

ชื่อโครงการ “อุปกรณ์วัดเสถียรภาพรถยกสูง โดยวัดแรงกระทำตั้งฉากที่ล้อหน้า”

Device for determining stability of high lift pallet stacker by measuring normal load at front wheels

ยุทธนา อาชาติ¹⁾ ประเทือง อุษาบริสุทธิ์^{*1)} และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง²⁾

1) ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน * E-mail : optu @ ku.ac.th

2) บริษัท เวิลด์ อีควิปเมนต์ จำกัด

บทคัดย่อ

โครงการวิจัย เรื่องอุปกรณ์วัดเสถียรภาพรถยกสูงโดยวัดแรงกระทำตั้งฉากที่ล้อหน้า มีวัตถุประสงค์หลักของโครงการ เพื่อสร้างชุดอุปกรณ์วัดเสถียรภาพรถยกสูงโดยอาศัยความสัมพันธ์ของมุมยกเอียงที่เกิดขึ้นกับแรงกระทำตั้งฉากที่ล้อหน้า และนำไปคำนวณและทำนายค่าของมุมเสถียรภาพที่เกิดขึ้น โดยใช้สมการที่เสนอโดย Spencer ในรูป $Y = A \cos X + B \sin X$ ได้ทำการออกแบบและสร้างแท่นทดสอบ อุปกรณ์วัดแรงกระทำตั้งฉากที่ล้อหน้าทั้งสองล้อ และอุปกรณ์วัดมุม แท่นทดสอบทำจากเหล็ก H Beam ขนาด 125 x 125 mm. ปูพื้นแท่นทดสอบด้วยเหล็กแผ่นหนา 2.3 mm. มีน้ำหนักประมาณ 1.5 ตัน มีความกว้าง 360 cm. ยาว 480 cm. ใช้ระบบไฮดรอลิกในการยกแท่นทดสอบ อุปกรณ์วัดแรงออกแบบและทำการสร้างโดยใช้หลักการของโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานเนื่องจากแรงกระทำ และใช้ Strain gauge เป็นตัววัดความเครียดโดยต่อเป็นวงจร Wheatstone bridge เพื่อหาค่าของแรงกระทำตั้งฉากที่ล้อหน้า อุปกรณ์วัดมุมออกแบบและทำการสร้างโดยใช้หลักการของอุปกรณ์วัดระยะการเคลื่อนที่ (Slide volume) เพื่อหาระยะในแนวดิ่งและนำไปคำนวณหาค่ามุมที่เกิดขึ้น ใช้อุปกรณ์จัดการสัญญาณรับค่าสัญญาณไฟฟ้าจากอุปกรณ์วัดทั้ง 3 ตัว และแปลงสัญญาณจัดเก็บเป็นข้อมูลด้วยโปรแกรมที่เขียนขึ้นจาก VBA บนโปรแกรม Spreadsheet ที่เขียนขึ้น หลังเปรียบเทียบอุปกรณ์วัดทั้ง 3 ตัวแล้ว ทำการทดสอบเครื่องมือนับว่าเครื่องมือนับค่าแรงและมุมได้และเมื่อคำนวณโดยใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้น ได้ค่ามุมเสถียรภาพของรถทดสอบคือ รถยกสูงรุ่น WPE900 GS น้ำหนักรถ 280 กิโลกรัม มีค่ามุมเสถียรภาพ 40.85 องศา รถยกสูงรุ่น WPE 2000 น้ำหนักรถ 905 กิโลกรัม มีค่ามุมเสถียรภาพ 42.88 องศา และ รถยกสูงรุ่น WSE1030 น้ำหนักรถ 1015 กิโลกรัม มีค่ามุมเสถียรภาพ 48.75 องศา

คำสำคัญ เสถียรภาพรถยกสูง อุปกรณ์วัดแรง อุปกรณ์วัดมุม Strain gauge

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

บริษัท เวิลด์ อีควิปเมนต์ จำกัด เป็นบริษัทผู้ผลิตรถยกสูง ซึ่งเป็นเครื่องจักรกลพื้นฐานที่มีความจำเป็นมากเพื่อใช้ในการอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายสิ่งของหรือสินค้าในโรงงาน หรือในคลังสินค้า ขนาดรถยกสูงของบริษัทมีตั้งแต่รุ่นน้ำหนัก

