

การออกแบบระบบและการจัดการการใช้แบตเตอรี่ร่วมกันของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า
เพื่อการขนส่งสาธารณะในกรุงเทพฯ

พงษ์เดช เตชนที

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรม

สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2557

DESIGN OF A BATTERY SHARING SYSTEM AND MANAGEMENT
OF ELECTRIC TWO-WHEELERS FOR BANGKOK PUBLIC TRANSPORTATION

Pongdej Dejnattee

TNI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Technology Program in Engineering

Faculty of Engineering

Thai - Nichi Institute of Technology

Academic Year 2014

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การออกแบบระบบและการจัดการการใช้แบตเตอรี่
ร่วมกันของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการขนส่ง
สาธารณะในกรุงเทพฯ

โดย

พงษ์เดช เดชนที

สาขาวิชา

เทคโนโลยีวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพล ลิ้มจิระจรัส

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. จารุวัตร เจริญสุข)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินตวัฒน์ ไชยชนวงค์)

.....กรรมการ

(ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพล ลิ้มจิระจรัส)

พงษ์เดช เดชนที : การออกแบบระบบและการจัดการการใช้แบตเตอรี่ร่วมกันของ
รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า เพื่อการขนส่งสาธารณะในกรุงเทพฯ. อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพล ลิ้มจิระจรัส, 56 หน้า.

วิกฤตการณ์ทางด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงานในปัจจุบันถือเป็นตัวขับเคลื่อนสำคัญที่
กระตุ้นให้คนหันมาสนใจที่จะใช้พลังงานสะอาดและมีประสิทธิภาพเพื่อการขนส่งสาธารณะ
รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าน่าจะเป็นทางเลือกที่น่าสนใจแต่ก็ต้องมาประสบกับปัญหาในเรื่องของ
ระยะเวลาในการประจุแบตเตอรี่ที่ค่อนข้างยาวนาน โดยระยะเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่แบบ
ตะกั่วกรดปัจจุบันอยู่ที่ 6-8 ชั่วโมง ทำให้เกิดเป็นข้อจำกัดต่อผู้ใช้งาน และด้วยสาเหตุนี้เอง อาจเป็น
ปัจจัยที่ทำให้การใช้รถจักรยานยนต์เพื่อการขนส่งสาธารณะหรือวินมอเตอร์ไซด์ไม่เป็นที่นิยม

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบเกณฑ์ปัจจัยพื้นฐานที่มีจะต้อง
สามารถตอบสนองต่อการใช้งานจริงได้ของผู้ขับขี่จักรยานยนต์เพื่อการขนส่งสาธารณะว่ามีความ
เป็นไปได้เพียงใดที่จะเปลี่ยนมาใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเป็นรถขนส่งสาธารณะทั้งในด้านเทคนิค และ
ความคุ้มค่าต่อการลงทุน

การทำแบบสอบถามมุ่งความสนใจไปที่รถจักรยานยนต์รับจ้างสาธารณะที่มีจำนวน
รถจักรยานยนต์ให้บริการต่อวันที่ 10-20 คัน ทั่วกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยทำการเก็บข้อมูล
แบบสอบถามจำนวน 400 ตัวอย่าง ซึ่งผลจากการเก็บข้อมูลแบบสอบถามนี้เองที่ใช้เป็นข้อมูลในการ
ออกแบบการจำลองสถานีประจุแบตเตอรี่ และการเข้ามาใช้บริการของผู้โดยสารในโปรแกรม ARENA
SIMULATION ซึ่งจะให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้งานของแบบจำลองที่สร้างในโปรแกรม ARENA
ว่าจะตอบสนองต่อความต้องการการให้บริการได้ดีเทียบเท่ารถจักรยานยนต์รับจ้างแบบเดิมได้หรือไม่
และมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่

PONGDEJ DEJNATEE : DESIGN OF A BATTERY SHARING SYSTEM AND MANAGEMENT OF ELECTRIC TWO-WHEELERS FOR BANGKOK PUBLIC TRANSPORTATION. ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR DR. NUTTAPOL LIMJEERAJARUS, 56 PP.

Current energy and environmental crisis have driven the urge of clean and efficient power sources for public transportations. However, the issue of the long charging time of the current lead-acid battery (6-8 hours) inhibits the promotion of the use of electric motorcycles as a public transportation, which is so-called motorcycle taxi. This study aims to investigate the criteria that need to be satisfied in order to make the use of electric motorcycle taxi (E-Moto-taxi) technically and economically feasible. The survey was conducted at motorcycle taxi terminals having a size of 10-20 motorcycle taxi around Bangkok Metropolitan at which a total of 400 samples was collected. The surveyed criteria were then used to design a model on ARENA software demonstrating how an E-Moto-taxi should be efficiently operated under the limited time and monetary consumption.

Graduate School
Field of Engineering of Technology
Academic Year 2014

Student's Signature
Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง การออกแบบระบบและการจัดการการใช้แบตเตอรี่ร่วมกันของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการขนส่งสาธารณะในกรุงเทพฯ นี้ กระทำสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อันเนื่องมาจากความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพล ลิ้มจิระจรัส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์กรุณาสละเวลาอันมีค่าของท่านมาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาแนวทางการทำงานวิจัย รวมถึงแนะนำการเสนอผลงานทางวิชาการที่งาน JCREN 2014

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จารุวัตร เจริญสุข ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นประธานคณะกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นราธิป แสงชัย ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ให้คำปรึกษาแนะนำการใช้โปรแกรม Arena Simulation สำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวดี วงษ์สุวรรณ ผู้อำนวยการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม (M.ET.)

