
- วงจรไฟฟ้าพื้นฐาน

ภาคผนวก ง

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

บทความนี้ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 20 วันที่ 13-14 พฤศจิกายน 2540 ณ โรงแรมโซลทวินทาวเวอร์ ถนนพระราม 6 ดัดใหม่ กรุงเทพมหานคร ซึ่งดำเนินการจัดประชุมโดย ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CT18

การออกแบบตัวควบคุมพีดีแบบปรับค่าได้สำหรับระบบแท่นหมุนเครื่องถ่ายภาพตัดขวาง

Adaptive PD Controller Design for CT-Scanner Gantry

วิโรจน์ แสงธงทอง

โยธิน เปรมปราณีรัชต์

นักศึกษาปริญญาโท

รองศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทร (02)326-9985, 326-9986 (ext. 5102) โทรสาร (02)326-7339 Email : s9061006@kmitl.ac.th

สุทธิ ผู้เจริญชะชัย

หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

โทร (02)955-0285-93

โทรสาร (02)955-0284

Email : suthee@nwg.nectec.or.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบระบบควบคุมพีดี(PD)แบบปรับค่าได้ในงานควบคุมแท่นหมุนเครื่องถ่ายภาพตัดขวาง เพื่อชดเชยแรงเสียดทานหนืดและแรงเสียดทานคูลอมบ์ซึ่งมีคุณลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นที่เกิดขึ้นในระบบ วิธีการชดเชยแรงเสียดทานซึ่งเป็นพารามิเตอร์จริงของระบบที่ไม่ทราบค่าแน่นอนจะทำได้โดยส่วนควบคุมป้อนล่วงหน้าของตัวควบคุม ในส่วนของการออกแบบตัวควบคุมจะเริ่มจากการกำหนดส่วนควบคุมป้อนล่วงหน้าและส่วนควบคุมป้อนกลับซึ่งเป็นตัวควบคุมแบบพีดี จากนั้นจะหา

เงื่อนไขที่ทำให้ระบบมีเสถียรภาพ เพื่อกำหนดส่วนที่ใช้ในการประมาณพารามิเตอร์ของส่วนควบคุมป้อนล่วงหน้า ผลการทดลองจะเปรียบเทียบผลตอบสนองที่ได้จากการใช้ตัวควบคุมแบบพีดีธรรมดาและแบบปรับค่าได้

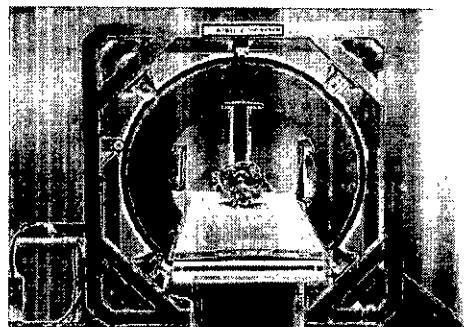
Abstract

This paper presents adaptive PD controller design for motion control of a CT-scanner gantry. The gantry is a mechanical system containing viscous and coulomb frictions, which are nonlinear and difficult to identify the exact values. To cope with

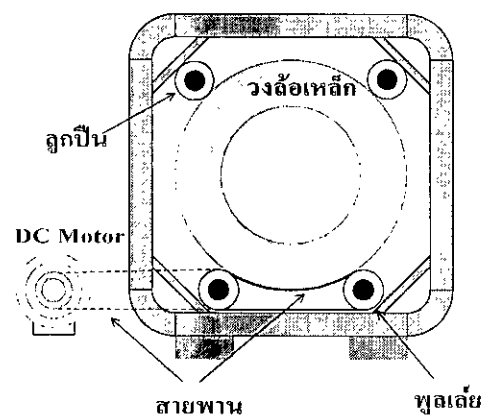
these nonlinear disturbances, a novel controller design method is developed. Specifically, the controller structure is composed of feedback and feedforward parts. The feedback part is PD control, while the feedforward one is based on a new adaptive control including the friction model. Analysis of closed-loop system is performed to derive a stability condition and a suitable adaptation law. The adaptive controller is experimentally implemented and tested on the gantry, resulting improvement over conventional PD controller.

