

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24  
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

**การเชื่อมต่อและการประมวลผลระบบควบคุมแบบ 2 องศาอิสระ ของแท่นยิงอัตโนมัติ  
กับระบบควบคุมการยิงด้วยสายเชื่อมต่ออนุกรม RS232**  
**Linking and Processing of 2 Degrees of Freedom for the Automatic Aiming System  
to Fire Control by RS232 Cable**

ณรงค์กร เดินหลักคำ<sup>1\*</sup>, นพสิทธิ์ โชติภูวพัฒน์<sup>2</sup> และ นฤพน พิทยประเสริฐกุล<sup>3</sup>

สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงกลาโหม ชั้น 4 อาคารสำนักงาน  
ปลัดกระทรวงกลาโหม (แจ้งวัฒนะ) 47/433 หมู่ 3 ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

\*ผู้ติดต่อ: โทรศัพท์: 02 980 6688 หรือ 089 782 9583

E-mail: narongkorn.d@dti.or.th

**บทคัดย่อ**

บทความวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์การเชื่อมต่อและการประมวลผลระบบควบคุมของแท่นยิงจรวดอัตโนมัติ (Automatic Aiming System) แบบ 2 องศาอิสระ เข้ากับระบบควบคุมการยิง (Fire Control) ซึ่งระบบควบคุมการยิงจะรับข้อมูล สภาพอากาศ(MET-Data) พิกัดเป้าหมาย(Target Point Coordinate) ทิศทางและความเร็วลม(Ground Wind Direction and Velocity) หลังจากนั้นจะทำการคำนวณหามุมทิศ(Azimuth angle) และมุมยิง(Elevation angle) แล้วจะส่งข้อมูลไปยังชุดควบคุมแท่นยิงจรวดอัตโนมัติ โดยผ่านสายเชื่อมต่ออนุกรม RS232 เพื่อส่งค่ามุมทิศมุมยิงให้กับ PLC (Programmable Logic Controller) เพื่อให้แท่นยิงอัตโนมัติตั้งค่ามุมตามที่ต้องการ จากการวิเคราะห์การเชื่อมต่อและประมวลผลระบบควบคุมของแท่นยิงจรวดดังกล่าว พบว่าระบบควบคุมทำงานได้ถูกต้องตามค่าที่คำนวณได้ ลดข้อผิดพลาด (Error) ต่างๆ และใช้เวลาในการประมวลผลน้อยลง ส่วนการออกแบบโปรแกรมก็ง่ายในการออกแบบและการปรับปรุงแก้ไข ลดความยุ่งยากในการเชื่อมต่อข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้สามารถต่อยอดเพื่อใช้งานในอุตสาหกรรมการควบคุมอัตโนมัติแบบหลายตัวแปรอินพุทและหลายตัวแปรเอาต์พุท(Multi-Input Multi-Output) ที่สลับซับซ้อนมากขึ้น โดยการเขียนโปรแกรมประมวลผลแบบฝังตัว (Embedded Programming) ที่สามารถประมวลได้รวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ ง่ายในการออกแบบและพัฒนาต่อไป

**คำหลัก:** Automatic Aiming System, MET-Data, Azimuth angle, Elevation angle, Embedded Programming, Multi-input Multi-output

## 1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีพัฒนาอย่างต่อเนื่องในทั้งวงการอุตสาหกรรมการผลิตทั่วไป และอุตสาหกรรมป้องกันประเทศที่เกี่ยวกับอาวุธยุทโธปกรณ์ ซึ่งจะเป็นข้อดีถ้าหากเราสามารถพัฒนาไปพร้อมๆ กันได้ เช่น เทคโนโลยีใหม่ๆ อุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งสต็อกเครื่องมือและอุปกรณ์นั้น สามารถผลิตและบำรุงรักษาได้เองภายในประเทศ ก็จะเป็นการเพิ่มความมั่นคงให้กับประเทศอีกทาง

