

สร้างระบบขับกังหันน้ำชัยพัฒนาโดยใช้พลังงานแบบผสมผสานและการตรวจวัดออกซิเจนในน้ำ

Implementation of Chaipattana Aerator Drive System by using Hybrid Energy and Water Oxygen Sensing

รัชชัย ทองเหล็ยม¹, วิโรจน์ บัวงาม², หฤทัย คินสกุล¹ และ บรรเจิด เจริญพันธ์²

โปรแกรมวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

85 ถนนมาลัยแมน อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000 โทรศัพท์ : 034-261021-30 ต่อ 1827, E-mail: thawatchai@npru.ac.th

บทคัดย่อ

วิจัยนี้เสนอระบบขับกังหันน้ำชัยพัฒนาโดยใช้พลังงานแบบผสมผสานและใช้การตรวจวัดออกซิเจนในน้ำ โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการขอพระบรมราชานุญาตจากมูลนิธิชัยพัฒนาเพื่อสร้างกังหันน้ำชัยพัฒนา งานวิจัยนี้ได้นำค่าปริมาณออกซิเจนที่วัดได้มาควบคุมกังหันน้ำและนำแผงโซลาร์เซลล์มาใช้เก็บพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ วงจร บูส คอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่ชาร์จแบตเตอรี่ และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877 ควบคุมวงจรด้วยการดึงพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงสุด ค่าออกซิเจนที่วัดได้มาควบคุมการขับกังหันน้ำ ชุดอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส ทำหน้าที่ขับมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 2 HP และกำหนดค่าออกซิเจนในน้ำเท่ากับ 4.7 ppm งานวิจัยนี้ทำการทดลองระบบขับกังหันน้ำเดิมอากาศด้วยชุดอินเวอร์เตอร์ที่ได้รับแรงดันจากวงจรพุก-พูล คอนเวอร์เตอร์ร่วมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งแปลงมาจากแรงดันไฟกระแสสลับพบว่าระบบสามารถขับกังหันน้ำได้ตลอดทั้งวัน และระบบจะทำการหยุดการขับกังหันน้ำเมื่อปริมาณออกซิเจนมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 4.7 ppm

คำสำคัญ : กังหันน้ำชัยพัฒนา, ระบบขับกังหันน้ำ, วงจรบูส คอนเวอร์เตอร์, วงจรพุก-พูล คอนเวอร์เตอร์, อินเวอร์เตอร์ 3 เฟส, การตรวจวัดออกซิเจน

Abstract

This paper proposed implementation of hybrid energy aerator system, which is Chaipattana aerator, with oxygen measuring. The researchers had sought for Royal permission from the King's Chaipattana Foundation. The oxygen value is used in order to control the aerator water treatment. The boost converter is used to the charging battery, and the μ C PIC (16F877) is used to control battery charger circuit by maximum power point tracking technique. The oxygen is measured and in order to control aerator. The 3 phase inverter is used to drive motor (2 HP). The oxygen of is 4.7 ppm. The experimental of The Chaipattana aerator by using 3 phase inverter, the push-pull converter is the power converter from battery voltage to output voltage, and DC supply which is AC-DC converter. Finally, the aerator drive

system can be driving aerator all day and when the oxygen more than or equal to 4.7 ppm, the system can be stop driving the aerator

Keywords : Chaipattana aerator, aerator drive system, boost converter, push-pull converter, 3 phase inverter, oxygen measuring

1. บทนำ

กังหันน้ำชัยพัฒนาที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระราชทาน [1] ซึ่งเป็นเครื่องกลเติมอากาศแบบประหยัดค่าใช้จ่าย โดยใช้พลังงานไฟฟ้ามาขับเคลื่อน มีคุณประโยชน์อันดีต่อกับบึงน้ำเสียเป็นการเพิ่มออกซิเจนในน้ำ ส่งผลให้สัตว์น้ำสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ทำให้แหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำสาธารณะกลับมาใช้อุปโภคได้ กังหันน้ำชัยพัฒนามีคุณประโยชน์อีกประการคือ สามารถประยุกต์ใช้กับการเติมอากาศในบ่อกุ้งและบ่อปลาของเกษตรกร ทำให้เกิดออกซิเจนในน้ำเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ กุ้งและปลาของเกษตรกร ทำให้เพิ่มผลผลิตของเกษตรกรอีกทาง และมีความเหมาะสมอย่างมากที่เกษตรกรจะนำกังหันน้ำชัยพัฒนาไปใช้เนื่องจาก กังหันน้ำชัยพัฒนาสามารถเติมออกซิเจนในน้ำได้ทั่วทั้งบ่อและกังหันน้ำ

