การออกแบบโปรแกรมควบคุม Gyroscope แบบ 3 แกน เพื่อนำไปออกแบบชุดไม้กอล์ฟฝึกซ้อมวงสวิง

ทวิวัชร วีระแคล้ว[1], ชัชวาล ศาลาลอย[2]
[1]กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า อ. เมือง จ. นครนายก
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อ. องครักษ์ จ. นครนายก

Tawiwat Veeraklaew[1], Chatchawal Salaloy[2]
Department of Mechanical Engineering, Chulachomklo Royal Military Academy Maung, Nakhon-Nayok, 26001
Department of Mechanical Engineering, Sinakarintarawirot, Ongkarak, Nakhon-Nayok

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอเพื่อนำหลักการทำงานของ Gyroscope มาประยุกต์ใช้ในการฝึกซ้อมวงสวิงที่สวยงามและเหมาะสมเพื่อการควบคุมทิศทางการตีกอล์ฟให้มีระยะและ ทิศทางที่แม่นยำโดยใช้หลักการ Optimization ควบคุมตำแหน่งของเวลาและใช้สมการ Euler's Dynamical Equation ควบคุมตำแหน่งของทิศทาง โดยการควบคุมการหมุนของ Gyroscope แบบ 3 มิติ เพื่อให้ได้แรงบิด (Torque) ตามต้องการ โดยนำโปรแกรม MatLAB มาใช้ในการคำนวณและสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่เพื่อใช้ในการออกแบบไม้กอล์ฟฝึกซ้อมวงสวิง

Abstract

In this paper, 3-axis gyroscope has been utilized to design a new golf club. This golf club will be forced to follow the given swing path by controlling the position and direction of all 3-axis gyroscope. First, the dynamic equations are derived. As a result, the problem contains differential and algebraic equation (DAE). By adding the cost functional, minimum energy, to the problem, this problem becomes dynamic optimization problem. Finally, we used our dynamic optimization software in order to obtain the results.

1. บทนำ

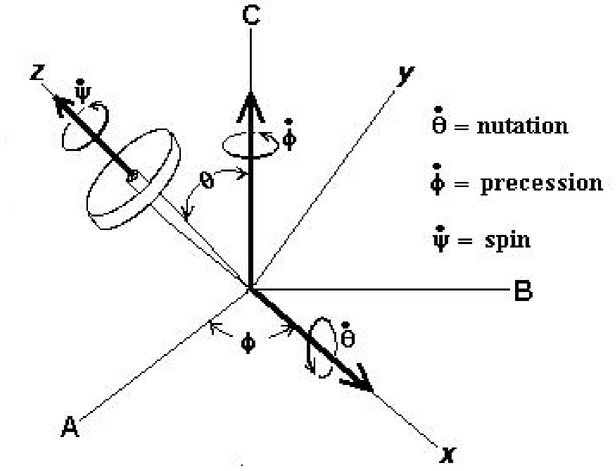
ปัจจุบันกีฬากอล์ฟได้เป็นที่สนใจ และนิยมเล่นกันมากทั้งภายในประเทศและต่างประเทศทั้งในเชิงกีฬาและเชิงการพานิชณ์ จึงทำให้กีฬาประเภทนี้มีผู้สนใจอย่างแพร่หลายเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการเล่นกีฬาประเภทนี้ก็ได้มีการพัฒนาควบคู่กับความนิยม โดยที่ทำอย่างไรไม้กอล์ฟจะมีน้ำหนักและจุดศูนย์ถ่วงที่ดีที่สุดและตีได้ไกลที่สุดและ ที่สำคัญไปกว่าอุปกรณ์ที่ได้มีการพัฒนามานั้นคือการฝึกซ้อมที่ถูกวิธีและ การขึ้นวงสวิงที่ถูกจังหวะรวมไปถึงการมีวงสวิงที่สวยงาม ในงานวิจัยนี้ได้เกิดแนวคิดว่าการฝึกซ้อมวงสวิงจะทำอย่างไรให้ถูกวิธีและ มีความสวยงามสามารถฝึกได้ด้วยตัวเอง จึงมีการออกแบบชุดไม้กอล์ฟฝึกซ้อมวงสวิงโดยใช้ Gyroscope

