# การพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับการเรียนรู้ในเรื่องระบบควบคุมแบบ Model-based Position Control โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ NI-myRIO

# The development of simulation Program for learning of Model-based Position Control using LabVIEW with NI-myRIO microcontroller.

*นันทวุฒิ โพธิวัฒตะ[1] ภาณี น้อยยิ่ง[1] พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์[2]*

*[1]ภาควิชาครุสาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ศุนย์วิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์อุตสาหกรรม*
*มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*
*[2]สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ*
*nantawoot_milk@hotmail.com drpanee@gmail.com drpoolsak@gmail.com*

## บทคัดย่อ

*งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมจำลองระบบควบคุมแขนกล 1 องศาอิสระโดยใช้การควบคุมแบบ Model-based Position Control โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ NI-myRIO ร่วมกับโปรแกรม LabVIEW โดยใช้การจำลองแขนกล 1 องศาอิสระ ที่มีปลายด้านหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนน้ำหนักด้วยลูกตุ้มน้ำหนักที่มีขนาดต่างกันเพื่อทดสอบระบบควบคุมในกรณีที่มีค่ามวลของ L และ M มีการเปลี่ยนแปลงจะมีขนาด 100,250และ500 กรัม โดยมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ต่ออยู่กับอีกด้านของเพลาเพื่อใช้ขับเคลื่อนและใช้เอ็นโคดเดอร์แบบ Incremental เป็นตัวเซนเซอร์ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของแขนกลที่ต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ NI-myRIO เป็นตัวประมวลผลส่งต่อให้กับโปรแกรม LabVIEW เพื่อคำนวณแล้วส่งสัญญาณกับไปที่ตัวไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อขับมอเตอร์ไฟฟ้า*

*จากการทดสอบและปรับแต่งพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบ Model-Based Position Control พบว่าสามารถควบคุมระบบได้ถูกต้อง หากนำโปรแกรมจำลองไปใช้ควบคู่กับรูปแบบการเรียนแบบร่วมมือ จะมีส่วนช่วยเพิ่มจินตนาการของผู้เรียน ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.29$)*

**คำสำคัญ**: โปรแกรมจำลอง ระบบควบคุมแบบModel-based Position Control โปรแกรมLabVIEW

## Abstract

*This research is a development of a 1-degree independent robot control simulation program used Model-based Position Control using NI-myRIO microcontroller with LabVIEW program. Pendulum weight can be changed with different sizes to test the control system. If the masses of L and M are changed, they will be sized. 100,250 and 500 grams with DC motor. Connected to the other side of the shaft to drive and use the Incremental Encoder as the sensor, the position of the mechanical movement that connects to the microcontroller. NI-myRIO is a processor for the LabVIEW program to calculate. Then send the signal to the microcontroller to drive the electric motor.*

*Based on the model-based position control parameters, the control system was theoretically valid if the simulation program was used in conjunction with the cooperative learning model. It will help to enhance the imagination of the students. The results of the evaluation of the appropriateness of the simulation program by the experts were at a good level (* $\bar{X}$ *= 4.29).*


**Keyword**: Simulation program, Model-based Position Control, LabVIEW program

**1. บทนำ**

ปัจจุบันเทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาในภาคอุตสาหกรรม เพราะปัจจุบันการแข่งขันในภาคอุตสาหกรรมจำนวนมากและรุ่นแรงขึ้นทั้งในด้านคุณภาพ ปริมาณ และบริการ ระบบควบคุมอัตโนมัติเป็นทางเลือกที่ภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เลือกใช้ ทำให้การเรียนการสอนระบบควบคุมจำเป็นต้องพัฒนาให้เพียงพอต้องความต้องการของภาคอุตสาหกรรมซึ่งในปัจจุบันในสถานศึกษาได้มีการจัดการเรียนการสอนที่เกี่ยวกับระบบควบคุมหลากหลายรูปแบบ เช่น ระบบควบคุมแบบ PID PLC Fuzzy Logic Control [1] ซึ่งเป็นการระบบควบคุมแบบพื้นฐานไม่เหมาะกับการควบคุมหุ่นยนต์ขั้นสูง ซึ่งสอดคล้องของ อาคม ลักษณะสกุล [2] ที่ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับระบบควบคุมภายในประเทศในปัจจุบันเป็นการวิจัย เพื่อออกแบบ เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพและปรับปรุงเสถียรภาพของการควบคุมเพื่อใช้กับงานด้านอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากการศึกษาหุ่นยนต์ที่มีความสลับซับซ้อนนั้นต้องให้เวลาในการทำความเข้าใจ ทางผู้วิจัยจึงแยกส่วนมาศึกษา คือ ส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงโหลดโดยใช้การควบคุมแบบ Model-based Portion

