

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจัย

จากการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลรวมไปถึงออกแบบส่วนต่างๆของงานวิจัย ในบทนี้จะเป็นการแสดงผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผลการทำงาน

4.1 ผลการทดสอบการทำงานของวงจรรีโมทคอนโทรลในส่วนต่างๆ

จากวิธีการทดสอบการทำงานของวงจรรีโมทคอนโทรลในส่วนต่างๆ ของหัวข้อ 3.4.1 อธิบายขั้นตอนการทดสอบและผลการทดสอบวงจรรีโมทคอนโทรลในส่วนต่างๆ ดังนี้

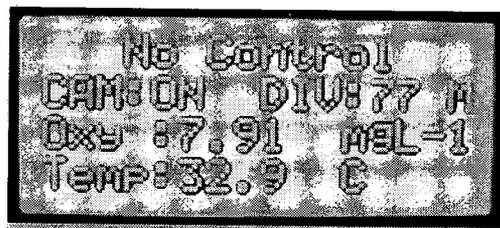
4.1.1 การทดสอบการทำงานของส่วนควบคุม

แบ่งการทดสอบการทำงานของส่วนควบคุมเป็น 2 แบบ คือ ส่วนควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล และส่วนควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ อธิบายแต่ละส่วนดังนี้

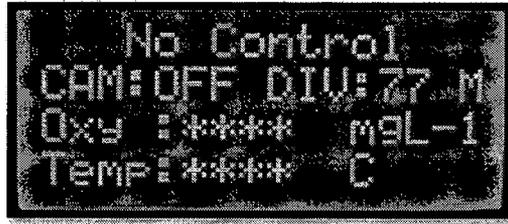
1) การทดสอบรีโมทคอนโทรล โดยรีโมทคอนโทรลมีหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของยานสำรวจใต้น้ำ สามารถแบ่งได้เป็น 4 ส่วน คือ การบังคับทิศทางในแนวราบ, การปรับระดับความลึก, การสั่งเปิด-ปิดกล้องสำรวจและหลอดไฟเพิ่มแสงสว่าง และการแสดงค่าออกซิเจนและค่าอุณหภูมิในน้ำ โดย แสดงผลการควบคุมทั้ง 4 ส่วนที่หน้าจอ Liquid Crystal Display (LCD) ขนาด 16x4 ผลการแสดงผลที่หน้าจอ LCD แสดงดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.5



