

## การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเคลื่อนที่ของปลายแขนกลสำหรับ เครื่องกรีดยางพาราอัตโนมัติ

ยงยุทธ์ เสียงดั่ง<sup>1</sup>, จรุงศักดิ์ สมพงษ์<sup>1</sup>, คธา วาทกิจ<sup>1</sup> และ พยุงศักดิ์ จุลยุเสนา<sup>1</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

ผู้เขียนติดต่อ: ยงยุทธ์ เสียงดั่ง E-mail: yongyuht@muti.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเคลื่อนที่ของปลายแขนกลสำหรับเครื่องกรีดยางพาราอัตโนมัติจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่ามิตกรีดยางพาราที่นิยมใช้ในปัจจุบัน (มิตเจ๊ะบง) มีข้อจำกัด คือต้องใช้ผู้ปฏิบัติงานที่มีทักษะและประสบการณ์สูง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความสิ้นเปลืองเปลือกและทำลายเยื่อเจริญจากปัญหานี้ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบปลายแขนกลสำหรับเครื่องกรีดยางพาราอัตโนมัติที่สามารถเคลื่อนที่กรีดเปลือกยางพาราตามการเอียงของรอยกรีดจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุดการกรีดและสามารถควบคุมความหนาและความลึกในการกรีดได้อย่างอัตโนมัติ ในเบื้องต้นจะทำการจำลองสถานการณ์เพื่อศึกษาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ขั้นตอนการวิจัยในครั้งนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน 1. การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปลายแขนกล 2. การสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่ 3. การจำลองสถานการณ์ และ 4. การประเมินผล แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปลายแขนกลที่มีข้อต่อเป็นแบบเลื่อนและมีสามองศาอิสระถูกสร้างบนพิกัดฉาก เมื่อต้นยางพาราถูกกำหนดให้มีลักษณะสันฐานเป็นรูปทรงกระบอกและมีมุมกรีด 30 องศา รอยกรีดบนต้นยางพาราจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งเอลิปส์และถูกใช้เป็นส่วนเส้นทางการเคลื่อนที่ของปลายแขนกล จากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม SolidWorks พบว่าปลายแขนกลสามารถเคลื่อนที่ตามรอยกรีดของต้นยางพาราได้

คำสำคัญ: เครื่องกรีดยางพาราอัตโนมัติ; ปลายแขนกล; มิตกรีดยางพารา; ยางพารา

### 1. บทนำ

จากข้อมูลทางวิชาการของสถาบันวิจัยยาง รายงานว่าในปี 2553 ทั่วโลกมีพื้นที่ปลูกยางพาราครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 72.21 ล้านไร่ พื้นที่ปลูกยางส่วนใหญ่เกือบ 76.4 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในทวีปเอเชีย ส่วนใหญ่เป็นสวนยางขนาดเล็กและเป็นเกษตรกรรายย่อย โดยประเทศอินโดนีเซียมีพื้นที่ปลูกยางมากที่สุด 21.53 ล้านไร่ รองลงมาคือ ประเทศไทย 18.76 ล้านไร่ และมาเลเซีย 6.38 ล้านไร่ สำหรับประเทศผู้ผลิตยางธรรมชาติมากที่สุด 3 อันดับแรกใน ปี 2554 ได้แก่ ไทย ผลิตได้ 3.573 ล้านตันหรือคิดเป็น 33.5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการผลิตทั้งโลก รองลงมา คือ อินโดนีเซีย ผลิตได้ 2.886 ล้านตัน ส่วนประเทศมาเลเซียผลิตได้ 1.024 ล้านตัน ปริมาณการผลิตยางทั้งสามประเทศคิดเป็น 70.2 เปอร์เซ็นต์

