



การเปรียบเทียบเครื่องทดสอบความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ที่ใช้การคำนวณระบบแรงและ
ระบบแรงบิด

A STUDY OF USEAGE INFLUENCE AFFECTING TYRE ROLLING COEFFICIEN A COMPARISON
OF TIRE ROLLING RESISTANT TESTING MACHINE USING FORCE AND TORQUE
CALCULATIONS

ศุภชัย หล้าคำ
กุลยศ สุวันทโรจน์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2564
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



การเปรียบเทียบเครื่องทดสอบความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ที่ใช้การคำนวณระบบแรงและ
ระบบแรงบิด

A STUDY OF USEAGE INFLUENCE AFFECTING TYRE ROLLING COEFFICIEN A COMPARISON
OF TIRE ROLLING RESISTANT TESTING MACHINE USING FORCE AND TORQUE
CALCULATIONS

ศุภชัย หล้าคำ
กุลยศ สุวันทโรจน์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2563
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : การเปรียบเทียบเครื่องทดสอบความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ที่ใช้การ
คำนวณระบบแรงและระบบแรงบิด
ผู้วิจัย : นายศุภชัย หลักคำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
ผศ.กฤษศ สุนันทโรจน์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
พ.ศ. : 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาและเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ได้จากเครื่องทดสอบความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ที่ใช้การคำนวณระบบแรงและระบบแรงบิด จากการสุ่มตัวอย่างยางล้อที่ผลิตขึ้นใหม่จำนวน 4 เส้น จากยางทั้ง 2 ประเภท คือ ยางรถโดยสาร (Class C1) และยางรถบรรทุกขนาดเล็ก (Class C2) การทดสอบแรงต้านการหมุนของยางล้อตามมาตรฐานสากล UN ECE Regulation No.117 ถูกนำมาใช้เป็นกระบวนการวิจัยที่สำคัญ และแสดงให้เห็นว่าแรงต้านทานการหมุนของยางล้อเส้นเดียวกันที่ได้จากการทดสอบระหว่างเครื่องทดสอบทั้ง 2 แบบมีความแตกต่างกันสูงสุดไม่เกินร้อยละ 6 ซึ่งผลการทดสอบจากเครื่องทดสอบที่ใช้การคำนวณระบบแรงบิดใช้หลักการคำนวณจากค่าการวัดโดยตรงส่งผลมีความน่าเชื่อถือสูง และเหมาะกับการทดสอบเชิงวิจัย อย่างไรก็ตาม เครื่องทดสอบที่ใช้การคำนวณระบบแรงจะสามารถทำการทดสอบยางล้อพร้อมกันได้มากกว่า 1 ซึ่งเหมาะกับการทำงานในระบบอุตสาหกรรมที่มีเวลาจำกัด



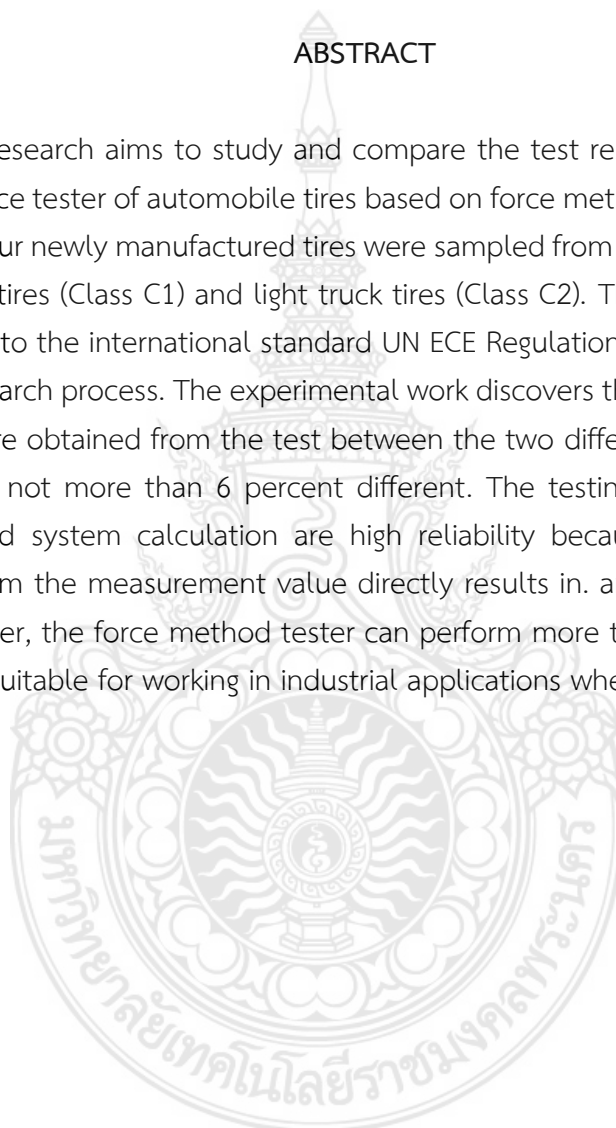
Title : A comparison of tire rolling resistant testing machine using force and torque calculation

Researcher : Mr. Supachai Lakkam, Faculty of Engineering, RMUTP
Asst.Prof. Kullayot Suwantaraj, Faculty of Engineering, RMUTP

Year : 2021

ABSTRACT

This research aims to study and compare the test results obtained from the rolling resistance tester of automobile tires based on force method and torque method system. The four newly manufactured tires were sampled from two tire classes, namely passenger car tires (Class C1) and light truck tires (Class C2). The tire rolling resistance test according to the international standard UN ECE Regulation No.117 was used as an important research process. The experimental work discovers that the rolling resistance of the same tire obtained from the test between the two different methods of testing machines was not more than 6 percent different. The testing results that used the torque method system calculation are high reliability because of the principle of calculation from the measurement value directly results in. and suitable for research testing. However, the force method tester can perform more than a tire simultaneous test, which is suitable for working in industrial applications where time is limited.



กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยการสนับสนุนทุนการวิจัยจากงบประมาณประจำปีงบประมาณ 2564 ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือและให้ความอนุเคราะห์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้

คณะผู้วิจัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
1.3 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง	6
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 ยาง	8
2.2 แรงต้านการหมุนของล้อ (ธีระยุทธ, 2552)	9
2.3 การเปรียบเทียบยางรถยนต์ระหว่างยางแบบธรรมดา กับยางเรเดียลเส้นลวด	11
2.4 ความดันลมยางที่เหมาะสม	11
2.5 อายุการใช้งานของยางล้อรถยนต์	12
2.6 การคำนวณหาเส้นรอบวงของยางล้อรถยนต์	13
2.7 การคำนวณหาค่าแรงต้านทานการหมุนแฝงของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลลาเดี่ยว	13
2.8 แรงต้านการหมุนของยางล้อ (Rolling resistance)	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	15
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	15
3.2 การสอบเทียบเครื่องทดสอบ	16
3.3 การจัดหายางรถยนต์ทดสอบ	19

3.4	ขั้นตอนการใช้เครื่องทดสอบ	20
บทที่ 4	ผลการทดสอบ	28
4.1	ผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบและโครงสร้างทดสอบ	28
4.2	ผลการทดสอบ	29
บทที่ 5	สรุปผลการดำเนินงาน	31
5.1	สรุปผลการดำเนินงาน	31
5.2	ปัญหาและอุปสรรค	31
5.3	ข้อเสนอแนะ	32
บรรณานุกรม		33
ประวัติผู้วิจัย		35



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2.1	สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ (Kr) ตามชนิดและสภาพถนน	10
2.2	การเปรียบเทียบยางรถยนต์	11
3.1	รายการสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบ	16
3.2	รายการสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบ	17
3.3	ตัวอย่างยางล้อรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ	20
4.1	ผลสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบ	28
4.2	ผลสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบ	29
4.3	ผลการทดสอบแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์	30



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 อุบัติเหตุของรถโดยสารสาธารณะ	2
1.2 สภาพยางล้อของรถโดยสารสาธารณะ	3
1.3 รถตู้โดยสารสาธารณะ	4
1.4 ยางล้อที่ผ่านการหล่อเสริมเนื้อดอกยาง	4
1.5 โศกนาฏกรรมรถโดยสารขนาดใหญ่	5
2.1 ลักษณะของโครงสร้างยาง	8
2.2 แรงต้านการหมุนของล้อที่เกิดจากการยุบตัวของยางกึ่งบนถนนแข็ง	9
2.3 การเปรียบเทียบระดับความดันลมยาง	12
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	15
3.2 การตรวจค่า Run-out of Test Rims	17
3.3 การตรวจวัดขนาดมุมล้อ Camber angle	18
3.4 การตรวจวัดขนาดขนาดมุมล้อ Slip angle	18
3.5 การตรวจวัดขนาดวงล้อ (Drum)	19
3.6 การตรวจวัดมาตรวัดความเร็ว (Speed output)	19
3.7 การตรวจวัดความดันลมยางล้อรถยนต์	20
3.8 กล่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าหลักของเครื่องทดสอบ	21
3.9 กล่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้า	21
3.10 คอมพิวเตอร์ใช้ในการทดสอบ	22
3.11 โปรแกรม RMUTP TIRE TEST PROGRAM	22
3.12 อุปกรณ์ตรวจจับระยะกด	23
3.13 กล่องควบคุมหลักของเครื่องทดสอบ	23
3.14 หน้าต่าง Warning	24
3.15 ปุ่ม Setting distance	24
3.16 ปุ่ม Done	25
3.17 หน้าต่าง Test report and test data	25
3.18 Operation	26
3.19 หน้าต่าง Formula	26
3.20 ช่องน้ำหนักร MAX LOAD	27

บทที่ 1

บทนำ

งานวิจัยบทนี้กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์การวิจัย ขอบเขตของการศึกษาประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ยางพาราถือเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยที่มีความโดดเด่น และมีการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อผลิตเป็นชิ้นส่วนต่างๆทั้งในภาคอุตสาหกรรมและภาคครัวเรือน ผลิตภัณฑ์จากยางพาราจำนวนมากถูกนำไปแปรรูปเป็นชิ้นส่วนต่างๆผ่านกระบวนการอุตสาหกรรมทั้งส่งออกและใช้ในประเทศ ยางล้อเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ปลายน้ำที่โดดเด่นและเป็นอีกชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ที่มีขนาดกำลังการผลิตสูง โดยประเทศไทยถือเป็นประเทศที่ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์รายใหญ่ระดับโลก ซึ่งชิ้นส่วนยางล้อเป็นหนึ่งในชิ้นส่วนดังกล่าวที่มีทั้งการผลิตเพื่อใช้ในประเทศและส่งออก

อย่างไรก็ตาม หากมองกลับมาสังเกตพฤติกรรมการณ์ผลิตยางล้อทั้งที่ส่งออกและใช้งานภายในประเทศจะพบว่า ผลิตภัณฑ์ยางล้อจะถูกควบคุมคุณภาพด้วยมาตรฐานสากลซึ่งผู้ผลิตทุกรายจำเป็นต้องทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ของตนให้ผ่านมาตรฐานดังกล่าว เพื่อเปิดโอกาสให้ผลิตภัณฑ์ยางล้อของตนสามารถเข้าสู่การแข่งขันในท้องตลาดได้ ในขณะที่มีมาตรฐานการทดสอบคุณภาพยางล้อระดับสากลเข้ามาควบคุมหลายรายการ กลับพบว่าประเทศไทยซึ่งเป็นหนึ่งในผู้ผลิตยางล้อรายใหญ่ของโลกกลับไม่มีศูนย์ทดสอบยางล้อที่ครบวงจร และครอบคลุมทุกรายการทดสอบตามมาตรฐาน เป็นเหตุให้ผู้ประกอบการทั้งหลายมีความจำเป็นต้องส่งผลิตภัณฑ์ยางล้อต้นแบบไปทดสอบยังต่างประเทศส่งผลให้เสียค่าใช้จ่ายและเงินตราไหลออกนอกประเทศหลายล้านบาทต่อนอกจากนี้ยังเป็นช่องว่างทำให้ผู้ประกอบการซึ่งมีนายทุนต่างชาติสร้างมาตรฐานของตนเอง เพื่อกำหนดและควบคุมความน่าเชื่อถือในผลิตภัณฑ์ของตน

ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม(มอก.) เป็นผู้ควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์มาตรฐานการทดสอบต่างๆ แต่ก็ยังเป็นเพียงมาตรฐานที่ถูกชี้มาจากมาตรฐานสากล และมาตรฐานดังกล่าวถูกนำมาใช้ทดสอบคุณสมบัติยางล้อในสถานะใหม่เท่านั้น หากแต่ความเป็นจริงยางล้อที่ถูกใช้งานจะมีคุณสมบัติที่เสื่อมถอยลงตามสภาพการใช้งาน แต่กลับไม่มีการเปิดเผยถึงผลการทดสอบหรือมาตรฐานใดรับรองคุณสมบัติยางล้อระหว่างการใช้งานได้ อีกทั้งพฤติกรรมการใช้งานและองค์ความรู้ของผู้บริโภคที่มีไม่มากนักต่อผลิตภัณฑ์ยางล้อ และไม่สามารถเข้าถึงการทดสอบเพื่อตรวจสอบระดับคุณภาพยางล้อขนาดใช้งานได้ เนื่องจากไม่มีศูนย์ทดสอบหรือเครื่องทดสอบคุณภาพยางล้อในระดับรากหญ้า

จากการสำรวจพฤติกรรมการใช้งานยางล้อในประเทศไทยพบว่า กลุ่มผู้มีความถนัดในการใช้งานยางล้อสูง และมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนยางล้อเพื่อทดแทนยางล้อเดิมที่หมดสภาพบ่อยครั้งคือ

ผู้ประกอบการรถโดยสารสาธารณะ ซึ่งทำให้กลุ่มดังกล่าวประสบปัญหาด้านค่าใช้จ่ายสูงในการเปลี่ยนทดแทนยางล้อและหาวิธีในการลดค่าใช้จ่ายดังกล่าวแตกต่างกันออกไป โดยคณะผู้วิจัยไปแบ่งพฤติกรรมดังกล่าวออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

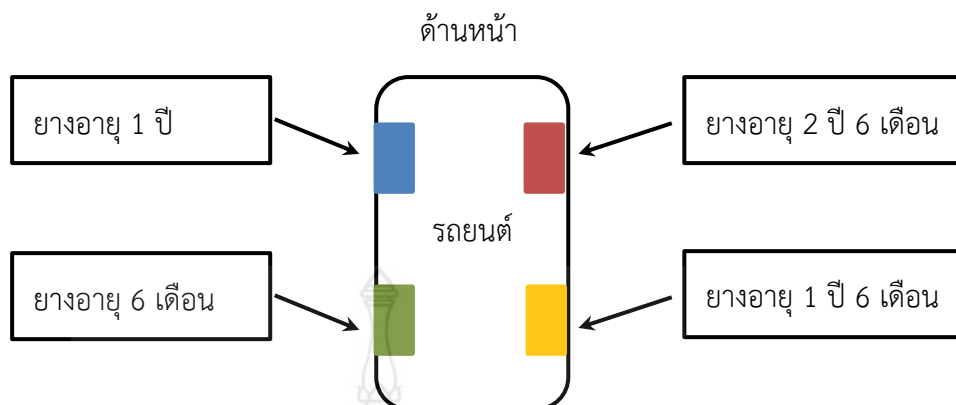
1) กลุ่มผู้ประกอบการรถโดยสารสาธารณะในเมือง

กลุ่มผู้ประกอบการรถโดยสารสาธารณะในเมือง ได้แก่ ผู้ประกอบการแท็กซี่ รถตู้สาธารณะ และรถโดยสารสาธารณะประจำทาง โดยกลุ่มผู้ประกอบการเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็ก ซึ่งมีเงินทุนไม่มากนัก ดังนั้นจึงหาวิธีลดค่าใช้จ่ายด้วยการเปลี่ยนยางล้อที่เป็นยางล้อเก่าที่ผ่านการใช้งานแล้วแต่ยังมีสภาพค่อนข้างดี แทนการเปลี่ยนโดยใช้ยางล้อใหม่จากผู้ผลิตยางล้อ เนื่องจากในตลาดยางล้อรถยนต์เก่า มียางล้อที่ผ่านการใช้งานแล้วจากผู้บริโภคที่มีฐานะการเงินดี และมีความถี่ในการใช้ยางล้อของรถยนต์น้อย เมื่อถึงระยะเวลาเปลี่ยนยางล้อตามกำหนดการซ่อมบำรุงทำให้ยางล้อดังกล่าวมีการสึกหรอของหน้ายางน้อย เป็นเหตุให้เกิดการรับซื้อยางล้อเก่าและหมุนเวียนในตลาดยางล้อเก่าเป็นจำนวนมาก และกลายเป็นยางล้อทางเลือกของกลุ่มผู้บริโภคที่มีรายได้น้อยหรือต้องการลดค่าใช้จ่ายในที่สุด พฤติกรรมการใช้งานในลักษณะดังกล่าว ยังไม่มาตรฐานหรือเกณฑ์ชี้วัดใดที่เข้ามาควบคุมหรือบังคับได้ว่ายางล้อเก่าที่มีใช้งานบนท้องถนนในปัจจุบันมีความปลอดภัย หรือมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมเพียงพอที่จะพร้อมรับสภาวะการใช้งานในกรณีอุบัติเหตุ อีกทั้งสภาพถนนที่หลากหลายภายในประเทศซึ่งแตกต่างกับสภาพถนนที่ได้มีการทดสอบกับยางล้อใหม่ด้วยมาตรฐานสากล รวมถึงคุณสมบัติยางล้อที่เสื่อมลงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างยางล้อและถนนแตกต่างจากค่าที่ได้จากการทดสอบและรับรองไว้

จากการเก็บข้อมูลของคณะผู้วิจัยพบว่า หลายครั้งในกรณีการเกิดอุบัติเหตุที่ผู้ขับขี่ไม่ได้ใช้ความเร็วสูงมากนัก แต่กลับไม่สามารถควบคุมรถยนต์ให้หยุดในระยะที่ควรจะเป็นได้ เป็นเหตุทำให้เกิดประเด็นโต้แย้งระหว่างผู้ประกอบการรถโดยสารและบริษัทประกันอุบัติเหตุ ในปฏิเสธการจ่ายค่าสินไหมทดแทนเนื่องจากไม่สามารถระบุความเร็วที่แท้จริงขณะเกิดอุบัติเหตุได้ ดังรูปที่ 1.1 ประเด็นดังกล่าวทำให้คณะผู้วิจัยเคยได้รับเชิญให้ทำการย้อนรอยอุบัติเหตุเพื่อหาความเร็วที่แท้จริงขณะเกิดอุบัติเหตุซึ่งพบว่า ในทางปฏิบัติมีความเป็นไปได้สูงมากที่รถโดยสารสาธารณะจะใช้อย่างที่มีอายุแตกต่างกันทั้ง 4 ล้อ ดังรูปที่ 1.2 ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Friction coefficient) และค่าความยืดหยุ่น (Stiffness) และกระทบต่อเสถียรภาพการควบคุมรถยนต์



รูปที่ 1.1 อุบัติเหตุของรถโดยสารสาธารณะ



รูปที่ 1.2 สภาพยางล้อของรถโดยสารสาธารณะ

เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Friction coefficient) และค่าความยืดหยุ่น (Stiffness) เปลี่ยนแปลงไปตามอายุการใช้งาน และเป็นสิ่งที่ยืดหยุ่นทางธุรกิจ จึงไม่มีผู้ผลิตรายใด การเปิดเผยค่าดังกล่าว และส่งผลต่อผู้บริโภคทำให้ไม่ตระหนักถึงประเด็นดังกล่าว ซึ่งแท้จริงแล้วเป็น ค่าที่ส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อความปลอดภัยในการขับขี่ ดังนั้นผู้ขับขี่จึงมักใช้ความเคยชินและ ประสบการณ์การขับขี่ในการควบคุมรถยนต์ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Friction coefficient) และค่าความยืดหยุ่น (Stiffness) ได้เปลี่ยนแปลงไป และส่งผลต่อการควบคุมระยะการ ชะลอหรือหยุดรถผิดพลาดจนเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุได้

2) กลุ่มผู้ประกอบการรถโดยสารสาธารณะระหว่างเมือง

สำหรับกลุ่มผู้ประกอบการรถโดยสารสาธารณะระหว่างเมืองนั้นได้แก่ รถตู้สาธารณะ ประจำทาง และรถโดยสารขนาดใหญ่ประจำทาง หรือรถทัวร์ โดยกลุ่มดังกล่าวจะมีพฤติกรรมการใช้ งานที่แตกต่างออกไป คือมีการใช้งานที่ค่อนข้างหนัก ด้วยระยะเวลาเดินทางต่อวันทั้งสิ้นไม่ต่ำกว่า 450 กิโลเมตร และจะต้องมีการเปลี่ยนยางล้อใหม่ภายในระยะเวลา 8 ถึง 12 เดือน ซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่าย เป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างสูงรองจากค่าเชื้อเพลิง สำหรับรถตู้โดยสารสาธารณะการเปลี่ยนทดแทนยางล้อ ด้วยยางล้อเก่าใช้แล้ว ถือเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้ประกอบการบางราย แต่เป็นทางเลือกที่ค่อนข้าง สุ่มเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย ด้วยพฤติกรรมการขับขี่ของรถโดยสารระหว่างเมืองที่จำเป็นต้องใช้ ความเร็วสูง อีกทั้งมีการบรรทุกผู้โดยสารและสัมภาระที่มากกว่ารถโดยสารในเมือง ดังนั้น รถโดยสารดังกล่าวมีความจำเป็นต้องใช้เสถียรภาพในการทรงตัว บังคับและควบคุมยานพาหนะที่ มากกว่า ไม่เพียงแต่การเปลี่ยนยางล้อใช้แล้วมาทดแทนยางล้อเดิมจะทำให้เสถียรภาพการทรงตัว ลดลง สภาพยางที่เสื่อมถอยตามการใช้งานยังเป็นอีกปัจจัยที่เสื่อมถอยตามอายุการใช้งานอีกด้วย



