การประยุกต์ใช้บอร์ด Arduino และโปรแกรม Scilab ควบคุมกระบวนการอันดับสามโดยใช้วิธีการปรับค่าอัตราขยายแบบ Ziegler-Nichols

Application of Arduino Board and Scilab Program to Control Third Order Process With Ziegler-Nichols Tuning

ปรีชา สาคะรังค์[1*]

Preecha Sakarung[1*]

บทคัดย่อ

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบเปิดเผยรหัส เหมาะสมกับการศึกษาในระดับต่างๆ โดยเฉพาะสำหรับมหาวิทยาลัย นอกเหนือจากงบประมาณที่ต่ำแล้ว การมีส่วนร่วมในการนำไปใช้ให้เป็นที่แพร่หลายและการนำไปใช้งานโดยไม่มีค่าใช้จ่ายยังตอบสนองต่อพันธกิจหลักอันหนึ่งของมหาวิทยาลัยที่มีต่อชุมชนอีกด้วย บทความนี้นำเสนอตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานโปรแกรม Scilab และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ซึ่งไม่มีลิขสิทธิ์ เพื่อสร้างตัวควบคุมพีไอดี ควบคุมกระบวนการอันดับสามที่มีค่าการหน่วงมากกว่าหนึ่ง โดยใช้การปรับค่าอัตราขยายแบบ Ziegler-Nichols(ZN) การทดลองจะทำการทดสอบประสิทธิภาพของการควบคุมต่อการปรับค่าอัตราขยายแบบ ZN โดยใช้ตัวควบคุมพี พีไอ และ พีไอดี ต่อการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอ้างอิง จากผลการทดลองพิสูจน์ให้เห็นชัดเจนได้ว่าการปรับแบบ ZN มีความสามารถในการใช้เป็นค่าเริ่มต้นสำหรับตัวควบคุมพีไอดีได้

คำสำคัญ : Scilab, Arduino,การปรับแบบ ZN

Abstract

It has been commonly accepted that an open source is suitable for all levels of education particularly at the tertiary level. In addition to its advantage of low budget, the opportunities in making freeware programs widely known and in using them as free education tools can also meet the major commitment of all community education providers. This paper hence demonstrates the application of Scilab, a free-licensed program, with Arduino microcontroller board in developing a PID controller to control a third-ordered process plant with a damping ratio value of higher than 1. The PID gain tuning uses Ziegler-Nichols(ZN). The experiment verifies the effectiveness of the P, PI and PID controllers gained from ZN tuning towards the reference-step input signal. The experiment clearly reveals that the ZN tuning can be used as the initial value for each controller gain.

Keywords : Scilab, Arduino, ZN tuning

บทนำ

โปรแกรม Scilab เป็นโปรแกรมที่ใช้คำนวณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับโปรแกรม MATLAB [1] และสามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนทางวิศวกรรมศาสตร์ได้ เช่น ในวิชาระบบควบคุม ปัจจุบัน [2] ได้มีการนำเอาบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R.3 เชื่อมต่อกับโปรแกรม Scilab เพื่อการเรียนการสอนวิชาระบบควบคุม

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

[1] Section of Electrical Engineering, **Faculty of Engineering and Architecture**Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

* E-mail: preecha.sakarung@gmail.com

ตัวควบคุมพีไอดีถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม ข้อดีคือโครงสร้างไม่ซับซ้อนแต่มีประสิทธิภาพที่น่าพึงพอใจ การใช้งานตัวควบคุมพีไอดีจะทำการปรับค่าอัตราขยายของพีไอดีด้วยวิธีการตามเกณฑ์ที่แนะนำของแต่ละวิธีการ [3]