โปรแกรม LabVIEW [3] เป็นโปรแกรมที่สร้างเพื่อนำมาใช้ในด้านการวัดและเครื่องมือวัด สำหรับงานทางวิศวกรรม หลักของการทำงานของโปรแกรมนี้ก็คือการจัดการในด้านการวัดและเครื่องมือวัดอย่างมีประสิทธิภาพ และในตัวของโปรแกรมจะประกอบไปด้วยฟังก์ชัน ที่ใช้ช่วยใน การวัดมากมายและแน่นอนที่สุด โปรแกรมนี้จะมีประโยชน์อย่างสูงเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดทาง วิศวกรรมต่างๆ สิ่งที่ LabVIEW แตกต่างจากโปรแกรมอื่นอย่างเห็นได้ชัดที่สุดก็คือ เป็นโปรแกรมประเภท GUI (Graphic User Interface) โดยสมบูรณ์นั่นคือไม่จำเป็นต้องเขียน code หรือคำสั่งใดๆ ทั้งสิ้น และที่สำคัญ ลักษณะภาษาที่ใช้ในโปรแกรมนี้เราจะเรียกว่า ภาษารูปภาพ หรือเรียกอีกอย่างว่าภาษา G (Graphical Language) ซึ่งจะแทนการเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัดอย่าง ที่เราคุ้นเคยกับภาษาพื้นฐาน เช่น C, BASIC หรือ FORTRAN ด้วยรูปภาพหรือสัญลักษณ์ทั้งหมด LabVIEW นี้มีความสะดวกและสามารถลดเวลาในการเขียนโปรแกรมลงไปได้มาก โดยเฉพาะใน งานเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ

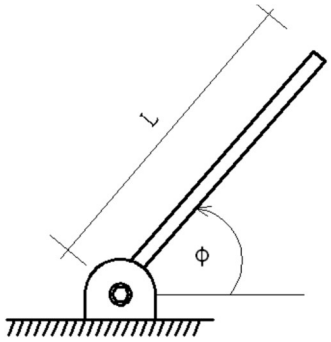
ผู้วิจัย จึงมีแนวคิดในการออกแบบโปรแกรมจำลองการควบคุมแขนกล 1 องศาอิสระโดยใช้การควบคุมแบบ Model-based Position Control ซึ่ง เป็นการบูรณาการวิชาทางด้าน

 DOI:10.14416/c.fte.2017.11.057

เครื่องกล ไมโครคอนโทรลเลอร์ NI myRIO [4] การเขียนโปรแกรม LabVIEW ซึ่งการควบคุมแขนกล 1 องศา อิสระนี้ หากผู้เรียนสามารถเข้าใจสมการที่ใช้ในการควบคุม และหลักการปรับค่าตัวควบคุมได้อย่างถ่องแท้แล้ว จะนำไปสู่การเรียนรู้ขั้นสูงที่เป็นแขนกลหลายองศาอิสระได้เป็นอย่างดี

## 2. การควบคุมแบบ Model-based Position Control

การควบคุมแบบ Model-Based Portion Control เป็นการควบคุม Model ของระบบ โดยใช้ตัว Controller แบบ PD และกำหนดค่า Gain ให้เหมาะสม ก็สามารถควบคุมระบบนั้นๆ ได้ หากต้องการให้ผลตอบสนอง (Response) ของระบบเป็นเช่นไร ก็ทำได้โดยการปรับค่า Gain ตัวอย่างการควบคุมแขนกลของหุ่นยนต์ที่มี 1 Links ตามภาพที่ 1 สามารถเขียนเป็นสมการ Differential Equation ได้คือ [5]