รูปที่ 1.3 รถตู้โดยสารสาธารณะ

ขณะที่รถโดยสารขนาดใหญ่ หรือรถทัวร์นั้น ส่วนใหญ่เลือกใช้วิธีการหล่อเสริมเนื้อดอกยาง ดังรูปที่ 1.4 โดยใช้โครงสร้างยางล้อเดิม ซึ่งวิธีดังกล่าวไม่ผ่านการตรวจสอบมาตรฐานระดับใดเลย จึงไม่สามารถบ่งชี้ถึงคุณสมบัติของล้อยางดังกล่าวได้ เนื่องด้วยจากความเชื่อที่ว่ารถโดยสารขนาดใหญ่จะ ใช้ความเร็วในการขับขี่ไม่มากนักเมื่อเทียบกับรถโดยสารขนาดเล็กจึงมีความเสี่ยงที่น้อยกว่า แต่ในทางกลับกันกลับพบว่าบ่อยครั้งรถโดยสารขนาดใหญ่ใช้ความเร็วสูงไม่ต่างจากรถโดยสารขนาดเล็กส่วนบุคคล จึงทำให้มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุไม่แตกต่างกัน ในทางตรงกันข้าม ด้วยภาระการบรรทุก ที่มากกว่าของรถโดยสารขนาดใหญ่ ทำให้ผลของการสูญเสียจากการเกิดอุบัติเหตุมากกว่าทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ดังจะเห็นได้จากข่าวทั่วไปของอุบัติเหตุรถโดยสารขนาดใหญ่ หรือรถทัวร์ที่เสียหลักหรือเสีย การทรงตัวและเป็นเหตุให้เกิดโศกนาฏกรรมขึ้น ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.4 ยางล้อที่ผ่านการหล่อเสริมเนื้อดอกยาง



รูปที่ 1.5 โศกนาฏกรรมรถโดยสารขนาดใหญ่

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นช่องว่างระหว่างผู้บริโภครายย่อยระดับรากหญ้าและมาตรฐานยาล้อ เนื่องจากผู้บริโภครายย่อยที่มีระดับความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้งาน ยาล้อคือกลุ่มวิสาหกิจผู้ประกอบการรถโดยสารควรมีมาตรการตรวจสอบระดับคุณภาพยาล้อทั้ง การเปลี่ยนทดแทนยาล้อด้วยยาล้อเก่าใช้แล้วและการตรวจสอบยาล้อระหว่างการใช้งาน แต่ไม่สามารถเข้าถึงเครื่องมือตรวจสอบยาล้อได้อย่างดี อีกทั้งไม่มีมาตรฐานหรือกฎข้อบังคับมาควบคุม จึงกลายเป็นจุดอ่อนของการใช้ผลิตภัณฑ์ยาล้อในระดับปลายน้ำ นอกจากนี้ยังเป็นการเปิดช่องว่างให้ผู้ประกอบการสามารถปิดบังหรือไม่แสดงข้อมูลเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระยะยาว และลดระดับมาตรฐานความปลอดภัยในการใช้ยาล้ออย่างไม่ควรจะเป็น

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความเห็นควรให้มีการจัดตั้งศูนย์ทดสอบยาล้อเพื่อบริการตรวจสอบ สภาพและคุณภาพยาล้อในระดับรากหญ้า และให้กลุ่มวิสาหกิจผู้ประกอบการรถโดยสารที่มีต้นทุน ในการประกอบการน้อยสามารถเข้าถึงระบบการตรวจสอบยาล้อ อีกทั้งมหาวิทยาลัยฯ(หน่วยงานวิจัย) ในฐานะหน่วยงานในกำกับของรัฐบาล ซึ่งมีหน้าที่ในการให้บริการด้านวิชาการแก่สังคมควรมีส่วนร่วม ในการเติมเต็มช่องว่างดังกล่าวด้วยการให้บริการตรวจสอบระดับคุณภาพยาล้อแก่สังคม โดยปราศจากผลประโยชน์ทางธุรกิจ ผ่านระบบการจัดตั้งศูนย์ทดสอบยาล้อระดับรากหญ้าให้ผู้บริโภค สามารถเข้าถึงได้ง่าย โดยกำหนดกลุ่มเป้าหมายคือวิสาหกิจผู้ประกอบการรถโดยสารในชั้นนำร่อง และขยายสู่กลุ่มผู้บริโภคทั่วไป อีกทั้งศูนย์ทดสอบยาล้อดังกล่าวยังสามารถขยายการทดสอบไปสู่ชั้น การวิจัยคุณสมบัติของยาล้อที่ขึ้นกับระยะเวลาการใช้งาน ไม่ใช่เพียงการทดสอบยาล้อใหม่เท่านั้น ซึ่งเป็นตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้งานในสังคมไทย และเป็นการกระตุ้นให้ผู้ผลิตตระหนักถึงการ พัฒนาและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพออกสู่ตลาดภายในประเทศ มากกว่าการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ คุณภาพสูงเพื่อส่งออกจำหน่ายในต่างประเทศ โดยแนวคิดดังกล่าวจะช่วยยกระดับทั้งคุณภาพ ผลิตภัณฑ์ยาล้อ และความปลอดภัยจากการใช้งาน อันจะส่งผลดีต่อเศรษฐกิจและสังคมทั้งทางตรง และทางอ้อมที่ประเทศจะได้รับ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.) ศึกษาและเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ได้จากเครื่องทดสอบความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ที่ใช้การคำนวณระบบแรงและระบบแรงบิด

1.3 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาหาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการพลังงานในการขับเคลื่อนและล้อหรือยางรถยนต์ พบว่าประเด็นดังกล่าวมีอิทธิพลอย่างมากโดย Joshua M. Pearce และคณะ (2007) ได้กล่าวถึงการกำหนดพระราชบัญญัติปี 2000 ในประเทศสหรัฐอเมริกาเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานจากการควบคุมความดันลมยางทั้งนี้ในปัจจุบันสหรัฐอเมริกา มีรถยนต์ 220 ล้านคัน ทำให้สูญเสียพลังงานจากแรงต้านการเคลื่อนที่ของยางเป็นจำนวนมาก ได้มีการศึกษาระดับความดันลมยางจากผู้ใช้รถในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีผลกระทบเกี่ยวกับ 1) ด้านความปลอดภัย 2) ลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3) ทางเศรษฐกิจในเรื่องลดการนำเข้าน้ำมันดิบ และ 4) ลดมลพิษและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 13.5 ล้านตัน/ปี

ในขณะที่ A.K. Elwaleed และคณะ (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการขยายตัวของแก๊มยางที่มีผลต่อแรงต้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและได้ทำการทดสอบในสภาพดินทราย ดินเหนียว และดินร่วน ทดลองโดยใช้ค่าความดันที่ 166,193 และ 221 KPa ทำการศึกษาและการวิเคราะห์ ด้วยวิธี (ANCOVA) พบว่าการขยายของแก๊มยางเนื่องจากความดัน มีผลต่อแรงต้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและขึ้นอยู่กับระดับความดันที่แตกต่างกัน

C. Halfmann และคณะ (1997) ได้สังเกตเห็นความสำคัญด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับการดูแลรักษาสภาพยาง และความดันลมยาง ถือว่าเป็นขั้นพื้นฐานของความปลอดภัยของยานพาหนะ และยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ ดังนั้น C. Halfmann และคณะ ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบความดันลมยาง โดยการวิเคราะห์คลื่นความถี่ของฟังก์ชัน จากการเดินของยางทั้งล้อหน้า และล้อหลัง

J.E. Purkyne และคณะ (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบดอกยางที่ใช้ในการเกษตรในรูปแบบต่างๆเพื่อลดแรงต้านการเคลื่อนที่ การแก้ปัญหาในเชิงลบสำหรับดอกยาง และความดันลมยาง การออกแบบดอกยางที่บริเวณหน้ายางมักอาศัยร่องลึก ในรูปแบบที่แตกต่างกัน ประกอบกับเพื่อออกแบบดอกยางให้มีคุณสมบัติเฉพาะตัว 1) เพื่อการยึดเกาะถนนขณะเลี้ยวโค้ง 2) เพื่อช่วยให้การขับเคลื่อนและหยุดรถไม่ให้ลื่นไถล และ 3) เพื่อระบายน้ำให้ออกจากผิวหน้าของดอกยางอย่างรวดเร็ว ช่วยให้การขับขี่มีปลอดภัยมากขึ้น

จากการศึกษาหาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการพลังงานในการขับเคลื่อนและล้อหรือยางรถยนต์ พบว่าประเด็นดังกล่าวมีอิทธิพลอย่างมากโดย Joshua M. Pearce และคณะ (2007) ได้กล่าวถึงการกำหนดพระราชบัญญัติปี 2000 ในประเทศสหรัฐอเมริกาเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานจากการควบคุมความดันลมยางทั้งนี้ในปัจจุบันสหรัฐอเมริกา มีรถยนต์ 220 ล้านคัน ทำให้สูญเสียพลังงานจากแรงต้านการเคลื่อนที่ของยางเป็นจำนวนมาก ได้มีการศึกษาระดับความดันลมยางจากผู้ใช้รถในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีผลกระทบเกี่ยวกับ 1) ด้านความปลอดภัย 2) ลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3) ทางเศรษฐกิจในเรื่องลดการนำเข้าน้ำมันดิบ และ 4) ลดมลพิษและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 13.5 ล้านตัน/ปี

ในขณะที่ A.K. Elwaleed และคณะ (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการขยายตัวของแก้มยางที่มีผลต่อแรงต้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและได้ทำการทดสอบในสภาพดินทราย ดินเหนียว และดินร่วน ทดลองโดยใช้ค่าความดันที่ 166,193 และ 221 KPa ทำการศึกษาและการวิเคราะห์ ด้วยวิธี (ANCOVA) พบว่าการขยายของแก้มยางเนื่องจากความดัน มีผลต่อแรงต้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและขึ้นอยู่กับระดับความดันที่แตกต่าง

C. Halfmann และคณะ (1997) ได้สังเกตเห็นความสำคัญด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับการดูแลรักษาสภาพยาง และความดันลมยาง ถือว่าเป็นขั้นพื้นฐานของความปลอดภัยของยานพาหนะ และยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ ดังนั้น C. Halfmann และคณะ ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบความดันลมยาง โดยการวิเคราะห์คลื่นความถี่ของฟังก์ชัน จากการเดินของยางทั้งล้อหน้า และล้อหลัง

J.E. Purkyne และคณะ (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบดอกยางที่ใช้ในการเกษตรในรูปแบบต่างๆเพื่อลดแรงต้านการเคลื่อนที่ การแก้ปัญหาในเชิงลบสำหรับดอกยาง และความดันลมยาง การออกแบบดอกยางที่บริเวณหน้ายางมักอาศัยร่องลึก ในรูปแบบที่แตกต่างกัน ประกอบกับเพื่อออกแบบดอกยางให้มีคุณสมบัติเฉพาะตัว 1) เพื่อการยึดเกาะถนนขณะเลี้ยวโค้ง 2) เพื่อช่วยให้การขับเคลื่อนและหยุดรถไม่ให้ลื่นไถล และ 3) เพื่อระบายน้ำให้ออกจากผิวหน้าของดอกยางอย่างรวดเร็ว ช่วยให้การขับขี่มีปลอดภัยมากขึ้น

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.) ศึกษายางล้อของรถโดยสารหรือรถบรรทุกขนาดเล็ก ขนาดไม่เกิน 1 ตัน
- 2.) ทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อตามมาตรฐาน UN ECE Regulation No 117

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.) องค์ความรู้ที่เชื่อมโยงกับอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ยางล้อ
- 2.) อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ยางล้อที่เหมาะสม

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ยาง

ยางเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในด้านของความปลอดภัยในการขับเคลื่อนรถยนต์ ยางเป็นส่วนหนึ่งของรถยนต์ที่ใช้สำหรับทำหน้าที่รองรับน้ำหนักรถ ความนุ่มนวลขณะขับขี่ การหยุดเบรก และประสิทธิภาพการยึดเกาะพื้นผิวถนน รวมไปถึงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งยางเป็นส่วนที่สัมผัสกับพื้นถนนอยู่ตลอดเวลา ซึ่งส่งผลต่ออายุการใช้งานของยาง และยังทำให้การยึดเกาะถนนลดลง