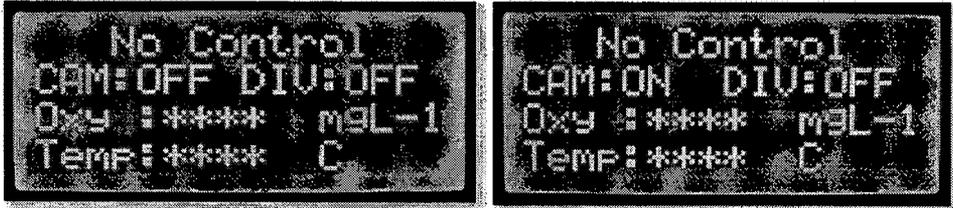
รูปที่ 4.1 ผลควบคุมยานสำรวจจากจอ LCD



รูปที่ 4.2 สถานะ การรับค่าออกซิเจนและอุณหภูมิ



รูปที่ 4.3 สถานะ การปรับระดับความลึก

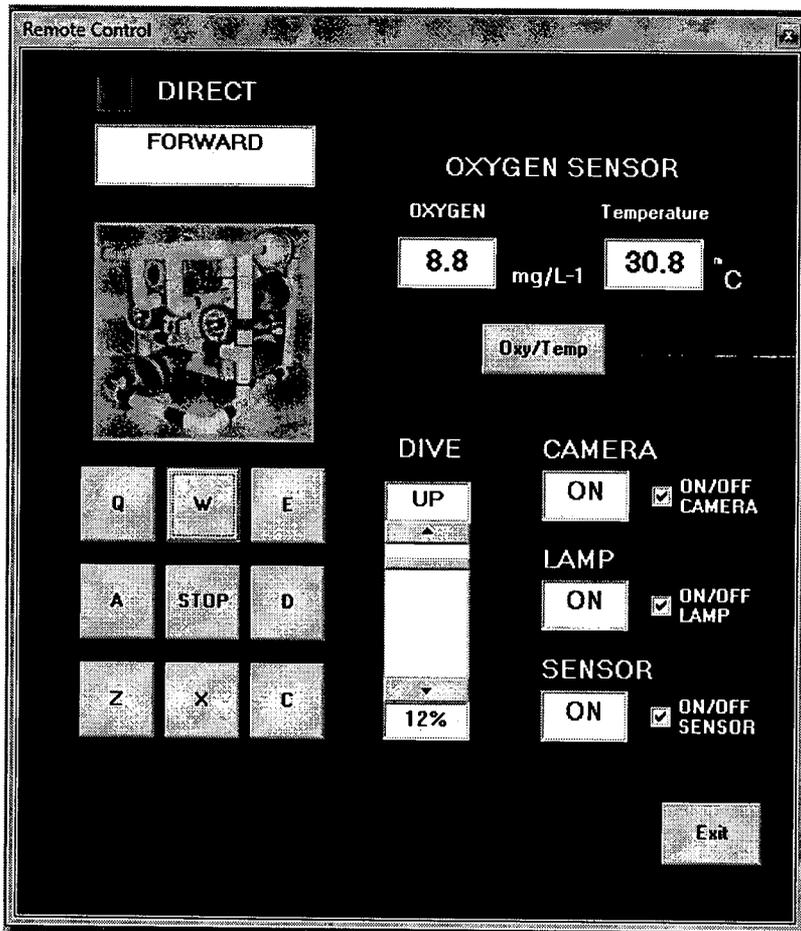


รูปที่ 4.4 สถานะ การเปิด-ปิดกล้องบน LCD



รูปที่ 4.5 สถานะทิศทางการควบคุมยานสำรวจ บน LCD ในรูปแบบต่างๆ

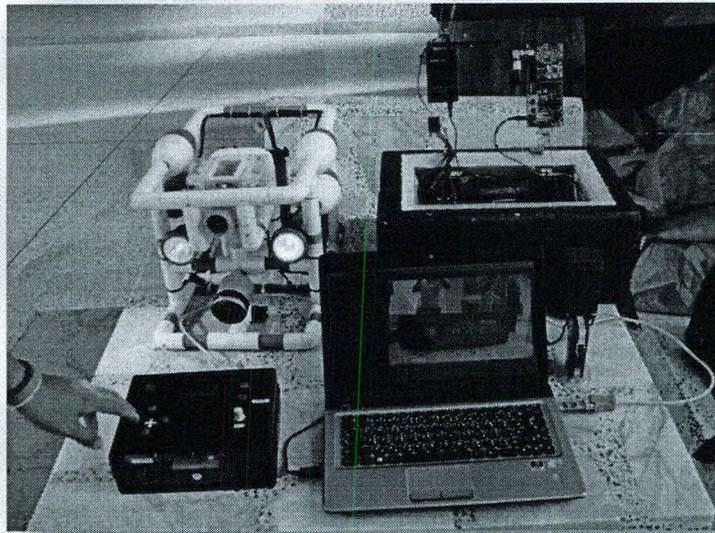
2) การทดสอบโปรแกรมควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ โดยลักษณะหน้าต่างของโปรแกรมจะคล้ายกับรีโมทคอนโทรล และมีส่วนแสดงผลการควบคุมยานสำรวจใต้น้ำ ซึ่งผลของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ผลการควบคุมยานสำรวจใต้น้ำของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4.1.2 การทดสอบวงจรรีเลย์เปิด-ปิดกล้องวิดีโอและหลอดไฟ

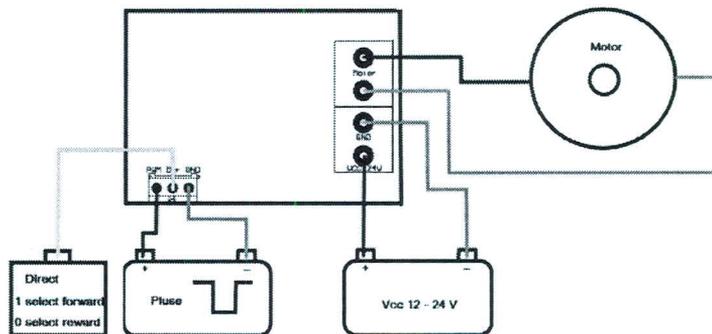
จากการทดสอบการทำงานของวงจรรีเลย์ โดยที่วงจรรีเลย์สามารถใช้งานได้ 4 Channel เมื่อทำการต่อสายสัญญาณเข้าที่วงจรรีเลย์และป้อนสัญญาณ "0" ให้วงจรปรากฏว่าไฟแสดงผลดับ เมื่อป้อนสัญญาณ "1" ให้วงจรปรากฏว่าไฟแสดงผลติด สรุปว่าผลการทดสอบวงจรรีเลย์ใช้งานได้ แสดงการเปิด - ปิดโดยผ่านวงจรรีเลย์ ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 เปิด - ปิดกล่องสำรวจและหลอดไฟโดยผ่านวงจรีเลย์