Robot Arm 1 Link

**ภาพที่ 1** แขนกลหุ่นยนต์ 1 Link

$$\tau = ml^2\ddot{\theta} + v\left(\dot{\theta}\right) + c\cdot sgn\left(\dot{\theta}\right) + mlg\cos\left(\theta\right) \qquad (1)$$

โดยที่ $\tau$ หมายถึง แรงบิด (Torque)

$m$ หมายถึง มวลของแขนกล

$v$ หมายถึง ความหนืดของความเสียดทาน (Viscous Friction)

$c\cdot sgn\left(\dot{\theta}\right)$ หมายถึง ความเสียดทานคูลอมบ์ (Coulomb Friction)

$l$ หมายถึง ความยาวของแขนกล

$g$ หมายถึง ค่าคงที่เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

และกำหนดให้ $\tau = \alpha\tau' + \beta$ (2)

เมื่อให้สมการ (1) เท่ากับ (2) จะได้

$$\tau' = \ddot{\theta}\ ,\alpha = ml^2\ ,\beta = v\dot{\theta} + c\cdot\mathrm{sgn}\left(\dot{\theta}\right) + mlg\cos\left(\theta\right)$$

ใช้กฎการควบคุม (Control Law) เพื่อที่จะจำลองระบบให้สามารถควบคุมได้ในรูปแบบสมการ

$$\tau' = \ddot{\theta}_d + k_v\dot{e} + k_p e$$

$$e = \theta_d - \theta$$

โดยที่ $e$ หมายถึง สัญญาณความผิดพลาด (Error)

$\theta_d$ หมายถึง สัญญาณคำสั่งตำแหน่งที่ต้องการให้แขนกลเคลื่อนที่ไป

$\theta$ หมายถึง ตำแหน่งที่แขนกลเคลื่อนที่ไป

$k_p$ หมายถึง ค่าเกนของตัวควบคุมที่เป็นระยะทาง (Distance Controller)

$k_v$ หมายถึง ค่าเกนของตัวควบคุมที่เป็นความเร็ว (Velocity Controller)

เมื่อจัดสมการใหม่จะได้

$$\ddot{e} + k_v\dot{e} + k_p e = 0 \qquad (3)$$

โดยที่ $\ddot{\theta}_d - \ddot{\theta} = \ddot{\mathrm{e}}$

เราทราบอยู่แล้วว่า ระบบแขนกลหุ่นยนต์ นี้ เป็นระบบอันดับ 2 ซึ่งมีสมการมาตรฐานคือ

$$\frac{\omega_n^2}{S^2 + 2\xi\omega_n S + \omega_n^2}$$

โดยที่ $\omega_n$ = Natural Frequency

$\xi$ = Damping Factor

โดย สมการคุณลักษณะ (Characteristics Equation) คือ

$$S^2 + 2\xi\omega_n S + \omega_n^2 = 0$$

ดังนั้น สมการที่ (3) เขียนให้อยู่ในรูปแบบฟอร์มมาตรฐานได้คือ

$$\ddot{e} + 2\xi\omega_n\dot{e} + \omega_n^2 e = 0 \qquad (4)$$

หากเทียบสัมประสิทธิ์ของสมการที่ (3)และ (4) ซึ่งเป็นสมการคุณลักษณะเหมือนกันจะได้ว่า

$$k_v = 2\xi\omega_n \qquad (5)$$

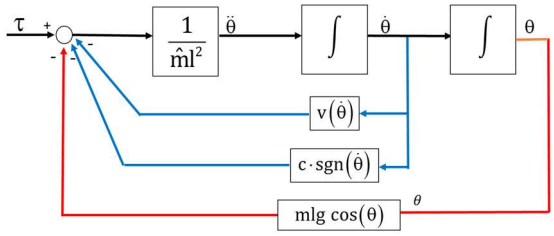
และ $k_p = \omega_n^2$ (6)

เมื่อให้ค่าของ $\xi = 1$ จะได้ว่า

$\omega_n = \sqrt{k_p}$ และ $k_v = 2\xi\omega_n$ จะได้ความสัมพันธ์คือ $k_v = 2\sqrt{k_p}$ นั่นเอง

