

การออกแบบเรือเพื่อใช้กับระบบขับเคลื่อนแบบโบกกลับไปกลับมาเบื้องต้น

Construction Design for Simple Oscillating Propulsion Ship

สโรช ไทรเมฆ¹ ชัตติยะ แถวไทสง² นิรุตต์ วงศ์สถาน³ นพทวี ชูชาญชัย⁴ พิพัฒน์ เลิศพริยสุวัฒน์⁵

นิรุตต์ ศรีเกษม⁶ นัฐดนัย นิ่มนวล⁷ และนายสุกิต วรวัฒน์ญานนท์⁸

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 91 ถ.ประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

E-mail: saroj@fibo.kmutt.ac.th

Saroj SAIMEK¹ Kattiya TAWTAISONG² Nirut WONGSATAN³ Noptawee CHUCHANCHAI⁴ Pipat LERDPIRIYASUWAT⁵

Nirut SRIKASAM⁶ Nutdanai NYMNUAN⁷ and Sukit WORAWATYANON⁸

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering

King Mongkut's University of Technology Thonburi. 91 Pracha-u-tit Rd. Bangmod Tungkr Bangkok 10140

E-mail: saroj@fibo.kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ประสิทธิภาพของใบพัดที่สูงกว่าใบจักรส่งผลให้เกิดแนวความคิดในการออกแบบระบบขับเคลื่อนและเรือให้เหมาะสมกับระบบขับเคลื่อนแบบโบกกลับไปกลับมา เนื่องจากระบบขับเคลื่อนดังกล่าวเป็นการออกแบบโดยอาศัยการเคลื่อนที่เรียบแบบการเคลื่อนที่ของปลาเป็นหลัก ดังนั้นจึงเกิดความไม่สมดุลของแรงและโมเมนต์เกือบทุกแนวแกน ในอดีตการใช้เรือขนาดเล็กที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องของคุณภาพในการขับเคลื่อนเนื่องจากความไม่สมดุลดังกล่าว ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องออกแบบเรือให้มีความเหมาะสมกับระบบขับเคลื่อนดังกล่าวก่อนเพื่อแก้ปัญหาในเรื่องของคุณภาพของการขับเคลื่อน แนวทางที่นำเสนอในโครงงานนี้จะเน้นการออกแบบเพื่อลดความไม่สมดุลของแรงและโมเมนต์บนแกนต่างๆ และการสร้างครีบอกเพิ่มเติมเพื่อลดการโคลงของเรือซึ่งเป็นเหตุผลหลักที่ทำให้คุณภาพในการขับเคลื่อนต่ำ จากการทดลองเบื้องต้นพบว่าเรือออกแบบที่นำเสนอสามารถลดผลของการโคลงลงได้แต่การเคลื่อนที่ส่ายไปมาคล้ายการเคลื่อนที่ของปลายังมีอยู่ ซึ่งต้องการการแก้ไขต่อไป

คำหลัก : ใบพัดโบกไปมา การไหลแบบโพเทนเชียล การออกแบบเรือ

Abstract

Higher efficiency of an oscillating foil over a small propulsor provides basic concept to design and construction of a ship and its appropriate mechanism to drive the foil. Under fish locomotion, unbalance forces and moments occur in almost every axis, except yawing-axis. Such unbalance forces and moments caused lower quality of driving. Therefore, it is necessary to re-design a ship that more appropriate to the propulsor. Our idea is to reduce

unbalance forces and moments, particularly rolling and yawing moments, which causes lower drivability. From our preliminary experiment, we found that we can reduce rolling amplitude; however, we could still see fish-like motion for which we need to continue our study.