ของปริมาณการผลิตทั้งโลก พื้นที่ปลูกยางทั้งหมดของประเทศไทยในปี 3553 ทั้งสิ้น 18,761,231 ไร่ ทำรายได้ให้กับประเทศไทยและการจ้างแรงงานเป็นจำนวนมาก หนึ่งในแรงงานที่มีความสำคัญคือ คนงานกรีดยาง เนื่องจากการกรีดยางต้องใช้แรงงานที่มีทักษะ มีความชำนาญ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำยางที่กรีด การชงการเจริญเติบโต เนื่องจากมีโอกาสที่คนมีดจะไปบาดเยื่อเจริญ ที่อยู่ติดกับบริเวณเปลือกของต้นยางพารา เป็นความเสียหายที่เกิดจากเกษตรกรที่ไม่มีความชำนาญและประสบการณ์ กรีดทำลายชั้นของเยื่อเจริญหรือเกิดบาดแผลที่บริเวณเยื่อเจริญ เนื่องจากเยื่อเจริญเป็นส่วนที่สร้างเนื้อเยื่อใหม่มาทดแทน ถ้าหากถูกทำลาย ก็ไม่สามารถสร้างเปลือกใหม่ในบริเวณนั้นได้หรือทำให้เปลือกงอกใหม่ไม่เรียบสม่ำเสมอ เป็นรอยตะปุ่มตะป่ำ การเก็บเกี่ยว

ผลผลิตจากเปลือกอกใหม่จะไม่สะดวก [2] การเปลี่ยนแปลงของรอยกรีดเนื่องจากมีความหนาในการกรีดในแต่ละครั้งมากเกินไป ทำให้หมดเปลือกอย่างรวดเร็ว จากการแนะนำวิธีการกรีดที่ต้อง การเปลี่ยนแปลงเปลือกในแต่ละครั้งกรีดควรรู้อยู่ระหว่าง 1.7-2.5 มิลลิเมตร หรือไม่เกิน 25 เซนติเมตรต่อปี เกษตรกรที่มีความชำนาญสามารถใช้เวลาในการกรีดยางพารา 15 วินาทีต่อต้น ใน 1 วันจะใช้เวลาเฉพาะการกรีดประมาณ 2 ชั่วโมง ถ้ารวมเวลาเดินทางจากต้นหนึ่งไปอีกต้นหนึ่ง จะใช้เวลาทั้งหมด 2.5-3.0 ชั่วโมง จะกรีดยางได้ 400-500 ต้นต่อคนต่อวัน[2] โดยใช้เครื่องมือเฉพาะที่เรียกว่า มีดกรีดยางเงี๊ยะบง การใช้มีดกรีดยางเงี๊ยะบง นอกจากผู้ใช้จะต้องมีทักษะและความชำนาญแล้ว จะต้องสูญเสียพลังงานในการออกแรงกระตุกเพื่อให้คมมีดเฉือนเปลือกยางเป็นระยะทางยาวประมาณครึ่งหนึ่งของเส้นรอบวงของต้นยางพารา เกิดการเปลี่ยนแปลงเปลือกที่เร็วเกินไป มีความเสียหายของหน้ายาง ความสามารถในการกรีดยางพารามีขีดจำกัดอยู่ที่ 400-500 ต้นต่อคนต่อวัน



รูปที่ 1 มีดกรีดยางพาราแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้า

ยงยุทธ(2552) ได้ทำการออกแบบและสร้างมีดกรีดยางพาราแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ใบมีดจะเป็นใบมีดหมุน มี 4 ฟัน มุมตัด 45 องศา มีกลไกควบคุมความหนาเพื่อลดการเปลี่ยนแปลงเปลือกที่เร็วเกินไปและลดความเสียหายของหน้ายาง ผู้ใช้งานมีดกรีดยางพารานี้ไม่จำเป็นต้องใช้แรงงานที่มีทักษะและความชำนาญ ก็สามารถใช้งานได้ แต่ก็มีข้อต่อที่ต้องได้รับการปรับปรุงคือ ต้องใช้คนในการพามีดกรีดยางพาราแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้าให้เคลื่อนที่ตามรอยกรีดเดิม และต้องคอยควบคุมความลึกในการกรีดด้วย

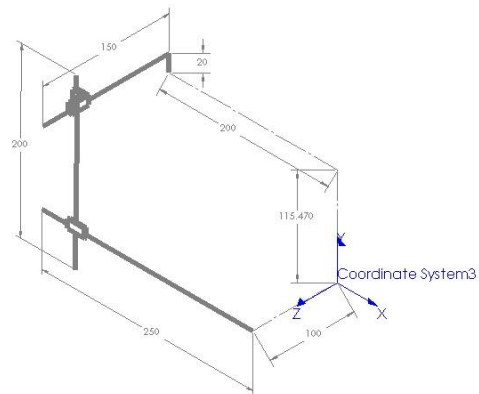
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเคลื่อนที่ของปลายแขนกลสำหรับเครื่อง

