

ระบบควบคุมความลึกแบบใช้ถังอับเฉาของยานใต้น้ำควบคุมระยะไกลขนาดเล็ก Depth Control System using Ballast Tank of Small Underwater Remotely Operated Vehicle

ชาตรี นิลน้ำเพชร^{1*} และ อรรณพ เรืองวิเศษ²

¹ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240

โทร 0-2310-8406 โทรสาร 0-2319-2600 *อีเมลล์ nchatree@ru.ac.th

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

โทร 0-2470-9117 โทรสาร 0-2470-9111 อีเมลล์ annop.rua@kmutt.ac.th

Chatree Nilnumpetch^{1*} and Annop Ruangwiset²

¹ Department of Computer Science, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University,

Huamark Bangkok Bangkok 10240 Thailand

Tel: 0-2310-8406 Fax: 0-2319-2600, *E-mail: nchatree@ru.ac.th

² Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering King Mongkut's University of Technology Thonburi,

Bangmod Tungkr Bangkok 10140 Thailand

Tel: 0-2470-9117 Fax: 0-2470-9111, E-mail: annop.rua@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาขั้นต้นเพื่อสร้างระบบควบคุมระดับความลึกด้วยถังอับเฉาสำหรับยานใต้น้ำขนาดเล็กที่ควบคุมระยะไกล ระบบประกอบด้วยปั้มน้ำตัวหนึ่งสำหรับดูดน้ำเข้าถังอับเฉาเพื่อให้ยานจมลง และปั้มน้ำอีกตัวหนึ่งสำหรับดูดน้ำออกจากถังอับเฉาเพื่อให้ยานลอยขึ้น การวัดระดับความลึกทำโดยใช้เซนเซอร์วัดความดัน ค่าที่วัดได้จะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจึงประมวลผลแล้วส่งสัญญาณไปควบคุมปั้มเพื่อให้ได้ระดับความลึกตามที่กำหนด จากการทดสอบระบบที่สร้างขึ้นสามารถควบคุมระดับความลึกให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้

Abstract

This research is a basic study to develop the depth control system using ballast tank for the small underwater remotely operated vehicle. The system contains a pump for pumping the water into the ballast tank to go down and another pump for pumping the water out of the tank to go up. The pressure sensor is used to measure the depth. The measured value is sent to the microcontroller to process. And the command is sent to control the pumps to hold the depth. The tests show that the system can hold the depth within the allowable range.

1. บทนำ

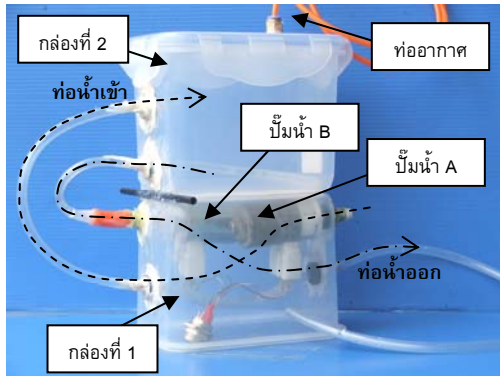
การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติใต้น้ำ หรือการตรวจสอบสิ่งก่อสร้างใต้น้ำ ถ้าเป็นการสำรวจที่ระดับน้ำไม่ลึกมากโดยทั่วไปจะใช้การดำน้ำสำรวจ และถ้าเป็นการสำรวจที่ระดับน้ำลึกมากจะต้องใช้เรือดำน้ำหรือใช้ยานสำรวจใต้น้ำ ซึ่งจะต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญ อีกทั้งยานสำรวจยังมีราคาแพง ทั้งต่างประเทศและในประเทศไทยได้มีการวิจัยเพื่อสร้างและพัฒนายานสำรวจใต้น้ำขนาดเล็ก [1 – 4] โดยทั่วไประบบขับเคลื่อนจะใช้ใบพัดในการสร้างแรงขับเคลื่อนทั้งการเคลื่อนที่ไปทางด้านหน้า การเลี้ยว และการดำขึ้นลง ระบบขับเคลื่อนแบบนี้สามารถเคลื่อนที่ได้เร็วตามแรงที่ได้จากใบพัด และขนาดโดยรวมของระบบขับเคลื่อนจะเล็ก แต่สำหรับการดำขึ้นลงโดยใช้ใบพัดนั้นเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ที่เป็นตัวขับเคลื่อนจะต้องทำงานตลอดเวลาขณะดำขึ้นหรือดำลงและโดยเฉพาะในระหว่างการรักษาระดับความลึก จึงต้องใช้เวลาในการทำงานขับเคลื่อนมาก ทำให้เป็นผลเสียเมื่อต้องการจะสำรวจเป็นเวลานาน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทดลองสร้างระบบดำขึ้นลงด้วยระบบถังอับเฉา (ballast tank) สำหรับใช้กับยานใต้น้ำขนาดเล็ก ระบบแบบนี้จะมีขนาดใหญ่ตามขนาดถังอับเฉา แต่เมื่อปรับปริมาณน้ำในระบบให้เหมาะสมแล้วจะสามารถรักษาระดับความลึกของยานได้โดยปั้มไม่ต้องทำงาน ซึ่งจะประหยัดพลังงานในการดำขึ้นลงและการรักษาระดับความลึกของยานใต้น้ำ