1 บทนำ

ระบบแท่นหมุน (rotating gantry system) ของเครื่องถ่ายภาพตัดขวาง (CT-scanner) ในรูปที่ 1. จะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นอุปกรณ์เชิงกลต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2. เนื่องจากหลอดรังสีเอกซ์ที่ติดตั้งกับวงล้อเหล็กและตัววงล้อเหล็กมีน้ำหนักมาก ทำให้จุดส่งกำลังซึ่งเป็นตัวส่งกำลังระหว่างวงล้อเหล็ก พูลเลย์ สายพาน และมอเตอร์ จัดแรงเสียดทานขึ้น แรงเสียดทานดังกล่าวจะมีคุณลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น และเป็นพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าแน่นอนในทางปฏิบัติ ดังนั้นในการควบคุมการเคลื่อนที่ของแท่นหมุนเครื่องถ่ายภาพตัดขวางโดยใช้ตัวควบคุมแบบเชิงเส้น เช่น ตัวควบคุมแบบพีไอดี (PID) จะให้ผลตอบสนองที่ผู้เข้าหาสัญญาณอ้างอิงได้ไม่ดีพอ วิธีหนึ่งในการเพิ่มความสามารถของตัวควบคุมในการชดเชยคุณลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้นของแรงเสียดทาน คือการเลือกตัวควบคุมที่รวมการชดเชยคุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้น เช่น ตัวควบคุมแบบปรับค่าได้ เพื่อชดเชยให้ผลตอบสนองผู้เข้าหาสัญญาณอ้างอิง (trajectory) มากขึ้นในขณะใช้งาน



รูปที่ 1 ระบบแท่นหมุนเครื่องถ่ายภาพตัดขวาง



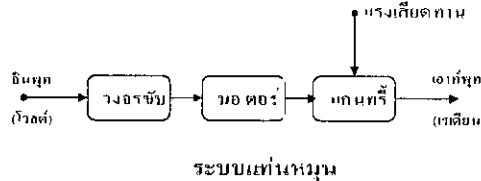
รูปที่ 2 ส่วนประกอบเชิงกลของระบบแท่นหมุน

จากการหาแบบจำลองและประมาณค่าพารามิเตอร์ของระบบแท่นหมุน [1] จะได้สมการของระบบแท่นหมุนที่ประกอบไปด้วยเทอมของโมเมนต์ความเฉื่อย แรงเสียดทานหนืด แรงเสียดทานคูลอมบ์ และสัญญาณอินพุต ดังนั้นการออกแบบตัวควบคุมแบบปรับค่าได้ในงานควบคุมระบบแท่นหมุนที่ประกอบไปด้วยส่วนควบคุมป้อนกลับซึ่งเป็นตัวควบคุมแบบพีดี (PD) และส่วนควบคุมป้อนล่วงหน้าเช่นเดียวกับการออกแบบตัวควบคุมในงานระบบการลำเลียงผลิตภัณฑ์ [2] จะต้องเพิ่มเติมการชดเชยแรงเสียดทานหนืดในส่วนควบคุมป้อนล่วงหน้า

2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบแท่นหมุน

นอกจากระบบแท่นหมุนจะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นอุปกรณ์เชิงกลดังที่กล่าวข้างต้นแล้ว ระบบแท่นหมุนยังมีอุปกรณ์ทางไฟฟ้าเพิ่มเติมอีกคือ วงจร

ขับ(driver)ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าศักดาสูงให้กับมอเตอร์ และเอนโค้ดเดอร์(encoder)ทำหน้าที่วัดตำแหน่งการหมุนของวงล้อเหล็ก จากนั้นไปเรียกวงล้อเหล็ก พูลเลย์ และลูกปืนรวมกันว่าแกนทรี(gantry)ซึ่งสามารถเขียนเป็นแผนภาพของระบบแท่นหมุนได้ในรูปที่ 3.



รูปที่ 3 แผนภาพรวมของระบบแท่นหมุน

ในระบบแท่นหมุนจะมีแรงเสียดทาน 3 ชนิดที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสกันของวัตถุ คือแรงเสียดทานสถิตย์(static friction) แรงเสียดทานคูลอมบ์(coulomb friction) และแรงเสียดทานหนืด(viscous friction) [2] ในที่นี้จะกำหนดให้แรงเสียดทานหนืดแปรผันโดยตรงกับความเร็วของวัตถุ ส่วนแรงเสียดทานสถิตย์และแรงเสียดทานคูลอมบ์จะมีจุดลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นดังแสดงในรูปที่ 4