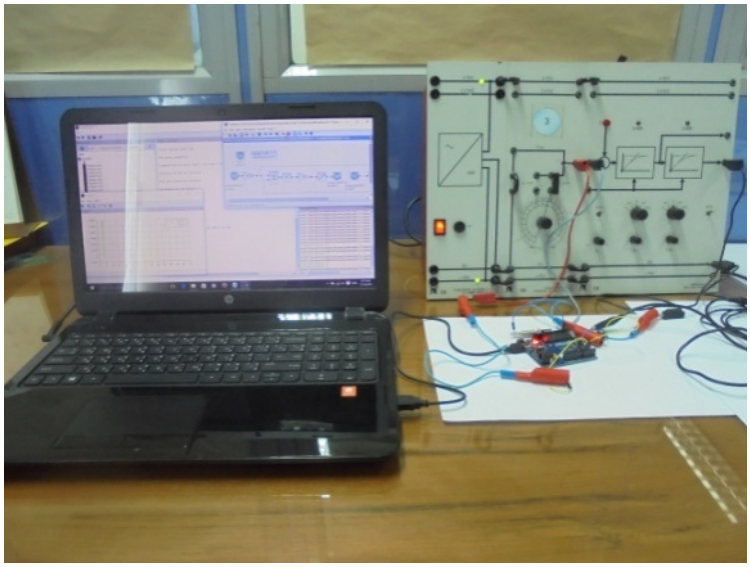


Figure 1 ตัวควบคุมพีไอดีที่สร้างจากบอร์ด Arduino และโปรแกรม Scilab

บทความนี้จะประยุกต์ใช้ตัวควบคุมพีไอดีควบคุมกระบวนการที่ประกอบด้วยระบบอันดับหนึ่งต่ออนุกรมกัน 3 ตัวเพื่อจำลองระบบที่พบเจอในอุตสาหกรรมเช่น ระบบทำความร้อน ฯลฯ รวมทั้งการทดสอบประสิทธิภาพของการปรับค่าอัตราขยายด้วยหลักเกณฑ์ ZN ใน [3] โดยใช้ตัวควบคุมพี พีไอ และ พีไอดี ต่อการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอ้างอิง

วิธีการศึกษา

การติดตั้งบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R.3 เชื่อมต่อกับโปรแกรม Scilab

สำหรับโปรแกรม Scilab ให้เลือกกล่องเครื่องมือ ATOMS และเข้าไปใน Instruments Control จะพบ Arduino1.1-1 เลือกเพื่อติดตั้งชุดของโปรแกรม Arduino ทั้งนี้ต้องเชื่อมต่อผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะทำให้การเขียนบล็อกไดอะแกรมบน XCOS สามารถทำได้ (คล้ายการทำงานของโปรแกรม simulink) หลังจากนั้นให้คัดลอกไฟล์จาก [2] ลงในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R.3

ตัวควบคุมพีไอดี

ตัวควบคุมพีไอดี [3] เมื่อต่อแบบขนานจะมีสมการของการสร้างสัญญาณเอาท์พุทดังสมการที่ 1 และเมื่อต่อแบบอนุกรมจะมีสมการของการสร้างสัญญาณเอาท์พุทดังสมการที่ 2 เมื่อ $u_i(t), u_o(t)$ คือสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทตามลำดับ สำหรับตัวอย่างการใช้งานตัวควบคุมพีไอดีโดยใช้โปรแกรมอื่นๆ เช่น โปรแกรม WinFACT ดูได้จาก [4]

$$u_0(t) = \left(K_p * u_i(t)\right) + \left(K_i \int_0^t u_i(t)dt\right) + \left(K_d * \left(du_i(t)/dt\right)\right) \quad (1)$$