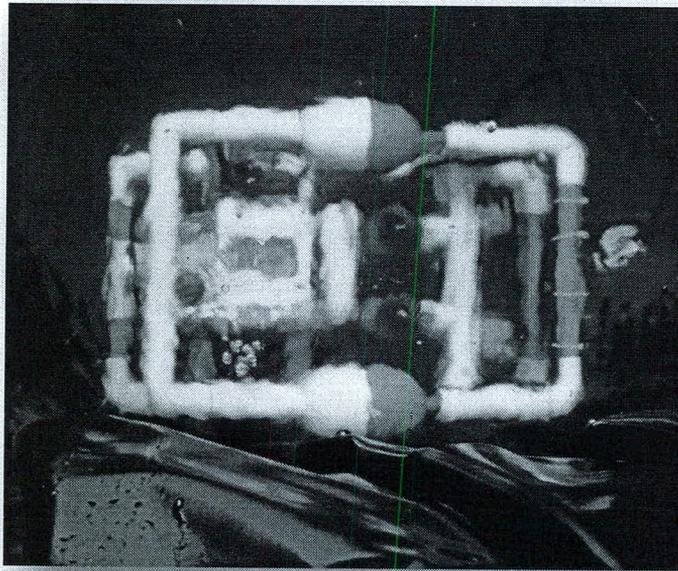
4.1.3 ทดสอบการทำงานของวงจรถับมอเตอร์

นำวงจรถับมอเตอร์ที่สร้างเสร็จมาทดสอบการทำงาน โดยป้อนสัญญาณ PWM และทิศทางการทำงานที่ขา Direct เพื่อดูการทำงานของวงจรถับมอเตอร์ที่เชื่อมต่อสายสัญญาณของวงจรแสดงดังรูปที่ 4.8



(ก) การเชื่อมต่อสายสัญญาณเข้าวงจรถับมอเตอร์

รูปที่ 4.8 การเชื่อมต่อการทดสอบวงจรถับมอเตอร์

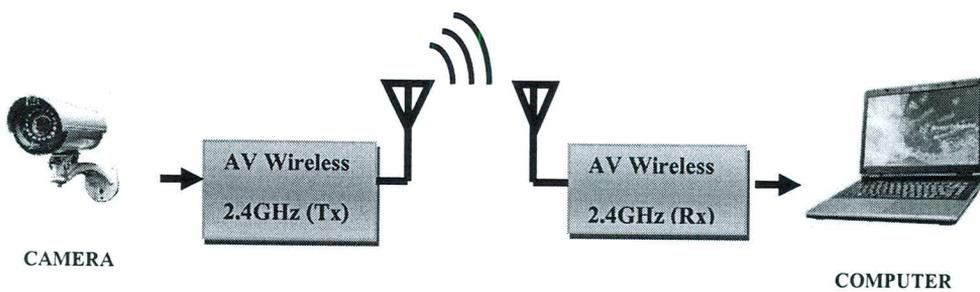


รูปที่ 4.10 การควบคุมการทำงานของเครื่องรับ-ส่งสัญญาณ

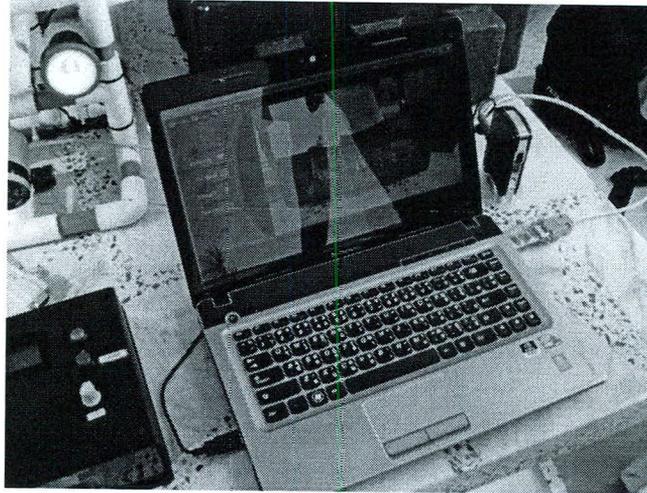
รูปที่ 4.10 เมื่อควบคุมยานสำรวจด้วยรีโมทคอนโทรล โดยส่งข้อมูลควบคุมแบบอนุกรมผ่านเครื่องรับ-ส่งสัญญาณด้วยคลื่นวิทยุความถี่ 433 MHz ไปยังภาครับของยานสำรวจ แล้วยานสำรวจใต้น้ำสามารถที่จะเคลื่อนไหวได้ตรงตามลักษณะการควบคุม

4.1.5 การทดสอบการทำงานของเครื่องรับ-ส่งสัญญาณภาพ ด้วยคลื่นวิทยุความถี่ 2.4 GHz

โดยทดลองต่อกล้องวีดีโอเข้ากับเครื่องส่งสัญญาณภาพ และเครื่องรับต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อตรวจสอบผลการรับสัญญาณภาพ แสดงวิธีการทดสอบดังรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.11 การเชื่อมต่อสายสัญญาณเพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องรับ-ส่งสัญญาณภาพ

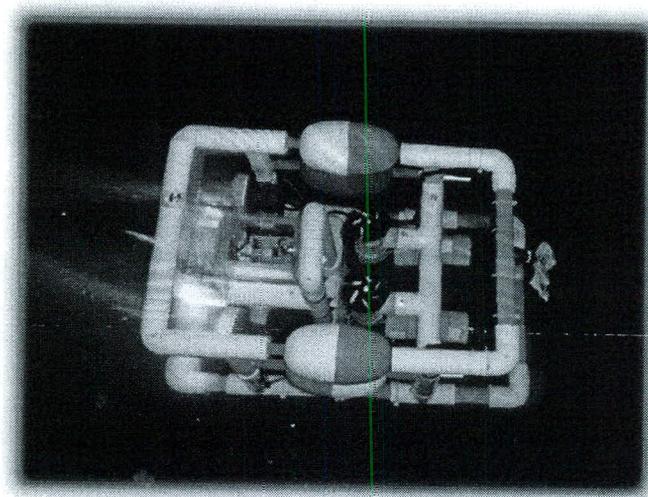


รูปที่ 4.12 ภาพจากการทดสอบการทำงานของเครื่องรับ-ส่งสัญญาณภาพ

รูปที่ 4.12 เมื่อเปิดโปรแกรมสำหรับดูภาพในคอมพิวเตอร์ สามารถแสดงภาพเคลื่อนไหวจากกล้องวีดีโอมาแสดงยังคอมพิวเตอร์ได้