เพื่อเป็นการเจริญรอยตามเบื้องพระยุคลบาทในการศึกษาค้นคว้าวิจัย และประดิษฐ์คิดค้น และเพื่อเป็นการริเริ่มและเป็นตัวอย่างให้ประชาชนและองค์กรต่าง ๆ ในการดำเนินรอยตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในการนำพลังงานธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และการอนุรักษ์แหล่งน้ำสาธารณะให้สามารถนำไปใช้ทางการเกษตรได้ [2] โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการขอพระบรมราชานุญาตจากมูลนิธิชัยพัฒนา ขอแบบกังหันน้ำชัยพัฒนารุ่น RX-2 และได้นำโซลาร์เซลล์ (Solar cell) มาใช้ร่วมกับระบบเติมอากาศในน้ำหรือกังหันน้ำชัยพัฒนา เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และ นำค่าปริมาณออกซิเจนที่ได้จากการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำ มาควบคุมกังหันน้ำ ซึ่งทำการทดลองในสระน้ำของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องกลเติมอากาศ เพื่อนำไปเป็นชุดต้นแบบสำหรับเครื่องกลเติมอากาศแบบประหยัดพลังงานที่ใช้กันอยู่ทั่วประเทศ และทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศโดยรวมลดลงเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังทำให้น้ำที่เน่าเสียมีปริมาณออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น

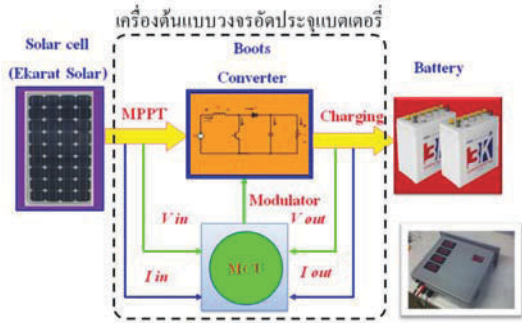
2. ระบบขั้บกันน้ำชั้พัฒนาที่ใช้การตรวจวัดออกซิเจนในน้ำ

รูปที่ 1 แสดงชุดกันน้ำเดิมาอากาศด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มีรายละเอียดดังนี้ แผงโซล่าเซลล์ (Solar Cell Panel) ทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อไปประจุลงในแบตเตอรี่ (Battery Charger) ขนาด 24 V 200 A แล้ววงจรพช-พูล คอนเวอร์เตอร์ จะทำการแปลงแรงดันจากแบตเตอรี่ขนาด 24 V เป็น 310 V เพื่อป้อนให้กับวงจรมอเตอร์ 3 เฟส เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานในการหมุนกันน้ำ การขั้บมอเตอร์กันน้ำชั้พัฒนา ได้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 2 HP ซึ่งจะมีการสลับไปใช้แรงดันไฟสลับที่ถูกแปลงเป็นแรงดันไฟตรงเมื่อแรงดันจากแบตเตอรี่ไม่เพียงพอกับการหมุนกันน้ำ และเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานมากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้ได้ใช้การวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำเพื่อสั่งการทำงานหรือหยุดการทำงานของกันน้ำ และจากการศึกษาพบว่าปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสมกับการเลี้ยงสัตว์น้ำพบว่าค่าปริมาณออกซิเจนเท่ากับ 4.7 ppm [2, 3] ดังนั้น คณะผู้วิจัยได้ตั้งเงื่อนไขการขั้บกันน้ำที่สัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนดังนี้ เมื่อปริมาณออกซิเจนมากกว่าหรือเท่ากับ 4.7 ppm กันน้ำจะหยุดการทำงาน และถ้าปริมาณออกซิเจนน้อยกว่า 4.7 ppm กันน้ำจะหยุดการทำงานการเติมออกซิเจนในน้ำ เนื่องจากกันน้ำถูกติดตั้งไว้กลางสระ ดังนั้น งานวิจัยนี้ต้องใช้การรับส่งข้อมูลแบบไร้สายเพื่อนำค่าออกซิเจนมาสั่งให้อินเวอร์เตอร์ 3 phase การควบคุมการหมุนกันน้ำ