ขอขอบคุณ ดร. กรกฎ เหมสถาปัติย์ ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ช่วยเป็นที่ปรึกษา และตรวจสอบแบบสอบถามที่ใช้ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จได้เป็นอย่างดี

และท้ายที่สุดขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ที่ให้โอกาสในการศึกษาและขอบคุณอาจารย์เพื่อนๆ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ทั้งผู้ที่กล่าวนามและไม่ได้กล่าวนามใน ณ ที่นี้ ผู้เขียนมีความซาบซึ้งในความกรุณาอันดีจากทุกท่านและขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

พงษ์เดช เดชนที

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำงานวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการทำงานวิจัย.....	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 แบตเตอรี่ตะกั่วกรด.....	4
2.2 การประจุแบตเตอรี่.....	9
2.3 รูปแบบการประจุแบบยึดตามกระแสที่จ่ายให้กับแบตเตอรี่.....	11
2.4 การสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม ARENA.....	14
2.5 การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม.....	16
2.6 ทบทวนวรรณกรรม.....	16
3 วิธีการดำเนินงาน.....	19
3.1 การประมวลผลแบบสอบถาม.....	21
3.2 การสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม ARENA.....	22
3.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ.....	28

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	31
	4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถาม.....	31
	4.2 ผลที่ได้จากการทำแบบจำลอง.....	38
	4.3 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน.....	41
5	บทสรุป.....	44
	บรรณานุกรม.....	45
	ภาคผนวก.....	48
	ภาคผนวก ก. แบบสอบถามปัจจัยที่มีผลต่อการวางระบบการใช้แบตเตอรี่ ร่วมกัน สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการขนส่งสาธารณะ.....	49
	ประวัติย่อผู้วิจัย.....	56

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 เปรียบเทียบการประจุแต่ละแบบ.....	14
3.1 สรุป Condition and Input.....	27
3.2 โครงสร้างต้นทุน.....	29
3.3 สรุปสำหรับต้นทุนในแต่ละแบบจำลองแยกเป็นส่วนของผู้ขับเคลื่อนกับสถานีประจุไฟฟ้า....	30
4.1 ผลการจำลองการให้บริการของสถานีบริการทั้ง 4 แบบ.....	39
4.2 ผลการทดสอบความเพียงพอของการทำซ้ำ (Number of Replications).....	40
4.3 การคิดต้นทุน ประมาณการรายรับและช่วงเวลาคืนทุนของแบบจำลองทั้ง 4 แบบ.....	41
4.4 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนเปรียบเทียบระหว่างรถจักรยานยนต์น้ำมันกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า.....	42
ก-1 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน เปรียบเทียบระหว่างรถจักรยานยนต์น้ำมันกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า.....	54
ก-2 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน เปรียบเทียบระหว่างรถจักรยานยนต์น้ำมันกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (กรณีที่มีการประมาณการณค่าใช้จ่ายสูงสุด).....	55

TNI

TAHITI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 การต่อวงจรแบบอนุกรม.....	10
2.2 การต่อวงจรแบบขนาน.....	10
2.3 การต่อวงจรแบบผสม.....	11
2.4 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมสำหรับการประจุแบบช้า.....	12
2.5 การต่อแบตเตอรี่แบบขนานสำหรับการประจุแบบเร็ว.....	13
3.1 ผังภาพกระบวนการทำการวิจัย.....	20
3.2 ตัวอย่างการ Create Bike.....	23
3.3 ตัวอย่างการ Create Bat.....	24
3.4 ตัวอย่างการกำหนดค่า Set_Charger สำหรับการทำชุดประจุไฟฟ้า.....	24
3.5 ตัวอย่างการกำหนดค่า Assign สำหรับความเร็วของรถจักรยานยนต์.....	25
3.6 ตัวอย่างการกำหนดค่า Assign สำหรับความจุแบตเตอรี่เริ่มต้น.....	26
3.7 ตัวอย่างการ Create Person.....	26
3.8 ตัวอย่างการกำหนดค่า Schedule ให้กับ Person.....	27
3.9 สถานะแบบจำลองแบบเสมือนจริง.....	28
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามข้อมูลทั่วไป.....	31
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระยะทางที่ขับขี่ต่อวัน.....	32
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเวลาระหว่างรอการขับในแต่ละรอบ.....	33
4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนรอบที่ขับขี่ต่อวัน.....	34
4.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถานที่ทำงาน (วินมอเตอร์ไซด์) มีปลั๊กให้ใช้สำหรับเสียบไฟฟ้าหรือไม่.....	34
4.6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการเติมน้ำมันต่อวัน.....	35
4.7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะเส้นทาง.....	36
4.8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วที่ใช้ในการขับเคลื่อน.....	36
4.9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการสมรรถนะที่จำเป็นต่อการขับขี่รถจักรยานยนต์สาธารณะและการมีระบบการใช้งานแบตเตอรี่ร่วมกัน.....	37
4.10 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นของคนขับต่อจักรยานยนต์ไฟฟ้า.....	37
4.11 ผลการวิเคราะห์ความสำคัญด้านต่างๆ ของระบบการใช้แบตเตอรี่ร่วมกัน.....	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4.12 กราฟเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุนของแบบจำลองแต่ละแบบ.....	43