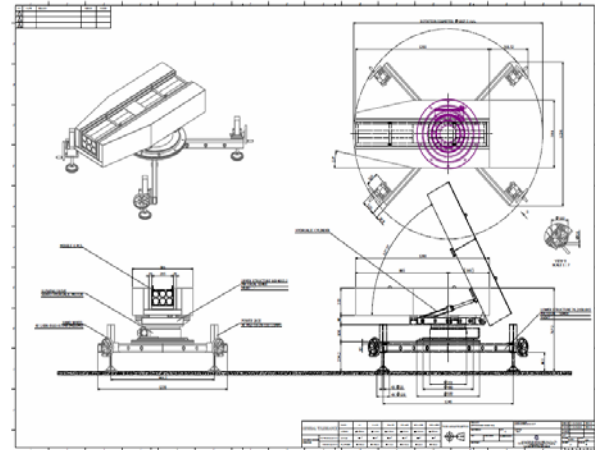
ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงสนใจที่จะทำการออกแบบและสร้างชุดจำลองแท่นยิง โดยออกแบบและเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมแท่นยิงอัตโนมัติโดยใช้ PLC (Programmable Logic Controller) ที่มีใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมทั่วไป แล้วนำมาทำการเชื่อมต่อโดย USB to RS232 Cable กับโปรแกรม MATLAB ที่มีขีดความสามารถในการคำนวณซึ่งอุปกรณ์กรณ์ต่างๆสามารถจัดหาและบำรุงรักษาได้เองภายในประเทศ และเรายังสามารถพัฒนาต่อยอดได้อีกต่อไป

## 2. การดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยนั้นแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

### 2.1. การออกแบบแท่นยิงจรวด

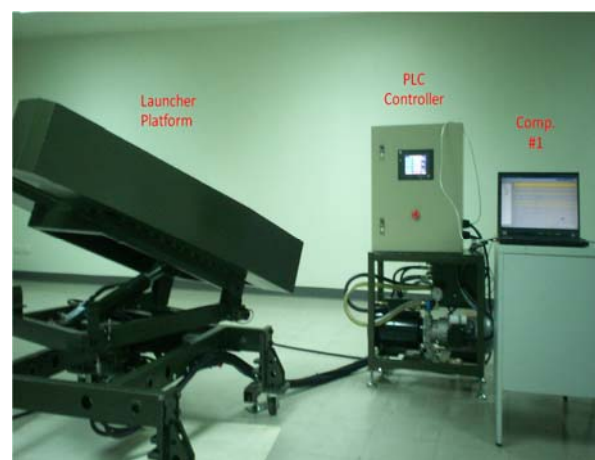
แท่นยิงจรวดนั้นประกอบด้วย 6 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง ตัวจรวดขนาด กว้าง 205 มม. ยาว 1280 มม. หนา 136 มม. ส่วนที่สองเป็นส่วนชุดรองรับตัวจรวดขนาด กว้าง 581 มม. ยาว 1280 มม. หนา 233 มม. ส่วนที่สามเป็นแท่นรองรับแท่นยิงสูง 484 มม. ส่วนที่สี่เป็นระบบไฮดรอลิกและชุดขับเคลื่อนไฮดรอลิก (Power unit) ส่วนที่ห้าเป็นชุดขับเคลื่อนระบบด้วยโปรแกรมเอเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์ (PLC) และส่วนที่หก คือระบบควบคุมการยิง (Fire Control) ซึ่งจะเป็นส่วนรับข้อมูลต่างๆ เพื่อคำนวณหา มุมทิศ (Azimuth Angle) และมุมยิง (Elevation Angle) แล้วส่งค่าที่ได้ให้กับ PLC เพื่อตั้งค่ามุมทิศมุมยิงดังกล่าว