เมื่อพิจารณาการหมุนของวงล้อเหล็ก จะเป็นไปตาม กฎของนิวตันซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$m\ddot{x} + d\dot{x} = u + f \quad (1)$$

โดยที่ x คือตำแหน่งของวงล้อเหล็ก(เรเดียน)

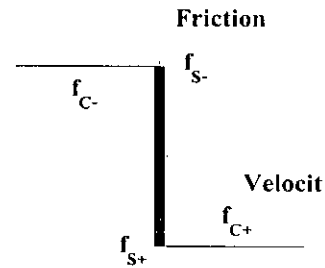
m คือมวลของวงล้อเหล็ก

d คือสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานหนืด

u คือสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้าวงจรขับ (โวลต์)

และ f คือแรงเสียดทานรวมของระบบแท่นหมุน

เรียก m , d และ f ว่าพารามิเตอร์จริงของระบบแท่นหมุน ในส่วนของแรงเสียดทานรวมของระบบแท่นหมุน คือแรงเสียดทานสถิตย์และแรงเสียดทานคูลอมบ์จะเขียนเป็นสมการได้ดังนี้



รูปที่ 4 แบบจำลองของแรงเสียดทาน

$$f = [f_{c+}\eta + f_{c-}(1-\eta)](1-\xi) + [f_{s+}\mu + f_{s-}(1-\mu)]\xi \quad (2)$$

โดยการเกิดแรงเสียดทานสถิตย์และแรงเสียดทานคูลอมบ์จะมีเงื่อนไขดังนี้

$$\begin{aligned} \eta &= 1 (\dot{x} \geq 0); \xi = 1 (\dot{x} = 0); \mu = 1 (u \geq 0) \\ \eta &= 0 (\dot{x} < 0); \xi = 0 (\dot{x} \neq 0); \mu = 0 (u < 0) \end{aligned}$$

3 การออกแบบตัวควบคุม

ในการออกแบบตัวควบคุมแบบปรับค่าได้ของระบบแท่นหมุนเครื่องถ่ายภาพตัดขวางที่ผ่านมา [1] จะใช้ความเร่งจริงของวงล้อเหล็กที่ได้จากการคำนวณ($\ddot{x}$)มาประมาณค่าพารามิเตอร์(on-line estimation) แต่การคำนวณความเร่งโดยใช้ตำแหน่งที่ได้จากการวัดจะต้องหาอนุพันธ์เทียบกับเวลาถึงสองครั้ง เป็นเหตุให้สัญญาณรบกวนที่ปะปนมากับการวัดตำแหน่งถูกขยายตามและมีผลต่อประมาณค่าพารามิเตอร์ จุดประสงค์ของหัวข้อนี้คือการนำความเร่งของสัญญาณอ้างอิง ($\ddot{x}_d$)มาใช้แทนความเร่งที่ได้จากการคำนวณเพื่อลดสัญญาณรบกวนในการประมาณค่าพารามิเตอร์[3]

ขั้นแรกกำหนดสัญญาณควบคุม(control law)ที่ป้อนเข้าวงจรขับดังนี้

$$u = m\dot{\ddot{x}}_r + d\dot{x}_r - K_D E - \hat{f} \quad (3)$$

โดยที่ $\hat{m}, \hat{d}, \hat{f}$ คือพารามิเตอร์ของระบบแทน
หุนที่ได้จากการประมาณ และ K_D คือค่าเกนของ
ตัวควบคุมแบบดิ(derivative gain)ซึ่งมีค่าเป็นบวก
เสมอ เทอมของส่วนควบคุมย้อนกลับ ค่าความผิดพลาดรวมของตำแหน่งและความเร็วจะเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E = \tilde{x} + \lambda \tilde{x} \quad (4)$$