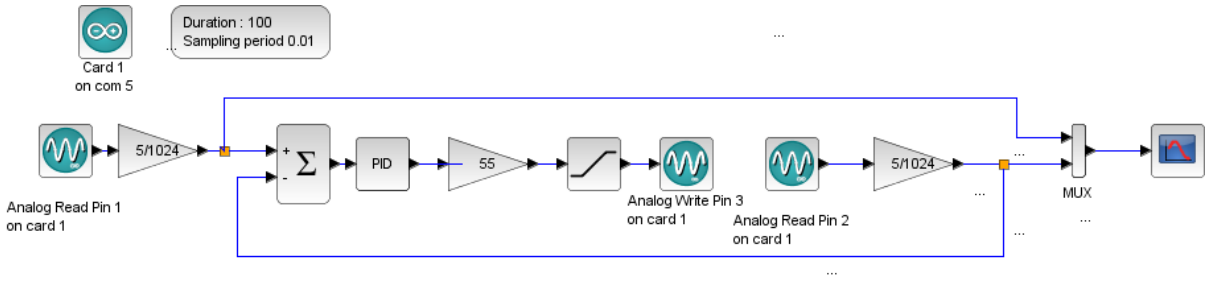
$$u_0(t) = K_p\left(u_i(t) + \frac{1}{T_n}\int_0^t u_i(t)dt + T_v * \left(du_i(t)/dt\right)\right) \quad (2)$$

การปรับค่าอัตราขยายด้วยหลักเกณฑ์ ZN

Ziegler-Nichols (ZN) [3] ได้เสนอแนวทางการปรับค่าอัตราขยายของพีไอดีดังตารางที่ 1 เมื่อรู้ค่าตัวแปร (K_{pcrit}, T_{crit}) จากผลตอบสนองแบบขั้นของกระบวนการ เมื่อต่อตัวควบคุมแบบวงปิดดังรูปที่ 2 โดยใช้ตัวควบคุมแบบพีควบคุมอย่างเดียว และปรับค่าอัตราขยายของพีจนทำให้เกิดสัญญาณแกว่งรายคาบดังรูปที่ 3

Table 1 การปรับค่าอัตราขยายด้วยหลักเกณฑ์ ZN [3]

ชนิดของตัวควบคุม	ค่าอัตราขยาย
พี	$K_p = 0.5 * K_{pcrit}$
พีไอ	$K_p = 0.45 * K_{pcrit}$ $T_n = 0.85 * T_{crit}$
พีไอดี	$K_p = 0.6 * K_{pcrit}$ $T_n = 0.5 * T_{crit}$ $T_v = 0.12 * T_{crit}$



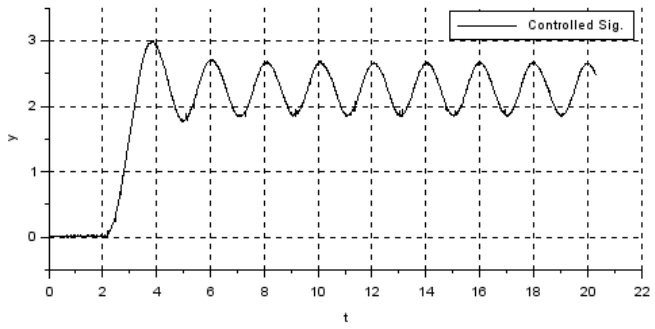
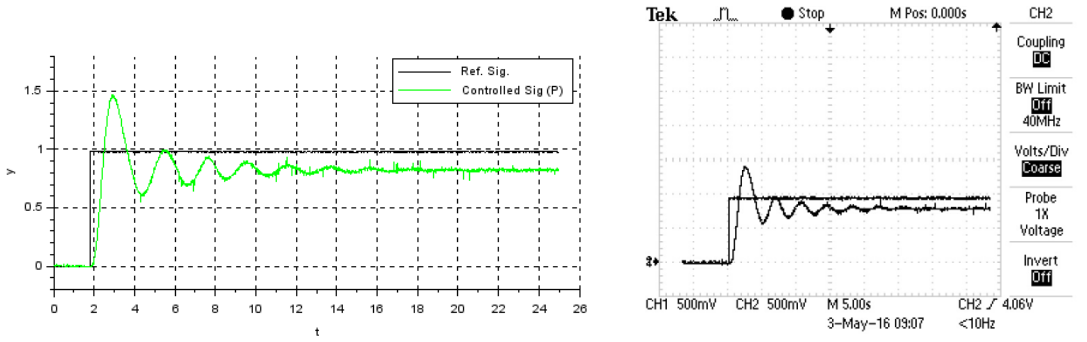