รูปที่ 1 แสดงแบบ 2 มิติ ชุดจำลองแท่นยิงจรวด



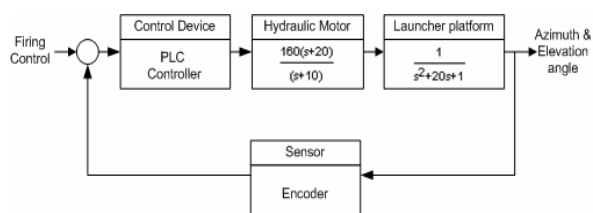
รูปที่ 2 แสดงแบบ 3 มิติ ชุดจำลองแท่นยิงจรวด



รูปที่ 3 แสดงชุดจำลองแท่นยิงจรวดเสร็จสมบูรณ์

## 2.2 การออกแบบระบบควบคุมแท่นยิงจรวด

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม PLC (Programmable Logic Controller) ของยี่ห้อ OMRON รุ่น CP1L โดยมีจำนวนของการรับสัญญาณเข้าขนาด 8 อินพุต และสัญญาณออก 4 เอาท์พุต เขียนโปรแกรมควบคุมโดยใช้ CX-Programming Version 8.0 โดยเมื่อได้สัญญาณของมุมทิศและมุมยิงจากระบบควบคุมการยิง (Fire control) แล้ว PLC จะสั่งให้มอเตอร์ไฮดรอลิกทำงานเพื่อหมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ และสั่งให้กระบอกสูบล้างเพื่อยกท่อจรวดให้ได้ตามมุมยิงที่ต้องการ โดยการใช้ Encoder อ่านค่ามุมเป็นสัญญาณพัลส์ (Pulse) เพื่อป้อนค่ากลับ (Feedback control) มายังระบบควบคุมเพื่อตรวจสอบค่าให้ได้ตามค่ามุมที่ตั้งไว้ (Set point value)



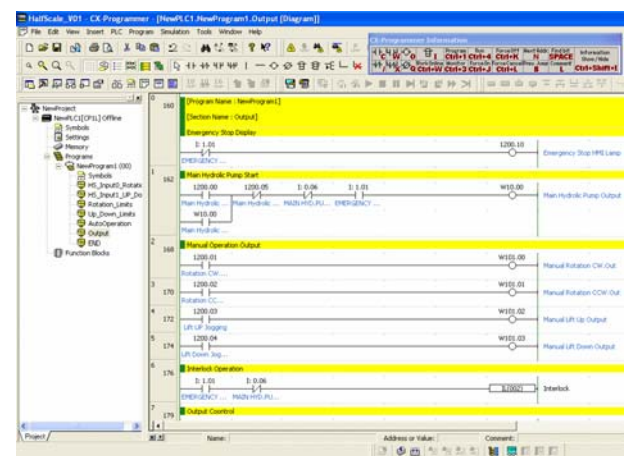
รูปที่ 4 แสดง Block diagram ระบบควบคุมแท่นยิง