2. การทดสอบการควบคุมความลึกของยานสำรวจใต้น้ำ

2.1 โครงสร้างของยานสำรวจใต้น้ำ

ในการทดสอบการควบคุมความลึกของยานสำรวจใต้น้ำครั้งนี้ได้ทำการสร้างแบบจำลองการทำงานของระบบโดยใช้กล่องกันน้ำขนาดความจุ 850 ml จำนวน 2 กล่อง โดยติดตั้งปั้มน้ำในกล่องที่ 1 และใช้กล่องที่ 2 ทำเป็นถังสำหรับเก็บน้ำ ดังรูปที่ 1

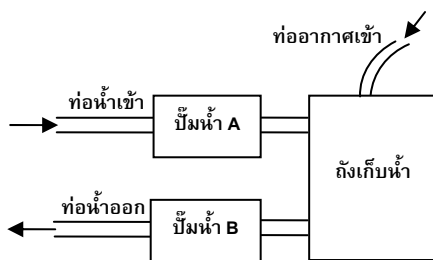


รูปที่ 1 โครงสร้างยานสำรวจใต้น้ำที่ใช้ทดสอบ

2.2 การควบคุมความลึกของยานสำรวจใต้น้ำ

การควบคุมความลึกของยานสำรวจใต้น้ำแบ่งเป็นสองกรณีคือ

1. การควบคุมให้ยานดำลง ทำโดยสั่งงานให้ปั้มน้ำ A ปั้มน้ำเข้าถังเก็บน้ำเพื่อเพิ่มน้ำหนักของยานสำรวจใต้น้ำทำให้ยานจมลง
2. การควบคุมให้ยานลอยขึ้น ทำโดยสั่งงานให้ปั้มน้ำ B ปั้มน้ำออกจากถังเก็บน้ำเพื่อลดน้ำหนักของยานสำรวจใต้น้ำทำให้ยานลอยขึ้น ซึ่งในกรณีนี้การปั้มน้ำออกจากถังเก็บน้ำจำเป็นต้องมีท่อสำหรับดูดอากาศจากภายนอกเข้ามาแทนที่น้ำในถังเก็บน้ำ



รูปที่ 2 ระบบปั้มน้ำ

2.3 เซนเซอร์วัดความดัน

การวัดความลึกของยานสำรวจใต้น้ำจะใช้เซนเซอร์วัดความดันของ Freescale Semiconductor รุ่น MPX5010DP ซึ่งเป็นเซนเซอร์วัดความดันชนิด Differential Gauge ที่สามารถชดเชยอุณหภูมิขณะทำงานได้

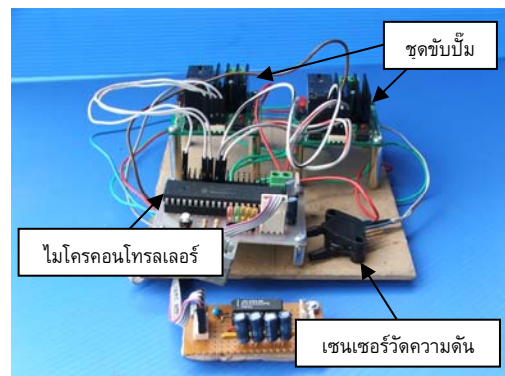


รูปที่ 3 ตำแหน่งติดตั้งท่อวัดความดัน

ท่อวัดความดันถูกติดตั้งเข้ากับตัวยานสำรวจใต้น้ำและส่งผ่านความดันมาตามท่อขึ้นสู่ผิวน้ำที่เชื่อมต่อกับเซนเซอร์วัดความดัน ผลของค่าความดันที่วัดได้จะถูกเปลี่ยนเป็นแรงดันเข้าสู่ระบบควบคุม จากนั้นข้อมูลนี้จะถูกแปลงเป็นค่าความลึกของยานสำรวจใต้น้ำต่อไป