4.2 ผลการทดสอบการทำงานของยานสำรวจใต้น้ำทั้งระบบ

ในการทดสอบยานสำรวจใต้น้ำทั้งระบบ ทำการทดสอบยานสำรวจใต้น้ำในสระน้ำจำลองที่สร้างขึ้นมา แสดงภาพยานสำรวจใต้น้ำทดสอบสระน้ำจำลองดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 การทดสอบยานสำรวจใต้น้ำในสระน้ำจำลอง

รูปที่ 4.13 เป็นสระน้ำจำลองที่ใช้ในการทดสอบการทำงานของยานสำรวจใต้น้ำ มีพื้นที่ขนาด 2 เมตร x 2.5 เมตร สูง 1.2 เมตร สร้างจากเหล็กนำมาประกอบเป็นโครงสี่เหลี่ยม ยึดด้วยนอต ใช้ไม้อัดบุผนังสระน้ำจำลองทั้งสี่ด้าน และใช้ผ้าใบในลอนปูเป็นผนังสระน้ำอีกจำนวนสองชั้น จากสระน้ำจำลองที่สร้างขึ้น ซึ่งจากวิธีการทดสอบการทำงานของยานสำรวจทั้งระบบ มีการอธิบายขั้นตอนการทดสอบและผลการทดสอบยานสำรวจใต้น้ำทั้งระบบ ดังนี้

4.2.1 ผลการทดสอบระยะเวลาการควบคุมยานสำรวจใต้น้ำด้วยรีโมทคอนโทรล

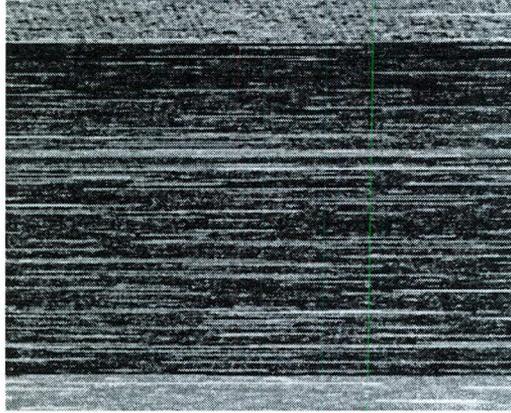
รีโมทคอนโทรลที่ใช้ควบคุมยานสำรวจใต้น้ำ ใช้การส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่าน RF Module ด้วยความถี่ 433 MHz โดยผลการทดสอบระยะเวลาการควบคุมยานสำรวจใต้น้ำด้วยรีโมทคอนโทรล แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ทดสอบระยะเวลาการควบคุมยานสำรวจใต้น้ำด้วยรีโมทคอนโทรล

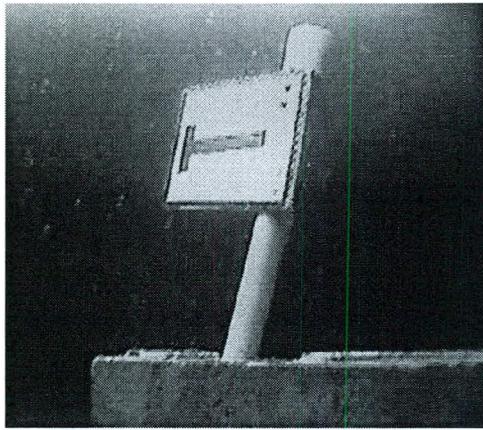
ระยะทาง	คุณภาพการรับ - ส่งสัญญาณ
100 เมตร	ควบคุมได้
130 เมตร	ควบคุมได้
133 เมตร	ควบคุมไม่ค่อยได้
135 เมตร	ควบคุมไม่ได้

4.2.2 ผลการทดสอบระยะเวลาการรับ - ส่งสัญญาณภาพด้วยเครื่องรับ - ส่งสัญญาณภาพไร้สายคลื่นความถี่วิทยุ 2.4 GHz

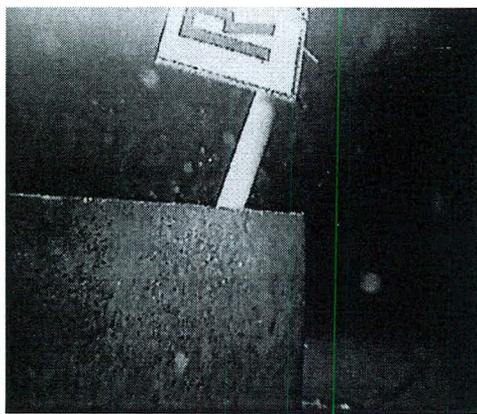
ยานสำรวจใต้น้ำใช้เครื่องรับ - ส่งสัญญาณภาพไร้สายคลื่นความถี่วิทยุ 2.4 GHz ในการนำสัญญาณภาพจากกล้องวิดีโอที่ติดอยู่กับตัวยานสำรวจขึ้นมาแสดงผลบนพื้นดิน โดยลักษณะขณะความชัดของภาพจากกล้องวิดีโอแสดงได้ดังรูปที่ 4.14 และผลการทดสอบระยะเวลาการรับ - ส่งสัญญาณภาพ แสดงดังตารางที่ 4.2