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัญหาภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน อันเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็น ปัญหาที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจ และเร่งหามาตรการเพื่อควบคุมแต่ในความเป็นจริงการเติบโตของ เศรษฐกิจ และความต้องการใช้พลังงานกลับสวนทางกัน กล่าวคือ มีความต้องการใช้พลังงานใน ปริมาณที่มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามการพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนก็เป็นสิ่งที่ มีความจำเป็นเพื่อมาชดเชยพลังงานที่จะส่งผลโดยตรงต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่าง น้ำมัน และ ก๊าซธรรมชาติ (Hydrocarbon Energy)

นอกจากปัญหาภาวะโลกร้อนที่กำลังเป็นที่สนใจกันอย่างกว้างขวางไปทั่วโลกแล้วปัญหา สำคัญอีกเรื่องหนึ่ง คือ ปัญหาราคาน้ำมันโลกที่สูงขึ้นทุกวัน อันเนื่องมาจากน้ำมันดิบที่ใช้ในการผลิต น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป ไม่สามารถสร้างทดแทนได้ หรือต้องใช้เวลานานในการ ทำให้เกิดขึ้นใหม่อีกครั้ง จากสาเหตุดังกล่าวความต้องการใช้น้ำมันมีมาก แต่น้ำมันที่ค้นพบมีจำกัด ส่งผลต่อระดับราคาน้ำมัน ทำให้ราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยจากข้อมูลล่าสุด คือ ในปี 2557 ประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงานเป็นมูลค่ารวม 1.125 ล้านล้านบาท โดยอันดับ 1 ของการนำเข้า คือ น้ำมันดิบเป็นมูลค่าถึง 927,000 ล้านบาท หรือประมาณร้อยละ 82.4 ของการนำเข้าพลังงานทั้งหมด [1] และหากจะมองในด้านของราคาน้ำมัน โดยหากดูที่ราคาเฉลี่ยน้ำมันเบนซิน 91 เมื่อปี 2548 ราคา ลิตรละ 22.93 บาท/ลิตร ปัจจุบันราคาเฉลี่ย ปี 2555 อยู่ที่ 36.43 บาท/ลิตร [2]

ประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรุงเทพมหานคร จัดว่าเป็นเมืองหลวงที่มีการจราจรติดขัด ติดอันดับต้นๆ ของโลกโดยลักษณะผังเมืองของกรุงเทพฯ ถึงแม้ว่าในปัจจุบัน จะมีระบบขนส่งด้วย รถไฟฟ้าทั้งบนดิน และใต้ดิน แต่เส้นทางเดินรถของรถไฟฟ้าก็ยังไม่ครอบคลุมมากพอ ประกอบกับ กรุงเทพฯ เป็นเมืองที่มีถนนย่อยและซอยเล็กๆ มากมาย การเดินทางในกรุงเทพฯ วิธีการที่สะดวก ที่สุด ในช่วงเวลาเร่งด่วนที่การจราจรติดขัดก็คือ การเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์ และ/หรือ รถจักรยานยนต์รับจ้างสาธารณะ

รถจักรยานยนต์รับจ้างสาธารณะ เป็นการรวมกลุ่มกันของคนที่มีความต้องการในการ ให้บริการรับส่งคน หรือสินค้า ด้วยรถจักรยานยนต์ หรือที่เรียกติดปากกันว่า “วินมอเตอร์ไซด์” ซึ่ง โดยส่วนมาก มักจะให้บริการในการรับส่งคนเข้าในซอย เพื่อเพิ่มความสะดวกรวดเร็วให้กับคนที่พัก อาศัยอยู่ในซอยนั้นๆ หรือมีธุระในซอยนั้นๆ แต่อาจมีการให้บริการให้ไปส่งตามที่ต่างๆ ได้ หรือ รวมถึงการให้บริการในการรับส่งเอกสาร และอาจรวมถึงกลุ่มที่ทำงานส่งพิซซ่า ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้

เป็นบทบาทหน้าที่ของจักรยานยนต์รับจ้างสาธารณะที่มีอยู่มาก กระจายอยู่ในพื้นที่ต่างๆ ทั่วทั้ง กรุงเทพฯ

เกี่ยวกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า จากการสำรวจข้อมูลการจดทะเบียนรถใหม่ประจำปี 2554 มีรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามาขอจดทะเบียนรถใหม่เพียงร้อยละ 0.012 หรือ 245 คัน จาก รถจักรยานยนต์ใหม่ที่มาขอจดทะเบียน ในปี 2554 ทั้งหมด 2,001,244 คัน ปัจจุบันมีรถจักรยานยนต์ สาธารณะที่ขอขึ้นทะเบียน เป็นรถจักรยานยนต์สาธารณะอย่างถูกต้องเพียง 2,832 คัน หรือ ร้อยละ 0.13 แต่เมื่อมองกันที่จำนวนของผู้มีใบขับขี่สาธารณะสำหรับรถจักรยานยนต์แล้ว กลับมีสัดส่วนที่ มากกว่า คือ 87,424 ใบ จากทั้งหมด 1,562,861 ใบ ณ วันที่ 31 มกราคม 2555 มีอยู่ถึงร้อยละ 5.59 [3] ยังไม่นับรวมถึงการหลบเลี่ยงไม่จดทะเบียนผู้ขับขี่สาธารณะอีก กล่าวคือ อาจจะมีรถจักรยานยนต์ ขนส่งสาธารณะประมาณร้อยละ 7-10 ของรถจักรยานยนต์ทั้งหมด ในกรุงเทพฯ แต่ยังไม่มีข้อมูล อย่างเป็นทางการเนื่องจากยังมีการหลบเลี่ยงอยู่มาก