ยกอยู่ระหว่าง 500-1500 กิโลกรัม ยกสูงจากพื้นสูงสุด 3.50 เมตร อุตสาหกรรมรถยกประเภทนี้ในประเทศไทยนั้นอยู่ในช่วงของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้มาตรฐานทัดเทียมกับของต่างประเทศ สามารถแข่งขันกับของต่างประเทศได้ในปัจจุบันอุตสาหกรรมรถยกสูงมีส่วนแบ่งตลาดในประเทศเพียงประมาณ 20% ส่วนที่เหลืออีก 80% เป็นรถยกที่นำเข้าจากต่างประเทศ สิ่ง

หนึ่งที่เป็นข้อคำนึงถึงในลำดับต้น ๆ ของรถยกสูง คือ ความปลอดภัยในการใช้งาน สิ่งนี้เกี่ยวข้องกับค่าเสถียรภาพของรถยกสูงโดยตรง ถ้ารถยกสูงออกแบบไม่ดีค่าเสถียรภาพน้อยส่งผลให้ไม่มีความปลอดภัยเพียงพอในการใช้งาน รถยกที่มีเสถียรภาพดีต้องสอดคล้องกับมาตรฐาน ISO 5766 [1] ซึ่งระบุค่ามุมที่รถยกต้องทรงตัวอยู่ได้ในสภาพต่าง ๆ การที่บริษัทต้องนำผลิตภัณฑ์ไปตรวจวัดยังสถานที่อื่นประสบปัญหามากทั้งค่าขนส่ง เวลาที่สูญเสียอีกทั้งการขนส่งยังทำได้ค่อนข้างลำบากนอกจากนี้อุปกรณ์ที่ใช้วัดเสถียรภาพรถยกสูงโดยตรงก็มีไม่มากนัก สิ่งเหล่านี้ทำให้เกิดความล่าช้าและเป็นข้อจำกัดในการออกแบบผลิตภัณฑ์รถยกสูงรุ่นใหม่ ๆ ทั้งที่บริษัทมีศักยภาพและมีข้อได้เปรียบในการผลิตสิ่งที่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพแวดล้อมในโรงงานในประเทศไทย เนื่องจากคลุกคลีโดยตรงและใกล้ชิดกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้นถ้ามีการพัฒนาอุปกรณ์วัดเสถียรภาพรถยกสูงเบื้องต้นขึ้นใช้เองในบริษัทจะช่วยทำให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์รถยกสูงเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพได้มาตรฐานทำให้สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้

จากความสำคัญดังกล่าวและจากการพิจารณาถึงความปลอดภัยในการทดสอบของเครื่องมือทดสอบเสถียรภาพของรถสูงที่มีอยู่ในปัจจุบันยังมีประสิทธิภาพที่จำกัดในเรื่องความปลอดภัย ต้องยกเครื่องจนล้อหน้าของตัวรถลอยพ้นพื้น จึงได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดเสถียรภาพรถยกสูงโดยวัดแรงกระทำตั้งฉากที่ล้อหน้า ซึ่งประยุกต์มาจากการวัดเสถียรภาพของรถแทรกเตอร์ในวิธีของ Spencer และคณะ [2] ซึ่งสามารถช่วยลดอันตราย และความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์และผู้ทดสอบได้

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างและทดสอบอุปกรณ์วัดเสถียรภาพรถยกสูง โดยใช้เทคนิควิธีการวัดแรงกระทำตั้งฉากที่ล้อหน้า และวัดค่ามุมยกเอียงที่มีความสัมพันธ์ต่อการมีเสถียรภาพของการพลิกคว่ำของรถยกสูง โดยใช้สมการที่เสนอโดย Spencer ในรูป $Y = A \cos X + B \sin X$

เมื่อค่า Y คือแรงที่กระทำตั้งฉากกับล้อหน้า X คือ ค่ามุมส่วน A และ B เป็นค่าคงที่

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 ออกแบบและทำการสร้างชุดอุปกรณ์