กรีดยางพาราอัตโนมัติ เพื่อนำข้อมูลจากการจำลองสถานการณ์ ไปใช้ในการออกแบบปลายแขนกลสำหรับเครื่องกรีดยางพาราอัตโนมัติ ที่สามารถเคลื่อนที่กรีดเปลือกยางพารา ตามการเอียงของการกรีด จากจุดเริ่มต้นการกรีดจนถึงจุดสิ้นสุดการกรีด สามารถควบคุมความหนาและความลึกในการกรีดได้อย่างอัตโนมัติ

## 2. วิธีการดำเนินการ

### 2.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปลายแขนกล

ปลายแขนกลสำหรับเครื่องกรีดยางพาราอัตโนมัติ สามารถสร้างได้จากตัวขับเคลื่อนเชิงเส้น(Linear Actuator) ที่ต่ออนุกรมและตั้งฉากกัน เพื่อให้สามารถเคลื่อนที่แบบเลื่อนในระบบพิกัดฉาก รางสไลด์ของแกน x จะยึดติดกับลำต้นยางพาราด้วยชุดจับยึด ชุดมีดกรีดยางแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้าจะถูกติดตั้งที่ปลายแกน z โดยกำหนดให้จุดออริจินอยู่ที่จุดเริ่มต้นการกรีด



รูปที่ 2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปลายแขนกล

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปลายแขนกลสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{bmatrix}$$

เมื่อ 
$$d_i = \frac{L_i}{2\pi} \theta_i \quad (1)$$

ความเร็วเชิงเส้นของตัวขับเคลื่อนในแต่ละแกนสามารถได้จากการอนุพันธ์การกระจัดของแต่ละแกน ดังนี้

$$\dot{d}_i = \frac{L_i}{2\pi} \omega_i \quad (2)$$

เมื่อ  $d_i$  = การกระจัดของแกน  $i$  (มิลลิเมตร)  
 $L_i$  = ระยะหัดของแกน  $i$  (มิลลิเมตรต่อรอบ)  
 $\theta_i$  = มุมการหมุนของแกน  $i$  (เรเดียน)

## 2.2 เส้นทางการเคลื่อนที่

### 2.2.1 การเปิดกรีด

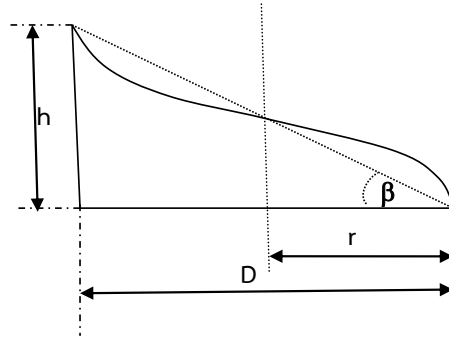


รูปที่ 3 การทำรอยเปิดกรีดใหม่บนต้นยางพารา

ต้นยางพาราพร้อมเปิดกรีดเมื่อวัดเส้นรอบต้นได้ไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร ที่ระดับความสูง 150 เซนติเมตร จากพื้นดิน ท่อน้ำยางจะเรียงตัวออกมาจากเยื่อเจริญรอบลำต้นตามแนวตั้งเป็นชั้น ๆ อยู่ในลักษณะเอียงไปทางขวาจากแนวตั้งเล็กน้อยประมาณ 2.1-7.1 องศา การกรีดยางให้รอยกรีดเอียงจากด้านบนซ้ายลงด้านล่างขวา เพื่อให้ตัดท่อน้ำยางให้มากที่สุด ความชันของรอยกรีดควรทำมุม 30-35 องศา จากแนวระดับเพื่อให้ น้ำยางไหลได้สะดวก ไม่ไหลออกนอกรอยกรีด ทำให้ได้ผลผลิตเต็มที่ หากมุมกรีดเปลี่ยนไปจาก 30 องศา เป็น 45 องศา จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 2-3 แต่ความยาวรอยกรีดเพิ่มขึ้นร้อยละ 22 ทำให้สิ้นเปลืองเปลือกและใช้เวลาในการกรีดเพิ่มขึ้น หากมุมกรีดต่ำกว่า 30 องศา ทำให้น้ำยางไหลออกนอกรอยกรีด สูญเสียผลผลิตระบบกรีดยางที่แนะนำมี 5 ระบบ แต่ระบบกรีดครึ่งลำต้นวันเว้นวัน (1/2S d/2) นิยมใช้กับพันธุ์ยางพาราทั่ว ๆ ไป [1]