รูปที่ 5 ภาพแสดงตู้ควบคุมของชุดจำลองแท่นยิง



รูปที่ 6 ภาพแสดงหน้าจอ Touch Screen ของชุดจำลองแท่นยิง



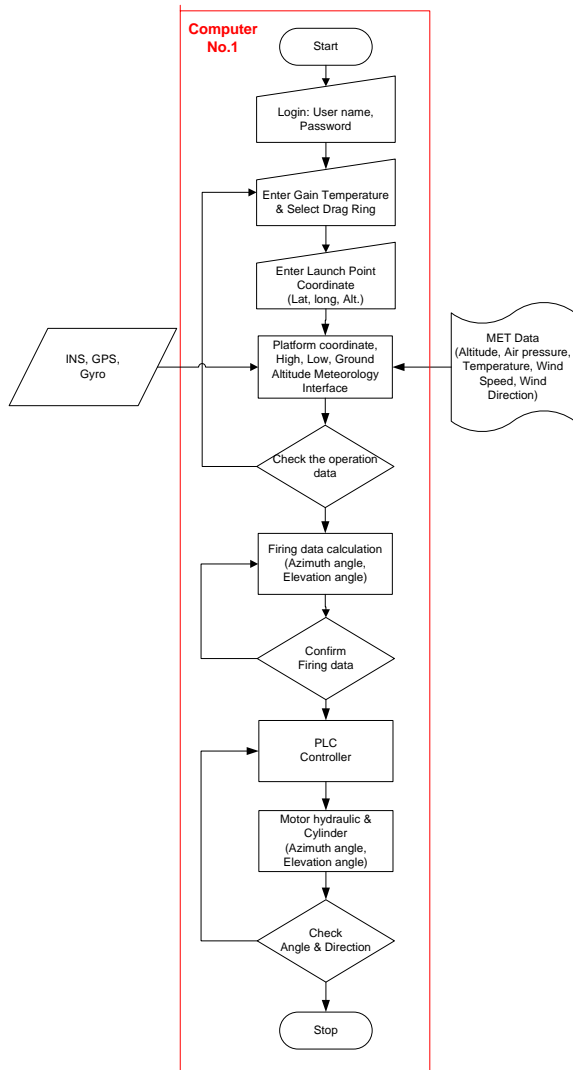
รูปที่ 7 การเขียนโปรแกรมโดย CX-Programming

## 2.3 การออกแบบระบบควบคุมการยิง

ส่วนการควบคุมการยิง(Fire Control) เขียนด้วยโปรแกรม MATLAB ใน version การทดลอง โดยต้องป้อนข้อมูลทางด้านอินพุตต่างๆ เพื่อใช้ในการคำนวณดังนี้

- 1) พิกัดเป้าหมาย (Target Point Coordinate)
- 2) ข้อมูลสภาพอากาศ (MET Data: High Altitude Meteorology, Low Altitude Meteorology, and Ground Meteorology)
- 3) ข้อมูลการยิง (Firing Parameter)
- 4) พิกัดแท่นยิงจรวดจาก GPS & Gyro (Launch Point Coordinate)

เมื่อป้อนค่าอินพุตต่างๆ แล้ว โปรแกรมรับค่าอินพุต  
ต่างๆ แล้วคำนวณหาหามุมทิศ (Azimuth angle) และ  
มุมยิง (Elevation angle) หลังจากนั้นจะส่งข้อมูลไปยัง  
PLC โดยผ่านสาย USB to RS232 Cable เพื่อตั้งมุม  
ทิศมุมยิงตามที่ต้องการ



รูปที่ 8 แสดง Flow chart ระบบควบคุมการยิงแบบ

## 2.4 การเขียนโปรแกรม MATLAB รับ-ส่งค่ามุมทิศ มุมยิงไปยัง PLC ผ่าน USB to RS232 Cable

เขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อดังนี้

```
% Create serial port, obj1
obj1 = instrfind('Type','serial','Port',
    'COM11','Tag','');
if isempty(obj1)
    obj1 = serial('COM11');
else
    fclose(obj1);
```