2.4 ระบบควบคุม

ระบบควบคุมยานสำรวจใต้น้ำที่สร้างขึ้นนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Microchip รุ่น PIC18F4431 รับข้อมูลความดันจากเซนเซอร์วัดความดัน โดยกำหนดเงื่อนไขควบคุมว่า หากความดันที่วัดได้มากกว่าค่าที่กำหนดซึ่งแสดงว่ายานสำรวจใต้น้ำกำลังจมลง ชุดขับปั้มน้ำที่เชื่อมต่อกับปั้มน้ำ B จะทำงานทำให้ปั้มน้ำ B ดูดน้ำออก และถ้าค่าความดันที่วัดได้น้อยกว่าที่กำหนดซึ่งแสดงว่ายานสำรวจใต้น้ำกำลังลอยขึ้น ชุดขับปั้มน้ำที่เชื่อมต่อกับปั้มน้ำ A จะทำงานทำให้ปั้มน้ำ A ดูดน้ำเข้า



รูปที่ 4 ระบบควบคุม

2.5 การทดลอง

การทดลองนี้ใช้อ่างน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 m ลึก 60 cm และเติมน้ำสูงประมาณ 40 cm ดังรูปที่ 5

ระบบควบคุมการทำงานทั้งหมดอยู่นอกอ่างน้ำที่ใช้ทดลอง ดังนั้นจึงต้องต่อสายควบคุมปั้มน้ำและท่อวัดความดันไปที่ตัวยานสำรวจใต้น้ำ

รูปแบบการทดลองมีสองรูปแบบคือ การทดสอบการทำงานในสภาวะไม่มีคลื่น และการทดสอบการทำงานในสภาวะที่มีคลื่น เพื่อทดสอบว่าระบบควบคุมที่สร้างขึ้นสามารถควบคุมความลึกของยานสำรวจใต้น้ำให้อยู่ในระยะที่กำหนดไว้ได้หรือไม่ แต่เนื่องจากอย่างน้ำที่ใช้ทดสอบมีความลึกไม่เพียงพอสำหรับทดสอบให้ยานดำลงไปรักษาระดับความลึก ดังนั้นจึงปรับเปลี่ยนวิธีทดสอบโดยที่การทดสอบทั้งสองแบบจะเริ่มต้นโดยให้ยานเคลื่อนที่ใต้น้ำจมอยู่ใต้น้ำแล้วจึงเปิดระบบควบคุมให้ยานเคลื่อนที่ใต้น้ำทำงานตามคำสั่งเพื่อให้ดำขึ้นมารักษาระดับความลึกจากผิวน้ำในขอบเขตที่สามารถทำได้ในอ่างทดลอง ซึ่งจะให้เห็นผลการทำงานของระบบควบคุมได้ชัดเจนกว่าทดสอบให้ยานดำลงรักษาระดับความลึก

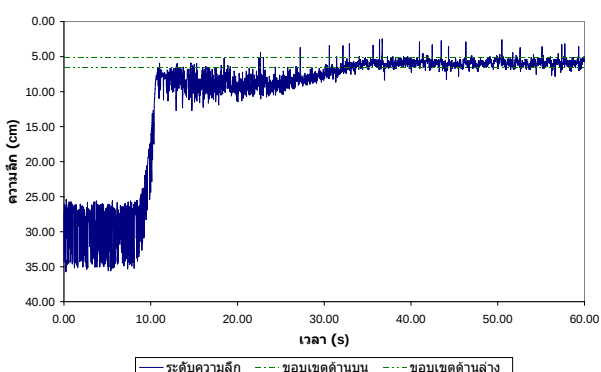


รูปที่ 5 อ่างน้ำที่ใช้ทดลอง

3. ผลการทดสอบ

3.1 ผลการทดสอบการทำงานในสภาวะไม่มีคลื่น

รูปที่ 7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของยานสำรวจใต้น้ำ โดยควบคุมช่วงของความลึกระหว่าง 5.14 – 6.54 cm ซึ่งจากในรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าระบบควบคุมสามารถควบคุมให้ยานสำรวจใต้น้ำเคลื่อนที่อยู่ในระยะที่กำหนดไว้