2.2.2 การสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่ของปลายแขนกล

จากรูปที่ 3 จะเห็นว่ารอยกรีดมีลักษณะเป็นเส้นโค้งเอกลิกซ์พันรอบต้นยางพาราจากด้านล่างขวาขึ้นสู่ด้านบนซ้าย



รูปที่ 4 เส้นทางการเคลื่อนที่

เมื่อพิจารณาลักษณะรอยกรีดบนต้นยาง พาราที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งเอกลิกซ์เป็นเส้นทางการเคลื่อนที่ โดยแยกพิจารณาออกเป็นแต่ละแนวแกน จะได้ตำแหน่งและความเร็วของแต่ละแนวแกน ดังนี้

### ตำแหน่ง

$$X(t) = r - r \cos(\omega t) \quad (3a)$$

$$Y(t) = \frac{h}{\pi} (\omega t) \quad (3b)$$

$$Z(t) = -r \sin(\omega t) \quad (3c)$$

เมื่อ

$$\omega = \frac{\pi}{t} \\ h = D \tan \beta$$

$D$  = เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นยางพารา (มิลลิเมตร)

$r$  = รัศมีของต้นยางพารา (มิลลิเมตร)

$t$  = เวลาที่ใช้ในการกรีด (วินาที)

$h$  = ความสูงของรอยกรีด (มิลลิเมตร)

$\beta$  = มุมของรอยกรีด (องศา)

$\omega$  = ความเร็วเชิงมุม (เรเดียนต่อวินาที)

ทำการอนุพันธ์สมการ (3) จะได้

ความเร็ว

$$\dot{X}(t) = r\omega \sin\left(\frac{\pi}{t} \omega t\right) \left[\left(\frac{\pi}{t}\right)\right] \quad (4a)$$

$$\dot{Y}(t) = \frac{h}{\pi} \omega \quad (4b)$$

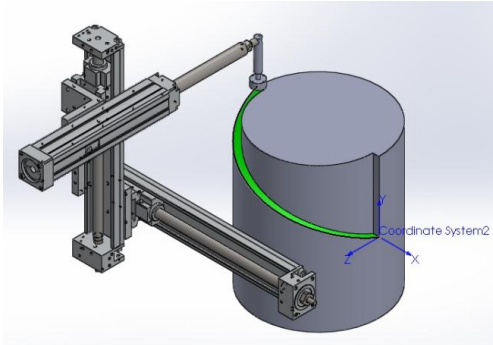
$$\dot{Z}(t) = -r\omega \cos\left(\frac{\pi}{t} \omega t\right) \left(\frac{\pi}{t}\right) \quad (4c)$$

## 2.3 การจำลองสถานการณ์

### 2.3.1 การกำหนดเงื่อนไขของการจำลองสถานการณ์

ในการจำลองสถานการณ์ของปลายแขนกลและเส้นทางการเคลื่อนที่ โดยทำการขึ้นรูปปลายแขนกลและรอยกรีดด้วยโปรแกรม SolidWorks แต่ละแกนของปลายแขนกล

จะใช้ตัวขับเร้าเชิงเส้นประกอบแบบอนุกรมและตั้งมากัน เพื่อให้สามารถเคลื่อนที่แบบเลื่อนในระบบพิกัดฉากได้ ชุดมีดกรีดยางแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้าจะถูกติดตั้งที่ปลายแกน z ส่วนเส้นทางการเคลื่อนที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งเฮลิคซ์แทนรอยกรีดบนต้นยางพารา เมื่อต้นยางพาราถูกกำหนดให้มีลักษณะสัญญาณเป็นรูปทรงกระบอกและมีมุมกรีด 30 องศา กับแนวตั้ง