Figure 3 กระบวนการมี $K_s = 1$ และ $T_1 = T_2 = T_3 = 1\ s$ หาค่าตัวแปรได้ $K_{pcrit} = 9.0\ s$ และ $T_{crit} = 2.0\ s$

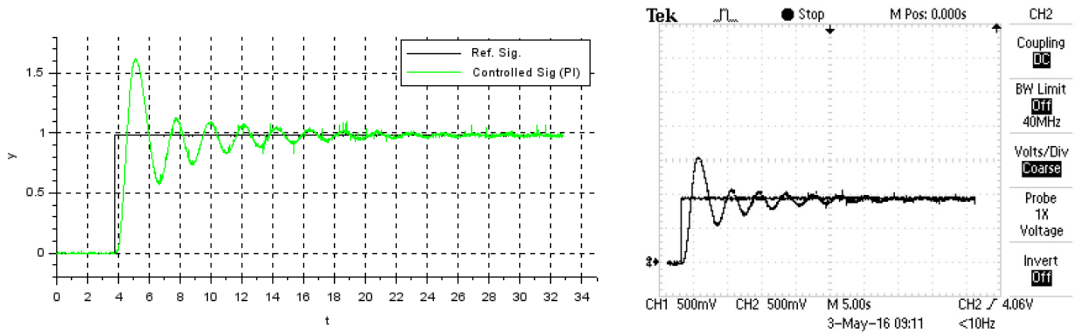
ผลการศึกษา

การหาประสิทธิภาพของตัวควบคุมจะพิจารณาในโดเมนเวลาซึ่งขึ้นอยู่กับค่าต่างๆ ที่นิยามไว้กับผลตอบสนองแบบขั้น [5] โดยทั่วไปคือ ค่าสัญญาณพุ่งเกิน (เปอร์เซ็นต์โอเวอร์ชูท ,%os) ค่าเวลาเข้าที่ ($T_{setling}$) และค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัว (e_{ss}) ผลตอบสนองแบบขั้นที่เกิดขึ้นจากการควบคุมด้วยตัวควบคุมแต่ละแบบดังรูปที่ 4 โดยแต่ละรูปจะมีสัญญาณสองเส้น เส้นแรกเป็นเส้นประคือสัญญาณอ้างอิง และเส้นที่สองเป็นเส้นทึบคือสัญญาณที่ควบคุม

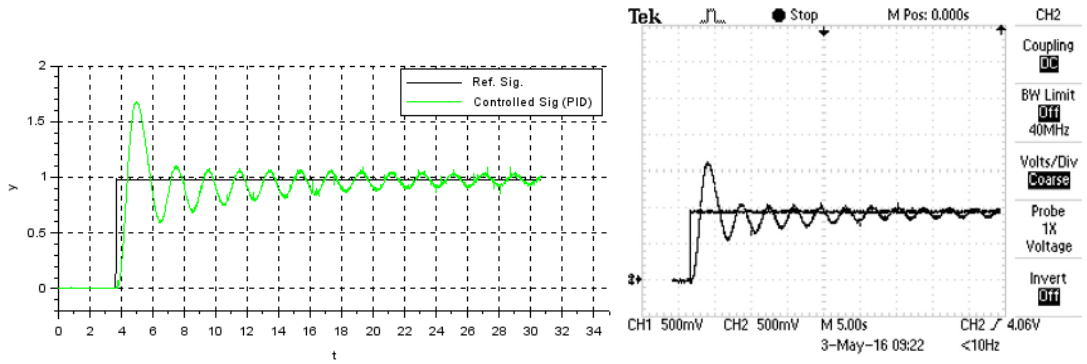
การหาประสิทธิภาพของตัวควบคุมในบทความนี้จะพิจารณาจากค่าสัญญาณพุ่งเกิน (เปอร์เซ็นต์โอเวอร์ชูท ,%os) ค่าเวลาเข้าที่ ($T_{setling}$) และค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัว (e_{ss}) ผลการทดลองที่ได้สรุปได้ดังตารางที่ 2