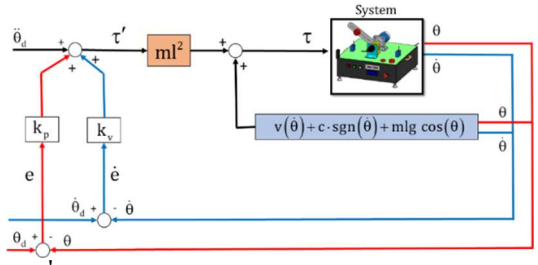
 DOI:10.14416/c.fte.2017.11.057

หากเรานำค่าของสมการของระบบ(System)มาเขียนเป็นแผนภาพบล็อกจะได้ดังภาพที่ 2




**ภาพที่ 2** แผนภาพบล็อกของระบบแขนกลหุ่นยนต์

เมื่อเราใช้หลักการของ Model-Based Portion Control เพื่อออกแบบตัวควบคุมให้ระบบสามารถที่จะควบคุมได้ตามที่เราต้องการ ตามสมการที่ (2) , (3) , (4) สามารถเขียนเป็นแผนภาพบล็อก ได้ตามภาพที่ 3




**ภาพที่ 3** แผนภาพบล็อกระบบการควบคุมแบบอ้างอิงโมเดลโดยวิธีแยกส่วน

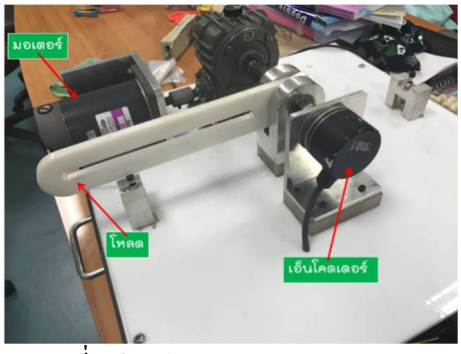
## 3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยเริ่มจากการศึกษาปัญหาเกี่ยวกับระบบควบคุมที่ใช้ในหุ่นยนต์เนื่องจากการศึกษาหุ่นยนต์ที่มีความสลับซับซ้อนนั้นต้องให้เวลาในการทำความเข้าใจผู้วิจัยจึงมีแนวคิดจัดทำโปรแกรมจำลองระบบควบคุมขึ้นมาจึงแยกส่วนมาศึกษา คือส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงโหลด เช่น แขนที่ถือแก้วน้ำ โดยใช้วิธีควบคุมแบบอ้างอิงโมเดล (Model-Based Control) แล้วทำการทดสอบการควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกลโดยใช้ภาพที่ 1 เป็นโมเดลต้นแบบ และมีสมการ (2) , (3) , (4) เป็นสมการที่ใช้ในการเขียนลงบนโปรแกรม LabVIEW โดยเริ่มจากการจำลองอ้างอิงจากภาพที่ 2 รวมกับสมการข้างต้นมา Simulation ในโปรแกรม มาเปรียบเทียบผลตอบสนองที่ได้จากการจำลองการทำงานบนโปรแกรม กับผลตอบสนองที่ได้จากแขนกล จนได้ผลตอบสนองที่สอดคล้องกัน จากนั้นจึงให้ผู้เชี่ยวชาประเมินหาคุณภาพของชุดสาธิตแล้วจึงนำไปใช้

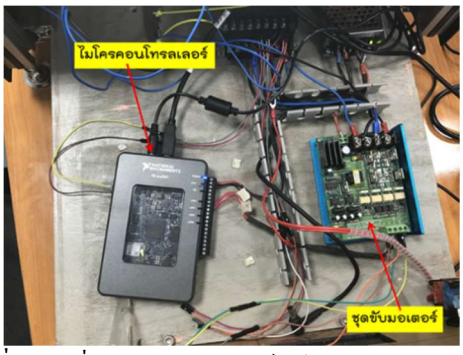
3.1 ส่วนฮาร์ดแวร์เป็นการจำลองแขนกล 1 องศาอิสระ ที่มีปลายด้านหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนน้ำหนักด้วยลูกตุ้มน้ำหนักที่มีขนาดต่างกันเพื่อทดสอบระบบควบคุมในกรณีที่มีค่ามวลของ L และ M มีการเปลี่ยนแปลงจะมีขนาด 100,250และ500 กรัม โดยมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ชนิดแม่เหล็กถาวร ขนาดแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ 60 วัตถ์ ต่ออยู่กับอีกด้านของเพลาเพื่อใช้ขับเคลื่อนและใช้เอ็นโคดเดอร์แบบ Incremental เป็นตัวเซนเซอร์ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของแขนกล ที่ต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ NI-myRIO เป็นตัวประมวลผลส่งต่อให้กับโปรแกรม LabVIEW เพื่อคำนวณแล้วส่งสัญญาณกับไปที่ตัวไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อขับมอเตอร์ไฟฟ้าตามคำสั่งต่อไป ลักษณะของแขนกล 1 องศาอิสระ แสดงดังภาพที่ 4 และการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังภาพที่ 5