รูปที่ 5 แบบจำลองของปลายแขนกลและเส้นทางการเคลื่อนที่

เมื่อพิจารณาความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกน X จะทำให้สมการ (2) เท่ากับสมการ (4a) แต่ในระบบจริง ต้นกำลังที่เป็นมอเตอร์จะหมุนขับแกนบอลสกรูของชุดขับเร้าเชิงเส้นเพราะฉะนั้นแกนบอลสกรูจะต้องหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมตามสมการที่ (5a)

$$\frac{L}{2\pi} \omega_x = r\omega \sin(\omega t)$$

$$\omega_x = r \frac{\pi}{t} \sin(t) \left( \frac{2\pi}{L} \right) \left( \frac{180}{\pi} \right) \quad (5a)$$

ในแกน y และ z พิจารณาเช่นเดียวกัน

$$\omega_y = \frac{d \tan 30}{t} \left( \frac{2\pi}{L} \right) \left( \frac{180}{\pi} \right) \quad (5b)$$

$$\omega_z = -r \frac{\pi}{t} \cos(t) \left( \frac{2\pi}{L} \right) \left( \frac{180}{\pi} \right) \quad (5c)$$

การเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางการเคลื่อนที่ของปลายแขนกลกับรอยกรีดที่สร้างสมการเฮลิคซ์ ความเร็วเชิงมุมของแต่ละแกนจะถูกป้อนให้กับตัวขับเร้าเชิงเส้นแล้วนำข้อมูลของตำแหน่งต่างๆ ที่ได้จากการเคลื่อนที่ที่สัมพันธ์กันทั้งสามแนวแกน ไปพล็อตกราฟเปรียบเทียบกับรอยกรีดที่สร้างจากสมการเฮลิคซ์ ในการจำลองสถานการณ์จะใช้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรต่าง ๆ

พารามิเตอร์	ตัวแปร	ขนาด
ระยะชักแกน X	X	250 มิลลิเมตร

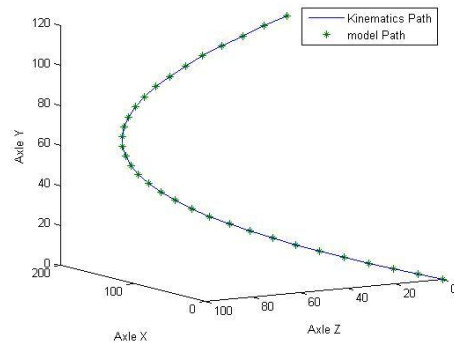
ระยะชักแกน Y	Y	200 มิลลิเมตร
ระยะชักแกน Z	Z	150 มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นยาง	D	200 มิลลิเมตร
มุมของรอยกรีด	$\beta$	30 องศา
เวลาที่ใช้ในการกรีด	t	10 วินาที

### 2.3.2 การจำลองทางคิเนเมติกส์

จะนำข้อมูลของตำแหน่ง ความเร็วและความเร่งของแต่ละแกนที่ได้จากการเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางการเคลื่อนที่ของปลายแขนกล กับรอยกรีดที่สร้างจากสมการเฮลิคซ์เพื่อนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในการเคลื่อนที่ของแต่ละแกน

## 3 ผลการดำเนินการและวิเคราะห์ผล

### 3.1 เส้นทางการเคลื่อนที่



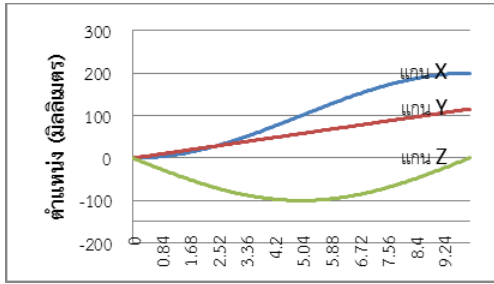
รูปที่ 6 เปรียบเทียบเส้นทางการเคลื่อนที่

จากกราฟเปรียบเทียบเส้นทางการเคลื่อนที่ที่จะเห็นว่าเส้นทางการเคลื่อนที่ของปลายแขนกลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของรูปร่างรอยกรีดที่สร้างจากสมการ

เฮลิคซ์ เส้นกราฟของเส้นทางการเคลื่อนที่ทั้งสองเส้นเคลื่อนที่จากด้านล่างขวาวนขึ้นสู่ด้านบนซ้ายทับกันเป็นเส้นเดียวตลอดเส้นทางการเคลื่อนที่