(ก) รับสัญญาณภาพไม่ได้



(ข) สัญญาณภาพชัดเจน



(ค) สัญญาณภาพที่ได้จากการเปิดหลอดไฟสำรวจ

รูปที่ 4.14 ลักษณะของภาพจากกล้องสำรวจ

ตารางที่ 4.2 ทดสอบระยะการรับ – ส่งสัญญาณภาพของยานสำรวจใต้น้ำ

ระยะทาง	คุณภาพการรับ – ส่งสัญญาณ
20 เมตร	สัญญาณชัดเจน
50 เมตร	ค่อนข้างชัดเจน
80 เมตร	เริ่มไม่ชัดเจน
100 เมตร	ไม่ชัดเจน
150 เมตร	ไม่ชัดเจนมาก
170 เมตร	ไม่สามารถรับสัญญาณได้

4.2.3 ผลการทดสอบระดับความลึกในการดำน้ำของยานสำรวจ

ยานสำรวจใต้น้ำสามารถปรับระดับความลึกของยานสำรวจด้วยการปรับความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ดึงกำลังของน้ำในการกดตัวยานให้ดำลงไปใต้น้ำ ซึ่งการปรับความเร็วของมอเตอร์นั้นทำโดยการปรับ Duty cycle ของสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulator) แสดงผลการปรับ Duty cycle กับระดับความลึกของยานสำรวจดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 Duty cycle ของสัญญาณ PWM กับระดับความลึกของยานสำรวจ

Duty cycle	ความลึก (เมตร)
100%	เริ่มดำน้ำ
15%	0.02
18%	0.15
20%	0.18
25%	0.23
30%	สิ้นสุดความลึกของบ่อ

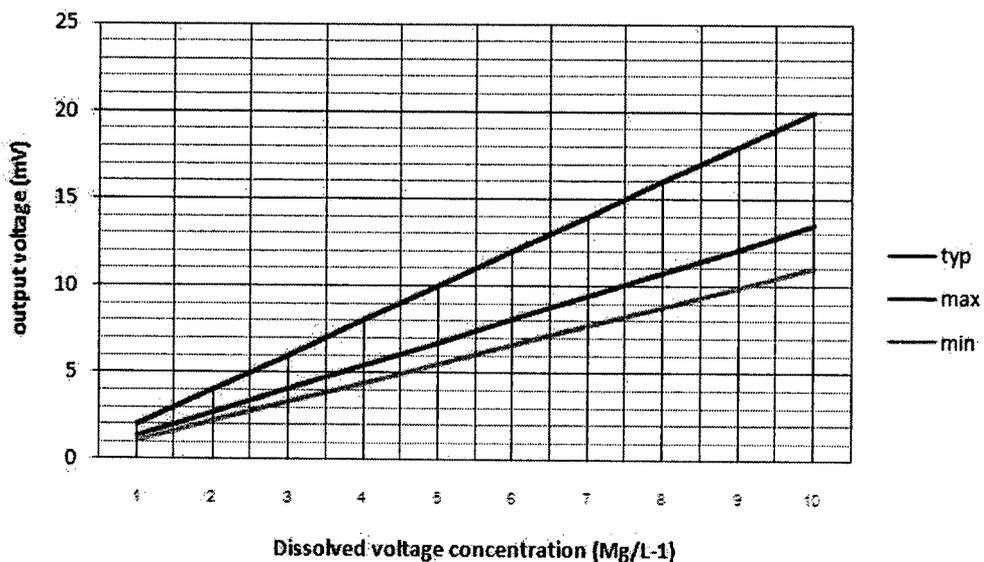
4.2.4 ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าเซนเซอร์วัดออกซิเจน

1) ค่าออกซิเจนในน้ำ เซนเซอร์วัดออกซิเจนเมื่อทำการวัดทดสอบค่า ค่าที่ได้มีขนาดแรงดันอยู่ระหว่าง 8 มิลลิโวลต์ (mV) ถึง 15 มิลลิโวลต์ (mV) ซึ่งเป็นค่าแรงดันที่น้อยมากจึงนำสัญญาณที่ได้ผ่านวงจรขยายเพื่อขยายสัญญาณ แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าที่ได้ก่อนการขยายสัญญาณและหลังจากขยายสัญญาณ