การออกแบบยางในปัจจุบันนี้ลักษณะของยางรถยนต์ที่จะแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบของโครงสร้างพื้นฐานของยางรถยนต์สามารถจำแนกส่วนประกอบออกได้เป็น 6 ส่วน ดังนี้

- หน้ายาง (Tread)
- ไหล่ยาง (Shoulder)
- แก้มยาง (Sidewall)
- โครงยาง (Carcass)
- ผ้าใบเสริมหน้ายางหรือเข็มขัดรัดหน้ายาง (Breaker or Belt)
- ขอบยาง (Bead)

ส่วนประกอบแต่ละส่วนถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับหน้าที่และประสิทธิภาพในการใช้งาน ดังรูปที่ 2.1



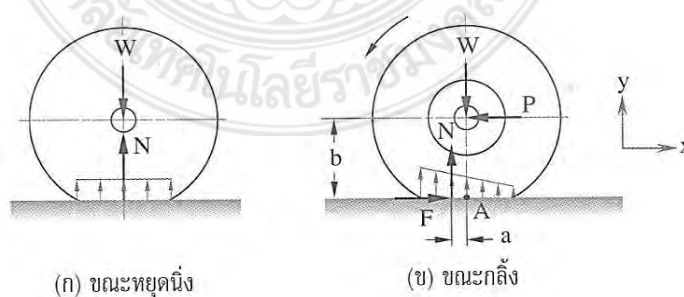
รูปที่ 2.1 ลักษณะของโครงสร้างยาง

นอกจากนี้ การออกแบบสำหรับรถยนต์บนท้องถนนต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น

- 1) ความปลอดภัย
 - ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสูงในทุกสภาพถนน (High friction coefficients)
 - ความเร็วสูงสุดที่เหมาะสม (Top-speed)
 - รูปแบบไหลที่กระทำต่อล้อ
 - ความปลอดภัยของการขับขี่
 - คุณสมบัติการวิ่งอย่างราบเรียบ
- 2) ความสะดวกสบาย
 - ความแข็งของยางน้อย
 - ความราบรื่นในการขับขี่
- 3) ความประหยัด
 - มีความทนทานสูง
 - ความต้านทานการหมุนต่ำ (Low rolling resisting)
 - น้ำหนักล้อต่ำ (Low dynamic wheel load)
 - ค่าใช้จ่ายด้านการสร้างต่ำ
 - อัตราการรับภาระสูง

2.2 แรงต้านการหมุนของล้อ (ธีระยุทธ, 2552)

แรงต้านทานการหมุนของล้อขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ สภาพผิวถนน ความเสียดทานในลูกปืนของล้อรถยนต์ การยุบตัวของยางและผิวถนน ความดันลมยางรถยนต์ การเสียดสีของเบรก และขนาดของล้อ แรงต้านการหมุนของล้อแปรผันโดยตรงกับน้ำหนักของรถยนต์ การยุบตัวของยางและผิวถนนมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในกรณีความดันลมยางรถยนต์ต่ำมาก ยางจะยุบตัวมาก จะมีผลให้แรงต้านการหมุนของล้อสูงมากขึ้น



รูปที่ 2.2 แรงต้านการหมุนของล้อที่เกิดจากการยุบตัวของยางกลิ้งบนถนนแข็ง

ถ้า P เป็นแรงดันที่ทำให้ล้อรถยนต์สามารถกลิ้งไปได้บนถนนแข็ง แสดงดังรูปที่ 2.2 (ข) ส่วนของยางที่สัมผัสกับถนนจะยุบตัวหน้าสัมผัสระหว่างยางกับถนนจะเป็นพื้นที่กว้างน้ำหนักของรถยนต์จะกระจายบนผิวหน้าสัมผัสระหว่างยางกับถนน ในขณะที่ล้อกลิ้งไปบนถนนนั้น ยางจะยุบตัวและคืนตัวสลับกัน ทำให้เกิดความเสียดทานขึ้นในเนื้อยางและก่อให้เกิดความร้อนขึ้น แรงต้านทานการหมุนของล้อจะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ (Coefficient of rolling resistance) ใช้สัญลักษณ์ (K_r) แรงต้านการหมุนของล้อจะมีค่าสูงขึ้น ถ้าเส้นผ่าศูนย์กลางของล้อมีขนาดใหญ่ขึ้น ค่า K_r จะลดลง แรงต้านการหมุนของล้อ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดความต้องการการใช้พลังงานสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$R_r = K_r W_v \quad (2.1)$$

เมื่อ R_r คือ แรงต้านทานการหมุนของล้อ (N)
 K_r คือ สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ
 W_v คือ น้ำหนักของรถยนต์ (N)

ในกรณีถนนมีลักษณะอ่อนตัว เช่น ถนนดินและถนนทราย ถนนมีการยุบตัวทำให้แรงต้านการหมุนของล้อเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อบนสภาพถนนต่างๆ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ (K_r) ตามชนิดและสภาพถนน

ชนิดและสภาพถนน	K_r (เฉลี่ย)
ถนนลาดยางและคอนกรีต	
สภาพดีเยี่ยม	0.014 - 0.018
สภาพดีพอใช้	0.018 - 0.020
ถนนหินปูพื้น	0.023 - 0.030
ถนนลูกรัง	0.020 - 0.025
ถนนดิน	
ดินแห้งอัดแน่น	0.025 - 0.035
ดินเปียกหลังฝนตก	0.050 - 0.150
ถนนทราย	0.10 - 0.30

2.3 การเปรียบเทียบยางรถยนต์ระหว่างยางแบบธรรมดา กับยางเรเดียลเส้นลวด

ยางเรเดียลเส้นลวดมีความต้านทานต่อการสึกหรอสูงกว่ายางผ้าใบธรรมดา เนื่องจากหน้ายางที่แกร่งกว่าการบิดตัวของหน้ายางน้อยกว่าความร้อนจึงเกิดขึ้นได้น้อยกว่า และหน้ายางที่สัมผัสผิวถนนได้มากกว่า ช่วยลดปัญหาการบวมล่อนของยาง มีผลทำให้อายุการใช้งานของยางเรเดียลเส้นลวดยาวนานกว่ายางผ้าใบธรรมดา 1.5-2 เท่า ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับต้นทุนต่อระยะทางที่ใช้งาน และให้ความปลอดภัยในการใช้งานได้มากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบยางรถยนต์

ชนิดยางรถยนต์	ยางเรเดียล (Radial tyre)	ยางแบบธรรมดา (Bias tyre)
สถานะการใช้งาน		
ประสิทธิภาพความทนทาน	มีความทนทานมาก	มีความทนทานน้อย
อายุการใช้งาน	เสื่อมสภาพช้า	เสื่อมสภาพเร็ว
ความต้านทานของมีคม	ต้านทานได้ดี	รั้วซึมได้ง่าย
การระบายความร้อน	ระบายความร้อนได้เร็ว	ระบายความร้อนได้ช้า
ความแข็งของโครงสร้างยาง	นำมาหล่อดอกยางใหม่ได้	ไม่สามารถหล่อดอกยางได้อีก
ประสิทธิภาพในการหยุดรถ	ใช้ระยะในการเบรกสั้น	ใช้ระยะในการเบรกยาว
เสียงรบกวนขณะใช้งาน	เสียงรบกวนน้อย	เสียงรบกวนมาก
การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่า	ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสิ้นเปลือง

(ที่มา: <http://www.transport.michelin.co.th/Home/New-Retreaded-Tyres/Tyre Basics/Bias-Radial/>)

ยางแบบเรเดียลเป็นยางที่ทำให้รถยนต์มีความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่าการใช้ยางแบบอื่น ทั้งนี้ก็เพราะว่า ยางแบบเรเดียลมีแรงต้านการหมุนน้อยกว่าทำให้ใช้กำลังในการขับเคลื่อนน้อยลง นอกจากนี้ยางแบบเรเดียลยังมีการสึกหรอช้ากว่า เกิดความร้อนน้อยกว่า หน้ายางไม่มีการบิดตัวเมื่อสัมผัสกับถนน โครงสร้างของยางแบบไดอะโกนัลไบแอส (Diagonal bias) การวางผ้าใบแต่ละชั้นจะถูกวางจากขอบยางด้านหนึ่งไปยังขอบยางอีกด้านหนึ่ง โดยให้แนวของเส้นใยชั้นผ้าใบในแต่ละชั้นเอียงเป็นแนวทแยงมุมกัน

2.4 ความดันลมยางที่เหมาะสม

ความดันลมยางที่เหมาะสมสำหรับยางรถยนต์นั่งโดยทั่วไป จะอยู่ที่ประมาณ 28-36 psi ส่วนรถบรรทุกขนาดเล็กจะอยู่ที่ประมาณ 30-45 psi (ไม่มีการบรรทุก) และประมาณ 35-65 psi (เมื่อมีการบรรทุก) แต่ละยี่ห้อ มีน้ำหนักต่างกัน หรือใช้ยางที่มีขนาดต่างกัน



(ก) ลมยางอ่อน (ข) ลมยางเหมาะสม (ค) ลมยางแข็ง

รูปที่ 2.3 การเปรียบเทียบระดับความดันลมยาง

(ที่มา: [http://www.transport.michelin.co.th/Home/New-Retreaded-Tyres/Tyre Basics/Bias-Radial/](http://www.transport.michelin.co.th/Home/New-Retreaded-Tyres/Tyre_Basics/Bias-Radial/))

นอกจากนี้ การออกแบบยางสำหรับรถยนต์ ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลาย ๆ อย่าง (ธีระยุทธ, 2552) เช่น

- 1) ความปลอดภัย พิจารณาจาก ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสูงในทุกสภาพถนน)High friction coefficients (ความเร็วสูงสุดที่เหมาะสม)Top speed (รูปแบบโหลดที่กระทำต่อล้อ ความปลอดภัยของการขับขี่ และคุณสมบัติการวิ่งอย่างราบเรียบ
- 2) ความสะดวกสบาย พิจารณาจาก ความแข็งของยางน้อย และความราบรื่นในการขับขี่
- 3) ความประหยัด พิจารณาจาก ความทนทานสูง ความต้านทานการหมุนต่ำ)Low rolling resisting (น้ำหนักล้อต่ำ)Low dynamic wheel load (ค่าใช้จ่ายด้านการสร้างต่ำ และ อัตราการรับภาระสูง

2.5 อายุการใช้งานของยางล้อรถยนต์

โดยปกติการพิจารณาเปลี่ยนยางรถยนต์ จะดูที่ความลึกของร่องดอกยางคงเหลือ ถ้าเหลือเพียง 1.6mm ก็ควรถอดเปลี่ยนยางเส้นใหม่ โดยสังเกตในร่องดอกยาง จะพบว่ามีสันนูนเล็กๆ อยู่รอบวงยาง ซึ่งสันนูนดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนดอายุการใช้งานของยางเส้นนั้น คือ ถ้าหากดอกยางสึกหรือจนกระทั่งถึงสันนูนในร่องยาง หรือ ความลึกร่องดอกยางเหลือประมาณ 1.6mm ก็ถือได้ว่ายางนั้นหมดอายุการใช้งาน นอกจากนี้ ถ้าหากตรวจพบว่า เนื้อยางมีความแข็งกระด้างมากจนทำให้ความรู้สึกว่ายางไม่ค่อยเกาะถนนควรถือว่ายางนั้นหมดอายุการใช้งานเช่นกัน หรือถ้าหากเกิดการชำรุดเสียหาย จนไม่สามารถซ่อมแซมได้ก็ถือว่ายางเส้นนั้นหมดอายุการใช้งาน เช่นกัน หรือ ถ้าหากพบว่าการบวมล่อนที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของยาง ก็ถอดเปลี่ยนได้ทันที เพื่อความปลอดภัย สำหรับระยะทางที่วิ่งได้เป็นเลขกิโลเมตร จึงไม่สามารถบอกได้อย่างแน่ชัด ว่าสมควรเปลี่ยนยางเส้นใหม่หรือยัง เนื่องจากปัจจัยที่ทำให้เกิดการสึกหรอของดอกยาง สำหรับผู้ใช้แต่ละคนจะแตกต่างกันออกไป ได้แก่