Keywords: Oscillating foil, potential flow, ship design

1. บทนำ

ความคิดในการพัฒนาระบบขับเคลื่อนที่ใช้ใบพัดแทนใบจักรได้รับแรงดลใจจากประสิทธิภาพของใบพัดที่สูงกว่าใบจักรขนาดเล็ก [1] และการเคลื่อนที่ที่มีใช้กันในสัตว์น้ำทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปลาชนิดต่างๆที่ต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เช่น ปลาฉลามขาว หรือปลาฉลามเมโค ปลาทุนาชนิดต่างๆ เนื่องจากปลาเหล่านี้จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนสูงทำให้ไม่สามารถหยุดว่ายน้ำได้ [1] จากวิวัฒนาการที่ยาวนานในปลาดังกล่าวทำให้ลักษณะการว่ายน้ำที่พบในปลาประเภทดังกล่าวจะเป็นการว่ายน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ลักษณะการว่ายน้ำดังกล่าวเรียกว่า การว่ายน้ำแบบทุนาฟิฟอร์ม (thunniform) [3] ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานของปลาที่เคลื่อนที่ชนิดดังกล่าวโดยอาศัยทฤษฎีเกี่ยวกับแรงยก (lift theory) [4] ซึ่งจะอาศัยการเคลื่อนไหวลำตัวของปลาน้อยกว่าหนึ่งในสามของความยาวของลำตัวปลาเพื่อสร้างให้เกิดการโบกสะบัดของหาง ในขณะที่ตัวปลาใช้การบิดตัวของหางทำหน้าไหลผ่านทางในลักษณะเดียวกับแรงยกที่เกิดขึ้นบนปีกเครื่องบิน แต่ในปลาจะใช้แรงยกดังกล่าวเป็นแรงขับเคลื่อนในการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ดังกล่าวยังอาจจะไม่น่าสนใจ แต่ถ้าเราทราบว่ายาวปลาขนาดใหญ่สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดถึง 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง [3] โดยการใช้ลักษณะการเคลื่อนที่ดังกล่าวในการขับเคลื่อน จากข้างต้นทำให้

เกิดความคิดที่จะพัฒนาระบบการเคลื่อนที่ที่เลียนแบบการเคลื่อนที่ของปลา มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบขับเคลื่อนโดยเฉพาะกับเรือขนาดเล็กที่ใบจักรมีประสิทธิภาพต่ำ

แนวคิดเริ่มต้นมาจากธรรมชาติโดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการขับเคลื่อนของปลาที่ความเร็วสูงในขณะที่กล้ามเนื้อที่ใช้ในการขับเคลื่อนของปลาที่มีขีดความสามารถที่จำกัดในการสร้างและส่งกำลังเพื่อใช้ในการขับเคลื่อน ดังนั้นระบบที่ปลาใช้ในการขับเคลื่อนจะต้องมีประสิทธิภาพสูงอย่างยิ่ง [1,2] การสร้างองค์ความรู้เพื่อสร้างเรือในลักษณะใหม่ให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นจึงเป็นวัตถุประสงค์สูงสุดของโครงการนี้ จากเอกสารอ้างอิง [5,6] พบว่าสิ่งสำคัญที่ทำให้ปลาสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพอาจจะมาจากกลไกในการว่ายน้ำของปลาที่ทำให้ปลาสามารถควบคุมน้ำให้ไหลผ่านลำตัวได้ตามความต้องการ ซึ่งเกี่ยวข้องกับตรงกลางของลำตัว โดยเฉพาอย่างยิ่งการไหลวน (vortices) [1,5,6,7] ซึ่งมีความพยายามศึกษาทั้งในด้านทฤษฎีและการทดลอง อย่างไรก็ตามแนวทางในการพัฒนาจะอาศัยหลักการในการควบคุมมาศึกษาการกระจายตัวของความดันและความเร็วของกระแสที่ไหลผ่านเรือซึ่งใช้ใบพัดแทนระบบขับเคลื่อนเพื่อปรับลดแรงเสียดทาน แต่การพัฒนาเรือที่จะใช้กับระบบขับเคลื่อนลักษณะนี้จำเป็นจะต้องมีคุณภาพในการขับเคลื่อนที่ดีด้วย เนื่องจากการใช้ใบพัดในการขับเคลื่อนจะทำให้แรงขับเคลื่อนมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและบางครั้งอาจจะมีการเปลี่ยนทิศทางจากแรงขับเคลื่อนมาเป็นแรงต้านด้วยทำให้เรืออาจจะมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ ทำให้การขับเคลื่อนมีคุณภาพด้อยลงดังนั้นการพัฒนาในช่วงนี้จึงเน้นการออกแบบรูปร่างของเรือให้เหมาะสมกับระบบขับเคลื่อน