ปัจจัยที่ทำให้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการขนส่งสาธารณะน่าสนใจ คือ การสามารถตอบ โจทย์ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากระหว่างการใช้งานรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ เช่นเดียวกับรถจักรยานยนต์แบบเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้เชื้อเพลิงแบบ ไฮโดรคาร์บอน อีกทั้ง ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานก็ยังมีราคาถูกกว่า หากเทียบที่หน่วยเดียวกันคือเป็น บาท/กิโลเมตร รถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามีค่าใช้จ่ายพลังงานที่ 0.08 บาท/กิโลเมตร และรถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมัน (เบนซิน 91) จะมีค่าใช้จ่ายพลังงาน 1.3 บาท/กิโลเมตร หรือมีค่าใช้จ่ายพลังงานที่ประหยัดกว่าถึง 16.25 เท่า

ปัจจัยที่ทำให้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการขนส่งสาธารณะอาจจะไม่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน เนื่องจาก สมรรถนะที่ต่ำกว่ารถจักรยานยนต์แบบที่ใช้น้ำมันทั้งทางด้านกำลังของเครื่อง ซึ่งจะมีผล ต่อการขับขี่ขึ้นทางลาดชัน อัตราเร่งที่จะมีผลต่อการเร่งแซงหรือการออกตัวของรถ ความเร็วปลายที่ ค่อนข้างต่ำ จากรุ่นที่มีขายอยู่ในปัจจุบัน คือ ไม่เกิน 100 กิโลเมตร/ชั่วโมง แต่ก็เพียงพอหากต้องการ ใช้เพื่อการขนส่งสาธารณะ ประเด็นสำคัญ คือ การประจุแบตเตอรี่ของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ต้องใช้ เวลาในการประจุให้เต็มจะกินเวลาในการประจุตั้งแต่ 6-8 ชั่วโมง แล้วแต่รุ่นของแบตเตอรี่ที่เลือกใช้ งาน เมื่อเทียบกับรถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันจะใช้เวลาในการเติมน้ำมัน ไม่เกิน 10 นาที

ดังนั้นเพื่อที่จะส่งเสริมให้เกิดการใช้รถไฟฟ้าสำหรับการขนส่งสาธารณะ จำเป็นต้องแก้ไข ปัญหาหลักของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าให้ได้ก่อน โดยปัญหาหลักของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า มีอยู่ด้วยกัน 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 สมรรถนะของเครื่องยนต์ และส่วนที่ 2 ปัญหาการประจุแบตเตอรี่ที่ต้องใช้เวลา ในการประจุนาน โดยในการศึกษานี้ มุ่งเน้นไปที่การแก้ปัญหาการประจุแบตเตอรี่ที่ใช้เวลาในการ ประจุนาน ด้วยการใช้ระบบการประจุแบตเตอรี่แบบร่วมกันเพื่อเป็นการแก้ปัญหาการรอคอยการ ประจุแบตเตอรี่ที่ใช้เวลานาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความต้องการพื้นฐานของผู้ใช้รถจักรยานยนต์เพื่อการขนส่งสาธารณะ
2. เพื่อออกแบบระบบ และการจัดการการใช้แบตเตอรี่ร่วมกันของรถจักรยานยนต์รับจ้างสาธารณะ ที่สามารถนำไปใช้ได้จริง

1.3 ขอบเขตของการทำงานวิจัย

1. ทำการศึกษาเฉพาะรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดแบบแห้งที่เป็นที่นิยมอยู่ คือ VRLA ขนาด 48 V
2. กลุ่มตัวอย่างประกอบการทำการศึกษา จำกัดเฉพาะจักรยานยนต์เพื่อการขนส่งสาธารณะในกรุงเทพฯ ที่มีขนาด 10-20 คัน
3. ออกแบบระบบและการจัดการฯ ทำโดยการสร้างแบบจำลองบนโปรแกรม ARENA
4. เป้าหมาย MAPP (Minimum Attractive Payback Period) 1ปี

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบความต้องการและความจำเป็นในการใช้งานระบบการบริหารจัดการ
2. ได้ลักษณะที่เหมาะสมของระบบ และการจัดการการใช้แบตเตอรี่ร่วมกัน ตามความต้องการในการใช้งานจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการขนส่งสาธารณะ

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แบตเตอรี่ตะกั่วกรด

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดเป็นแบตเตอรี่แบบประจุใหม่ได้ ถูกประดิษฐ์ขึ้นมา โดยนาย แกสตัน พลองด์ (Gaston, Plante') นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสตั้งแต่ปี ค.ศ.1859 (พ.ศ.2402) เป็น แบตเตอรี่ แบบประจุใหม่ได้ชนิดแรกที่ทำออกมาเพื่อการค้า และในปัจจุบันยังมีการใช้งานกันอย่าง แพร่หลาย โดยมักจะทำเป็นแบตเตอรี่ที่มีความจุ (Capacity) สูงๆ ที่ให้กระแสได้มาก เนื่องจากมี ต้นทุนในการเก็บพลังงานถูกกว่าแบตเตอรี่แบบประจุได้ชนิดอื่นๆ นิยมใช้กันในรถยนต์และ ยานพาหนะต่างๆ (Vehicle) รถยกไฟฟ้า (Fork Lift) รถเข็น (Wheel Chair) สกู๊ตเตอร์ (Scooter) รถกอล์ฟ (Golf Car) ระบบสำรองไฟฟ้า (UPS) และระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน (Emergency Light)

แบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่ผลิตออกมาจำหน่ายใหม่ๆ มีเฉพาะที่เป็นแบตเตอรี่แบบเปียก (Flooded Type หรือ Wet Type) ที่ต้องคอยเติมน้ำกลั่นเท่านั้น จนกระทั่งในช่วงกลางของ ทศวรรษที่ 70 (ระหว่างปี พ.ศ. 2513-2523) ได้มีการพัฒนาแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบแห้งให้ใช้งานได้ หลังจากที่มีการจดสิทธิบัตรมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1957(พ.ศ. 2500) โดยอ็อตโต จาเช่ (Otto, Jache) ทำให้การใช้งานสะดวกขึ้นสามารถวางตำแหน่งของแบตเตอรี่ได้หลายรูปแบบมากขึ้น วางนอนหรือ วางตะแคงได้ แต่ไม่สามารถวางกลับหัวได้ ไม่จำเป็นต้องวางในแนวตั้งเพียงอย่างเดียวเพราะ อิเล็กโทรไลต์ที่เป็นน้ำกรดจะไม่ไหลหกออกมาเหมือนแบตเตอรี่แบบเปียก ซึ่งเทคนิคในการทำให้น้ำกรดไม่ไหลออกมา คือ การใช้วัสดุดูดซับน้ำกรดเอาไว้ จากนั้นจึงทำการผนึกเซลล์ (Seal) ให้ปิดสนิท เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำและแก๊ส ซึ่งเป็นส่วนประกอบของน้ำกรดแบตเตอรี่ จึงไม่มีการสูญเสีย อิเล็กโทรไลต์ออกไปจากแบตเตอรี่

2.1.1 การแบ่งประเภทของแบตเตอรี่ตะกั่วกรด

แบตเตอรี่แบบแห้งจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่ใช้เจลเป็นวัสดุดูดซับกรดเรียกว่า แบตเตอรี่แบบเจล (Gel Battery or GelCell) และประเภทที่ใช้แผ่นซิลิกาไฟเบอร์เป็นตัวดูดซึม เรียกว่า แบตเตอรี่แบบ AGM (AGM Battery) ซึ่งลักษณะการแบ่งประเภทแบบนี้ เป็นการแบ่งตาม ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของแบตเตอรี่ แต่การแบ่งประเภทของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดยังแบ่งได้อีกลักษณะหนึ่ง คือ การแบ่งประเภทตามลักษณะการใช้งาน โดยจะแบ่งเป็นแบตเตอรี่แบบใช้งานทั่วไป หรือแบบที่ใช้สำหรับสตาร์ทเครื่องยนต์ แบบคายประจุลึกและแบบลูกผสม

ความแตกต่างระหว่างแบตเตอรี่แบบเจล และแบบ AGM คือ แบตเตอรี่แบบเจลจะเป็นแบตเตอรี่ที่แห้งกว่าแบบ AGM ถ้าเปลือกนอกของมันแตกจะไม่มีน้ำกรดไหลหรือซึมออกมา แต่สำหรับแบบ AGM จะซับน้ำกรดได้ประมาณร้อยละ 95 ดังนั้นถ้าเปลือกของแบตเตอรี่แตกแม้มีน้ำกรดจะไม่ไหลออกมา แต่ก็อาจจะมีการซึมออกมาได้บ้างเล็กน้อย

ในปัจจุบันจะนิยมใช้แบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบ AGM มากกว่าแบบเจล ส่วนแบบเจลมีการใช้น้อยลงเนื่องจากมีข้อเสีย คือ เจลมักจะละลายเมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่ร้อนและถ้าเกิดการโอเวอร์ชาร์จขึ้นเจลอาจจะเปลี่ยนรูปเป็นสารเหนียวๆ ที่เรียกว่า วอยด์ (Void) ไปเกาะติดแน่นอยู่ที่แผ่นธาตุ ขัดขวางการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างอิเล็กโทรไลต์และแผ่นธาตุ ทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดลง

แบตเตอรี่ทั้งแบบ AGM และแบบเจลยังแบ่งย่อยออกได้เป็นแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบปิดผนึกหรือ SLA (Sealed Lead Acid) และแบบปิดผนึกที่มีวาล์วระบายแรงดัน หรือ VRLA (Valve Regulator Lead Acid) แบตเตอรี่แบบ VRLA นี้ จะมีการติดตั้งเซฟตี้วาล์ว (Safety Valve) เพื่อใช้ระบายแก๊สในกรณีที่ความดันภายในเซลล์สูงเกินไป เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสียหาย

2.1.2 VRLA (Valve Regulator Lead Acid)

VRLA (Valve Regulator Lead Acid) จัดอยู่ในแบตเตอรี่แบบ AGM ซึ่งการประจุแบตเตอรี่ประเภทนี้ จะต้องไม่ชาร์จเร็วหรือมากจนเกินไป เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแก๊สในขณะประจุมากนัก หากทำการประจุแบบเร็วจะทำให้ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ดูดซับแก๊สที่เกิดขึ้นไม่ทัน ความดันภายในแบตเตอรี่จะสูงขึ้นเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียแก๊สและน้ำออกไปจากตัวแบตเตอรี่ การเสียแก๊สและน้ำออกไป ก็เท่ากับว่าแบตเตอรี่ได้สูญเสียอิเล็กโทรไลต์ออกไปจากระบบ เพราะแก๊สและน้ำเป็นส่วนประกอบของอิเล็กโทรไลต์ เมื่อแบตเตอรี่มีปริมาณอิเล็กโทรไลต์น้อยลงจะสูญเสียความสามารถในการเก็บพลังงานไป ทำให้แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์ของแบตเตอรี่หลังจากการชาร์จไม่สูงเท่าที่ควรจะเป็น และถ้าแบตเตอรี่มีการเสียแก๊สและน้ำบ่อยๆ อิเล็กโทรไลต์ภายในเซลล์ก็จะหมดไปทำให้แบตเตอรี่ใช้งานไม่ได้อีก