- 1.การบรรทุกน้ำหนัก
- 2.ความดันลมยาง

- .3ความเร็วในการขับเคลื่อน
- .4สภาพผิวถนน
- .5อุณหภูมิสภาพอากาศ
- .6สภาพรถยนต์ เช่น ระบบช่วงล่างและศูนย์ล้อ เป็นต้น
- .7การหยุดรถและออกรถ

2.6 การคำนวณหาเส้นรอบวงของยางล้อรถยนต์

โดยการหาค่าเส้นรอบวงกลม (เส้นรอบวงยางล้อรถยนต์) ดังสมการที่ 2.2

$$C = 2\pi r \quad (2.2)$$

เมื่อ C คือ เส้นรอบวงของยางล้อรถยนต์ (m)
 r คือ รัศมีของยางล้อรถยนต์ (m)

2.7 การคำนวณหาแรงต้านทานการหมุนแฝงของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลลาเดี่ยว

แรงต้านทานการหมุนแฝงของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลลาเดี่ยว คือ แรงต้านทานที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง เช่น อากาศ แรงต้านทานแฝงถือเป็นแรงต้านที่ถูกรวมกับแรงต้านรวม โดยเกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสระหว่างการเคลื่อนที่ ค่าแรงต้านทานการหมุนแฝง แสดงดังสมการที่ 2.3

$$F_{pl} = \frac{T_p}{r} \quad (2.3)$$

เมื่อ F_{pl} คือ แรงต้านทานการหมุนแฝงของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลลาเดี่ยว (N)
 T_p คือ แรงบิดเพลลาของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลลาเดี่ยว (Nm)

2.8 แรงต้านทานการหมุนของยางล้อ (Rolling resistance)

แรงต้านทานการหมุนของยางล้อขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ สภาพของผิวถนน ความเสียดทานในแบริ่งของล้อรถยนต์ การยุบตัวของยางและผิวถนน ความดันลมในยางรถยนต์ การเสียดสีที่เบรก และขนาดของล้อ ภายใต้เงื่อนไขที่คงที่ แรงต้านทานการหมุนของล้อแปรผันโดยตรงกับน้ำหนักของรถยนต์ ถ้าสามารถลดน้ำหนักรถยนต์ลงได้มากก็จะยิ่งประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้มาก ทั้งในการวิ่งด้วยอัตราเร็วคงที่และในการเร่งรถยนต์ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยางรถยนต์ 367-2532) การลด

น้ำหนักของรถยนต์จะนำไปสู่การลดขนาดของเครื่องยนต์ ห้องเกียร์ ระบบกันสะเทือน และชิ้นส่วนอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักรถยนต์ระหว่างรถเปล่ากับรถที่มีภาระบรรทุกเต็มนั้นต่างกันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับรถยนต์ขนาดเล็ก เทคโนโลยีสมัยใหม่ช่วยให้เราสามารถใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาได้ ประกอบกับการออกแบบ ในปัจจุบันได้ใช้เทคโนโลยีด้านแคด (Computer Aided Design, CAD) และแคม (Computer Aided Manufacturing, CAM) เข้าช่วยอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ด้านเอฟอีเอ็ม (Finite Element Modeling, FEM) ของตัวรถยนต์และชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งนำไปสู่การลดน้ำหนักรถยนต์ลงได้มาก โดยการคำนวณหาแรงต้านการหมุนของยางล้อรถยนต์ และการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านการหมุนของยางล้อรถยนต์ แสดงดังสมการที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ

$$F_r = \frac{T_t}{R} - F_{pl}$$

(2.4)

- เมื่อ F_r คือ แรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ (N)
 T_t คือ แรงบิดเพลลาของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลลาเดี่ยว (N.m)
 ภายใต้สภาวะรับน้ำหนักบรรทุก
 R คือ รัศมีของยางล้อรถยนต์ ภายใต้สภาวะรับน้ำหนักบรรทุก (m)

$$C_r = \frac{F_r}{L_m}$$

(2.5)

- เมื่อ C_r คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านการหมุนของยางล้อรถยนต์ (N/kN)
 L_m คือ แรงลงล้อรถยนต์ (kN)

บทที่ 3

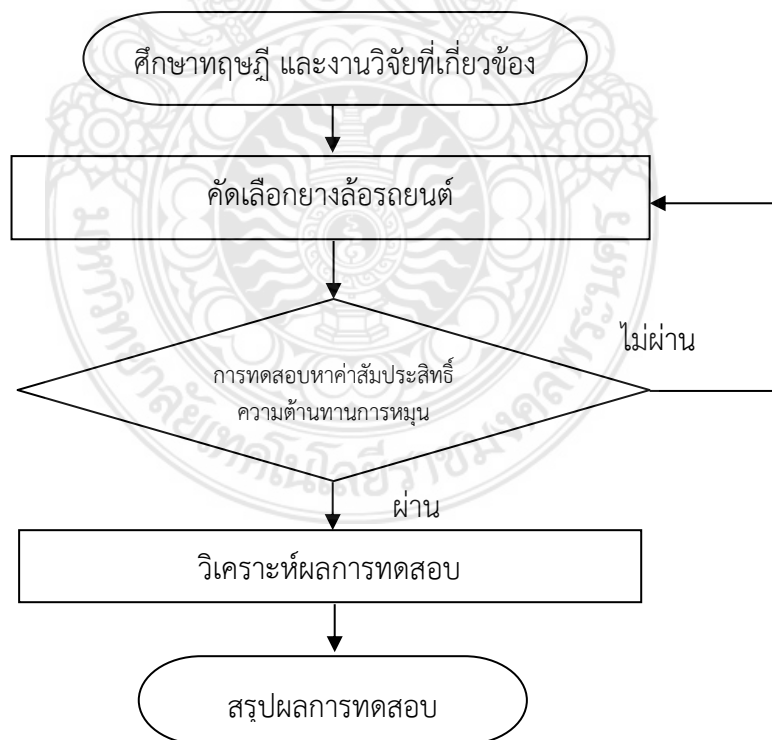
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์งานวิจัยในครั้งนี้ จำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลต่างๆ และ ออกแบบการทดสอบ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2) คัดเลือกยางล้อรถยนต์
- 3) การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์
- 4) วิเคราะห์ผลการทดสอบ
- 5) ทดสอบการเบรก
- 6) สรุปผลงานวิจัย

จากขั้นตอนการดำเนินงานดังกล่าวสามารถแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 0.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 การสอบเทียบเครื่องทดสอบ

การสอบเทียบเครื่องทดสอบเป็นขั้นตอนสำคัญที่ต้องดำเนินการก่อนการเข้ารับการตรวจเพื่อขอรับรองความสามารถของเครื่องทดสอบตามมาตรฐาน UN ECE Regulation No.117 โยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ 1) การสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบ และ 2) การสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบ

3.2.1 การสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบ

การสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบเป็นการสำรวจและรวบรวมเครื่องมือวัดต่างๆ ทั้งที่ติดตั้งบนเครื่องทดสอบและเครื่องมือวัดที่มีความจำเป็นต้องใช้งานควบคู่ระหว่างการทดสอบ เครื่องมือวัดเหล่านี้สามารถถอดเคลื่อนย้ายได้ และถูกนำไปสอบเทียบยังห้องปฏิบัติการของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการที่ได้รับมาตรฐาน ISO 17025 โดยมีรายการรายการสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 0.1 รายการสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบ

ลำดับ	รายการ	ผู้ดำเนินการ
1	Pressure sensor	NIMT
2	Load cell 1 Ton	NIMT
3	Load cell 5 Ton	NIMT
4	Torque transducer	NIMT
5	Displace	NIMT
6	Temperature Sensors	NIMT
7	Pressure gauge*	NIMT
8	Mobile Tacho Meter*	NIMT
9	Watt meter*	NIMT
10	Dial gage*	NIMT
11	Surface roughness specimen*	NIMT

3.2.2 การสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบ

การสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบเป็นขั้นตอนการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของเครื่องจักรเชิงโครงสร้าง ซึ่งถูกกำหนดไว้ในมาตรฐาน UN ECE Regulation No.117 ขั้นตอนการตรวจสอบดังกล่าวจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดเฉพาะด้านที่มีความละเอียดสูงและผ่านการสอบเทียบจากห้องปฏิบัติการที่ได้รับมาตรฐาน ISO 17025 เช่นกัน โดยรายการสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบถูกแสดงในตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.1 ถึง 3.5

ตารางที่ 0.2 รายการสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบ

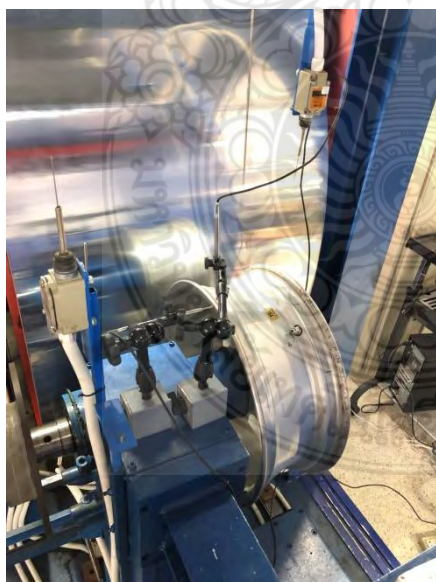
ลำดับ	รายการ	ผู้ดำเนินการ
1	Run-out of Test Rims	NIMT
2	Camber angle	NIMT
3	Slip angle	NIMT
4	Surface roughness	NIMT
5	Speed output (rpm)	NIMT
6	Load application ระหว่าง Drum / tyre alignment	NIMT
7	Drum Diameter	NIMT
8	Pre-Assessment for compliance with R117 requirements	TUV
9	Final Assessment for compliance with R117 requirements (on-site)	TUV

หมายเหตุ:*เป็นเครื่องมือภายนอกที่ใช้สำหรับทวนสอบความแม่นยำเครื่องทดสอบ โดยไม่ได้ประกอบเข้ากับตัวเครื่องทดสอบ

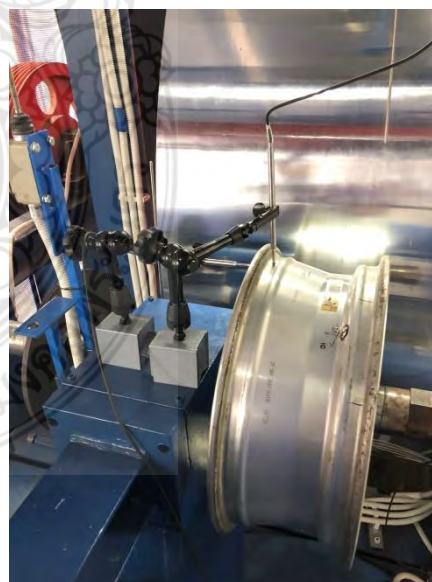
**ต้องรอ NIMT ทำการสอบเทียบให้แล้วเสร็จก่อน ถึงจะกำหนดวันสอบเทียบกับ TUV ได้