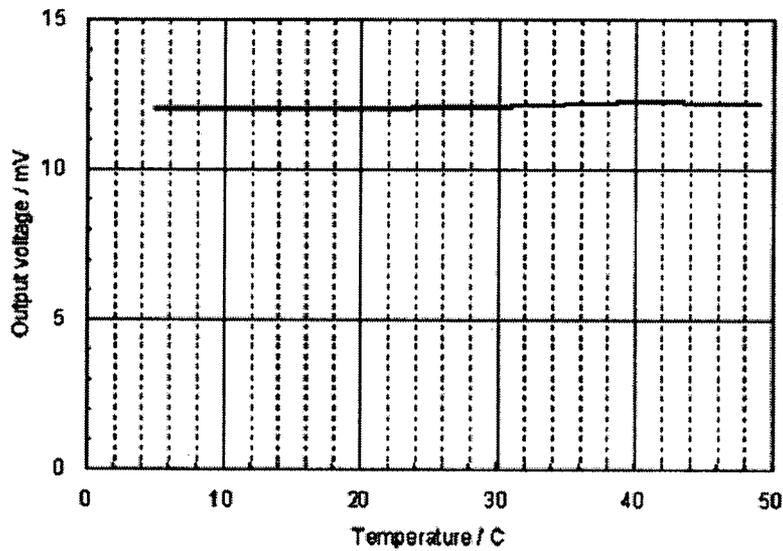
		output voltage (mv)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Dissolved oxygen concentration	Typ		1.35	2.7	4.06	5.4	6.75	8.1	9.45	10.8	12.15	13.5
	Max		1.1	2.2	3.3	4.4	5.5	6.6	7.7	8.8	9.9	11
	Min		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

ค่าแรงดันที่ได้หลังจากการขยายจะแสดงค่าที่ได้ตามตารางที่ 4.4 ดังนี้และแสดงการเปรียบเทียบกราฟที่ได้จากการวัดเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนแสดงดังรูปที่ 4.15

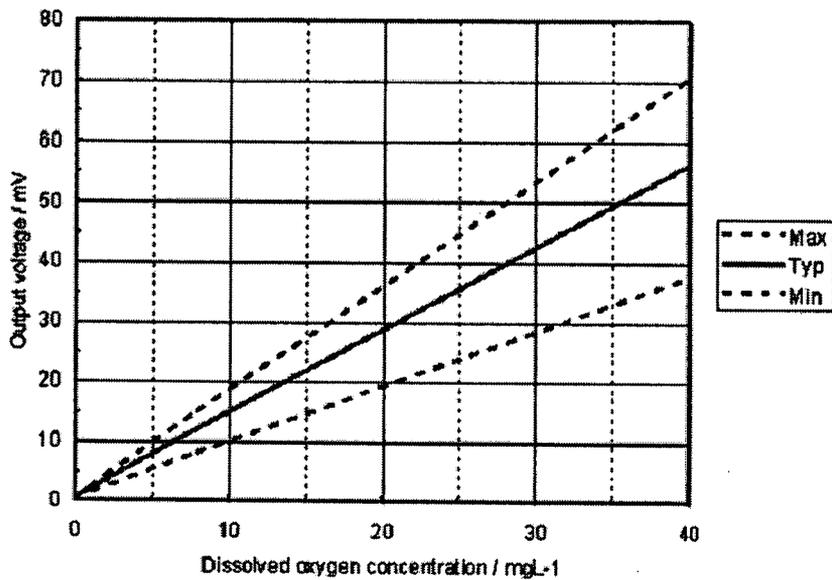


รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบค่าออกซิเจนกับแรงดันเอาต์พุต

2) ค่าอุณหภูมิ เมื่อทำการวัดทดสอบค่า ผลจากการวัดแสดงค่าออกเป็นค่าความต้านทาน ประมาณ 10 กิโลโอห์ม (10k Ω) ถึง 15 กิโลโอห์ม (15k Ω) จึงต้องนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อให้ได้ค่า อุณหภูมิที่ถูกต้อง แสดงกราฟดังรูปที่ 4.16 (ก)



(ก) กราฟคุณสมบัติค่าอุณหภูมิของเซนเซอร์



(ข) กราฟคุณสมบัติค่าออกซิเจน

รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบกราฟคุณสมบัติค่าออกซิเจนและอุณหภูมิของเซนเซอร์

รูปที่ 4.16 จะเห็นได้ว่าค่าอุณหภูมิตั้งแต่ช่วง 5 -50 องศาเซลเซียส ค่าแรงดันที่ได้มีค่าที่ใกล้เคียงกันในช่วงระหว่าง 12 -13 มิลลิโวลต์ (mV) สรุปได้ว่าค่าอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมปกติ ออกซิเจนเซนเซอร์จะทำงานตามกราฟคุณสมบัติ

ตารางที่ 4.5 ค่าที่ได้จากการสำรวจด้วยเซนเซอร์วัดค่าออกซิเจน

ลำดับ	สถานที่ทำการสำรวจ	ค่าที่ได้จากการสำรวจด้วยเซนเซอร์ออกซิเจน	
		ค่าออกซิเจน (Mg/l-1)	ค่าอุณหภูมิ (C)
1	สระน้ำจำลองชั้น 7	7.9-8.4	30
2	ตึกวิทยบริการ	7.4-7.8	32
3	ตึกนาฏศิลป์	7.1-7.4	32
4	สถาบันวิจัยเคมี	7.1-7.4	31
5	ตึกวิทยาศาสตร์	6.8-7.5	30