2.1.3 การใช้และการเก็บอย่างถูกวิธี

แบตเตอรี่ตะกั่วกรดแตกต่างจากแบตเตอรี่แบบนิเกิลแคดเมียม คือ จะไม่มีการจำว่าก่อนประจุแบตเตอรี่มีประจุเหลืออยู่เท่าไร หรือเมมอรีเอฟเฟกต์ (Memory Effect) ถ้าแบตเตอรี่มีประจุเต็มอยู่แล้วการนำไปชาร์จโดยการให้กระแสต่ำๆ ไปเรื่อยๆ แบตเตอรี่จะไม่เสีย แต่ข้อเสีย คือ แบตเตอรี่หากใช้งานด้วยการคายประจุที่ลึกมากๆ โดยเฉพาะการคายประจุจนหมด ทุกครั้งที่เราดีสชาร์จมันลึกมากๆ จะทำให้ความสามารถในการเก็บประจุของแบตเตอรี่ลดลง ส่งผลให้อายุการใช้งานสั้นลง ดังนั้น

ถ้าจำเป็นต้องใช้งานจนแบตเตอรี่ประจุหมดบ่อยๆ หมายความว่าเราอาจเลือกใช้แบตเตอรี่ไม่เหมาะสมกับงาน ดังนั้นควรเลือกใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นความจุสูงขึ้น (แอมป์ชั่วโมงมากขึ้น) เพื่อไม่ให้แบตเตอรี่คายประจุถี่มากนัก

2.1.4 การคายประจุด้วยตัวมันเอง (Self-Discharge)

แบตเตอรี่จะก่อการรุดทากทั้งไว้เฉยๆ ไม่ได้ใช้งานเป็นเวลานาน แบตเตอรี่จะคายประจุออกไปเรื่อยๆ ด้วยตัวมันเอง (Self-Discharge) ส่วนแบตเตอรี่แบบแห้งจะมีอัตราการคายประจุน้อยกว่าแบบเปียกโดยเฉพาะแบตเตอรี่ AGM รุ่นใหม่ๆ บางชนิด อัตราการคายประจุด้วยตัวมันเองจะไม่เกินร้อยละ 2 ต่อเดือน ถ้าไม่มีการประจุเพื่อเติมประจุให้กับแบตเตอรี่ ผลึกของตะกั่วซัลเฟตที่เกิดขึ้นที่แผ่นธาตุลบจะรวมตัวกันแล้วมีขนาดใหญ่ขึ้น ผลึกที่มีขนาดใหญ่จะไปขัดขวางการไหลของกระแส ทำให้กระแสไหลได้น้อยลงส่งผลให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสให้กับโหลดได้น้อยลง นอกจากนี้ผลึกที่มีขนาดใหญ่จะมีเหลี่ยมหรือมุมที่คมและแหลม ในกรณีที่ร้ายแรงอาจจะทิ่มจนแผ่นธาตุทะลุได้ ทำให้แบตเตอรี่เกิดการลัดวงจรขึ้นภายในเราจะเรียกปรากฏการณ์ ที่เกิดผลึกขนาดใหญ่ของตะกั่วซัลเฟตนี้ว่าการเกิดซัลเฟชัน (Sulfation)

การเกิดซัลเฟชันจะยิ่งง่ายขึ้นถ้าทิ้งแบตเตอรี่ไว้โดยที่มันมีประจุเหลืออยู่น้อยหรือไม่เหลืออยู่เลย ดังนั้นจึงควรเก็บแบตเตอรี่ไว้โดยการประจุไฟให้ประจุเต็มอยู่เสมอ โดยอาจจะชาร์จเติมประจุโดยใช้กระแสต่ำๆ ไปเรื่อยๆ ซึ่งเรียกว่า ทริกเกิลชาร์จ หรือโพลทชาร์จ ซึ่งการประจุไฟแบบนี้มักจะพบในระบบสำรองไฟฟ้าหรือระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน เพื่อให้แบตเตอรี่มีประจุอยู่เต็มตลอดเวลาเป็นการรักษาแบตเตอรี่ และทำให้แบตเตอรี่พร้อมที่จะจ่ายพลังงานเมื่อระบบไฟฟ้าหลักขัดข้องหรือจ่ายกระแสให้กับระบบไฟส่องสว่างเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินหรือไฟฟ้ามดับ

การประจุแบตเตอรี่จะก่อการรุดโดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 8-16 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับขนาดความจุของแบตเตอรี่) โดยแบตเตอรี่แบบแห้งจะชาร์จได้ช้ากว่าแบบเปียก เพราะจะต้องลดอัตราการชาร์จลงเพื่อไม่ให้เกิดแก๊สขึ้นภายในเซลล์มากเกินไป การสะสมของแก๊สจะทำให้ความดันภายในเซลล์สูงขึ้น ทำให้สูญเสียอิเล็กโทรไลต์ไปจากการระเหยแก๊สหรือน้ำออกทางรูระบายหรือเซฟตี้วาล์ว หรืออาจทำให้แบตเตอรี่ถึงขั้นแตกเสียหายได้ถ้าชาร์จเร็วสูงทำให้ความดันสูงไปด้วยจนเซฟตี้วาล์วระบายความดันไม่ทัน