National Institute Metrology of Thailand (NIMT), TUV Rheinland Thailand Limited (TUV)

ใบรับรองการสอบเทียบแสดงในภาคผนวก ฉ



ก) Lateral run-out



ข) Vertical run-out

รูปที่ 0.2 การตรวจค่า Run-out of Test Rims



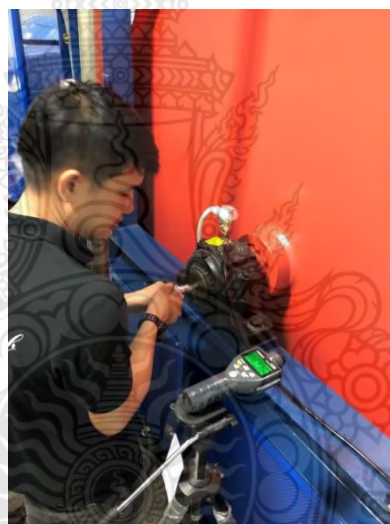
รูปที่ 0.3 การตรวจวัดขนาดมุมล้อ Camber angle



รูปที่ 0.4 การตรวจวัดขนาดขนาดมุมล้อ Slip angle



รูปที่ 0.5 การตรวจวัดขนาดวงล้อ (Drum)



รูปที่ 0.6 การตรวจวัดมาตรฐานวัดความเร็ว (Speed output)

3.3 การจัดหายางรถยนต์ทดสอบ

การเตรียมยางล้อที่ใช้ในการทดสอบสามารถทำได้โดยการตรวจวัดความดันลมยางรถยนต์ให้ได้ 250 kPa ดังรูปที่ 3.6 หลังจากนั้นทำการติดตั้งยางล้อรถยนต์เข้ากับดุมที่เครื่องทดสอบ โดยเลือกขนาดแรงกดตามที่ผู้ผลิตกำหนดและระบุไว้ที่แก้มยาง โดยยางล้อที่นำมาทดสอบในงานวิจัยนี้มีจำนวน 4 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 0.3 ตัวอย่างยางล้อรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

ตัวอย่างที่	ขนาดยางล้อรถยนต์	ประเภทยาง
1	205/55 ZR R16 94Y XL	C1
2		
3	205/70 R15C 8PR	C2
4		



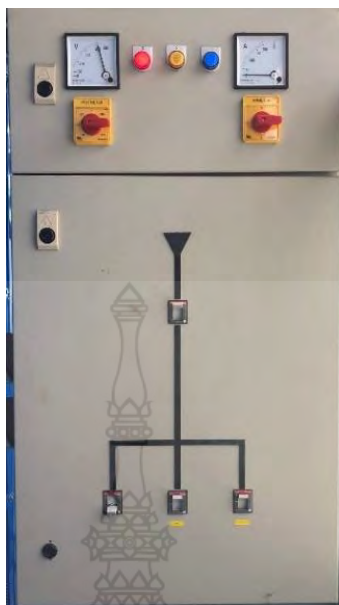
รูปที่ 0.7 การตรวจวัดความดันลมยางล้อรถยนต์

3.4 ขั้นตอนการใช้เครื่องทดสอบ

3.4.1 ขั้นตอนการเปิดใช้เครื่องทดสอบ

การเปิดเครื่องทดสอบจะต้องทำตามลำดับอย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องทดสอบ ดังนี้

- 1) ทำการเปิดสวิตช์เครื่องทดสอบ ดังรูปที่ 3.8 โดยเปิดสวิตช์หลัก แล้วตามด้วยสวิตช์ YSD และ PLC



รูปที่ 0.8 กะล่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าหลักของเครื่องทดสอบ

- 2) เมื่อทำการเปิดสวิตช์จะมีไฟขึ้นแสดงผลที่กะล่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้า
- 3) เปิดสวิตช์มอเตอร์ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 0.9 กะล่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้า

- 4) ตรวจสอบไฟแสดงผลหน้าตู้กะล่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าว่าปกติหรือไม่
- 3.5.2 การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทาน

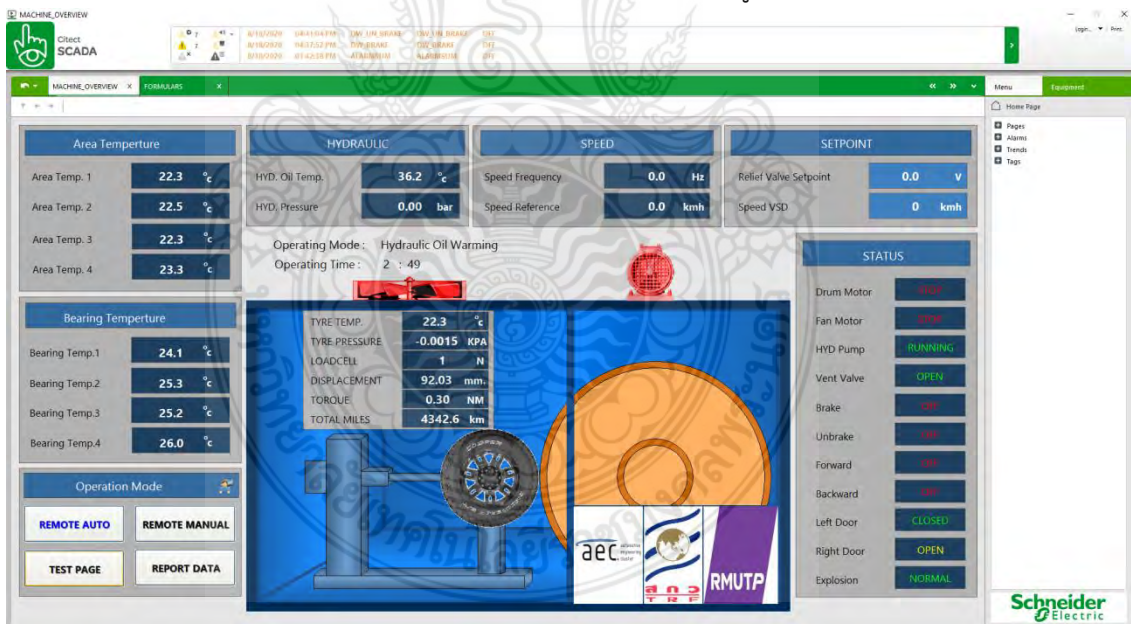
การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานในการทดลองยางรถจักรยานยนต์ครั้งนี้ให้จะทดสอบแบบอัตโนมัติ แบบ C1 เพื่อใช้แรกกวด 80% ของน้ำหนักบรรทุกสูงสุด มีขั้นตอนดังนี้

- 1) เปิดคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 0.10 คอมพิวเตอร์ใช้ในการทดสอบ

- 2) ทำการเสียบใบอนุญาตอิเล็กทรอนิกส์ โดยเสียบไปที่ช่อง USB type-A ช่องใดก็ได้
- 3) เปิดโปรแกรม RMUTP TIRE TEST PROGRAM ดังรูปที่ 3.11



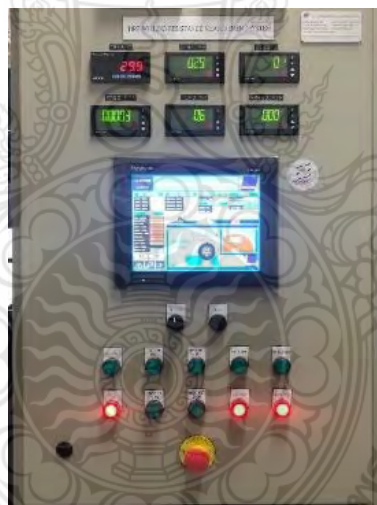
รูปที่ 0.11 โปรแกรม RMUTP TIRE TEST PROGRAM

- 4) ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับระยะ ที่ชุดกดไฮดรอลิกดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 0.12 อุปกรณ์ตรวจจับระยะกวด

5) ปรับโหมดการใช้งานที่กล่องควบคุมหลักของเครื่องทดสอบดังรูปที่ 3.13 ไปที่ตำแหน่ง A (auto) จากนั้นกดไปที่ ROMOTE AUTO ที่โปรแกรมทดสอบในคอมพิวเตอร์



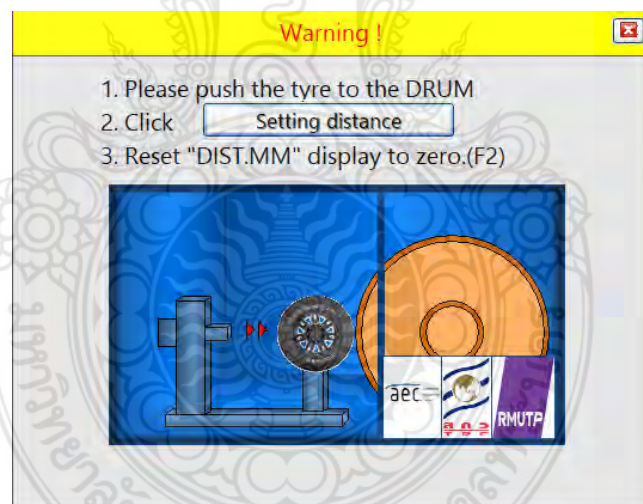
รูปที่ 0.13 กล่องควบคุมหลักของเครื่องทดสอบ

6) เมื่อมีหน้าต่าง Warning ดังรูปที่ 3.14 ปรากฏขึ้นมาให้เลื่อนล้อทดลองจนอุปกรณ์วัดแรงกดสัมผัสกับก้านลูกสูบชุดกดไฮดรอลิก จากนั้นกด F2 ที่ Dist.MM กล่องควบคุมหลักของเครื่องทดสอบ เพื่อปรับตั้งระยะให้เป็นศูนย์ แล้วกด Next



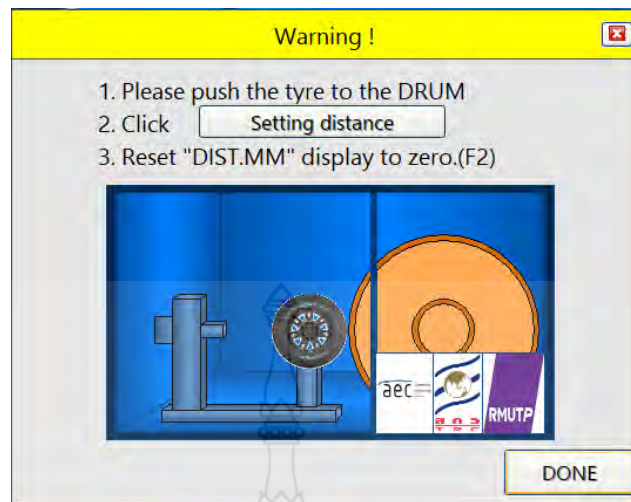
รูปที่ 0.14 หน้าต่าง Warning

7) เมื่อมีหน้าต่าง Warning ปรากฏขึ้นมาอีกครั้ง ให้เลื่อนล้อทดลองไปจนชนกับวงล้อทดสอบ จากนั้นให้กดปุ่ม Setting distance ดังรูป 3.15



รูปที่ 0.15 ปุ่ม Setting distance

8) จากนั้นกด F2 ที่ Dist.MM กล่องควบคุมหลักของเครื่องทดสอบดังรูป 3.15 เพื่อปรับตั้งระยะให้เป็นศูนย์อีกครั้ง แล้วกดปุ่ม Done ดังรูป 3.16



รูปที่ 0.16 ปุ่ม Done

9) เมื่อมีหน้าต่าง Test report and test data ดังรูปที่ 3.17 ปรากฏขึ้นมาให้ใส่ข้อมูลต่าง ๆ ของยางเพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูลแล้วกดปุ่ม Done

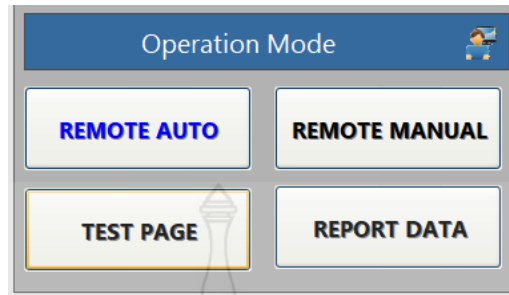
Warning!