ออกแบบและทำการสร้างแท่นทดสอบอุปกรณ์วัดแรงและอุปกรณ์วัดมุมตามวิธีการออกแบบเครื่องจักรกล [3] ดังภาพที่ 1, 2 และ 3 โดยแท่นทดสอบนั้นสร้างเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 480 x 360 cm ยกเอียงด้วยกระบอกลไฮดรอลิก 2 ตัว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกระบอก 60 cm และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกสูบเท่ากับ 50 cm มีช่วงชัก 70 cm โดยด้านที่ยกเอียงขึ้นมีแนวบังคับให้ปลายแผ่นยกขึ้นตามแนวตั้งและปลายแผ่นด้านที่เหลือสามารถเลื่อนได้ตามแนวราบ แผ่นดังกล่าวนี้สามารถยกเอียงได้สูงสุด 15 องศา อุปกรณ์วัดแรง 2 ตัว ออกแบบเป็นรูปตัว L มีขนาด 145x130x26 mm ดังภาพที่ 2 เพื่อยึดติดกับโซ่ที่ร้อยผ่านรอกที่ติดอยู่กับปลายลูกสูบของกระบอกลไฮดรอลิก ดังแสดงในภาพที่ 7 เพื่อวัดแรงที่เกิดขึ้นที่ปลายแผ่นด้านที่ยกเอียง ส่วนอุปกรณ์วัดมุม ทำจากตัวด้านทานแบบ Slide ติดตั้งที่ปลายแผ่นด้านที่ยกเอียงโดยอุปกรณ์วัดมุมนี้จะเคลื่อนที่ขึ้นพร้อมกับแผ่นเอียงขณะที่เคลื่อนที่ขึ้นความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากขาของตัวด้านทานเลื่อนตามแนวบังคับที่วางเอียงทำมุมกับแนวตั้ง



ภาพที่ 1 แสดงแท่นทดสอบ



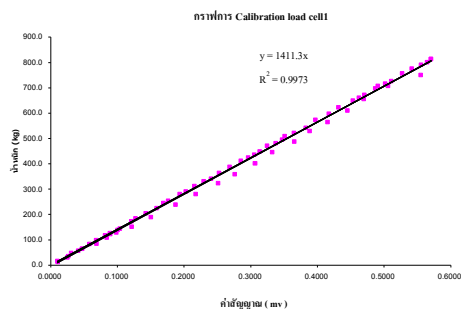
ภาพที่ 2 แสดงอุปกรณ์วัดแรง



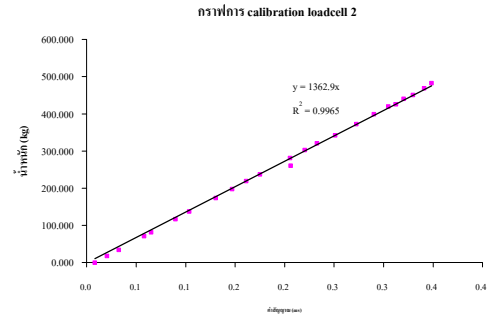
ภาพที่ 3 แสดงอุปกรณ์วัดมุม

2.2 การปรับเทียบอุปกรณ์วัดทั้ง 3 ตัว

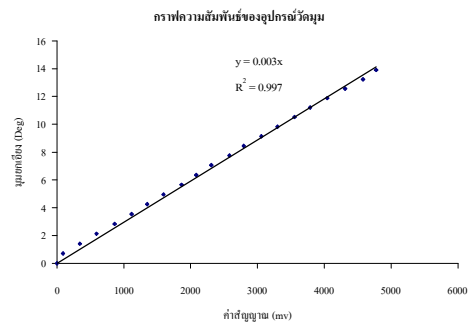
ทำการปรับเทียบอุปกรณ์วัดทั้ง 3 ตัวโดยใช้ อุปกรณ์เปลี่ยนค่าสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลยี่ห้อ ICP DAS รุ่น I-7018 แล้วบันทึกค่าสัญญาณที่เกิดขึ้น แล้วนำมาเขียนกราฟของการปรับเทียบได้กราฟดังภาพที่ 4 , 5 และ 6



ภาพที่ 4 กราฟแสดงการปรับเทียบอุปกรณ์วัดแรงตัวที่1



ภาพที่ 5 กราฟแสดงการปรับเทียบอุปกรณ์วัดแรงตัวที่2



ภาพที่ 6 กราฟแสดงการปรับเทียบอุปกรณ์วัดมุม

จากการปรับเทียบได้สมการ ระหว่างสัญญาณไฟฟ้าและ น้ำหนักของอุปกรณ์วัดแรงตัวที่ 1 และ 2 เป็น $y=1411.3x$ และ $y=1362.9x$ และมีค่า $R^2=0.9973$ และ $R^2=0.9965$ ตามลำดับ เมื่อ x คือสัญญาณไฟฟ้า (mV) และ y คือน้ำหนัก (kg) ส่วนอุปกรณ์วัดมุมทำการปรับเทียบสัญญาณไฟฟ้าและองศา ได้สมการปรับเทียบเป็น $y=0.003x$ และมีค่า $R^2=0.997$ เมื่อ x คือค่าสัญญาณไฟฟ้า (mV) และ y คือมุมยกเอียง