2.1.5 แผ่นธาตุ

แผ่นธาตุของแบตเตอรี่ที่เสื่อมสภาพจากปัจจัยต่างๆ เช่น จากการใช้งานมาเป็นเวลานาน หรือการบำรุงรักษาการใช้งานที่ไม่ถูกต้องแบตเตอรี่จะแสดงพฤติกรรมเหมือนกับแบตเตอรี่ที่ยังดีอยู่ คือยังดูเหมือนว่ามีประจุอยู่เต็มแต่ในความเป็นจริงความจุของมันจะลดลง (เหมือนใช้แบตเตอรี่ที่

ขนาดเล็กลง) แบตเตอรี่ยังสามารถทำงานได้อยู่แต่ประจุจะหมดเร็วขึ้นหรืออาจจะจ่ายกระแสได้ไม่เพียงพอกับความต้องการของอุปกรณ์

เพื่อเป็นการเพิ่มอายุการใช้งานของแผ่นธาตุในบางครั้งจะมีการเติมสารตัวอื่นเข้าไปในแผ่นธาตุด้วย เช่น แบบ AGM อาจจะใช้แผ่นธาตุที่เป็นตะกั่วแคลเซียม (Lead Calcium) หรือ แบตเตอรี่แบบคายประจุได้ลึกที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม หรือในรถยนต์ไฟฟ้าจะใช้แผ่นธาตุชนิดตะกั่วพลวง ซึ่งสารที่ใช้ทำแผ่นธาตุมักจะเขียนบอกอยู่ที่เปลือกของแบตเตอรี่สำหรับแบตเตอรี่ ที่ใช้แผ่นธาตุชนิดตะกั่วพลวงนอกจากจะทำให้อายุการใช้งานของแผ่นธาตุมากขึ้นแล้ว แผ่นธาตุยังมีความแข็งแรงทางกลเพิ่มขึ้นอีกด้วยเหมาะกับการใช้งานในรถยนต์ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ที่ต้องการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา แต่ก็มีข้อเสีย คือ แบตเตอรี่แบบตะกั่วพลวงนี้จะมีอัตราคายประจุด้วยตัวมันเองมากและมีการสูญเสียน้ำและแก๊สมากทำให้ต้องตรวจสอบระดับของน้ำกรดและเติมน้ำกลั่นบ่อยกว่าแบตเตอรี่ที่ใช้แผ่นธาตุเป็นตะกั่วหรือตะกั่วแคลเซียม

2.1.6 อัตราการคายประจุ

อัตราการคายประจุหรืออัตราการดิสชาร์จ หรือที่เรียกว่า ซีเรท ของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดไม่ควรเกิน 0.2 C หรือร้อยละ 20 ของความจุ ถ้าอัตราการดิสชาร์จมากขึ้นประสิทธิภาพของมันจะลดลง แต่อย่างไรก็ตามก็ไม่ควรจะดิสชาร์จในอัตราที่มากกว่า 1 C สรุปก็คือ แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดนี้เหมาะกับคายประจุน้อย แล้วก็ประจุเพิ่มเติมจึงจะทำให้มันมีอายุยืนยาวกว่าการคายประจุมากๆ หรือการใช้ประจุจนหมดแล้วจึงประจุฯ ไฟใหม่

รอบของการใช้งาน (Cycle) โดยทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 200-300 รอบ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ความลึกของการคายประจุหรือเรียกว่า DoD, การชาร์จ การบำรุงรักษาและอุณหภูมิในการใช้งานสาเหตุหลักที่ทำให้แบตเตอรี่อายุการใช้งานลดลงก็คือ การกักต่อนที่แผ่นธาตุบวก ซึ่งการกักต่อนี้จะมากขึ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้น

2.1.7 อุณหภูมิกับอายุการใช้งาน

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งานอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส (77 ฟาเรนไฮต์) อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 8 องศาเซลเซียส (15 ฟาเรนไฮต์) จะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลงครึ่งหนึ่ง เช่น แบตเตอรี่แบบ VRLA จะมีอายุถึง 10 ปี ที่อุณหภูมิ 25 องศา แต่จะลดลงเหลือ 5 ปี ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส (95 ฟาเรนไฮต์) และอายุเหลือไม่ถึง 1 ปี ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส (107 ฟาเรนไฮต์) นอกจากนี้แบตเตอรี่ยังทำงานได้ไม่ดีในที่อุณหภูมิต่ำอีกด้วย อุณหภูมิที่ลดต่ำลงจะทำให้แบตเตอรี่เก็บประจุได้น้อยลง ความจุของแบตเตอรี่จะลดลงร้อยละ 50 ทุกๆ อุณหภูมิที่ต่ำลง 12

องศาเซลเซียส (22 ฟาเรนไฮต์) ซึ่งเป็นเหตุผลที่ว่าทำไมในตอนเช้าที่อากาศเย็นเราถึงสตาร์ทรถติดได้ยากแต่การใช้งานที่อุณหภูมิต่ำก็ทำให้อายุการใช้งานของมันยาวนานมากขึ้นด้วยเช่นกัน