Test report and Test data (Rolling resistance)

- Type Approval authority or Technical Service:
- Name and address of applicant:
- Test report No:
- Manufacturer and brand name or trade description:
- Tyre class (C1, C2 or C3):
- Category of use:
- Comments (if any):
- Tyre size designation and service description:
- Tyre brand and trade description:
- Reference inflation pressure :
- Test rim width and material :
- Signature :

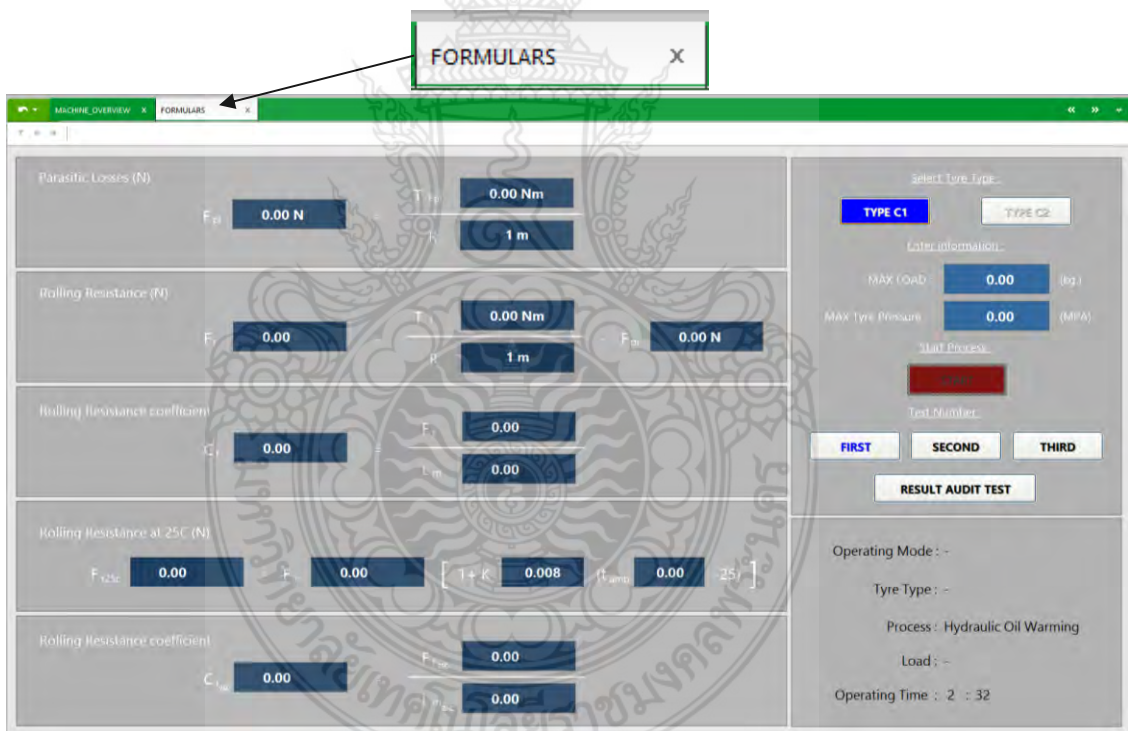
รูปที่ 0.17 หน้าต่าง Test report and test data

10) กดไปที่ Test page ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 0.18 Operation

11) เมื่อมีหน้าต่าง Formula ดังรูปที่ 3.19 ปรากฏขึ้นมา ให้เลือก TYPE C1



รูปที่ 0.19 หน้าต่าง Formula

12) กดไปที่ช่อง MAX LOAD ดังรูปที่ 3.20 จากนั้นใส่น้ำหนักลงไป เครื่องจะกดที่ 80% ของน้ำหนักที่ใส่ไปกดไปที่ FIRST และกด START เพื่อเริ่มกระบวนการ

Select Tyre Type :

TYPE C1 TYPE C2

Enter information :

MAX LOAD : **160.00** (kg.)

MAX Tyre Pressure : **0.00** (MPA)

Start Process :

START

Test Number :

FIRST **SECOND** **THIRD**

RESULT AUDIT TEST

รูปที่ 0.20 ช่องน้ำหนัก MAX LOAD

13) เครื่องจะทำการอุ่นน้ำมันไฮดรอลิก จากนั้นเครื่องก็จะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติ จะต้องไม่มีการหยุดของเครื่องทดสอบ ตลอดกระบวนการทดสอบ



บทที่ 4

ผลการทดสอบ

การทดสอบถูกแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ 1) การสอบเทียบเครื่องมือและโครงสร้าง 2) ผลการทดสอบแรงต้านการหมุนของยางล้อ โดยมีผลการทดสอบดังต่อไปนี้

4.1 ผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบและโครงสร้างทดสอบ

สำหรับขั้นตอนการสอบเทียบถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบ และการสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบ โดยมีผลดังตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบ

No.	Items/Descriptions	Standard tolerances	Calibration results	Verified by	Reference/Remark
1	Tire load	± 10 N or ± 0.5 %	Max. ± 1 N	NIMT	Cert. No. MFT-0182-18
2	Inflation pressure	± 1 kPa	Max. +0.6 kPa	NIMT	Cert. No. MP-0102-18
3	Torque input	± 0.5 Nm or +0.5 %	+0.14 %@ Full scale	NIMT	Cert. No. MFT-0233-18
4	Distance	± 1 mm	Max. +1 mm	NIMT	Cert. No. MH-0595-18
5	Temperature	± 0.2 °C	Calibration result in resistance	NIMT	Cert. No. TT-0070-18
6	Surface speed	± 0.1 km/h	-0.014 km/h +0.020 km/h	NIMT	Cert. No. MFT-0133-19

ตารางที่ 4.2 ผลสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบ

No.	Items/Descriptions	Standard tolerances	Calibration results	Verified by	Reference/Remark
1	Run-out of test rims	Radial 0.50 mm Lateral 0.50 mm	Radial 0.197 mm Lateral 0.393 mm	NIMT	Cert. No. MFT-0128-19
2	Load application between drum / tyre alignment (Torque method)	5 mrad	Max. 0.034° ≈ 0.593 mrad	NIMT	Cert. No. MFT-0129-19
3	Camber angle	2 mrad	0.099° ≈ 1.727 mrad	NIMT	Cert. No. MFT-0130-19
4	Slip angle	1 mrad	0.03° ≈ 0.523 mrad	NIMT	Cert. No. MFT-0131-19
5	Surface roughness	6.3 μm	0.18 μm	Validated by Department instrument	Standard surface specimen(attached doc.)
6	Drum diameter	2 m	2000.00 mm ≈ 2 m	NIMT	Cert. No. MFT-0132-19

4.2 ผลการทดสอบ

การทดสอบได้กำหนดตัวอย่างยางล้อรถยนต์ 2 ขนาด คือ 205/55 ZR R16 94Y XL และ 205/70 R15C 8PR จำนวนอย่างละ 2 ตัวอย่าง จากการสุ่มตัวอย่างยางล้อที่ผลิตขึ้นใหม่จำนวน 4 เส้น จากยางทั้ง 2 ประเภท คือ ยางรถโดยสาร (Class C1) และยางรถบรรทุกขนาดเล็ก (Class C2) การทดสอบแรงต้านทานการหมุนของยางล้อตามมาตรฐานสากล UN ECE Regulation No.117 พบว่ายางรถโดยสาร (Class C1) มีแรงต้านทานการหมุนอยู่ระหว่าง 8.84 ถึง 9.59 N/kN ซึ่งมีความแตกต่างของผลการทดสอบไม่เกินร้อยละ 6 ในขณะที่ยางรถบรรทุกขนาดเล็ก (Class C2) มีแรงต้านทานการหมุนอยู่ระหว่าง 8.83 ถึง 9.13 N/kN ซึ่งมีความแตกต่างของผลการทดสอบไม่เกินร้อยละ 3 ดังตารางที่ 4.1

นอกจากนี้ ผลการทดสอบแรงต้านทานการหมุนของยางล้อของรถโดยสาร (Class C1) โดยเฉลี่ยมีค่ามากกว่าแรงต้านทานการหมุนของยางล้อของยางรถบรรทุกขนาดเล็ก (Class C2) ซึ่งสอดคล้องกับหลักการออกแบบของยางล้อของรถโดยสารที่ต้องการสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่มากกว่าเพื่อการทรงตัวและยึดเกาะถนน ในขณะที่ยางรถบรรทุกขนาดเล็กมีหลักการออกแบบที่ต้องการลดแรง

ต้านทานการหมุนให้มากที่สุด เนื่องจากต้องรับภาระการบรรทุกที่มากกว่าเมื่อเทียบกับรถยนต์โดยสาร

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์

ขนาดยางล้อรถ	ประเภท	ตัวอย่างที่	แรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์, (N/kN)		ความแตกต่าง, %
			ระบบแรง	ระบบแรงบิด	
205/55 ZR R16 94Y XL	C1	1	8.98	8.84	2
205/55 ZR R16 94Y XL	C1	2	8.99	9.59	6
205/70 R15C 8PR	C2	3	8.77	8.83	1
205/70 R15C 8PR	C2	4	8.85	9.13	3



บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

บทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลดำเนินงาน การทดสอบ จากการกำหนดปัญหาของงานวิจัย ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงระดับผลสำเร็จของการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสามารถของเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อ ตามมาตรฐาน UN ECE Regulation No. 117 Annex 6 โดยได้รับคำแนะนำและทำการรับรองจาก บริษัท TUV Rheinland Thailand Ltd ซึ่งเป็นตัวแทน TÜV , Germany approval organization ในประเทศไทยซึ่งมีอำนาจการรับรองและอยู่ในเครือข่ายประเทศกลุ่มสมาชิก UN