2.3 การทดสอบอุปกรณ์วัดเสถียรภาพรถยกสูง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย

1. อุปกรณ์วัดแรงที่สร้างขึ้น

2. อุปกรณ์เปลี่ยนค่าสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลยี่ห้อ ICP DAS รุ่น I-7018

3. ชุดแผ่นยกเอียง

4. อุปกรณ์วัดมุมที่สร้างขึ้น

5. โปรแกรมที่เขียนขึ้นโดยใช้ VBA บนโปรแกรม Spreadsheet เพื่อใช้อ่านค่าสัญญาณเข้า

เครื่องคอมพิวเตอร์และคำนวณค่ามุมเสถียรภาพดัง
แสดงในภาพที่ 8

6.คอมพิวเตอร์พร้อมชุดสาย Serial Ports
ขั้นตอนการทดสอบทำดังนี้

1.ติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงและอุปกรณ์วัดมุมที่
สร้างขึ้นกับชุดแท่นทดสอบ ปรับตั้งให้อยู่ในแนวระดับ
ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การติดตั้งอุปกรณ์วัดแรง

2.ต่อสายสัญญาณของอุปกรณ์วัดแรงและ
อุปกรณ์วัดมุมที่สร้างขึ้นกับ อุปกรณ์เปลี่ยนค่าสัญญาณ
อนาล็อกเป็นดิจิตอลยี่ห้อ ICP DAS รุ่น I-7018 และ
สายสัญญาณอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบเข้าสู่เครื่อง
คอมพิวเตอร์

3.เปิดใช้โปรแกรม ที่เขียนขึ้นเพื่อใช้อ่านค่า
สัญญาณเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์

4.นำรถยกสูงขึ้นจอดอยู่ในแนวระดับให้รถ
ยกสูงอยู่ในแนวทิศทางขนานกับแนวการยกเอียงของ
เครื่องมือ

5.เปิดสวิตช์วงจรไฮโดรลิกยกแท่นทดสอบ
โดยยกแท่นทดสอบเพิ่มขึ้นทีละประมาณ 1 องศา กด
ปุ่มบันทึกสัญญาณภายในโปรแกรม ที่เกิดขึ้นแต่ละช่วง

6.กดปุ่มคำนวณค่าสัญญาณภายใน
โปรแกรมเพื่อดูค่ามุมเสถียรภาพที่เกิดขึ้น จากการ
คำนวณของโปรแกรมที่เขียนขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 8

7.บันทึกค่ามุมเสถียรภาพที่เกิดขึ้น

8.นำรถยกสูงรุ่นต่างๆที่ต้องการทดสอบ
เสถียรภาพขึ้นจอดอยู่ในแนวระดับและทำการทดสอบ

หาค่ามุมเสถียรภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละรุ่น ดังภาพที่ 9

รุ่นรถยก	ค่ามุมเสถียรภาพ	ค่ามุมเสถียรภาพ	ค่ามุมเสถียรภาพ	ค่ามุมเสถียรภาพ	ค่ามุมเสถียรภาพ
รุ่น 1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
รุ่น 2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
รุ่น 3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
รุ่น 4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
รุ่น 5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
รุ่น 6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
รุ่น 7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
รุ่น 8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
รุ่น 9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
รุ่น 10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
รุ่น 11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
รุ่น 12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