รูปที่ 1 Gyroscope

เป็นอุปกรณ์ช่วยฝึกสอนและพัฒนาวงสวิงของผู้ฝึกหัดโดยที่ สามารถทราบถึงจุดบกพร่องและตำแหน่งของวงสวิงที่ผิดจังหวะซึ่ง จะนำไปสู่แนวทางแก้ไขวงสวิงของผู้ฝึกหัดโดยที่ จะทำให้การตีกอล์ฟของผู้ฝึกหัดเกิดการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วการตีแต่ละครั้งมีทิศทางและ ระยะทางที่เหมาะสมที่สุดซึ่งทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับการฝึกซ้อมของผู้ฝึกหัดด้วย

2. สมการการเคลื่อนที่ของ Gyroscope แบบ 3 แกน

จากลักษณะการเคลื่อนที่ของ Gyroscope ซึ่งจะทำการรักษาตำแหน่งและทิศทางการเคลื่อนจากหลักการนี้ทำให้เกิดแนวคิดที่ว่า ถ้าใช้ Gyroscope 3 ตัว มาทำการกำหนดทิศทางทั้ง 3 แกนเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ไปได้ทั้ง 3 แกน พร้อมกันโดยการใส่ค่าแรงบิด (Torque) ไปในแต่ละแกนเพื่อทำการกำหนดทิศทางก็จะสามารถทำให้ควบคุมทิศทางรวมได้



รูปที่ 2 รูปแบบการเคลื่อนที่

โดยใช้สมการ Euler's Dynamical Equation [1]

$$A\ddot{\theta}+C_1\dot{\theta}+H_0\dot{\psi}=T_{1x1}$$

$$B\ddot{\psi}+C_2\dot{\psi}-H_0\dot{\theta}=T_{2y2}$$

$$(C+D_1\cos^2\psi+D_2\sin^2\psi)\ddot{\varphi}+$$

$$\{c_3+(D_2-D_1)\dot{\psi}\sin\psi\cos\psi\}\dot{\varphi}=-T_{1x1}\sin\psi-T_{3z3}$$

Nomenclature

A = moment of inertia ที่อยู่ในแนวแกน OX

B = moment of inertia ที่อยู่ในแนวแกน OY

C = moment of inertia ที่อยู่ในแนวแกน OZ

C_1 = ค่า Viscous friction coefficient ของ OX

C_2 = ค่า Viscous friction coefficient ของ OY

C_3 = ค่า Viscous friction coefficient ของ OZ

H_0 = spin angular momentum ของ Gyro-rotor ที่จุด center

T_{1x1} , T_{2y2} , T_{3z3} = ค่า Torque ในแนวแกน

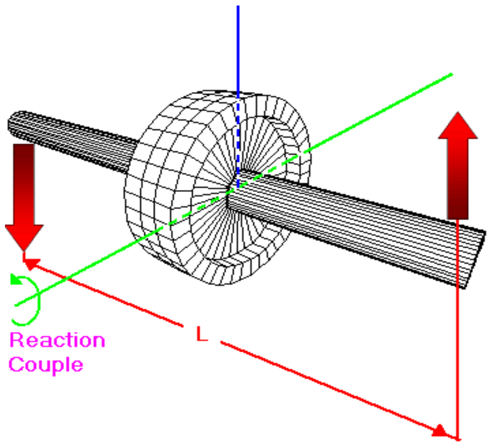
3. การออกแบบการควบคุม Gyroscope แบบ 3 แกน

ในการออกแบบการเคลื่อนที่ของ Gyroscope นั้นจะทำการกำหนดและทำการเก็บค่าการเคลื่อนที่ของวงสวิงต้นแบบ ซึ่งทำการคัดเลือกจากวงสวิงของนักกอล์ฟที่มีวงสวิงที่สวย ตีได้ระยะที่ไกลและทิศทางที่ตรงเป้าหมายมาเป็นต้นแบบในการเคลื่อนที่ของ Gyroscope โดยทำการเขียนโปรแกรมซึ่งนำไปใช้กับชุดฝึกซ้อมวงสวิงเพื่อ ทำการกำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่ของไม้กอล์ฟ(Constraint Path) จากสิ่งที่ได้กำหนดมานั้นปัญหาที่จะเกิดขึ้นตามมาคือ Boundary ที่เกิดจากจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด (Two Point Boundary Value Problem) โดยจะต้องทำการแก้ปัญหาแบบ DAE (Differential Algebra Equation) โดยที่ต้องกำหนดสมการขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาโดยที่กำหนดให้

$$J=\int_{t_0}^{t_f}(T_1^2+T_2^2+T_3^2)dt$$

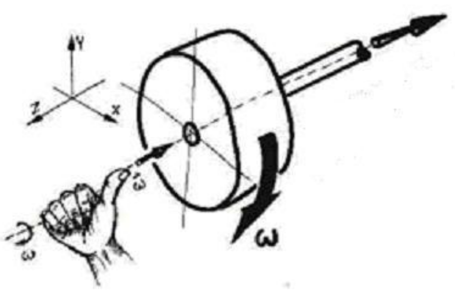
จากรูปแบบสมการซึ่งจัดให้อยู่ในรูปแบบของ Optimization Equation โดยที่ Functional $J =$ ค่าพลังงานของระบบที่ใช้น้อยที่สุด (minimum energy) และเวลาที่ใช้เหมาะสมที่สุด(Optimize time)