รูปที่ 1 เรือขนาดเล็กจำลองใช้ใบพัดใบโปงไปมาเป็นตัวขับเคลื่อน [10]

โครงการนี้ศึกษาการออกแบบเรือจำลองขนาดเล็กเพื่อให้เหมาะสมกับการเคลื่อนที่โดยใช้ใบพัดใบโปงไปมาแทนใบจักรและหางเสือ โดยมีหัวข้อที่จะกล่าวถึงดังต่อไปนี้ การคำนวณแรงและโมเมนต์บิดที่ใบพัด ซึ่งอาศัยทฤษฎีของการไหลแบบโพเทนเชียลซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนา ระบบเพื่อการควบคุม การวิเคราะห์ทั้งที่เกิดขึ้นในเรือขนาดเล็กภายใต้ความไม่สมดุลของแรงและโมเมนต์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเคลื่อนที่ กลับไปกลับมารอบแกนโรลล์และยอร์ การออกแบบเรือขนาดเล็กเบื้องต้นเพื่อลดการเคลื่อนที่กลับไปกลับมารอบแกนทั้งสองและกลไกการขับเคลื่อน ผลการทดลองเบื้องต้น และสรุปและงานวิจัยในอนาคต

2. การคำนวณแรงและโมเมนต์บิดที่ใบพัด

การหาสมการการเคลื่อนที่ยานทางน้ำแบ่งออกได้เป็นสองส่วนได้แก่ พลวัตของยานทางน้ำ และพลวัตระหว่างใบพัดกับน้ำ ในหัวข้อนี้เราจะกล่าวถึงการวิเคราะห์พลวัตในส่วนที่สองเท่านั้น ส่วนพลวัตของยานทางน้ำสามารถอ่านทำความเข้าใจจากหนังสืออ้างอิงอื่น [13] เราสมมติให้การไหลของของไหลเป็นแบบ 2 มิติ ไร้ความฝืดอัดตัวไม่ได้ ไม่มีการหมุน (irrotational) และของไหลอยู่นิ่งที่ระยะอนันต์ (infinity) จากข้อสมมติข้างต้นทำให้เราสามารถใช้อยู่ของการไหลแบบโพเทนเชียล (potential flow) โดยเฉพาะใบพัดแบบจาวโควสกี (Joukowski foil) ซึ่งอาศัยการแปลง (conformal mapping) ระหว่างรูปร่างของวงกลมในแกน ζ กับใบพัดแบบจาวโควสกีในแกน z หลังจากผ่านการวิเคราะห์พอสมควรเราสามารถเขียนสมการโพเทนเชียลเชิงซ้อนของการไหลภายนอกใบพัดได้ดังนี้ [7,14]

$$\omega(z) = U(t)\omega_1(\zeta) + V(t)\omega_2(\zeta) + \Omega(t)\omega_3(\zeta) + \gamma_c(t)\omega_4(\zeta) + \sum_k \gamma_k \omega_5(\zeta; \zeta_k) \quad (1)$$

โดยที่ ω_i สำหรับ $i = 1, \dots, 5$ เป็นโพเทนเชียลเชิงซ้อนในแต่ละความเร็วและการไหลวน รายละเอียดสามารถหาได้จากเอกสารอ้างอิง [7] $U(t), V(t)$ และ $\Omega(t)$ เป็นความเร็วสัมบูรณ์ของใบพัดในทิศทางขนาน ตั้งฉากกับคอร์ด และความเร็วเชิงมุมของใบพัดตามลำดับ $\gamma_c(t)$ เป็นแรงแ้งของการไหลวนศูนย์กลาง (central vortex) และ γ_k เป็นความแ้งของการไหลวนอิสระ เมื่อเราทราบโพเทนเชียลเชิงซ้อนแล้วเราสามารถหาความเร็วของของไหลในทิศทางขนานและตั้งฉากกับใบพัด ณ ตำแหน่งต่างๆจาก

$$\frac{d\omega}{dz} = u - iv \quad (2)$$

ความเร็วดังกล่าวทำให้เราสามารถเขียนสมการพลังงานจลน์ในส่วนของการไหลของระบบโดยพิจารณาในพื้นผิว S_c ที่มีขอบขยายไม่จำกัดและความเร็วของของไหลที่ขอบมีค่าเป็นศูนย์ดังแสดงในรูปที่ 2 ได้ดังนี้

$$T_{fluid} = \frac{\rho L}{2} \int_{S_c} \frac{d\omega}{dz} \overline{\left(\frac{d\omega}{dz}\right)} dA \quad (3)$$