2.1 การชาร์ตแบตเตอรี่ [4, 8]

รูปที่ 2 แสดงวงจร บูล คอนเวอร์เตอร์ ทำการชาร์ตแบตเตอรี่ ซึ่งได้รับแรงดันอินพุตจากแผงโซล่าเซลล์ งานวิจัยนี้ใช้ $\mu\text{C PIC 16F877}$ ซึ่งถูกออกแบบให้ควบคุมการชาร์จ บูล คอนเวอร์เตอร์ ให้มีแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 24.5 V และมีการวัดค่าแรงดันอินพุต กระแสอินพุต วัด

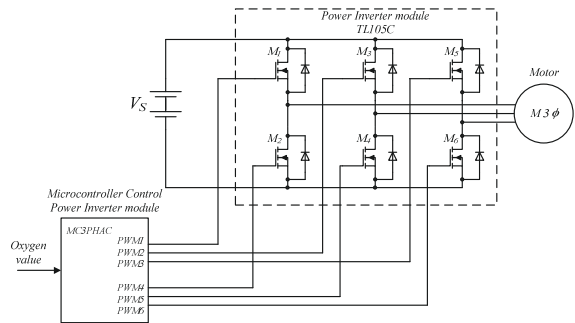
แรงดันเอาต์พุต และกระแสเอาต์พุตเพื่อคำนวณหาค่ากำลังสูงสุดเพื่อให้วงจรสามารถติดตามกำลังการชาร์ตได้สูงสุด



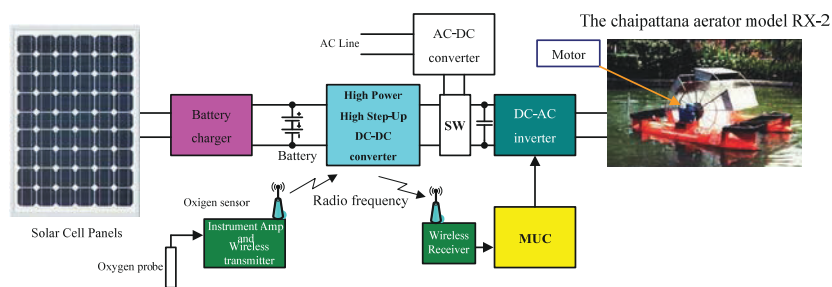
รูปที่ 2 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่

2.2 อินเวอร์เตอร์ 3 เฟส [5]

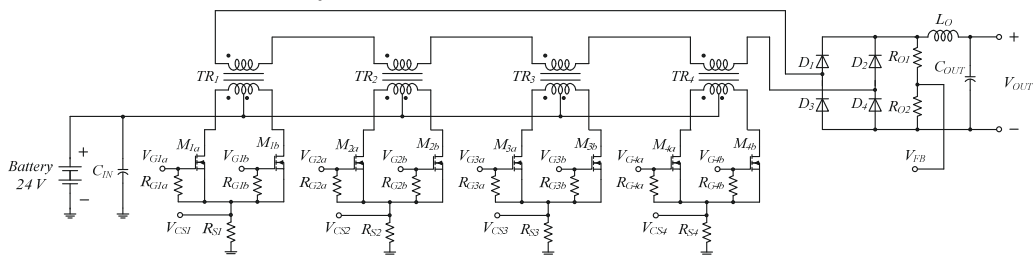
รูปที่ 3 แสดงวงจรมอเตอร์ 3 เฟส ทำหน้าที่ขั้บเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1 วงจรขั้บเคลื่อนมอเตอร์โมดูล TL105C และ 2 วงจรควบคุม ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MC3PHAC ซึ่งนำค่าปริมาณออกซิเจนมาควบคุมการเปิด-ปิด ระบบการขั้บกันน้ำ



รูปที่ 3 วงจรมอเตอร์ 3 เฟส ที่ควบคุมด้วยคอนโทรลเลอร์ MC3PHAC



รูปที่ 1 ระบบขั้บกันน้ำที่ใช้พลังงานแบบผสม



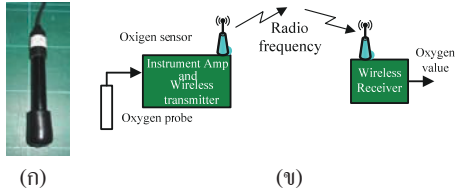
รูปที่ 4 วงจรพช-พูล คอนเวอร์เตอร์ ที่มีแรงดันอินพุต 24 V และเอาต์พุต 310 V