Optimizationเป็นตัวกำหนดความเร็วการหมุนของ Gyroscope ทั้ง 3 แกนซึ่งจะทำการควบคุมค่าแรงบิด (Torque) ในช่วงเวลาและทิศทางที่เหมาะสมในการควบคุมตำแหน่งของเวลา ณ จุดใดๆ ในทางตรงกันข้ามในกรณีที่มีแรงมากระทำในทิศทางที่นอกเหนือทิศทางที่กำหนดหรือในช่วงเวลาที่ไม่เหมาะสมซึ่งทำให้ Gyroscope ไม่อยู่ในตำแหน่งที่กำหนดไว้นั้นจะทำให้เกิดแรงต้านจากแนวแกนซึ่งเป็นค่าแรงบิด (Torque) ของ Gyroscope



รูปที่ 3 Gyroscope แบบหนึ่งแกน

ซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าวคือ Gyroscope 1ตัวสามารถควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ได้ 1แกน2ทิศทางที่ในแนวตั้งฉากกับการหมุนเป็นไปตามกฎมือขวา



รูปที่ 4 ทิศทางของ Gyroscope แบบหนึ่งแกน

4. รูปแบบของปัญหา

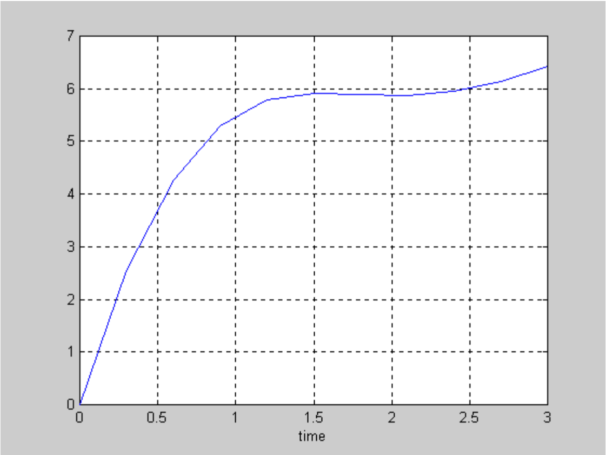
จากแนวความคิดในหัวข้อที่ 3 รูปแบบของปัญหาจะเขียนใหม่และค่าตัวแปรต่างๆดังต่อไปนี้ได้ถูกสมมติขึ้น เพื่อใช้ในการตรวจสอบโปรแกรมว่าทำงานถูกต้องหรือไม่ โดยกำหนดให้ $A=1$ $C_1=0$ $H_0=1$ $B=1$ $C_2=0$ $C=1$ $D_1=1$ $D_2=2$ และ $C_3=0$

ส่วนในเรื่องของวงสวิงของไม้กอล์ฟนั้นในอีกมุมมองหนึ่งก็คือ ค่าของ Torque รวมของระบบนั่นเองและได้ถูกกำหนดขึ้นแบบเป็นค่าคงที่กล่าวคือ $\theta = 45^O$ $\phi = 45^O$ และ $\psi = 90^O$

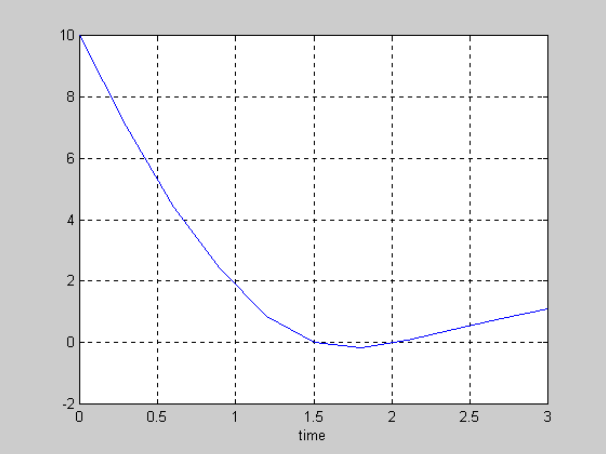
ทั้งนี้ค่าเริ่มต้น (Initial Conditions) ได้ถูกกำหนดขึ้นดังนี้