โดยที่ ρ เป็นความหนาแน่นของของไหล L เป็นความยาวของใบพัดภายใต้ทฤษฎีของพื้นที่ (area theorem) [15] และ $\omega_i(z)$ เป็นโฮโลมอร์ฟิกฟังก์ชัน (holomorphic function) นั่นคือ

$$\frac{d\omega_j}{dz} = \overline{\frac{d\omega_j}{dz}} = 0 \quad (4)$$

ทำให้เราสามารถเขียนสมการข้างต้นได้

$$\int_{S_c} \frac{d\omega_i}{dz} \overline{\frac{d\omega_j}{dz}} dA = -\frac{i}{2} \int_S \omega_i(z) d\overline{\omega_j(z)} \quad (5)$$

จากทฤษฎีเบื้องต้นนี้เองทำให้เราสามารถเขียนสมการการเคลื่อนที่โดยใช้สมการลากรองค์ ในขณะที่การคำนวณแรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบพัดสามารถทำได้โดยตรงจากสมการ [7]

$$F_x + iF_y = iL \int_C pdz$$

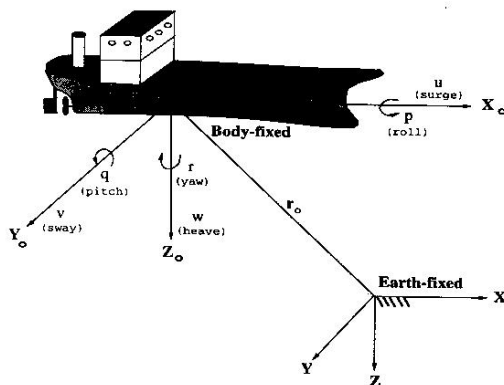
$$\tau = L \operatorname{Re} \left\{ \int_C pzd\bar{z} \right\} \quad (6)$$

โดยที่ F_x และ F_y เป็นแรงในทิศทางแนวนอนและตั้งฉากกับใบพัดตามลำดับ τ เป็นโมเมนต์บิดที่ใบพัด L เป็นความยาวของใบพัด และ p เป็นการกระจายความดันบนใบพัด

สมการของแรงและโมเมนต์ที่นำเสนอใช้ในการคำนวณกำลังของระบบขับเคลื่อนที่ต้องการ เพื่อใช้เลือกต้นกำลัง นอกจากนี้การเขียนสมการการเคลื่อนที่จากสมการข้างต้นยังสามารถจัดให้อยู่ในรูปของสมการเพื่อใช้ในการออกแบบระบบควบคุมได้อย่างสะดวก อย่างไรก็ตามการคำนวณได้โดยอาศัยสมการของแรงดัน แรงยก และโมเมนต์ ได้โดยตรงจากตาราง NACA ชนิดต่างๆ และอาศัยหลักการของค่าความปลอดภัยในการเลือกต้นกำลัง [8,9,19]

3. การวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นในเรือขนาดเล็กภายใต้ความไม่สมดุลของแรงและโมเมนต์

ก่อนที่จะกล่าวถึงผลของความไม่สมดุลของแรงและโมเมนต์ที่เกิดจากการโบกไปมาของใบพัด เราจะกล่าวถึงนิยามของแกนอ้างอิงที่ติดอยู่กับเรือในการเคลื่อนที่ รูปที่ 2 แสดงนิยามของแกนอ้างอิงที่ติดกับเรือที่ใช้กับเรือ และยานทางน้ำ ซึ่งเป็นนิยามที่ใช้กับยานบินเช่นกัน