โดยที่ $\tilde{x} = x - x_d$ เมื่อ x_d คือตำแหน่งที่ต้องการในสัญญาณอ้างอิง และ $K_D \lambda$ คือค่าเกนของตัวควบคุมแบบพี(proportional gain) ซึ่ง λ มีค่าเป็นบวกเสมอ เทอมของส่วนควบคุมป้องกันที่ชดเชยโมเมนต์ความเฉื่อยและแรงเสียดทานหนืดสัญญาณอ้างอิงจะรวมกับค่าความผิดพลาดเขียนเป็นสมการได้

$$x_r = \dot{x}_d - \lambda \tilde{x} \quad (5)$$

เนื่องจากแรงเสียดทานสถิตย์มีผลต่อการหมุนเมื่อวงล้อเล็กเริ่มเคลื่อนที่เท่านั้น หลังจากที่วงล้อเล็กเคลื่อนที่ได้แล้วแรงเสียดทานสถิตย์จะหมดไป ดังนั้นในการออกแบบตัวควบคุมจะชดเชยแรงเสียดทานคูลอมบ์และแรงเสียดทานหนืดเท่านั้น การชดเชยแรงเสียดทานคูลอมบ์จะชดเชยที่ความเร็วในทิศทางบวกและทิศทางลบตามสมการ

$$\hat{f} = \hat{f}_{c+} \eta + \hat{f}_{c-} (1 - \eta) \quad (6)$$

เงื่อนไขในการชดเชยแรงเสียดทานจะเป็นเช่นเดียวกับเงื่อนไขในการเจดแรงเสียดทาน ต่อมาหาสมการระบบปิดโดยการนำสัญญาณควบคุมในสมการที่ (3) แทนลงในสมการที่ (1) ซึ่งเป็นสมการระบบเปิด จะได้

$$m\dot{E} + (K_D + d)E = Y\tilde{p} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{โดยที่ } Y &= [\dot{x}_r \quad x_r \quad -\eta \quad -(1-\eta)] \\ \tilde{p} &= [\tilde{m} \quad \tilde{d} \quad \tilde{f}_{c+} \quad \tilde{f}_{c-}]^T \\ \tilde{m} &= \hat{m} - m, \quad \tilde{d} = \hat{d} - d \\ \tilde{f}_{c+} &= \hat{f}_{c+} - f_{c+} \\ \text{และ } \tilde{f}_{c-} &= \hat{f}_{c-} - f_{c-} \end{aligned}$$

จากนั้นเลือกฟังก์ชันของเลียปูนอฟ (Lyapunov function) ให้อยู่ในรูป

$$V = \frac{1}{2}mE^2 + \frac{1}{2}\tilde{p}^T \Gamma \tilde{p} \quad (8)$$

โดยที่ Γ คือเมตริกซ์สมมาตรที่มีคุณสมบัติเป็น positive definite จากนั้นหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันเลียปูนอฟในสมการที่ (8) เทียบกับเวลา และแทนสมการระบบปิดในสมการที่ (7) จะได้

$$\dot{V} = -(K_D + d)E^2 + \tilde{p}^T (Y^T E + \Gamma \dot{\tilde{p}}) \quad (9)$$

เพื่อให้ระบบปิดในสมการที่ (7) เกิดเสถียรภาพ จะกำหนดให้เทอมที่สองของอนุพันธ์ฟังก์ชันเลียปูนอฟในสมการที่ (9) เท่ากับศูนย์ ซึ่งจะได้ส่วนที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์(adaptation law) และการลดรูปของสมการที่ (9)ดังนี้

$$\dot{\tilde{p}} = \dot{\hat{p}} = -\Gamma^{(-1)}Y^T E \quad (10)$$

$$\dot{V} = -(K_D + d)E^2 \leq 0 \quad (11)$$

จะได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไป ฟังก์ชันของเลียปูนอฟในสมการที่ (8) จะมีค่าลดลงเรื่อยๆ จนเข้าสู่ค่าใด

จำนวน หรือเมื่อ $t \rightarrow \infty$ ส่งผลให้ $E \rightarrow 0$ จากสมการที่ (4) เมื่อ $E \rightarrow 0$ จะทำให้ $\ddot{x} \rightarrow 0$ และ $\dot{x} \rightarrow 0$ เนื่องจากการเลือกใช้ $\lambda > 0$ สำหรับการปรับค่านั่นกำหนดให้ $\Gamma^{(-1)} = \text{diag}[\gamma_1 \quad \gamma_2 \quad \gamma_3 \quad \gamma_3]$ โดยที่ γ_1, γ_2 และ γ_3 คือค่าเกนที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (adaptation gain) ซึ่งมีค่าเป็นบวก จากนั้นจะหาสมการที่ (10) ได้เป็น

$$\begin{aligned}\dot{\hat{x}} &= \dot{\tilde{x}} = -\gamma_1 \dot{x}_r E \\ \dot{\hat{d}} &= \dot{\tilde{d}} = -\gamma_2 \dot{x}_r E \\ \dot{\hat{f}}_{c+} &= \dot{\tilde{f}}_{c+} = \gamma_3 E \eta \\ \dot{\hat{f}}_{c-} &= \dot{\tilde{f}}_{c-} = \gamma_3 E (1 - \eta)\end{aligned}\quad (12)$$