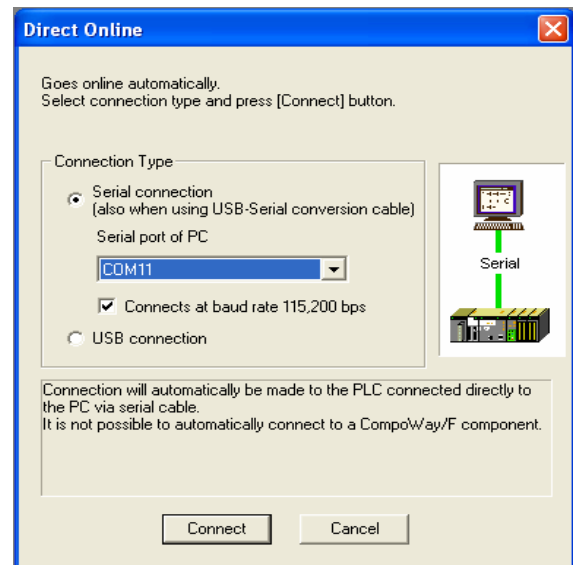
```
obj1 = obj1(1)
end

% Connect to instrument object, obj1.
fopen(obj1);

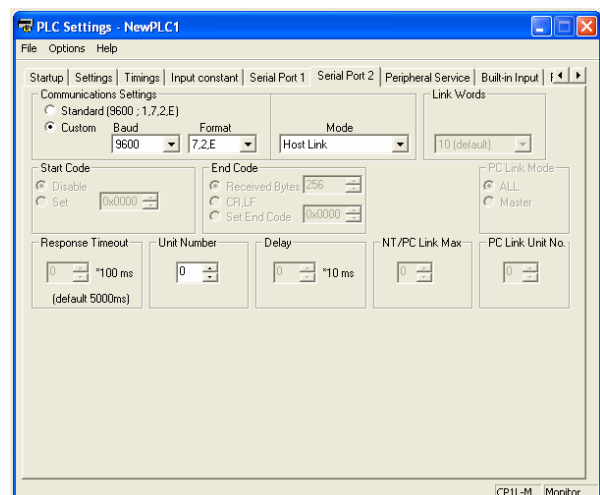
% Communicating with instrument object, obj1.
data1 = query(obj1,'@00RD000000013F*');

% Disconnect from instrument object, obj1.
fclose(obj1);

% Clean up all objects.
delete(obj1);
```



รูปที่ 9 แสดงการเชื่อมต่อ Online กับ PLC



รูปที่ 10 แสดงการตั้งค่า Setting

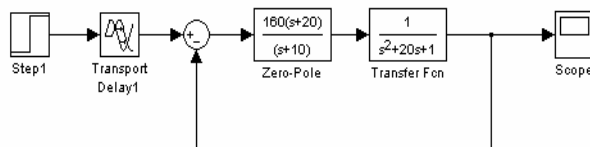
## 2.5 การเก็บข้อมูล

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์โดยการประมวลผลด้วยโปรแกรม MATLAB SIMULINK ช่วยในการประมวลผลการทำงานของระบบควบคุม และการทดลองการทำงานของชุดจำลองแท่นยิงของจริงที่ได้สร้างขึ้นมา

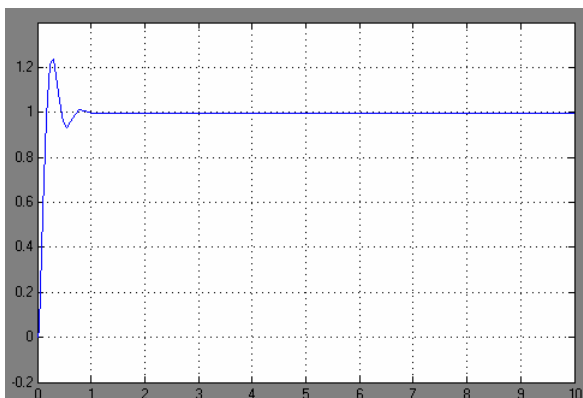
## 3. ผลการวิจัย

### 3.1 ผลการวิเคราะห์โดย MATLAB SIMULINK

งานการวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ระบบควบคุมและระบบควบคุมการยิง (Fire Control) ของชุดจำลองแท่นยิงอัตโนมัติ โดยใช้โปรแกรม MATLAB SIMULINK ประมวลผลโดยการต่อ Block Diagram ดังแสดงในรูปที่ 11 เมื่อประมวลผลโดยป้อนสัญญาณ Unit step จะได้ค่าการตอบสนองต่อระบบเทียบกับเวลา (แกน y มีหน่วยเป็นวินาที) ดังกราฟรูปที่ 12 พบว่าเมื่อทดสอบ จะมีค่าผิดพลาด 1% และไม่มี Delay time จากการรับอินพุตจากการอ่านตำแหน่งของแท่นยิง