รูปที่ 2 แกนอ้างอิงที่ติดกับเรือ [13]

จากรูปข้างต้นเราพบว่าแรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในขณะที่ใบพัดโบกไปมาทำให้เกิดความไม่สมดุลของแรงและโมเมนต์เกือบทุกแกนยกเว้นแกนฮีฟเท่านั้น และจากการวิเคราะห์ภายใต้ความสัมพันธ์เชิงกลศาสตร์ของไหลโดยพิจารณาแรงและโมเมนต์ที่ไม่สมดุลกระทำในแต่ละแกน เราพบว่าโมเมนต์ที่ไม่สมดุลรอบแกนโรลล์ และแกนยอร์วน่าจะมีผลต่อการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาด้วยแอมพลิจูดที่สูงซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพในการขับเคลื่อน

พิจารณาผลของแรงและโมเมนต์ที่ไม่สมดุลรอบแกนโรลล์ ภายใต้กฎข้อที่สองของนิวตัน

$$\sum M_{CG} = I\ddot{\theta} \quad (7)$$

โดยที่ M_{CG} เป็นโมเมนต์ที่เกิดจากแรงและโมเมนต์ภายนอกรอบแกนโรลล์ สมมติให้แรงที่กระทำต่อใบพัดห่างจากแกนโรลล์มีระยะเป็น R_{roll} เมตร และ $M_{fric,roll}$ เป็นโมเมนต์ในทิศทางตรงข้ามกับการหมุนรอบแกนโรลล์เนื่องจากการโคลงของลำเรือซึ่งเป็นโมเมนต์เนื่องจากความหนืดของน้ำ ดังนั้นสมการข้างต้นสามารถเขียนได้

$$I\ddot{\theta} = R_{roll}(F_y \cos \theta_p - F_x \sin \theta_p) - M_{fric,roll} \quad (8)$$

โดยที่ F_x และ F_y เป็นแรงในแนวนอนและตั้งฉากกับมุมพิชของใบพัดตามลำดับ θ_p เป็นมุมพิชของใบพัด ในขณะที่แรงและโมเมนต์ที่ไม่สมดุลรอบแกนยอร์วสามารถเขียนได้ดังนี้

$$I_\phi \ddot{\phi} = M_r - M_{fric,yaw} R_{yaw,y} + (F_x \cos \theta_p + F_y \sin \theta_p) + R_{yaw,x} (-F_x \sin \theta_p + F_y \cos \theta_p) \quad (9)$$

โดยที่ $R_{yaw,x}$ และ $R_{yaw,y}$ เป็นแขนโมเมนต์ของแรงลัพธ์ที่ใบพัดในทิศตั้งฉากกับแกนฮีฟและสเวย์ตามลำดับ M_r เป็นโมเมนต์ที่เกิดบนใบพัด และ $M_{fric,yaw}$ เป็นโมเมนต์ในทิศทางตรงข้ามกับการหมุนรอบแกนยอร์ว

จากสมการข้างต้นเราไม่สามารถบอกได้ว่าการโคลงในทิศทางใดจะมีขนาดมากกว่ากันเนื่องจากเราไม่ทราบค่าที่แน่นอนของแรงและโมเมนต์บนใบพัด อย่างไรก็ตามสิ่งที่เราสามารถวิเคราะห์ได้คือขนาดของโมเมนต์ $M_{fric,roll}$ ซึ่งเกิดจากความหนืดของของไหลเพียงอย่างเดียว ในขณะที่ $M_{fric,yaw}$ เป็นผลมาจากทั้งแรงต้านเนื่องจากความดันที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของกาวเรือเมื่อเทียบกับน้ำเนื่องจากเกิดการหมุน และความหนืดของของไหลที่เกิดจากบริเวณใต้ท้องเรือในขณะที่มีการหมุนรอบแกนยอร์ว ซึ่งในส่วนแรกโดยปกติจะมีขนาดใหญ่กว่ามากซึ่งเห็นได้ชัดจากการทดลองติดตั้งใบพัดในเรือขนาดเล็กกว่าการโคลงรอบแกนโรลล์ทำให้คุณภาพของการขับเคลื่อนลดลงอย่างมาก ในขณะที่มีการหมุนในแนวยอร์วเพียงเล็กน้อย [8]