3.2 ส่วนซอฟแวร์จะใช้โปรแกรม LabVIEW เป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ NI-myRIO แสดงดังภาพที่ 5 การส่งข้อมูลนั้นทำการส่งผ่านสาย USB จะมีการส่งข้อมูลตลอดจนกว่าผู้ใช้จะสิ้นสุดการทำงาน แสดงดังภาพที่ 6 การปรับพารามิเตอร์ต่างๆของตัวควบคุมจะทำงานบนโปรแกรม LabVIEW แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งสัญญาณเพื่อปรับระดับแรงดันไฟตรงให้เหมาะสมกับชุดขับมอเตอร์และชุดขับมอเตอร์ก็จะปรับระดับแรงดันด้วยสัญญาณ PWM ให้แขนกลเคลื่อนที่ตามสัญญาณคำสั่งต่อไป

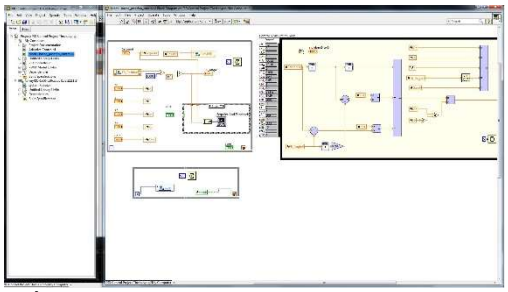
3.3 การประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองที่จะนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน โดยเชิญผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการใช้งานโปรแกรม LabVIEW หรือเกี่ยวกับระบบควบคุม จำนวน 5 ท่านกรอกแบบประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลอง หัวข้อจากแบบประเมินคุณภาพแบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ ด้านการใช้งาน และ ด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้