### 3.2 ตำแหน่งของปลายแขนกล

จากรูปที่ 7 จะเห็นว่าตำแหน่งในแกน X จะเคลื่อนจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้าย เป็นระยะทาง 200 มิลลิเมตร เท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นยาง ลักษณะของเส้นกราฟจะมีความลาดชันน้อยเมื่อเริ่มต้นเคลื่อนที่ มีความลาดชันเพิ่มขึ้นบริเวณส่วนกลางของเส้นกราฟ และจะมีความลาด

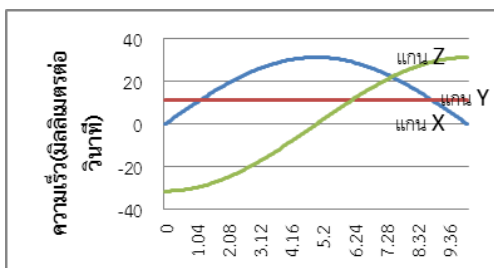


รูปที่ 7 ตำแหน่งของปลายแขนกล

ชั้นน้อยอีกครั้งเมื่อจะสิ้นสุดการเคลื่อนที่ ที่เป็นเช่นนี้ เพราะว่าถ้ามองในแนวระดับของรอยกริดที่มีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม ส่วนโค้งบริเวณหัวและท้ายจะโค้งลึกเข้าไป ทำให้มองเห็นเป็นระยะทางสั้นกว่าส่วนโค้งบริเวณตรงกลาง ส่งผลให้แกน X ต้องเคลื่อนช้า ๆ ในบริเวณดังกล่าว ตำแหน่งในแกน Y เส้นกราฟจะมีลักษณะเอียง ที่มีความลาดชันคงที่เป็นระยะทาง 115.47 มิลลิเมตร ถ้ามองในแนวระดับจะเห็นว่าเส้นทางเดินของแกน Y จะเกิดจากฟังก์ชันตรีโกณมิติของเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นยาง กับระยะความแตกต่างของความสูงของจุดเริ่มต้นกับจุดสุดท้าย ส่วนตำแหน่งในแกน Z กราฟจะมีลักษณะเส้นโค้งครึ่งวงกลม รัศมี 100 มิลลิเมตร เนื่องจากแกน Z ต้องเคลื่อนที่ตามส่วนโค้งครึ่งวงกลมของต้นยางพาราที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 200 มิลลิเมตร

### 3.3 ความเร็วของปลายแขนกล

ความเร็วในแนวแกน X กราฟจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งคว่ำ ถ้ามองในแนวระดับของรอยกริดที่มีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม ส่วนโค้งบริเวณหัวและท้ายจะโค้งลึกเข้าไป ทำให้มีระยะการเคลื่อนที่สั้นกว่าส่วนโค้งบริเวณตรงกลาง

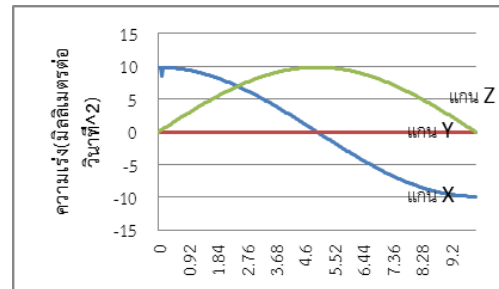


รูปที่ 8 ความเร็วของปลายแขนกล

ส่งผลให้แกน X เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ช้ากว่าบริเวณตรงกลาง ความเร็วในแกน Y เส้นกราฟจะมีลักษณะเส้นตรง มีความเร็วคงที่ที่ 11.54 มิลลิเมตรต่อวินาที เนื่องจาก

ระยะทางที่แกน Y เคลื่อนที่มีลักษณะเป็นเส้นเอียงที่มีความลาดชันคงที่ ส่วนความเร็วในแกน Z จะมีความเร็วที่ช้า ที่บริเวณจุดเริ่มต้นกับบริเวณจุดสุดท้าย เนื่องจากเส้นกราฟตำแหน่งมีลักษณะเป็นเส้นโค้งครึ่งวงกลม ส่งผลให้มีระยะการเคลื่อนที่บริเวณดังกล่าวน้อย