4. การออกแบบเรือขนาดเล็กเบื้องต้น

จากข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าทำให้เราคาดว่าจะสามารถสร้างเรือขนาดเล็กที่มีประสิทธิภาพโดยรวมสูงกว่าเรือที่ใช้ใบจักรและหางเสือขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามจากการศึกษา สร้าง และทดสอบโดยการนำระบบขับเคลื่อนแบบใบพัดโบกไปมาใช้กับเรือขนาดเล็กโดยจัดให้ใบพัดอยู่ในทิศตั้งฉากกับผิวโลกคล้ายหางปลาทั่วไป [8] และอยู่ในทิศขนานกับผิวโลกคล้ายหางโลมา หรือวาฬ [9] ในส่วนแรกเราพบว่าคุณภาพของการขับเคลื่อน ดังได้แสดงการวิเคราะห์ในขั้นต้นแล้วว่าจะเกิดการหมุนแบบกลับปัดกลับมาในแกนโรลล์ ทำให้ผู้ขับที่ไม่ได้รับความสะดวกสบาย ในขณะที่การที่วางใบพัดในลักษณะคล้ายโลมา หรือวาฬทำให้ต้องมีระบบหางเสือซึ่งไม่เป็นไปตามประโยชน์สูงสุดที่จะได้รับจากระบบขับเคลื่อนแบบใบพัดโบกไปมา ทำให้มีความจำเป็นต้องออกแบบเรือขนาดเล็กขึ้นมาใหม่โดยยึดคุณภาพของการขับเคลื่อนเป็นหลัก โดยแบ่งการออกแบบเรือขนาดเล็กออกเป็นสองส่วน ได้แก่ เรือ และ ระบบขับเคลื่อนกับระบบบังคับเลี้ยว การวิเคราะห์และออกแบบเรือในขั้นต้นเน้นการลดการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาเพื่อเพิ่มคุณภาพในการขับเคลื่อน

ไม่คำนึงถึงความแข็งแรงของโครงสร้างของเรือเนื่องจากเป็นเรือต้นแบบขนาดเล็ก ส่วนระบบขับเคลื่อนกับระบบบังคับเลี้ยวจะต้องสามารถทำงานประสานกันเพื่อให้การเคลื่อนที่และการบังคับเลี้ยวสามารถทำได้โดยไม่ต้องใช้หางเสือซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของการใช้ใบพัดโบกไปมา

การออกแบบเรือแบ่งออกได้เป็นสองส่วนได้แก่ การลดการเคลื่อนที่ในกลับไปกลับมา และเสถียรภาพของเรือ จากการวิเคราะห์ในหัวข้อที่แล้วพบว่า การที่จะลดการโคลงกลับไปกลับมาได้โดยการเพิ่มโมเมนต์ในทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ ซึ่งทำได้หลายลักษณะแต่ในโครงการนี้เราเลือกที่จะเพิ่มพื้นที่เพื่อให้เกิดแรงต้านทานสูงสุดดังแสดงดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 3 ครีปใต้ท้องเรือออกแบบเพื่อเพิ่มแรงต้านการเคลื่อนที่ [10]

การใช้ครีปในลักษณะนี้มีข้อดีคือการลดการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในแกนโรลล์และยอร์ในเวลาเดียวกัน อย่างไรก็ตามการออกแบบในลักษณะนี้มีข้อเสียคือการเพิ่มความลึกของเรือในการทำงาน เช่นเดียวกับหาง การวิเคราะห์เสถียรภาพในเบื้องต้นอาศัยระยะเมตาเซนเตอร์ในแต่ละส่วนของเรือมาทำการวิเคราะห์ [11]