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าที่ได้จากการสำรวจด้วยเซนเซอร์วัดค่าออกซิเจน ในแหล่งน้ำตามสถานที่ต่างๆ

4.2.5 ผลการทดสอบความเร็วในการเคลื่อนที่

ในส่วนของการทดสอบความเร็วในการเคลื่อนที่ของยานสำรวจใต้น้ำ จะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ ทดสอบขณะยานสำรวจอยู่ที่ผิวน้ำ (ปิดมอเตอร์ดำน้ำ) และทดสอบขณะที่ยานสำรวจดำอยู่ใต้น้ำ โดยผลการทดสอบแต่ละส่วนแสดงได้ดังนี้

1) ผลการทดสอบความเร็วในการเคลื่อนที่ของยานสำรวจในขณะที่ยานสำรวจลอยอยู่บนผิวน้ำ ด้วยสมการ ความเร็วเท่ากับระยะทางหารด้วยเวลาที่ใช้ ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ความเร็วการเคลื่อนที่ของยานสำรวจขณะที่ยานสำรวจอยู่บนผิวน้ำ

ครั้งที่	ระยะทาง (เมตร)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็ว (เมตร/วินาที)
1	2	27	0.074
2	2	25	0.08
3	2	28	0.071
ความเร็วเฉลี่ย			0.075

2) ผลการทดสอบความเร็วในการเคลื่อนที่ของยานสำรวจในขณะที่ยานสำรวจดำอยู่ใต้น้ำ ด้วยสมการ ความเร็วเท่ากับระยะทางหารด้วยเวลาที่ใช้ ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ความเร็วการเคลื่อนที่ของยานสำรวจในขณะที่ยานสำรวจดำอยู่ใต้น้ำ

ครั้งที่	ระยะทาง (เมตร)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็ว (เมตร/วินาที)
1	2	38	0.052
2	2	34	0.058
3	2	36	0.055
ความเร็วเฉลี่ย			0.055

4.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบยานสำรวจ

จากการทดสอบการทำงานของยานสำรวจทั้งระบบ ได้แก่ การทดสอบระยะการควบคุมยานสำรวจ, การทดสอบระยะการรับ-ส่งสัญญาณภาพ, ระดับความลึกในการดำน้ำของยานสำรวจ และความเร็วในการเคลื่อนที่แนวราบของยานสำรวจ ทั้งในขณะที่ยานสำรวจลอยอยู่บนผิวน้ำ และขณะที่ยานสำรวจลอยอยู่ใต้น้ำ สามารถวิเคราะห์ผลการทดสอบยานสำรวจดังต่อไปนี้

4.3.1 การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของยานสำรวจใต้น้ำ

จากการวิเคราะห์ความเร็วในการเคลื่อนที่ของยานสำรวจใต้น้ำกับหุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำ สามารถแยกการทดสอบออกเป็น 2 ประเภท คือ การสำรวจการเคลื่อนที่ในระดับแนวราบบนผิวน้ำและดำอยู่ใต้น้ำ ทดสอบการเคลื่อนที่ในระยะทาง 2 เมตร ได้ผลของวิเคราะห์ ตามตารางที่ 4.8 และตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบการเคลื่อนที่แนวราบบนผิวน้ำในระยะทาง 2 เมตร

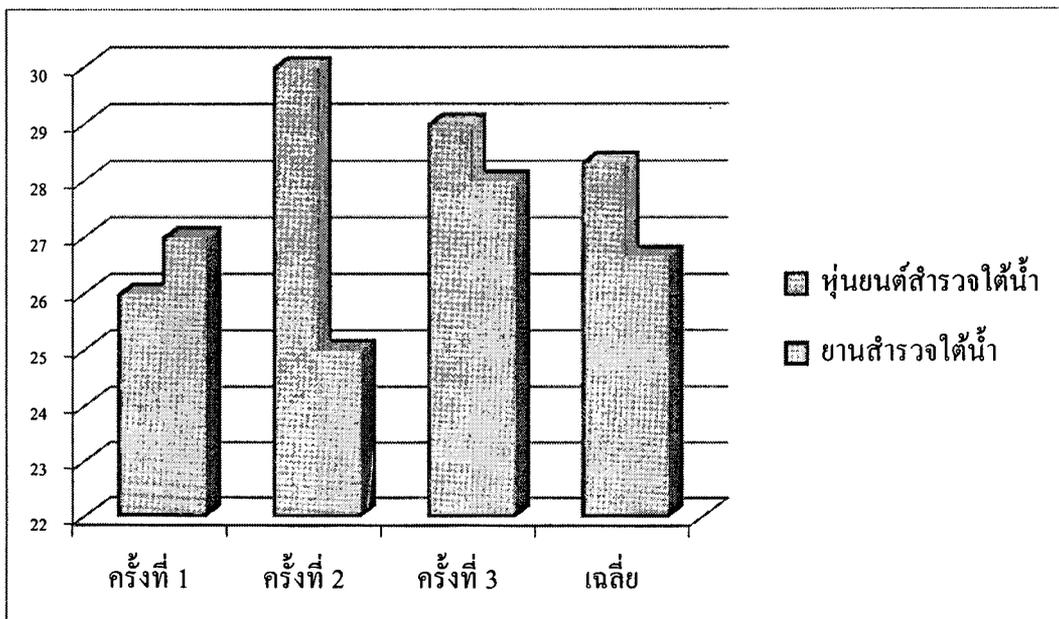
ครั้งที่	เปรียบเทียบการเคลื่อนที่แนวราบบนผิวน้ำในระยะทาง 2 เมตร	
	หุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำ (เมตร/วินาที)	ยานสำรวจใต้น้ำ (เมตร/วินาที)
1	0.076	0.074
2	0.066	0.08
3	0.068	0.071
เวลาเฉลี่ย	0.07	0.075