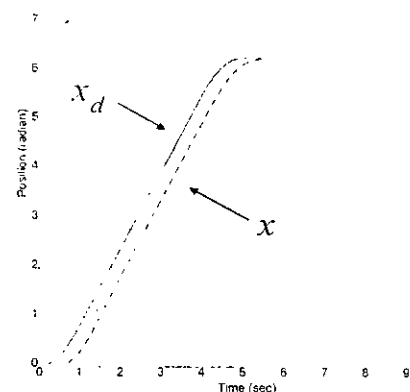
ข้อดีของกฎการปรับค่าตามสมการที่ (12) คือการหลีกเลี่ยงการใช้ความเร่งจริง ($\ddot{x}$) ซึ่งอ่อนไหว (sensitive) ต่อสัญญาณรบกวน โดยเปลี่ยนเป็นการใช้ความเร็วของสัญญาณอ้างอิง ($\dot{x}_r$) ซึ่งสร้างได้โดยประมวลผลสัญญาณรบกวนแทน นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับ [2] วิธีการออกแบบตัวควบคุมในบทความนี้สามารถใช้ได้กว้างขวางกว่าเนื่องจากครอบคลุมถึงการลดความเร็วเชิงเสียดทานหนืด (viscous friction) ด้วย

4 ผลการทดลอง

การทดลองควบคุมการหมุนของวงล้อเล็กจะใช้ตัวควบคุมแบบพีดีและแบบปรับค่าได้เพื่อเปรียบเทียบผลตอบสนองของการใช้ตัวควบคุมทั้งสองแบบ ในส่วนของตัวควบคุมแบบพีดีจะปรับค่าเกน K_D และ λ จนให้ผลตอบสนองของตำแหน่งที่ไม่เกิดโอเวอร์ชูต (overshoot) และค่าความผิดพลาดที่สถานะคงตัว (steady-state error) ต่ำ จากการทดลองปรับค่าเกนดังกล่าวจะใช้ตัวเลขค่าเกน 0.2 และ 38.34 ตามลำดับ ซึ่งในภายหลังจะสามารถใช้เลขบวกจำนวนใดๆ ก็ได้ วิธีการปรับค่าเกน K_D และ λ จะเหมือนกับปรับค่าเกนของตัวควบคุมพีดีแบบธรรมดาโดยที่

$K_p = K_D \lambda$ ค่อยนำค่าเกน K_D และ λ ค่าเดียวกันนี้ไปใช้ในตัวควบคุมแบบปรับค่าได้

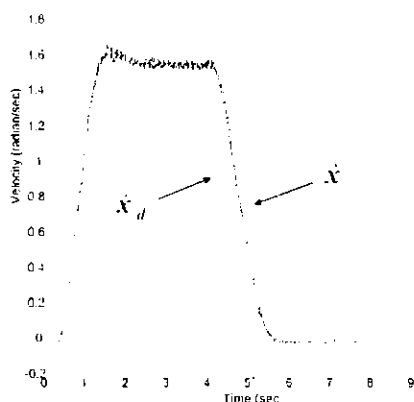
ในส่วนของตัวควบคุมแบบปรับค่าได้จะพยายามเลือกค่าเกน γ_1, γ_2 และ γ_3 ให้มากที่สุดเพื่อให้พารามิเตอร์ของระบบแทนหมุนที่ได้จากการประมาณมีขนาดเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นที่ศูนย์ จนมีขนาดมากพอที่จะชดเชยพารามิเตอร์จริงของระบบในเวลาอันสั้นได้ แต่การเพิ่มค่าเกนดังกล่าวต้องไม่ทำให้สัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้าวงจรขับ (u) มีขนาดใหญ่นอกช่วงการใช้งานหรือเกิดการอิ่มตัว (saturation) และวงล้อเล็กต้องหมุนได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่เกิดการกระตุกในระหว่างเคลื่อนที่ จากการทดลองเลือกใช้ค่าเกน γ_1, γ_2 และ γ_3 เท่ากับ $2.56 \times 10^{(-5)}$, $2.68 \times 10^{(-6)}$ และ 0.0016 ตามลำดับ ถ้าใช้ค่าเกนชุดดังกล่าวให้มีขนาดเล็กลง ตัวควบคุมแบบปรับค่าได้จะมีลักษณะใกล้เคียงกับตัวควบคุมแบบพีดี แต่ถ้าปรับให้มีขนาดมากขึ้น ส่วนควบคุมป้อนล่วงหน้าจะชดเชยและเสริมสมรรถนะของระบบให้ดีขึ้น เพราะพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณโดยใช้สมการที่ (12) จะมีขนาดเข้าใกล้ค่าจริงเร็วขึ้น ผลตอบสนองของตำแหน่งและความเร็วของวงล้อเล็กที่ได้จากการใช้ตัวควบคุมแบบพีดีและแบบปรับค่าได้จะแสดงได้ในรูปที่ 5 และรูปที่ 6 เส้นทึบของรูปทั้งสองจะแทนสัญญาณอ้างอิง และเส้นประแทนผลตอบสนองเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบพีดีและแบบปรับค่าได้



รูปที่ 5 ผลตอบสนองตำแหน่งของระบบแทนหมุน

เมื่อเปรียบเทียบความผิดพลาดตำแหน่ง (position error) ระหว่างการใช้ตัวควบคุมแบบพีดี (เส้นประ) และตัวควบคุมแบบปรับค่าได้ (เส้นทึบ) ดังในรูปที่ 7 จะได้ว่าช่วงที่สัญญาณอ้างอิงมีความเร็วคงที่ ตัวควบคุมแบบปรับค่าได้จะให้ความผิดพลาดน้อยกว่าตัวควบคุมแบบพีดี โดยเฉพาะที่สภาวะคงตัว ตัวควบคุมแบบปรับค่าได้จะให้ผลตอบสนองที่ลู่เข้าหาสัญญาณอ้างอิงมากกว่า

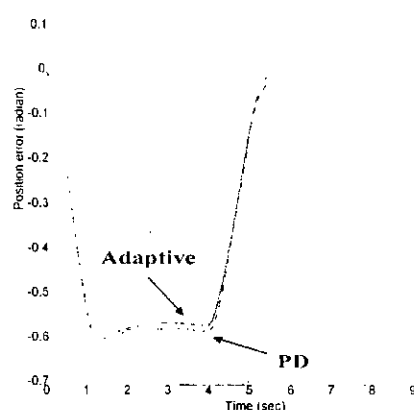
เนื่องจากผลตอบสนองความเร็วของวงล้อ เหล็กที่ได้จากการชดเชยด้วยตัวควบคุมทั้งสองแบบ เป็นสัญญาณที่ไม่เรียบ ทำให้เปรียบเทียบความผิดพลาดความเร็วโดยตรงได้ยาก ดังนั้นจึงนำความผิดพลาดความเร็วที่ได้จากการใช้ตัวควบคุมทั้งสองไปหาค่า $\int |e(t)| dt$ (IAE) แล้วนำมาเขียนกราฟดังในรูปที่ 8 จะได้ว่าตัวควบคุมแบบปรับค่าได้ (เส้นทึบ) จะให้ความผิดพลาดความเร็วโดยรวมน้อยกว่าตัวควบคุมแบบพีดี (เส้นประ)



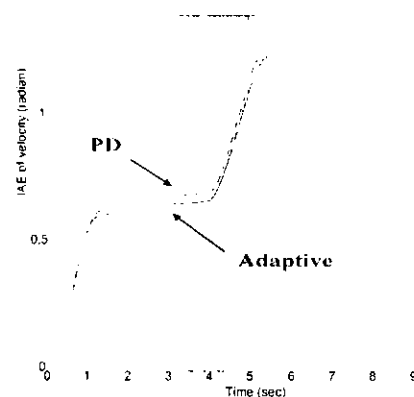
รูปที่ 6 ผลตอบสนองความเร็วของระบบแท่นหมุน