จากการสุ่มตัวอย่างยางล้อที่ผลิตขึ้นใหม่จำนวน 4 เส้น จากยางทั้ง 2 ประเภท คือ ยางรถโดยสาร (Class C1) และยางรถบรรทุกขนาดเล็ก (Class C2) การทดสอบแรงต้านการหมุนของยางล้อตามมาตรฐานสากล UN ECE Regulation No.117 ถูกนำมาใช้เป็นกระบวนการวิจัยที่สำคัญ และแสดงให้เห็นว่าแรงต้านทานการหมุนของยางล้อเส้นเดียวกันที่ได้จากการทดสอบระหว่างเครื่องทดสอบทั้ง 2 แบบมีความแตกต่างกันสูงสุดไม่เกินร้อยละ 6 ซึ่งผลการทดสอบจากเครื่องทดสอบที่ใช้การคำนวณระบบแรงบิดใช้หลักการคำนวณจากค่าการวัดโดยตรงส่งผลมีความน่าเชื่อถือสูง และเหมาะกับการทดสอบเชิงวิจัย อย่างไรก็ตาม เครื่องทดสอบที่ใช้การคำนวณระบบแรงจะสามารถทำการทดสอบยางล้อมากกว่าหนึ่งเส้นพร้อมกันได้ ซึ่งเหมาะกับการทำงานในระบบอุตสาหกรรมที่มีเวลาจำกัด

นอกจากนี้ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นชัดเจนว่ายางล้อรถบรรทุกขนาดเล็ก (Class C1) มีความต้านทานการหมุนมากกว่ายางล้อรถโดยสาร (Class C2) ซึ่งสอดคล้องกับหลักการออกแบบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อในปัจจุบัน

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

- 1.) มหาวิทยาลัยฯ ขาดแคลนเครื่องมือวัดความละเอียดสูง ซึ่งส่งผลกระทบต่อขีดความสามารถในการตรวจสอบคุณภาพงานที่ได้ปฏิบัติระหว่างการดำเนินงานวิจัย จึงมีความจำเป็นต้องมีการสอบเทียบจากหน่วยงานภายในหลายครั้ง และส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการดำเนินโครงการ
- 2.) ขั้นตอนการสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบและอุปกรณ์ส่วนควบจำเป็นต้องใช้เวลานาน และเป็นปัจจัยภายนอกของโครงการวิจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการดำเนินงาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

- 1.) ควรมีการจัดหาเครื่องมือวัดความละเอียดสูงประจำห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยฯ ตามลำดับความจำเป็นสำหรับการตรวจสอบคุณภาพงาน และการทวนสอบโครงสร้างเครื่องทดสอบและอุปกรณ์ส่วนควบ ตามรายการที่ได้รับการรับรองจากหน่วยงานภายนอกภายในกรอบเวลาที่ได้รับการรับรอง
- 2.) ควรมีการวางแผนระยะเวลาการดำเนินงาน ให้มีดำเนินงานล่วงหน้าเพิ่มมากขึ้นและดำเนินงานแบบคู่ขนานในส่วนกิจกรรมที่สามารถปฏิบัติได้
- 3.) ควรมีการขยายขอบเขตการรับรองความสามารถการทดสอบของเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อในเชิงมิติและขนาด เนื่องจากปัจจุบันเครื่องทดสอบดังกล่าวได้รับการรับรองความสามารถทดสอบยางล้อได้เพียงขนาดเดียว ซึ่งเป็นขนาดต้นแบบที่ใช้ขอรับการสอบเทียบและรับรอง ทั้งที่สามารถทดสอบยางล้อได้หลายขนาด ในขณะที่มียางล้ออีกหลายขนาดที่ถูกผลิตและใช้งานในปัจจุบัน ดังนั้นการขยายขอบเขตการรับรองความสามารถการทดสอบของเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อจะเป็นแนวทางในการนำผลงานวิจัยดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมได้อย่างเต็มขีดความสามารถ



บรรณานุกรม

- ธีระยุทธ สุวรรณประทีป. 2552. วิศวกรรมยานยนต์. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ:วิทยาพัฒน์ ..
พฤศจิกายน, 2552
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2532. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยางรถยนต์ 367-2532 เล่ม
1-2. ตุลาคม 2557.
- M Triches Jr, S N Y Gerges, and R Jordan “Reduction of squeal noise from disc brake
systems using constrained layer damping ”, Journal of the Brazilian Society
of Mechanical Sciences and Engineering,(2004), pp. 3-4.
- Joshua M. Pearce and Jason T. Hanlon, Energy conservation from systematic tire
pressure regulation, Clarion University of Pennsylvania, Vol. 35, pp. 2673 -
2677, 2007
- A.K. Elwaleed, A. Yahya, M. Zohadie, D. Ahmad, and A.F. Kheiralla, Effect of inflation
pressure on motion resistance ratio of a high-lug agricultural tyre,
Department of Biological and Agricultural Engineering. Faculty of Engineering,
University Putra Malaysia, Vol. 43, pp. 69-84, 2006
- C. Halfmann, M. Ayoub, and H. Hoizmann, SUPERVISION OF VEHICLES' TYRE PRESSURES
BY MEASUREMENT OF BODY ACCELERATIONS, Institute of Automatic Control.
Darmstadt University of Technology. Laboratory for Control Engineering and
Process, Vol. 5, pp. 1151-1159, 1997
- J.E. Purkyne, Thrust and slip of a low-pressure tire on compressible ground by the
compression-sliding approach. Faculty of Production Technologies and
Management University, Vol. 47, pp. 249-259, 2010
- [http://www.transport.michelin.co.th/Home/New-Retreaded-Tyres/Tyre Basics/Bias-
Radial/](http://www.transport.michelin.co.th/Home/New-Retreaded-Tyres/Tyre_Basics/Bias-Radial/). [Online]. พฤศจิกายน 2557.

SAE : J2521, Disc brake dynamometer squeal noise matrix.

Shin K., Brennan M.J., Oh J. E., and Harris C.J. (2002). Analysis of disk brake noise using a two-degree-of-freedom model. *Journal of Sound and Vibration*. 254. pp. 837–848

Triches M., Gerges Jr. S. N. Y. and Jordan R. (2004). Reduction of squeal noise from disc brake systems using constrained layer damping. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*. 26. pp. 476-498.

Wallaschek J., Hach K. H. and Mody P. (1999). A survey of the present state of friction in the analytical and numerical investigation of brake noise generation. *Proceedings of the ASME Vibration Conference*. pp.12-15.

Zhen H., Cai C. and Tan. X. M. (2004). Optimization of partial constrained layer damping treatment for vibrational energy minimization of vibrating beams. *Computers and Structures*. 82. pp. 2493-2507.





ไม่มีเนื้อหาจากต้นฉบับ

ประวัติผู้วิจัย



หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายศุภชัย หลักคำ
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Supachai Lakkam
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 1201 0178X XX X
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)
4. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์:02-8363000 ต่อ 4138
โทรสาร:02-8363000 ต่อ 4138
E-mail: bus_supachai@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาเอก	Ph.D.	Mechanical Engineering	The SirindhornInternational Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS) มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2560	ไทย
ปริญญาโท	M.Sc.	Automotive Engineering	The SirindhornInternational Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS) มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2552	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล เกียรตินิยมอันดับ) (สอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2549	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ ระบุสาขาวิชาการ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา)
- เทคนิคการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computation and Simulation Techniques)

- เทคโนโลยีและการจัดการด้านพลังงาน (Energy Technology and Management)
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย
- 7.1 ผู้อำนวยการงานวิจัย : -
- 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : -
- เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความเสียดทาน
 - การศึกษาปัจจัยการออกแบบท่อพักไอเสียเพื่อลดเสียงรบกวนและรักษาสมรรถนะของเครื่องยนต์

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1. ผลกระทบและประสิทธิภาพผ้าเบรกเชิงเสียดทาน และสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	พ.ศ.2552	Industry Subcontracting Exhibition of Thailand 2009	บริษัท คอมแพ็คอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด (1994)	นักวิจัย
2. Investigation of Brake Noise Parameters Using Single Dynamometer	Apr.2009	The 5 th International Conference on Automotive Engineering ICAE-5	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	นักวิจัย/ ผู้นำเสนอ
3. Econo Power Car	Jun.2010	The 2 nd RMUTP International Conference : Green Technology and Productivity	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย/ ผู้นำเสนอ
4. Analysis of Clutch Materials behaviour : Comparison between Coefficient of Friction Testing and Full Size Testing	Jun.2012	World Academe of Science, Engineering and Technology 66, 2012	EXEDY Friction Material Co. LTD	ผู้ช่วยวิจัย
5. Study and Trend of Development for Electric Railway and Related Industries in Thailand (Phase 2)		รอเผยแพร่	Industrial Technology Assistance Program	ผู้ร่วมวิจัย

6.โครงการศึกษาเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ เพื่อจัดทำร่างกฎกระทรวง เฉพาะด้านประสิทธิภาพ พลังงาน ตาม พ.ร.บ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2550	พ.ศ.2555	RMUTP Research Journal, Vol.6, No.2,	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน	ผู้ร่วมวิจัย
7.Design and Development of Bus structure for single and double deck		รอเผยแพร่	กรมขนส่งทางบก	ผู้ช่วยวิจัย
8.เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความเสียดทาน	พ.ศ.2555	วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ ฉบับที่ 2 22	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ
9.การทดสอบการอัดตัวของวัสดุผสมภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่างๆ	พ.ศ.2556	KKU Research Journal Vol.18, No.2	มทร.พระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
10. การศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน	พ.ศ.2556	วารสารวิจัย มช.	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
11. การศึกษาลักษณะทางกายภาพจานเบรกที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถการเบรก	พ.ศ.2556	วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
12. Study of heat transfer on front- and back-vented brake discs	2013	Songklanakarin J. Sci. Technol. 35(6)	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : -

ผู้ร่วมโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายกุลยศ สุวันทโรจน์
(ภาษาอังกฤษ) Mr.Kullayot Suwantaroj
2. หมายเลขประจำตัวประชาชน 3 8101 0015X XX X
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 7
4. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ10800 พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ.
โทรศัพท์: 02-9132424 ต่อ 138
โทรสาร: 02-9132424 ต่อ 138
E- mail : ellipse_b@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาโท	วศม..	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2546	ไทย
ปริญญาตรี	วศบ..	วิศวกรรมเครื่องกล (เกียรตินิยมอันดับ) (สอง)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2541	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
การเผาไหม้ขยะชุมชน
การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานและอาคาร
การผลิตไบโอดีเซลชุมชน
สิ่งประดิษฐ์ทางการเกษตร

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพ
ในการทำการศึกษาวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละ
ข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :

- การออกแบบงานเบรกเชิงการสะสมความร้อนเพื่อความปลอดภัย

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง

1. ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	2549	การประชุมวิชาการ เครือข่ายวิศวกรรม เครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2	ม. เทคโนโลยี ราชมงคลพระ นคร	ผู้วิจัย
2. เครื่องสับต้นข้าวโพด	2551	การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยรังสิต	ม. เทคโนโลยี ราชมงคลพระ นคร	ผู้วิจัย
3. เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด		รอกการเผยแพร่	สกว	ผู้ร่วม วิจัย
4. เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุ. ความเสียดทาน	2555	วารสารวิชาการพระ จอมเกล้าพระนคร เหนือ ปีที่ 2 ฉบับที่ 22	ม. เทคโนโลยี ราชมงคลพระ นคร	ผู้ร่วม วิจัย
5. การศึกษาลักษณะทาง กายภาพจานเบรกที่ส่งผลกระทบต่อ ความสามารถการเบรก	2556	วารสารวิชาการพระ จอมเกล้าพระนคร เหนือ ปีที่ 23 ฉบับที่ 2	ม. เทคโนโลยี ราชมงคลพระ นคร	หัวหน้า โครงการ
6. Study of heat transfer on front- and back-vented brake discs	2013	Songklanakarín J. Sci. Technol. 35(6)	ม. เทคโนโลยี ราชมงคลพระ นคร	ผู้ร่วม วิจัย

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ :-