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบการเคลื่อนที่แนวราบดำอยู่ใต้น้ำในระยะทาง 2 เมตร

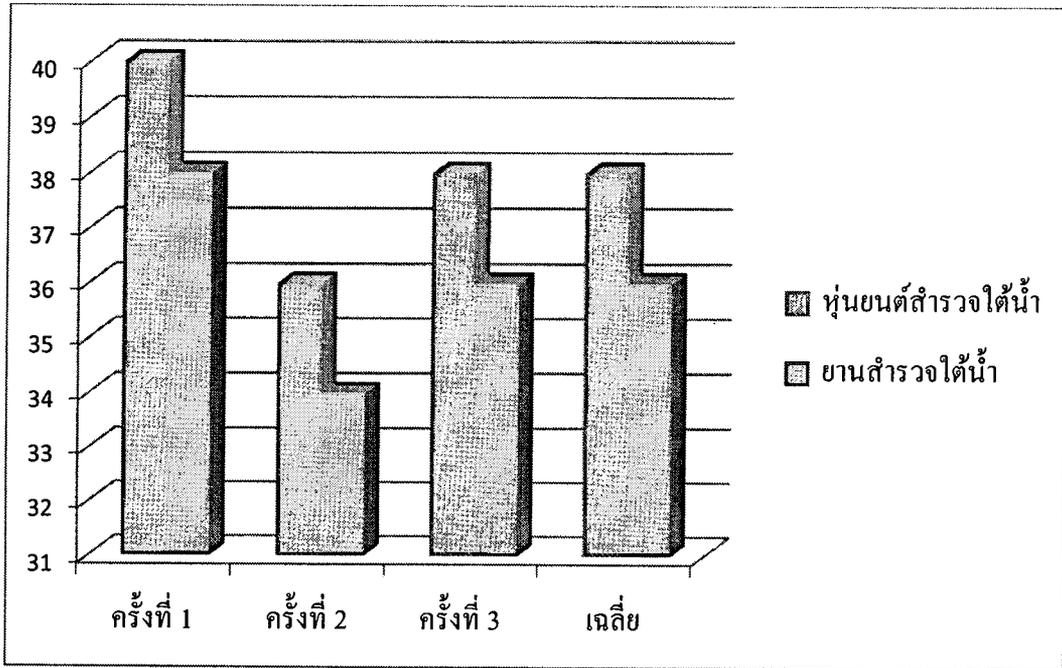
ครั้งที่	เปรียบเทียบการเคลื่อนที่แนวราบดำอยู่ใต้น้ำในระยะทาง 2 เมตร	
	หุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำ (เมตร/วินาที)	ยานสำรวจใต้น้ำ (เมตร/วินาที)
1	0.05	0.052
2	0.056	0.058
3	0.053	0.055
เวลาเฉลี่ย	0.053	0.055

4.3.2 การวิเคราะห์ความเร็วของยานสำรวจใต้น้ำ

จากการทดสอบให้ยานสำรวจเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 2 เมตร แล้วทำการจับเวลาในการเดินทาง จากนั้นนำค่าระยะทางหารด้วยระยะเวลาที่ใช้เดินทาง มาคำนวณออกมาเป็นค่าความเร็ว ของยานสำรวจ โดยทดสอบเคลื่อนที่ยานสำรวจให้เดินทาง 2 เมตรจำนวน 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย แสดงเป็นแผนภูมิ ดังรูปที่ 4.17 และ 4.18



รูปที่ 4.17 กราฟเปรียบเทียบระยะเวลาการเดินทาง 2 เมตรขณะลอยอยู่บนผิวน้ำ



รูปที่ 4.18 กราฟเปรียบเทียบระยะเวลาการเดินทาง 2 เมตรขณะดำอยู่ใต้น้ำ

ผลการดำเนินงานที่กล่าวมา ได้ทำการทดสอบวงจรถอئيةทรอนิกส์ในแต่ละส่วน และทดสอบการทำงานของยานสำรวจใต้น้ำทั้งระบบ ทั้งระยะการควบคุม, ระยะการส่งสัญญาณ, ระดับความลึก และความเร็วของยานสำรวจ จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการทำงานของยานสำรวจในแต่ละส่วน โดยนำไปเปรียบเทียบกับหุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำที่มีการสร้างขึ้นมาแล้ว การสรุปผลและข้อเสนอแนะจะกล่าวถึงในบทต่อไป