เมื่อพิจารณาสัญญาณอินพุตที่ป้อนให้วงจร ขับดังในรูปที่ 9 จะพบว่า ที่สภาวะคงตัว ตัวควบคุมแบบปรับค่าได้ (เส้นทึบ) จะลดแรงดันเหลือศูนย์ แต่ตัวควบคุมแบบพีดี (เส้นประ) จะคงค่าแรงดันส่วนหนึ่งไว้ นั่นคือตัวควบคุมแบบปรับค่าได้จะใช้พลังงานควบคุมน้อยกว่าตัวควบคุมแบบพีดี

จากผลการทดลองจะได้ว่าในช่วงการตอบสนองชั่วคราว (transient) ตัวควบคุมแบบปรับค่าได้จะมีลักษณะเหมือนกับตัวควบคุมแบบพีดี เพราะพารามิเตอร์ของระบบที่ได้จากการประมาณในส่วนควบคุมป้อนล่วงหน้ายังไม่ลู่เข้าค่าจริง จนเมื่อเข้าใกล้สภาวะคงตัว ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวมีขนาดใกล้เคียงค่าจริงมากขึ้น ทำให้ส่วนควบคุมป้อนล่วงหน้าชดเชยพารามิเตอร์จริงของระบบได้ดีขึ้น เป็นเหตุให้ผลตอบสนองลู่เข้าหาสัญญาณอ้างอิงได้มากขึ้นตามลำดับ



รูปที่ 7 เปรียบเทียบความผิดพลาดตำแหน่ง

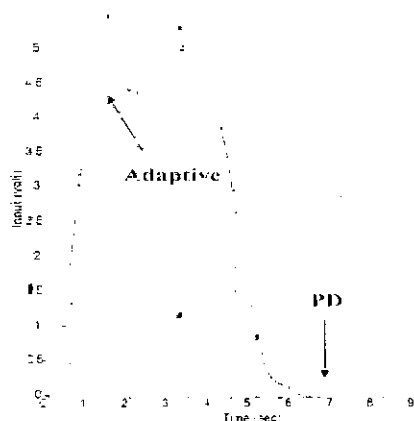


รูปที่ 8 เปรียบเทียบ IAE ของความเร็ว

5 สรุป

ในการออกแบบตัวควบคุมพีดีแบบปรับค่าได้แบบใหม่ซึ่งใช้กับระบบแท่นหมุนเครื่องถ่ายภาพตัดขวาง เพื่อชดเชยพารามิเตอร์จริงของระบบที่ไม่ทราบค่าแน่นอน เช่น แรงเสียดทานคูลอมบ์ แรงเสียด

ทานะฮะชิ และโมเมนต์ความเฉื่อย จะช่วยให้ผล
ควบคุมดีขึ้นโดยรวมของระบบดีขึ้นและใช้พลังงานใน
การควบคุมน้อยกว่าการใช้ตัวควบคุมพีดีธรรมดาซึ่ง
เป็นตัวควบคุมที่ไม่มีตัวชดเชยพารามิเตอร์จริง ใน
ส่วนของกราฟหึ่งแรงเสียดทานอาจจะเพิ่มการชด
เชยแรงเสียดทานสถิตย์ เพราะแรงเสียดทานสถิตย์
สามารถหาขนาดได้โดยตรง



รูปที่ 5 เปรียบเทียบแรงดันของสัญญาณอินพุต

6 กิจกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณอจิสึกดิ์ แฉิงสารกิจ จาก
บริษัทไทยแมชชีนโปรดักส์จำกัด ที่ช่วยให้คำแนะนำ
ทางเทคนิค

เอกสารอ้างอิง

- [1] อจิสึกดิ์ แฉิงสารกิจ, "การออกแบบระบบควบคุม
แม่นยำสูงสำหรับโต๊ะยกอัตโนมัติ", วิทยานิพนธ์
สำหรับปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2539
- [2] Weiping Li and Xu Cheng, "Adaptive High-
Precision Control of Positioning Tables - Theory
and Experiments", IEEE Transaction on Control
Systems Technology, Vol. 2, No. 3, September
1994
- [3] Mark W. Spong and M. Vidyasagar, "Robot
Dynamics and Control", John Wiley & Sons,
1989

โครงการวิจัยเรื่อง

Name of Project

วิจัย เรื่อง เกษตรการของเกษตรกรแบบปรับตัวเองได้ ในเวลา
ไม่เกิน ๑๕ เดือน สำหรับระบบเพื่อวิจัยและเรียนรู้