**ภาพที่ 4** ส่วนประกอบภายนอกของแขนกล




**ภาพที่ 5** การเชื่อมต่อชุดขับมอเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์

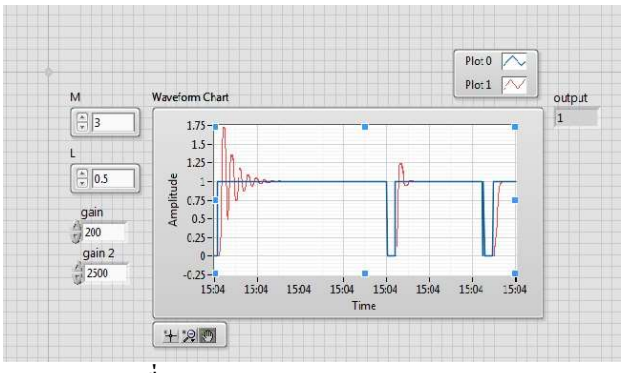


**ภาพที่ 6** การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์

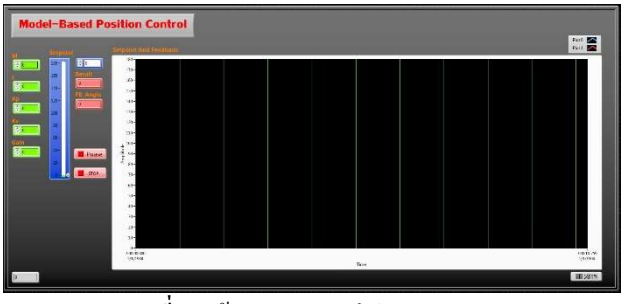
## 4. ผลของงานวิจัย

4.1 ผลของการ Simulstion แสดงดังภาพที่ 7 และผลของการทดสอบโปรแกรมจำลองระบบควบคุมแบบ Model-based Position Control เขียนโปรแกรมควบคุมผ่านโปรแกรม LabVIEW ที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ NI-myRIO ส่งสัญญาณไปที่มอเตอร์เพื่อขับเคลื่อนแขนกล ตามคำสั่งบน GUI ในโปรแกรม LabVIEW บนหน้าจอ GUI แสดงดังภาพที่ 8 มีการแสดงผลตอบสนองจากการเคลื่อนที่ของแขนกลได้ใกล้เคียงกับทฤษฎีแสดงดังภาพที่ 9 ขณะที่การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ $k_p, k_v$ ก็จะส่งผลให้ระบบแขนกลมีการเคลื่อนที่ ในรูปแบบการหน่วง (Damped) ที่แตกต่างกันออกไป

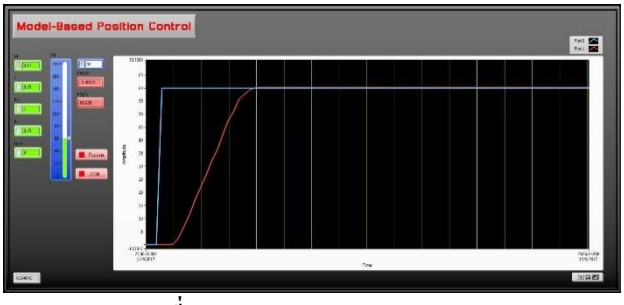
4.2 ผลประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลองที่จะนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนจากผู้เชี่ยวชาญ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญกรอกแบบประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีผลประเมินเฉลี่ยอยู่ในระดับดี (เกณฑ์ 3.51 ถึง 4.50) ที่ระดับ $\bar{X}$ =4.29




**ภาพที่ 7** ผลการตอบสนองของการ Simuiation




**ภาพที่ 8** หน้าจอ GUI ของโปรแกรมจำลอง




**ภาพที่ 9** ผลตอบสนองของระบบแขนกล

 DOI:10.14416/c.fte.2017.11.057

## 5. สรุป

การพัฒนาโปรแกรมจำลอง การควบคุมแขนกล 1 องศาอิสระด้วยวิธี Model-based Position Control จากการทดสอบและปรับแต่งพารามิเตอร์ของตัวควบคุม พบว่าสามารถควบคุมระบบได้ถูกต้อง หากนำโปรแกรมจำลองไปใช้ควบคู่กับรูปแบบการเรียนแบบร่วมมือ จะมีส่วนช่วยเพิ่มจินตนาการของผู้เรียน ทั้งนี้ระบบควบคุมแบบ Model-based Position Control มีความสลับซับซ้อนต้องให้เวลาในการทำความเข้าใจ หากนำโปรแกรมจำลองไปใช้เป็นสื่อช่วยในการเรียนการสอนก็จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายและเร็วขึ้น

จากผลการประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลอง พบว่าผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยในระดับมาก เฉลี่ยรวมทุกหัวข้ออยู่ที่ระดับ 4.29 จากมาตราจัดลำดับ (Rating Scale) 5 ลำดับของ Likert เหมาะสมที่จะนำไปใช้ประกอบการสอน แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมจำลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในระดับหนึ่ง ที่พอจะนำไปใช้ประกอบการสอนได้

## 6. เอกสารอ้างอิง

[1] D. Pathan, M. Unar, and M. D. Memon, Fuzzy Logic Controller for Submarine, 2005.

[2] อ. ลักษณะสกุล, "การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนทางวิศวกรรม กรณีศึกษาเรื่องการควบคุมแบบออโตจูน," 2556.

[3] LabVIEW. Available: *http://www.ni.com/en-th/shop/labview.html*

[4] NI-myRIO. Available: *http://www.ni.com/en-th/shop/engineering-education/portable-student-devices/myrio-student-embedded-device/what-is-myrio.html*

[5] J. James. Craig, Adaptive Control of Mechanical Manipulators vol. 6, 1986.