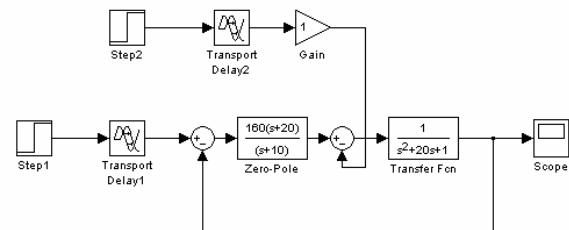


รูปที่ 11 ระบบควบคุมการแท่นยิง (Delay1=0 วินาที)

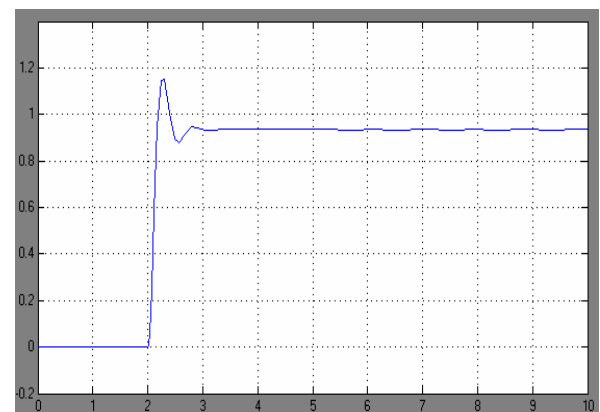


รูปที่ 12 แผนภาพแสดงผลการตอบสนองเทียบกับเวลา (วินาที) ของระบบควบคุมแท่นยิง

แต่เมื่อพิจารณาเทียบกับระบบควบคุมแบบเก่า (ที่มีใช้ในห้องทดลอง) ตามรูปที่ 13 และรูปที่ 14 จะมีค่าผิดพลาด 5% และมีผลกระทบกับ Delay time เป็นเวลา 2 วินาที จากการรับอินพุตของการอ่านตำแหน่งของแท่นยิง



รูปที่ 13 ระบบควบคุมการแท่นยิงแบบเก่า (Delay1=0 วินาที, Delay2= 2 วินาที)



รูปที่ 14 แผนภาพแสดงผลการตอบสนองเทียบกับเวลา (วินาที) ของระบบควบคุมแท่นยิงแบบเก่า

### 3.2 ผลจากการตรวจวัดชุดแท่นยิง

ผลจากการทดลองโดยตรวจวัดค่าของแท่นยิงหลังจากส่งค่าอินพุต (Input) ของมุมทิศ (Azimuth angle) และมุมยิง (Elevation angle) ที่ได้จากการคำนวณของ Fire Control แล้วส่งผ่านสายอนุกรม RS232 เพื่อตั้งแท่นยิงตามมุมดังกล่าว แล้ววัดค่าเอาต์พุต (Output) ที่ได้ ดังรูปที่ 15 และ รูปที่ 16 จากผลการทดลองพบว่าชุดแท่นยิงสามารถปรับตั้งมุมได้ถูกต้องทั้งมุมทิศมุมยิง(หมุนซ้าย-หมุนขวา) และมุมยิง(ยกขึ้น-ยกลง) และมีความถูกต้องแม่นยำสูง โดยมีค่า Uncertainty สูงสุดที่ 0.06169 องศา



**THE AZIMUTH ANGLES AFTER ATTACHING GYRO AND GPS**

Nominal Yaw	Standard	Measuring Pitch
Angle (Degree)	Uncertainty	Angle (Degree)
Left		
0	0.06169	0.00028
10	0.03648	10.00055
20	0.04897	20.00055
30	0.04268	30.00028
40	0.03647	40.00028
50	0.04268	50.00055
60	0.04317	60.00028
Right		
0	0.04186	0.00028
10	0.04186	10.00028
20	0.04186	20.00055
30	0.04175	30.00055
40	0.03456	40.00055
50	0.04246	50.00028
60	0.04046	60.00028