รายการค่าใช้จ่าย Expenditures	Budget (baht)		
	งวดที่ 1* 1 st Installment	งวดที่ 2 2 nd Installment	รวมทั้งหมด Total
1. ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด) Temporary Wages (show details)			
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยระดับปริญญาตรี เดือนละ ๒,๐๐๐ บาท 12 เดือน	12,000	12,000	24,000
รวมค่าจ้างชั่วคราว Total	12,000	12,000	24,000
2. ค่าตอบแทน ใช้สอย วัสดุ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด) Compensation, Service contract, and nonrenewable materials expenses (show details)			
อุปกรณ์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า	3,000	-	3,000
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	3,000	-	3,000
ค่าเช่าอุปกรณ์ตรวจวัดโหลด	-	10,000	10,000
ค่าเช่าสถานที่	-	4,000	4,000
ค่าทำเอกสารรายงาน	3,000	3,000	6,000
รวมค่าตอบแทน ใช้สอยและค่าวัสดุ Total	9,000	17,000	26,000
3. ค่าครุภัณฑ์ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด) Equipment: (show details)			
รวมค่าครุภัณฑ์ Total			
รวมทั้งสิ้น (1+2+3) Grand total	21,000	29,000	50,000

(ลงชื่อ)

วิโรจน์ แสงมทอง

หัวหน้าโครงการ

120

(วิโรจน์ แสงมทอง)

Head of Project

12

14 / มกราคม / 2545

A 1.1. 45

หมายเหตุ * ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของงวดที่ 1 เบิกได้ไม่เกินร้อยละ 50 ของค่าใช้จ่ายทั้งโครงการในแต่ละปี ยกเว้นกรณีที่

1) มีความจำเป็นต้องตั้งเบิกเกินกว่านี้ไว้ทำบันทึกชี้แจงเหตุผลเสนอขออนุมัติจากผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแบบมาด้วย

2) มีรายการครุภัณฑ์ ให้หักค่าครุภัณฑ์ทั้งหมดออกจากเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการก่อน ส่วนงบฯ ที่เหลือให้เบิกจ่ายใน รายการค่าจ้างชั่วคราว

ค่าตอบแทน ใช้สอยและค่าวัสดุ รวมกันแล้วไม่เกินร้อยละ 50

การเปิดบัญชีเงินฝากโครงการวิจัย

เอกสารประกอบสัญญาเลขที่ 30 / 2545

[illegible]

ชื่อบัญชี นางสาว โสภณ (ช่อ) วัฒนากุล

เลขที่บัญชี 707-2-13374-2

ธนาคาร ไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) สาขาย่อย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายนามผู้มีอำนาจสั่งจ่าย

1. พต. ๒๐. ๐.๕. ๑๒๒๗ ๙๖๖ คณบดี
2. พต. ๒๐. ๐.๕. ๑๒๒๗ ๙๖๖ หัวหน้าสถานวิจัย
3. ๐. ๑๒๒๗ ๙๖๖ หัวหน้าโครงการวิจัย

เงื่อนไขการส่งจ่าย

ผู้มีอำนาจสั่งจ่าย 2 ใน 3

ลงนาม วิวัฒน์ แสงซมทอง
(วิวัฒน์ แสงซมทอง)
 ผู้รับทุน

13374-2

16/01/02 12:16 1059K*2350 707-213374 BY:BR707
NEW P/B NO. 00002065211

เป็นบัตรเงินฝากประเภทออมทรัพย์ของธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)
ได้แก่เงินฝากประจำปลอดภาษีประเภทออมทรัพย์ของธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)
บริษัท Bangkok Bank Public Co., Ltd.
ได้แก่เงินฝากประจำปลอดภาษีประเภทออมทรัพย์ของธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)

(สมุดเล่มนี้สามารถตรวจสอบยอดคงเหลือโดยเครื่องปริ้นยอดสมุดอัตโนมัติได้)

ชื่อบัญชี: มทส.โครงการคลัง เกษตนาะของไหลทอรัค

NAME

ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)
THE SIAM COMMERCIAL BANK PUBLIC COMPANY LIMITED

สาขาย่อย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บัญชีเงินฝากออมทรัพย์ เลขที่

707-2

-13374-2

SAVINGS ACCOUNT NO.

2065211



ฝาก-ถอน
ได้ทุกสาขาทั่วประเทศที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ ON - LINE

0.8/คพ
1507707