2.3 วงจรพุก-พุด คอนเวอร์เตอร์ [6]

วงจรพุก-พุด คอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่แปลงแรงดันจาก แบตเตอรี่ 24 V 200 A (แบตเตอรี่ 12 V 100 A จำนวน 4 ลูก ซึ่งต่ออนุกรมและขนาน) เอาต์พุตมีค่าเท่ากับ 310 V และกระแสสูงสุดเท่ากับ 6 A เพื่อป้อนให้กับอินเวอร์เตอร์ 3 phase รูปที่ 4 แสดงวงจรพุก-พุด คอนเวอร์เตอร์ ที่มีอัตราขยายแรงดัน 13 เท่า

2.4 ชุดตรวจวัดออกซิเจน [7]

งานวิจัยนี้ได้ใช้หัววัดแบบกัลวานิก ทำหน้าที่ที่แสดงในรูปที่ 5 (ก) ทำหน้าที่วัดปริมาณออกซิเจนแล้วส่งไปให้วงจรขยายแล้วส่งต่อไปยังโมดูลสื่อสารไร้สายแบบ Xbee รูปที่ 5 (ข) แสดงชุดตรวจวัดออกซิเจนที่ใช้การส่งข้อมูลแบบไร้สาย โมดูล Zigbee ซึ่งทำหน้าที่รับค่าออกซิเจนละลายจากส่วนประมวลผล และส่งให้โมดูลสื่อสารไร้สายส่งค่าปริมาณออกซิเจนไปยังภาครับ โดยที่ภาครับทำหน้าที่รับและแสดงผลทางหน้าจอและส่งค่าปริมาณออกซิเจนไปให้กับ MC3PHAC เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเพิ่มหรือลดความเร็วในการหมุนกังหันน้ำชัยพัฒนา



(ก) (ข)

รูปที่ 5 (ก) ออกซิเจนโพรบ (ข) ชุดตรวจวัดออกซิเจนที่ใช้การส่งข้อมูลแบบไร้สาย

3. การทดลองและผลการทดลอง

3.1 วงจรขาร์ทแบตเตอรี่

ทำการทดลองขาร์ทแบตเตอรี่จากพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาด 80 W ซึ่งมี $V_{OUT,max} = 17 V$ และ $I_{OUT,max} = 4.67 A$ จำนวน 2 แผง ต่อลักษณะขนานกันเพื่อให้ได้ $V_{OUT,max} = 17 V$ และ $I_{OUT,max} = 9.34 A$ แล้ววัดค่ากระแสและแรงดันตั้งแต่เวลา 9.15-13.00 น. จากการทดลองพบว่าแผงโซลาร์เซลล์จ่ายแรงดันเท่ากับ 10-18.9 V มีกระแสเท่ากับ 0-1.5 A และวงจรมีแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 18.5 – 57.4 V และมีกระแสเอาต์พุตเท่ากับ 1.8 – 2.1 A รูปที่ 6 แสดงผลการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดช่วงเวลา 09.15-13.00 น. ที่แสดงค่าเป็น 7 segment



(ก) เวลา 09.15 น. (ข) เวลา 11.15 น. (ค) เวลา 13.00 น.

รูปที่ 6 ผลการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดช่วงเวลา 09.15-13.00 น.

3.2 การทดลองอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส

ทำการทดลองการขับมอเตอร์กังหันน้ำเดิมอากาศซึ่งใช้มอเตอร์

เห็นี่ยวนำแบบ 3 phase ขนาด 2 HP แล้วทำการทดสอบด้วยเฟืองที่มีอัตราทดเท่ากับ 1:120 และใช้โซ่ทดรอบ ควบคุมให้กังหันหมุนของดักน้ำมีความเร็วเท่ากับ 5 รอบ/นาที รูปที่ 7 (ก) แสดงการทดลองกังหันน้ำเดิมอากาศพร้อมกับวัดค่าออกซิเจน และรูปที่ 5 (ข) แสดงการทดลองอินเวอร์เตอร์ขับกังหันน้ำด้วยพลังงานแบตเตอรี่ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ



(ก) (ข)

รูปที่ 7 (ก) ทดลองกังหันน้ำเดิมอากาศ (ข) ทดลองอินเวอร์เตอร์ขับกังหันน้ำด้วยพลังงานแบตเตอรี่

3.3 การทดลองวงจรพุก-พุด คอนเวอร์เตอร์

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองวงจรพุก-พุด คอนเวอร์เตอร์ พร้อมกับขับกังหันน้ำที่ความเร็วรอบต่าง ๆ พบว่าที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 3-5 รอบต่อนาที วงจรทำการดึงกระแสจากแบตเตอรี่เท่ากับ 32 – 60 A และมีกำลังงานอินพุตเท่ากับ 901– 1,005 W วงจรสามารถจ่ายแรงดันเอาต์พุตได้ตั้งแต่ 295 – 320 V และสามารถจ่ายกระแสตั้งแต่ 3.16-4.75 A ซึ่งวงจรสามารถจ่ายกำลังงานให้กับโหลดได้ตั้งแต่ 980-1,004 W

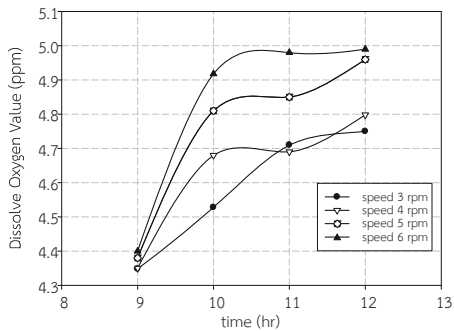
ตารางที่ 1 ผลการทดลองวงจรพุก-พุด คอนเวอร์เตอร์ ขณะกังหันน้ำเดิมอากาศทำงาน

ความเร็วรอบ/นาที	V _{IN} (V)	I _{IN} (A)	P _{IN} (W)	V _{OUT} (V)	I _{OUT} (A)	P _{OUT} (W)
3	25.00	32	800.00	320	3.16	1011.20
4	24.00	40	960.00	314	3.72	1,168.08
5	23.46	60	1,405.6	295	4.75	1,401.25

3.4 การตรวจวัดปริมาณออกซิเจน

งานวิจัยครั้งนี้ได้ติดตั้งหัววัดแบบกัลวานิกลงในบ่อน้ำด้วยความจากคือน้ำ ลึก 30 cm แล้วทำการขับกังหันน้ำพร้อมกับวัดปริมาณออกซิเจน เพื่อนำค่าปริมาณออกซิเจนมาให้ MC3PHAC เพื่อเพิ่มหรือลดความเร็วในการหมุนกังหันน้ำชัยพัฒนา รูปที่ 8 แสดงกราฟผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนโดยการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันที่ 3, 4, 5, และ 6 รอบต่อนาที ระยะเวลา 09.00 น. ถึง 12.00 น. และทำการวัดค่าออกซิเจนที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ของกังหันพบว่าเมื่อกังหันทำงานสามารถเพิ่มค่าออกซิเจนในน้ำได้สูงขึ้น นอกจากนั้นการเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของกังหัน และผลการเพิ่มของค่าออกซิเจนที่ความเร็วรอบ 3, 4, 5 และ 6 รอบต่อนาที ซึ่งความเร็วรอบที่เหมาะสมคือ 5 รอบต่อนาที เนื่องจาก

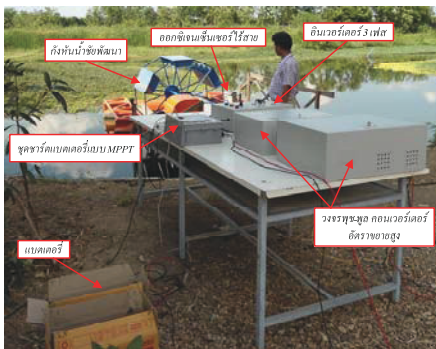
สามารถให้ค่าออกซิเจนโดยประมาณตั้งแต่ 4.4-5 ppm และใช้พลังงานน้อยกว่าความเร็ว 6 รอบต่อวินาที



รูปที่ 8 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนจากเครื่องวัดปริมาณออกซิเจน