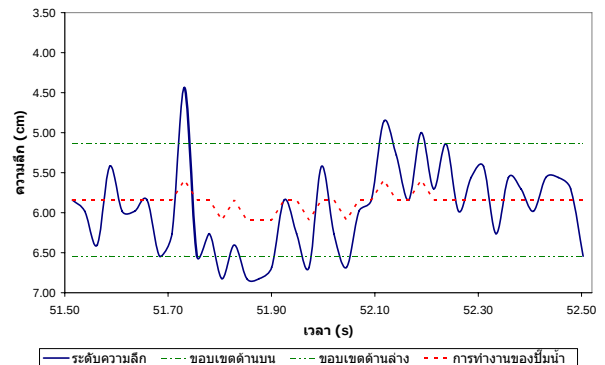


รูปที่ 7 ผลการควบคุมที่ความลึก 5.14 – 6.54 cm

รูปที่ 8 เป็นกราฟที่นำข้อมูลบางส่วนจากรูปที่ 7 มาเปรียบเทียบกับสภาวะการทำงานของปั้มน้ำ

เส้นประที่แสดงการทำงานของปั้มน้ำหมายถึง ถ้าเส้นประอยู่ตรงกลางคือปั้มน้ำทั้ง 2 ปั้มไม่ทำงาน ถ้าเส้นประอยู่ด้านบนคือปั้มน้ำ A กำลังปั้มน้ำเข้าเพื่อให้ยานจมลง และถ้าเส้นประอยู่ด้านล่างคือปั้มน้ำ B กำลังปั้มน้ำออกเพื่อให้ยานลอยขึ้น

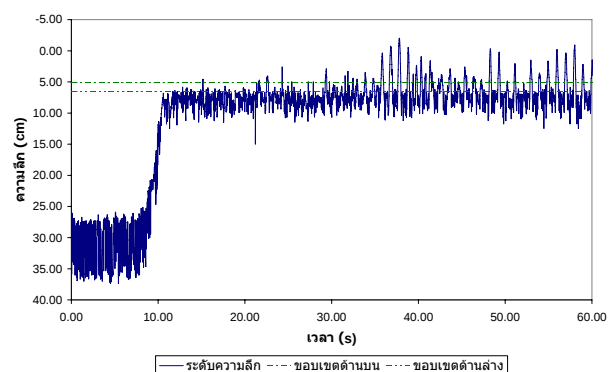
จากรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่า สภาวะการทำงานของปั้มน้ำจะเปิดและปิดตามค่าความลึกที่วัดได้เมื่อเทียบกับค่าที่กำหนดไว้ กล่าวคือหากยานสำรวจใต้น้ำลอยเกินกว่าขอบเขตที่กำหนด ปั้มน้ำ A จะปั้มน้ำเข้า และหากยานสำรวจใต้น้ำจมต่ำกว่าขอบเขตที่กำหนด ปั้มน้ำ B จะปั้มน้ำออก



รูปที่ 8 การทำงานของปั้มน้ำกับความลึกของยานสำรวจใต้น้ำ

3.2 ผลการทดสอบการทำงานในสภาวะที่มีคลื่น

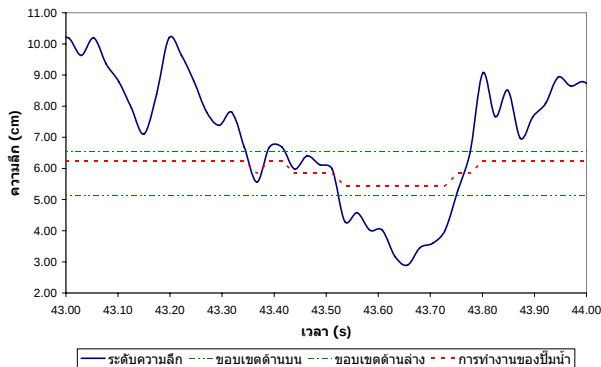
รูปที่ 9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของยานสำรวจใต้น้ำ โดยควบคุมช่วงของความลึกระหว่าง 5.14 – 6.54 cm ซึ่งสำหรับการทดลองนี้จะถูกทำให้เกิดคลื่นขึ้นในอ่างที่ใช้ทดลองเพื่อดูว่าระบบควบคุมสามารถทำงานให้ยานสำรวจใต้น้ำรักษาระดับการลอยตัวให้อยู่ในค่าที่กำหนดได้หรือไม่