กลไกที่ต้องการในการออกแบบระบบขับเคลื่อนและการบังคับเลี้ยวจะต้องสามารถสร้างการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของใบพัดประกอบด้วยสองส่วนซึ่งเรียกว่าฮีฟวิ่ง (heaving) และพิชชิง (pitching) ซึ่งต่างจากนิยามของตัวเรือ ฮีฟวิ่งในที่นี้หมายถึงกลไกที่สร้างการเคลื่อนที่ไปทางซ้าย-ขวาของใบพัด ส่วนพิชชิงเป็นกลไกสร้างมุมบิดให้กับใบพัด โดยฮีฟวิ่งจะถูกขับเคลื่อนโดยตรงจากต้นกำลังผ่านกลไกส่วนพิชชิงจะเป็นกลไกแบบแพสซีฟในที่นี้เราใช้สปริงเป็นตัวส่งกำลัง ซึ่งเมื่อฮีฟวิ่งถูกขับเคลื่อนจะมีมุมแตกต่างจากพิชชิงตลอดเวลา ความต้องการอีกประการหนึ่งของกลไกคือความสามารถปรับมุมฮีฟของใบพัดที่ต่างกันในขณะที่มีการเลี้ยวด้วย กลไกที่ง่ายและเป็นไปตามความต้องการประกอบด้วยกลไกแบบแคร็งล็อกเกอร์ (crank locker) ที่สามารถเปลี่ยนมุมฮีฟได้ดังรูปที่ 4

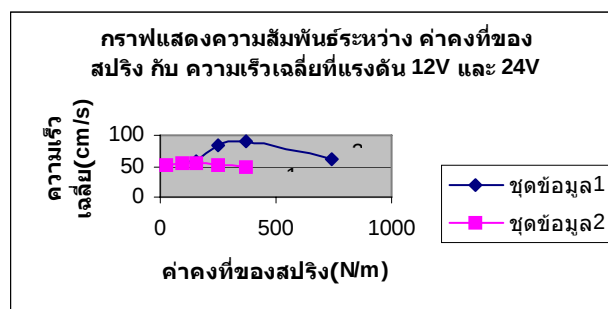


รูปที่ 4 กลไกแคร็งล็อกเกอร์ปรับมุมได้ [10]

ที่จริงกลไกดังกล่าวเป็นกลไกแบบแคร็งล็อกเกอร์ที่สามารถปรับมุมได้โดยอาศัยการเลื่อนไปมาของมอเตอร์ขับเคลื่อน (ตรงกลาง) โดยอาศัยรางโค้งเป็นตัวบังคับการเลื่อนเพื่อให้ระยะระหว่างแกนทั้งสองคงที่

5. ผลการทดลอง

ผลการทดลองเบื้องต้นที่น่าเสนอเป็นการทดสอบหาความเร็วเมื่อค่าคงที่ของสปริงเปลี่ยนไปที่ความถี่ของการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของหางเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามเราไม่มีเครื่องมือที่จะวัดความถี่ดังกล่าวได้แต่อาศัยความต่างศักย์ให้กับมอเตอร์ที่แตกต่างกัน เราพบว่าแนวโน้มของความเร็วเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่ของการโบกเพิ่มขึ้นในขณะที่สปริงต้องมีความแข็งเพิ่มขึ้นเช่นกันดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าคงที่ของสปริง กับ ความเร็วเฉลี่ย ที่แรงดัน 24 โวลต์ และ 12 โวลต์

โดยที่ความต่างศักย์ที่ 12 โวลต์ ค่าคงที่สปริง 156 นิวตัน-มิลลิเมตรต่อเรเดียส สามารถทำความเร็วสูงสุดที่ 0.56 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ที่ความต่างศักย์ 24 โวลต์ ค่าคงที่สปริง 368 นิวตัน-มิลลิเมตรต่อเรเดียส สามารถทำความเร็วสูงสุดได้ 0.9 เมตรต่อวินาที

6. สรุปและงานวิจัยในอนาคต

จากผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าค่าคงที่ของสปริงที่ติดอยู่กับข้อต่อใบพัดเปลี่ยนแปลงทำให้ความเร็วเปลี่ยนแปลงคือเมื่อสปริงมีค่าคงที่