3.4 ระบบขับเคลื่อนน้ำชัยพัฒนา

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองระบบขับเคลื่อนกังหันน้ำชัยพัฒนาที่ใช้พลังงานแบตเตอรี่ และปรับระดับการหมุนด้วยค่าออกซิเจนในบ่อเลี้ยงปลาที่ศูนย์การเรียนรู้ทางการเกษตร และในสระน้ำเพื่อฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม รูปที่ 9 (ก) แสดงการทดลองระบบขับเคลื่อนกังหันน้ำที่ใช้ รูปที่ 9 (ข) แสดงกังหันน้ำชัยพัฒนาในการเติมออกซิเจนในน้ำ และ รูปที่ 9 (ค) แสดงแผงโซลาร์เซลล์ จากผลการทดลองพบว่าวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สามารถนำพลังงานจากแบตเตอรี่มาขับเคลื่อนกังหันน้ำได้ และความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการเติมอากาศในน้ำคือ 5 รอบต่อวินาที ใช้เวลาประมาณ 40 นาที เมื่อปริมาณออกซิเจนมากกว่า 4.7 ppm เครื่องจะหยุดการหมุนกังหันน้ำ แล้วกลับมาหมุนใหม่เมื่อปริมาณออกซิเจนน้อยกว่า 4.7 ppm



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 9 (ก) การทดลองระบบขับเคลื่อนกังหันน้ำที่ใช้ (ข) กังหันน้ำชัยพัฒนา และ (ค) แผงโซลาร์เซลล์

4. บทสรุป

วิจัยนี้นำเสนอระบบขับเคลื่อนกังหันน้ำเติมอากาศโดยใช้พลังงาน

แบตเตอรี่ ซึ่งได้จากการนำแผงโซลาร์เซลล์ มาเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า และใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ และนำค่าปริมาณออกซิเจนที่วัดได้มาควบคุมกังหันน้ำ ซึ่งเป็นวิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้า งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองระบบขับเคลื่อนกังหันน้ำเติมอากาศด้วยชุดอินเวอร์เตอร์ที่ได้รับแรงดันจากวงจรพวง-พูล คอนเวอร์เตอร์ ร่วมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งแปลงมาจากแรงดันไฟกระแสสลับ จากผลการทดลองพบว่าวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สามารถนำพลังงานจากแบตเตอรี่มาขับเคลื่อนกังหันน้ำได้ และความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการเติมอากาศในน้ำคือ 5 รอบต่อวินาที ปริมาณออกซิเจนมีค่าเท่ากับ 4.7 ppm

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประเภททุนวิจัยนวัตกรรม ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ดิน น้ำ ป่าไม้) ประจำปี 2553

เอกสารอ้างอิง

- [1] มูลนิธิชัยพัฒนา (The Chaipattana Foundation) : <http://www.chaipat.or.th>
- [2] สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ มอบกังหันน้ำชัยพัฒนาแบบใช้พลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ แก่สวนหลวง ร.9. จาก http://thainews.prd.go.th/PrintNews.php?m_newsid=255111300124&tb=N255111
- [3] พรบ. กฎหมายและมาตรฐานเกี่ยวกับควบคุมมลพิษ, เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อคุ้มครองสัตว์น้ำจืด เอกสารวิชาการ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งประเทศไทย ฉบับที่ 75/2530, จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_water05.html
- [4] วีระเชษฐ์ ชันเงิน และ วุฒิพล ธาราธิระเศรษฐ์ “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง” พิมพ์ครั้งที่ 5 กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด วิ.เจ. พรินติ้ง, 2550
- [5] พิศพงษ์ ลิ้มประสิทธิ์วิวงศ์, การส่งกำลังจากมอเตอร์เพื่อขับโหลด, จาก http://www.9engineer.com/au_main/Drives/Motor_Torque_Transmission_TH.pdf
- [6] สุวัฒน์ คั่น “เทคนิคและการออกแบบสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย” พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร: เอนเทลไทย, 2538
- [7] นายอนุศักดิ์ ประพัฒน์ วิทยานิพนธ์ ระบบตรวจสอบปริมาณออกซิเจนในน้ำโดยอัตโนมัติโดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับฟาร์มกุ้ง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, ปีการศึกษา 2551
- [8] E. Koutroulis and K. Kalaitzakis : “Novel battery charging regulation system for photovoltaic application”. IEE Proc.- Electr. Power Appl., Vol. 151, No. 2, March 2004. Page(s): 191-197