รูปที่ 9 ผลการควบคุมที่ความลึก 5.14 – 6.54 cm ในขณะมีคลื่น

จากรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่ายานสำรวจใต้น้ำพยายามที่จะรักษาระดับการลอยตัวให้คงที่ไว้ได้ แต่มีค่าผิดพลาดไปจากขอบเขตที่กำหนด ซึ่งอาจเกิดจากค่าผิดพลาดที่ยังคงเหลือของการควบคุมและอาจเกิดจากการวัดความดันที่ผิดพลาดของอุปกรณ์วัดความดันในขณะมีคลื่น

รูปที่ 10 เป็นกราฟที่นำข้อมูลจากรูปที่ 9 มาเปรียบเทียบกับการทำงานของปั๊มน้ำ และจะเห็นว่า สภาวะการทำงานของปั๊มน้ำจะเปิดและปิดตามค่าความลึกที่วัดได้เมื่อเทียบกับค่าที่กำหนดไว้ เช่นเดียวกับกรณีที่ไม่มีคลื่น



รูปที่ 10 การทำงานของปั๊มน้ำกับความลึกของยานสำรวจใต้น้ำ
ขณะมีคลื่น

4. สรุป

งานวิจัยในขั้นตอนนี้ได้สร้างระบบควบคุมและแบบจำลองของยานสำรวจใต้น้ำขนาดเล็ก โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการทำงานของระบบควบคุมความลึกของการดำน้ำแบบใช้ถังอับเฉา การทดสอบการควบคุมความลึกทำได้แบ่งเป็น 2 กรณี คือกรณีที่ไม่มีคลื่นและกรณีที่มีคลื่น จากผลการทดสอบจะเห็นว่าระบบควบคุมที่สร้างขึ้นสามารถควบคุมให้แบบจำลองของยานสำรวจใต้น้ำรักษาระดับความลึกได้ตามต้องการ แต่เนื่องจากอ่างทดลองมีความลึกไม่เพียงพอ งานวิจัยครั้งนี้จึงทดสอบได้แต่การดำขึ้นเพื่อรักษาระดับความลึกจากผิวน้ำ ดังนั้นขั้นตอนการทดสอบต่อไปจะต้องเปลี่ยนสถานที่ทดสอบที่มีความลึกเพียงพอ เพื่อทดสอบการรักษาระดับความลึกทั้งในการดำขึ้นและการดำลง

อย่างไรก็ตามระบบถังอับเฉานั้น ในการดำขึ้นจะต้องมีการบีบอากาศเข้าไปแทนที่น้ำในถัง ซึ่งสำหรับการวิจัยในขั้นตอนนี้ได้ใช้การต่อท่ออากาศออกมาจนถึงชั้นเหนือผิวน้ำ แต่ในการพัฒนาต่อไปและการใช้งานจริงจะต้องมีถังอากาศอัดบรรจุทุกไปในตัวยานใต้น้ำด้วย แล้วใช้อากาศจากถังอากาศอัดเข้าไปแทนที่น้ำในถังอับเฉา ซึ่งจะเป็นส่วนที่ต้องสร้างและทดสอบต่อไปเพื่อพัฒนาให้น้ำไปใช้งานได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กนกวรรณ กลิ่นรอง, ภมร สติรมนวงศ์, และดนัย เผ่าฤทธิรงค์, 2547. เรือดำน้ำขนาดเล็ก (ส่วนโครงสร้าง), รายงานโครงการวิศวกรรมเครื่องกลระดับบัณฑิตศึกษา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [2] ชีรภัทร หลิมบุญเรือง, สมชาย แยมใส, สิทธิพันธ์ ท่อแก้ว, สำราญ กระเนนทร์, และพิศมัย พันธูภัย, 2549. หุ่นยนต์ดำน้ำแบบสำหรับการสำรวจใต้น้ำ. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20, หน้า 629 – 634.

- [3] Satomi, O., et al, 2005. Development of an Autonomous Underwater Vehicle for Observation of Underwater Structures. Proceedings of MTS/IEEE, OCEANS, 2005.
- [4] Jiancheng, Y., et al, 2004. The Development and Challenges of Underwater Vehicles for Polar Expedition. Proceedings of The International Symposium on Underwater Technology, 2004.