รูปที่ 15 ผลการตรวจวัดมุมทิศ (หมุนซ้าย-หมุนขวา)

**THE ELEVATION ANGLES AFTER ATTACHING GYRO AND GPS**

Nominal Pitch	Standard	Measuring Yaw
Angle (Degree)	Uncertainty	Angle (Degree)
0	0.03518	0.00028
10	0.04075	10.00055
20	0.03073	20.00028
30	0.03660	30.00055
40	0.04186	40.00028
50	0.03633	50.00028
60	0.04046	60.00550

รูปที่ 16 ผลการตรวจวัดยั้ง (ยกขึ้น-ยกลง)

#### 4. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์การเชื่อมต่อและการประมวลผลระบบควบคุมชุดจำลองแท่นยิงอัตโนมัติดังกล่าว พบว่าระบบควบคุมทำงานได้ถูกต้องตามมุมทิศและมุมยิงตามที่คำนวณได้ แล้วให้ผลการตอบสนองได้ดี ไม่มี Delay time และมีข้อผิดพลาด (Error) น้อยมาก ระบบควบคุมนี้ยังมีข้อดีในการใช้

PLC ควบคุมการทำงานคือง่ายในการออกแบบ และการปรับปรุงแก้ไข ลดความยุ่งยากในการเชื่อมต่อ

ข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้สามารถต่อยอดเพื่อใช้งานในอุตสาหกรรมการควบคุมอัตโนมัติที่มีความสลับซับซ้อนมากขึ้น มีความละเอียดมากขึ้น และสามารถใช้กับระบบควบคุมแบบหลายตัวแปร อินพุตและหลายตัวแปรเอาต์พุต(Multi-Input Multi-Output) โดยการเขียนโปรแกรมประมวลผลแบบฝังตัว (Embedded Programming) ที่สามารถประมวลผลได้รวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ ง่ายในการออกแบบและพัฒนาต่อไป

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ห้องทดสอบวิศวกรรมยานยนต์และอวกาศ, ห้องทดสอบวิศวกรรมยานรบและวัสดุสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน) และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ได้เอื้อเฟื้อเพื่อเอกสารและข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานการจัดประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24

#### 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Tawiwat V., Noppasit C., Auttapoom L., *An Application of Gyro and GPS: Self Calibration of Rocket Launcher Experiment Using PLC Controller in Case of 2 Degrees of Freedom*, Word Academy of Science, Engineering and Technology 69 2010.
- [2] Tawiwat V., Anuwat B., Vichit B., *Design and Fabrication Two Arm Robot Model Application for Automatic barrier Gate System Minimum Jerk Control*, The 23rd Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand.
- [3] Tawiwat V., Phemsak S., Noppasit C., *A Study of Under Actuator Dynamic System by Comparing between Minimum Energy and*

*Minimum Jerk Problems.* Word Academy of Science, Engineering and Technology 60 2009.

[4] Tawiwat V., Tossapolporn P., and Kedit J., *Minimum Energy of a Prismatic Joint without : Actuator: Application on RRP Robot.*, Word Academy of Science, Engineering and Technology 60 2009.

[5] Tawiwat V., Narongkorn D., and Auttapoom L., *A Study of the Change of Damping Coefficient Regarding Minimum Displacement*, Word Academy of Science, Engineering and Technology 60 2009.

[6] Petcharat P., *Data Linking between Personal Computer though Sound card Using MATLAB Programming and an infrared Diode Base.*, Faculty of Accountancy and Management Mahasarakham University, Thailand.

[7] Richard C. Dorf and Robert H. Bishop., *Modern Control System*, 2<sup>nd</sup> edition, ISBN: 0-201-84559-8, Addison-Wesley Publishing Company, California.

[8] Ashish Tewari, *Modern Control Design with MATLAB and SIMULINK*, Indian Institute of Technology, Kanpur, India. 2005