ของสปริงมีค่าสูงขึ้นทำให้เรือสามารถทำความเร็วได้เพิ่มขึ้นแต่ก็มีข้อจำกัดเช่นกัน รายละเอียดของการคำนวณอาจจะหาได้จาก [12] ถ้าสมมติให้ใบพัดทำงานในช่วงตัวเลขสตริงซอนที่เหมาะสมความเร็วเฉลี่ยจะแปรผันตรงกับระยะกวาดไปของใบพัดในการทำงานหนึ่งรอบ ซึ่งระยะกวาดจะมาหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแข็งของสปริงเช่นกัน นอกจากนี้ยังสังเกตผลที่ได้พบว่าการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในแกนโรลล์ลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับผลการทดสอบการใช้ใบพัดในเรือขนาดเล็ก [8] แต่กลับมีการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในแนวแกนยอร์มากขึ้น จากการคำนวณคร่าว ๆ บนพื้นฐานของตัวเลขสตริงซอนการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในแนวยอร์อาจจะส่งผลต่อคุณภาพของการขับเคลื่อนการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในแนวแกนโรลล์

งานวิจัยในอนาคตจะแบ่งงานวิจัยออกเป็นสองส่วนได้แก่ งานวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างเรือและระบบขับเคลื่อนที่เหมาะสม และงานทางด้านทฤษฎีที่จำเป็นต่อการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้มีความเหมาะสมในการใช้งานโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการควบคุม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยสถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม (FIBO) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่เอื้อเพื่ออุปกรณ์ สถานที่ รวมถึงคณาจารย์และนักศึกษาของสถาบันที่ให้คำปรึกษาการแก้ปัญหาต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. S. Triantafyllou and G. S. Triantafyllou. An efficient swimming machine. Scientific American, March 1995.
- [2] J. Gray. The propulsive powers of the dolphin. Journal of Experimental Biology, pages 192-199, August 1935.
- [3] W. Hoar and D. Randall, editors, Fish Physiology, volume VII of Locomotion. Academic Press, 1978. Chapter I.
- [4] M.Sfakiotakis, D.Lane, and J.Davies, "Review of fish swimming modes for aquatic locomotion," IEEE Journal of Oceanic Engineering, 24(2):237-252, April 1999.
- [5] D.S.Barrett, "Forces and Efficiency of a Flexible Hull Vehicle," PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1995.
- [6] A.Techet and M.Triantafyllou, "Boundary layer relaminarization in swimming fish," In The International Offshore and Polar Engineering Conference, volume 2, 1999.
- [7] K. Streitlien, "A simulation procedure for vortex flow over an oscillating wing," Technical report, Massachusetts Institute of Technology Sea Grant, Report MITSG 94-7, 1994.
- [8] นายชัตติยะ แฉวไทสง นายนิรุทธิ์ วงศ์สถาน และนายณพทวี ชูชาญชัย การใช้ใบพัดใบโกไปมาในการขับเคลื่อนเรือขนาดเล็ก ปรินญาณพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2546.
- [9] นายพิพัฒน์ เลิศพิริยสุวัฒน์ และนายนิรุทธิ์ ศรีเกษม การใช้ใบพัดใบโกไปมาในการขับเคลื่อนเรือขนาดเล็ก 2 ปรินญาณพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2547.
- [10] นายนิรุทธิ์ นิ่มนวล และนายสุกิต วรวิทย์ญานนท์ การออกแบบและสร้างเรือจำลองที่ใช้ใบพัดใบโกไปมา ปรินญาณพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2547.
- [11] F. M. White. Fluid Mechanics, 3rd edition, McGraw Hill Book Company, 1994.
- [12] Karen A. Harper, Matthew D .Berkemeier, and Sheryl Grace. "Modeling the Dynamic of Spring Driven Oscillating Foil Propulsion," IEEE Journal of Oceanic Engineering, July 1998.
- [13] T. I. Fossen. Guidance and Control of Ocean Vehicles. John Wiley & Sons. August 1994.
- [14] S. Saimek. Motion Planning and Control of An Aquatic Vehicle using An Oscillating Foil as A Propulsor. PhD Thesis, University of Minnesota, 2002.
- [15] L. M. Milne-Thomson. Theoretical Hydrodynamics, 5th edition Dover Publications, Inc., 1968.