$\theta(0) = 0$ $\quad \dot{\theta}(0) = 10$ $\quad \phi(0) = 0$ $\quad \dot{\phi}(0) = 10$

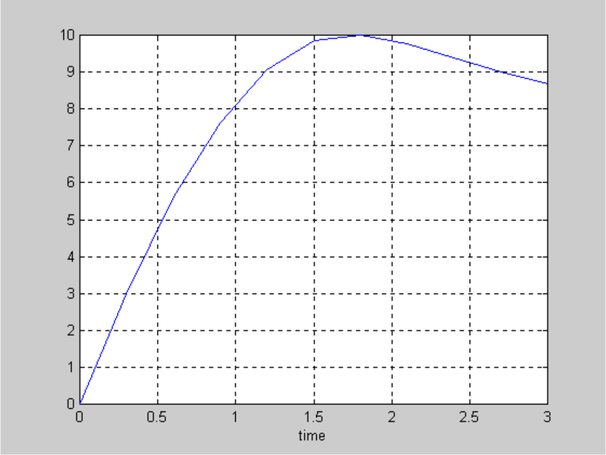
$\psi(0) = 0$ และ $\dot{\psi}(0) = 10$ จากการนำค่าต่างๆไปวิเคราะห์ในทางทฤษฎีของ Optimization จะได้คำตอบดังรูปที่ 5-13