ก)



ข)



ค)

Figure 4 ผลตอบสนองแบบขั้นของ ก) ตัวควบคุมพี ข) ตัวควบคุมพีไอ ค) ตัวควบคุมพีไอดี โดยรูปด้านซ้ายคือการวัดด้วยบอร์ด Arduino และรูปด้านขวาคือการวัดด้วยออสซิลโลสโคป

Table 2 ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์ชูท (%os)ค่าเวลาเข้าที่ ($T_{setling}$) และค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัว (e_{ss})

ชนิดของตัวควบคุม	%os	$T_{setling}$	e_{ss}
พี	50	15	0.2
พีไอ	60	18	0
พีไอดี	60	30	0

สรุป

จากผลการทดลองในรูปที่ 4 และตารางที่ 2 สรุปได้ว่าการใช้ค่าอัตราขยายของตัวควบคุมพีไอดีตามเกณฑ์การปรับแบบ ZN ให้ผลตอบสนองสอดคล้องกับทฤษฎีการควบคุมด้วยตัวควบคุมพีไอดีคือตัวควบคุมพีจะมีค่าความผิดพลาดอยู่ตัว ตัวควบคุมพีไอจะช่วยปรับปรุงช่วงสภาวะอยู่ตัวโดยทำให้ค่าความผิดพลาดอยู่ตัวเท่ากับศูนย์ แต่อาจทำให้เกิดค่าพุ่งเกินเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มอันดับของกระบวนการ ตัวควบคุมพีไอดีจะช่วยปรับปรุงช่วงสภาวะชั่วครู่และช่วงสภาวะอยู่ตัวทำให้ตอบสนองได้ไวและลดค่าความผิดพลาดอยู่ตัว แต่สำหรับรูปที่ 4 ค) เกิดการแกว่งรายคาบซึ่งเกิดจากค่าของตัวควบคุมที่ใช้ทำให้ตำแหน่งของรากวงปิดของระบบเคลื่อนที่อยู่บนแกนจินตภาพของระนาบลาปลาซ อย่างไรก็ตามการปรับละเอียดโดยใช้ค่าตั้งต้นจากเกณฑ์การปรับแบบ ZN ก็สามารถทำได้ถ้าผลตอบสนองที่ได้รับยังไม่น่าพอใจ

บทความนี้นำเสนอตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานโปรแกรม Scilab และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ซึ่งไม่มีลิขสิทธิ์ เพื่อสร้างตัวควบคุมพีไอดี ควบคุมกระบวนการอันดับสามที่มีค่าการหน่วงมากกว่าหนึ่ง โดยใช้การปรับค่าอัตราขยายแบบ Ziegler-Nichols (ZN) ซึ่งยืนยันว่าสามารถใช้ในการเรียนวิชาระบบควบคุมได้ และมีความเป็นไปได้ในการที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับวิชาต่างๆ ทางวิศวกรรมหรือทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

[1] *Alain Vande Wouwer; Philippe Saucez; Carlos Vilas (2014). Simulation of ODE/PDE Models with MATLAB®, OCTAVE and SCILAB: Scientific and Engineering Applications. Springer.*

[2] Scilab-Arduino Workshop (2015). ค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2558 จาก http://fossee.in/workshop/Scilab-Arduino/

[3] F. H. Effertz and H.W. Huesch., 1998. Experiment-based Fundamentals of Automation Systems. Leybold didactic GmbH, pp: 288-289.

[4] Sakarung, P. (2015). Application of Arduino Uno with Hardware in the Loop Technique for Undergraduate Control System Instruction. in 7th Int. Conf. on Science, Social Sciences, Engineering and Energy, Phitsanulok, Thailand, Nov.

[5] Charles L. Phillips, and Royce D. Harbor., (2000).Feedback Control Systems. Prentice Hall International Inc., Fourth Edition.