ภาพที่ 8 โปรแกรมที่เขียนขึ้นโดยใช้ VBA บน
โปรแกรม Spreadsheet

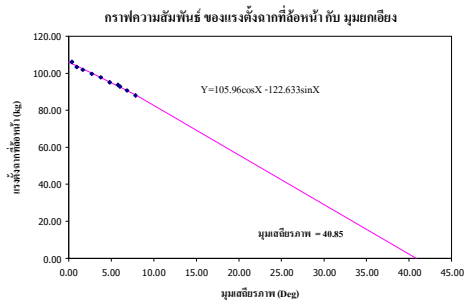


ภาพที่ 9 แสดงการทดสอบเสถียรภาพรถยกสูงรุ่น
WSE 1030 น้ำหนักรถ 1015 กิโลกรัม

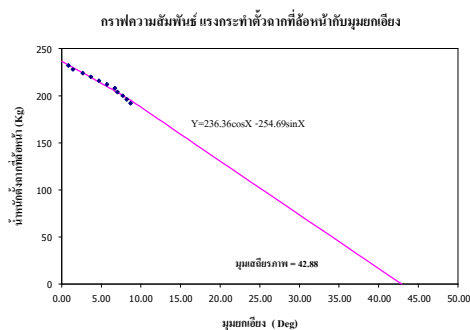
3 ผลการทดลอง

ผลการทดสอบหาค่าความสัมพันธ์ของแรง
กระทำตั้งฉากที่ล้อหน้า กับมุมยกเอียงพบว่าค่า
ความสัมพันธ์ของแรงกระทำตั้งฉากที่ล้อหน้ากับมุมยก
เอียงสอดคล้องกับสมการที่เสนอโดย Spencer โดย
อยู่ในรูป $Y = A \cos X + B \sin X$ และสามารถแสดง
ความสัมพันธ์ระหว่างแรงและมุมสำหรับรถยกสูงแต่ละ
รุ่นดังกราฟในภาพที่ 10,11 และ 12 ตามลำดับ

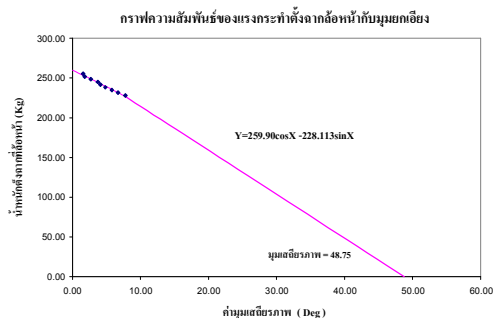
ผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรมทดสอบรถ
ยกสูงแต่ละรุ่น ได้สมการและมุมเสถียรภาพดังนี้



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ของแรงตั้งฉากที่ล้อหน้า กับ มุมยกเอียงของ รถยกสูงรุ่น WPE 900 GS น้ำหนักรถ 280 กิโลกรัม



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ของแรงตั้งฉากที่ล้อหน้า กับมุมยกเอียงของรถยกสูงรุ่น WPE 2000 น้ำหนักรถ 905 กิโลกรัม



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ของแรงตั้งฉากที่ล้อหน้า กับ มุมยกเอียงของรถยกสูงรุ่น WSE 1030 น้ำหนักรถ 1015 กิโลกรัม

รถยกสูงรุ่น WPE 900 GS น้ำหนักรถ 280 กิโลกรัม มีสมการความสัมพันธ์ $Y = 105.96\cos X - 122.63\sin X$ มีค่ามุมเสถียรภาพ 40.85 องศา รถยกสูงรุ่น WPE 2000 น้ำหนักรถ 905 กิโลกรัม มีสมการความสัมพันธ์ $Y = 236.36\cos X - 254.69\sin X$ มีค่ามุมเสถียรภาพ

42.88 องศา รถยกสูงรุ่น WSE 1030 น้ำหนักรถ 1015 กิโลกรัม มีสมการความสัมพันธ์ $Y = 259.90\cos X - 228.113\sin X$ มีค่ามุมเสถียรภาพ 48.75 องศา

4 สรุปผลการทดลอง

ได้ออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์วัดเสถียรภาพรถยกสูงโดยอาศัยความสัมพันธ์ของมุมยกเอียงที่เกิดขึ้นกับแรงกระทำตั้งฉากที่ล้อหน้า และจากผลการทดสอบอุปกรณ์วัดแรงที่กระทำตั้งฉากที่ล้อหน้าของรถยกสูงเพื่อตรวจสอบหาเสถียรภาพของตัวรถยกสูงพบว่าสามารถทำงานได้ดี และโปรแกรมที่เขียนขึ้นสามารถใช้งานได้ดีและสะดวกต่อการใช้งาน โดยโปรแกรมสามารถแสดงสมการความสัมพันธ์ของค่ามุมยกเอียงและแรงในรูป $Y = A\cos x + B\sin x$ ตลอดจนสามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงและมุมยกเอียงและยังสามารถแสดงค่ามุมเสถียรภาพออกมาได้เลย

5 กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำโครงการและให้ทุนการศึกษาแก่ผู้วิจัยภายใต้โครงการโครงการนวัตกรรมการศึกษาสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี (IRPUS)

เอกสารอ้างอิง

1. Pallet stackers and high-lift trucks Stability tests International standard, ISO 5766.10 p.
2. Spencer , H.B.G, G.M. Owen and C.A. Glosbesbey. 1985 On-Site measurement of stability of agricultural machines. J.Agric .Eng. Res.31:81-91.
- 3 ศ.ดร. วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ , รศ. ชาญ ถนัดงาน. 2537. การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด , กรุงเทพฯ.