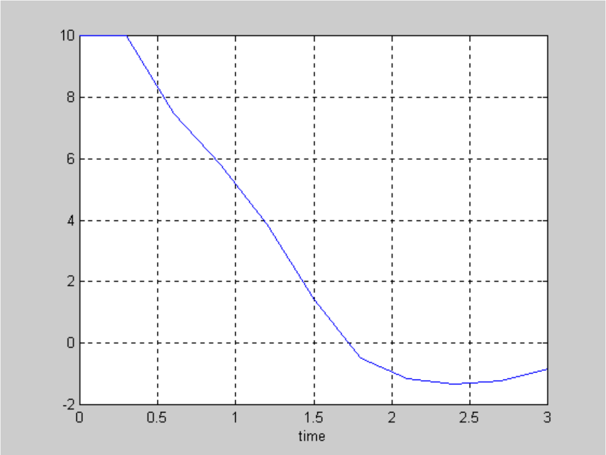
รูปที่ 5 คำตอบของ $\theta(t)$



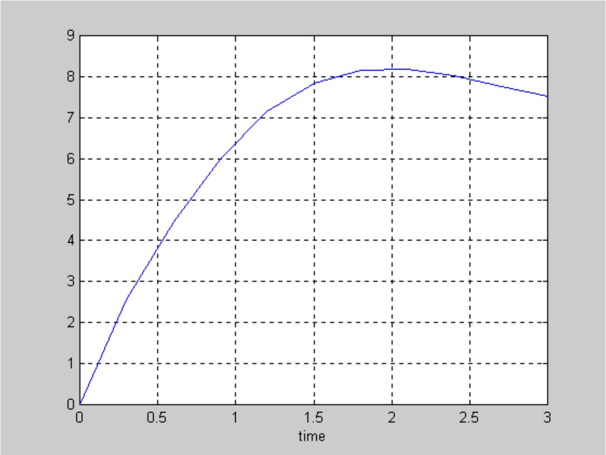
รูปที่ 6 คำตอบของ $\dot{\theta}(t)$



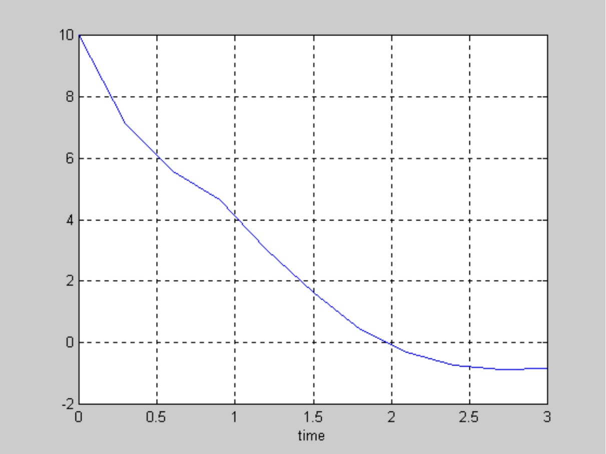
รูปที่ 7 คำตอบของ $\phi(t)$



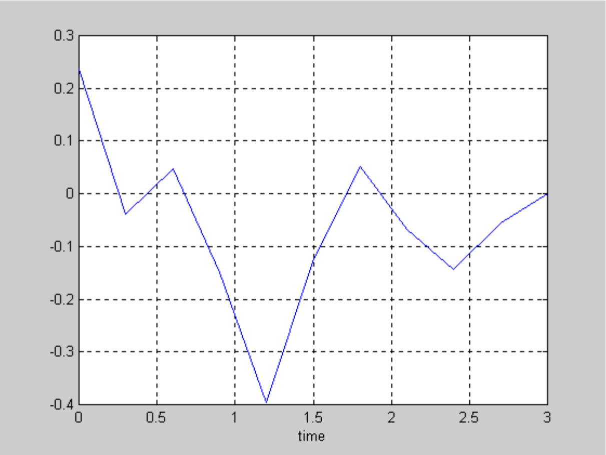
รูปที่ 8 คำตอบของ $\dot{\phi}(t)$



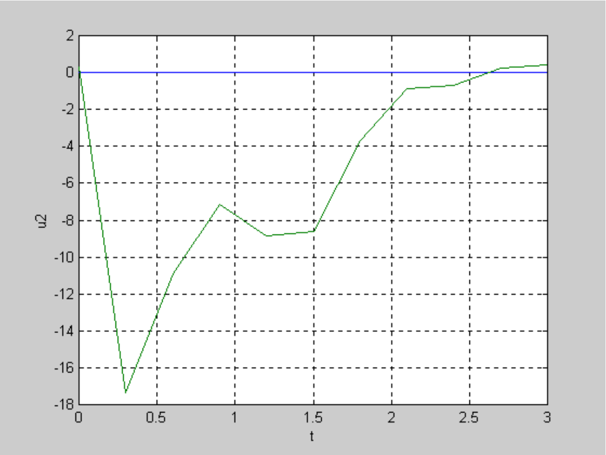
รูปที่ 9 คำตอบของ $\psi(t)$



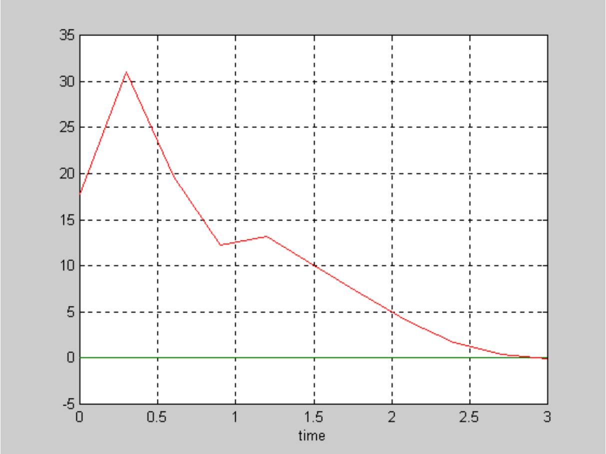
รูปที่ 10 คำตอบของ $\dot{\psi}(t)$



รูปที่ 11 คำตอบของ T_{1X1}



รูปที่ 12 คำตอบของ T_{2Y2}



รูปที่ 13 คำตอบของ T_{3Z3}

5. สรุป

จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าแนวความคิดทั้งหมดมี ความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ และชี้ให้เห็นว่าการออกแบบระบบ Gyroscope แบบ 3 แกนนี้ จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับไม้กอล์ฟฝึกวงสวิงได้ แต่ทั้งนี้จะต้องคำนวณหาค่าตัวแปรต่างๆให้มีความเหมาะสมมากขึ้น ในการวิจัยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] M. Kasahara, S. Kurosu, M. Adachi and K. Kamimura “Analysis of a gyroscopic force measuring system in three-dimensional space”, Measurement, Vol. 28, 2000, pp. 235–247

[2] Z.G. Ying and W.Q. Zhu., “Exact stationary solutions of stochastically excited and dissipated gyroscopic systems”, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 138, 2003, pp.379–384

[3] G.L. Xiong, J.M. Yi, C. Zeng, H.K. Guo and L.X. Li. “Study of the gyroscopic effect of the spindle on the stability characteristics of the milling system”, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 138, 2003, pp. 379–384