### 3.4 ความเร่งของปลายแขนกล



รูปที่ 9 ความเร่งของปลายแขนกล

ความเร่งจะมีผลต่อความนุ่มนวลของการเคลื่อนที่ในแต่ละแกนและการสั่นสะเทือนของปลายแขนกล ในรูปที่ 9 จะเห็นว่าแกน X และแกน Z จะทำให้เกิดการสั่น โดยเฉพาะแกน X ที่มีความเร่งที่ไม่ได้เริ่มจากศูนย์ ทำให้เกิดการสั่นมากในตอนเริ่มต้นการเคลื่อนที่ หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง จนเข้าสู่บริเวณลดลงคงที่ และค่อยเริ่มมีความเร่งอีกครั้งในช่วงท้ายของการเคลื่อนที่ ความเร่งในแนวแกน Z จะมีความเร่งน้อย ๆ บริเวณเริ่มและสิ้นสุดการเคลื่อนที่ แต่มีความเร่งมากช่วงกลางของการเคลื่อนที่ เนื่องจากเส้นกราฟมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง ส่วนความเร่งในแนวแกน Y ไม่มีเนื่องจากมีความเร็วคงที่

## 4 สรุปผลการดำเนินการ

จากผลการดำเนินการจะเห็นว่าเส้นทางการเคลื่อนที่ของปลายแขนกลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของรูปร่างรอยกริดที่สร้างจากสมการเอลลิปส์ เส้นกราฟของเส้นทางการเคลื่อนที่ทั้งสองเส้นทับกันเป็นเส้นเดียว ตำแหน่งในการเคลื่อนที่แต่ละแกนจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้ายมีความถูกต้องแม่นยำทั้งสามแกน ส่วนความเร็วและความเร่งแต่ละแกนจะมีผลต่อความนุ่มนวลในระหว่างการเคลื่อนที่ ซึ่งส่งผลต่อการสั่นของปลายแขนกลไม่มาก จากผลการดำเนินการจะเห็นว่า แบบจำลองทางคิเนแมติกส์ของปลายแขนกลที่มีข้อต่อ



เป็นแบบเลื่อนและมีสามองศาอิสระถูกสร้างบนพิกัดฉาก เมื่อต้นยางพาราถูกกำหนดให้มีลักษณะสี่เหลี่ยมเป็นรูปทรงกระบอกและมีมุมกรี๊ด 30 องศา รอยกรี๊ดบนต้นยางพาราจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งเฮลิคซ์และถูกใช้เป็นส่วนเส้นทางเคลื่อนที่ของปลายแขนกล จากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม SolidWorks พบว่าปลายแขนกลสามารถเคลื่อนที่ตามรอยกรี๊ดของต้นยางพาราได้

## 5 ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยนี้เป็นเพียงการพิจารณาการเคลื่อนที่ทางคิเนเมติกส์ ยังไม่ได้พิจารณาการเคลื่อนที่ทางไดนามิกส์ ซึ่งน่าจะมีผลต่อตำแหน่ง ความเร็วและความเร่งของปลายแขนกล ซึ่งผู้วิจัยกำลังศึกษา เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง เมื่อนำชิ้นส่วนมาประกอบเป็นปลายแขนกลจริง ๆ

## 6 เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2555). ข้อมูลวิชาการยางพารา 2555, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา [www. Rubberthai.com](http://www.Rubberthai.com), เข้าดูเมื่อวันที่ 19/10/2555.
- [2] ยงยุทธ์ (2552). การออกแบบและสร้างมีดกรี๊ดยางพาราแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้า, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- [3] สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2550). การกรี๊ดยางและการใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา [www. Rubberthai.com](http://www. Rubberthai.com), เข้าดูเมื่อวันที่ 19/10/2555.
- [4] สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2544). การกรี๊ดยาง, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา [www. Rubberthai.com](http://www. Rubberthai.com), เข้าดูเมื่อวันที่ 19/10/2555
- [5] Tilt a jet and Omax (2010). Solidworks Motion, Dassault System Solidworks Corporation, Massachusetts.

- [6] Luigi Biagiotti and Claudio Melchiorri (2008). Trajectory Planning for Automatic Machines and Robots, Springer, Berlin.