หากจะเปรียบเทียบกับแบตเตอรี่ประจุได้ชนิดใหม่ๆ ที่น้ำหนักเท่าๆ กันแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดจะมีความสามารถในการเก็บประจุได้น้อยกว่าจึงไม่เหมาะที่จะนำมาทำเป็นแบตเตอรี่สำหรับอุปกรณ์พกพา ซึ่งต้องการแบตเตอรี่ที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา เพราะจะทำให้กำลังไฟที่ได้น้อย ทำให้ต้องชาร์จแบตเตอรี่บ่อยจนเกินไป หรือทำให้อุปกรณ์มีน้ำหนักมากจนเกินไป แต่เนื่องจากราคาต้นทุนต่อพลังงานที่ได้ต่ำกว่าแบตเตอรี่ชาร์จได้ชนิดอื่นจึงนิยมนำมาทำแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ที่มีความจุมาก หน่วยความจุของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดโดยทั่วไปจะวัดเป็นแอมป์ชั่วโมง (Amp-Hour or Ah) ในขณะที่แบตเตอรี่ชาร์จได้แบบอื่นส่วนมากจะใช้หน่วยเป็นมิลลิแอมป์ชั่วโมง (mAh) เนื่องจากเป็นแบตเตอรี่ขนาดเล็กมีขนาดความจุต่ำกว่าแบตเตอรี่ตะกั่วกรดนั่นเอง

2.1.8 อันตรายและการนำกลับมาใช้ใหม่

ด้านความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม แบตเตอรี่ตะกั่วกรดแม้จะมีอันตรายน้อยกว่าแบตเตอรี่นิกเกิล-แคดเมียม แต่ตะกั่วซึ่งเป็นโลหะหนักและกรดซัลฟริกก็ยังเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมรวมทั้งเปลือก (Case) ซึ่งทำจากพลาสติกที่มีความยืดหยุ่นจำพวกเอบีเอส (ABS)

ข้อดี

- ราคาถูกกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่นและสามารถผลิตได้ง่าย
- มีการพัฒนามานานแล้ว จึงมีความเชื่อถือได้และหาข้อมูลได้ง่าย
- ถ้าใช้อย่างถูกต้องจะทนทานมาก
- การคายประจุโดยตัวมันเอง (Self-Discharge) น้อย
- ไม่ต้องการการบำรุงรักษามากนักโดยเฉพาะแบตเตอรี่ แบบแห้ง
- ไม่เกิดการจดจำ (No Memory Effect)
- สามารถให้กระแสดีสชาร์จได้มาก
- มีขนาดให้เลือกมาก

ข้อด้อย

- ความจุของพลังงานต่อน้ำหนักต่ำทำให้มีน้ำหนักมาก
- ไม่สามารถเก็บไว้ได้โดยแบตเตอรี่ไม่มีประจุ เพราะจำทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ

เร็ว

- ตะกั่วและกรดซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักเป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม
- มีระเบียบที่เข้มงวดในการขนส่งโดยเฉพาะแบตเตอรี่แบบเปียก เพราะอาจเกิดการหกหรือซึมของกรดออกจากเปลือกแบตเตอรี่ได้

2.1.9 คำศัพท์

ความลึกของการคายประจุหรือความลึกของการดิสชาร์จ (Depth of Discharge หรือเรียกย่อๆ ว่า DoD) คือ ระดับของการคายประจุ เช่น ถ้าแบตเตอรี่สามารถเก็บประจุไว้ได้ร้อยละ 100 ถ้าเราดิสชาร์จประจุไปร้อยละ 10 หรือ ร้อยละ 20 การดิสชาร์จประจุไปร้อยละ 20 ก็จะถือว่ามีความลึกของการดิสชาร์จมากกว่าการใช้ไปแค่ร้อยละ 10 ดังนั้น ถ้าเราใช้แบตเตอรี่จนประจุเกือบหมดหรือหมดเลย ก็จะถือว่ามีความลึกของการดิสชาร์จมาก ซึ่งการดิสชาร์จที่ลึกมากๆ ไม่สมควรใช้กับแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด เพราะจะทำให้อายุการใช้งานของมันสั้นลง

การดิสชาร์จในช่วงแคบ (Shallow Discharge) หรือการดิสชาร์จตื้นจะตรงกันข้ามกับการดิสชาร์จลึก (Deep Discharge) คือ การใช้แบตเตอรี่ไปสักเล็กน้อย เช่น ร้อยละ 10 หรือ ร้อยละ 20 ของความจุทั้งหมดแล้วก็ชาร์จใหม่ แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดใช้งานได้ดีกับการใช้งานแบบนี้

ซัลเฟชัน (Sulfation) การเกิดผลึกขนาดใหญ่ของตะกั่วซัลเฟตไปเกาะที่อิเล็กโทรดลบ (แผ่นธาตุลบ) ซึ่งผลึกจะไปขัดขวางการไหลของกระแสไฟฟ้ามีสาเหตุมาจากการเก็บแบตเตอรี่ไว้โดยมีประจุในแบตเตอรี่น้อยเกินไป

การชาร์จแบบทริกเกิลและโฟลท (Trickle Charge, Float Charge, Topping Charge) เป็นการชาร์จโดยให้กระแสกับแบตเตอรี่น้อยๆ ส่วนมากจะใช้ในการชาร์จเพื่อชดเชยประจุ (หลังจากชาร์จประจุของแบตเตอรี่ที่มีประจุเต็มแล้ว) เมื่อประจุของแบตเตอรี่ลดลง เนื่องจากการคายประจุด้วยตัวมันเอง (Self-Discharge) หรือเพื่อเติมประจุในขั้นตอนการชาร์จขั้นตอนสุดท้ายเพื่อให้แบตเตอรี่มีความจุเต็มร้อยละ 100 จริง

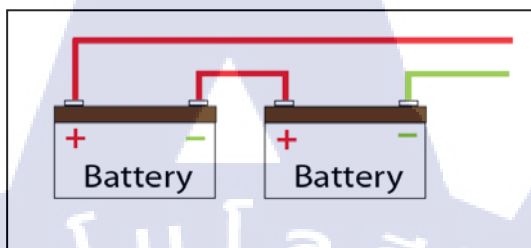
ซีเรท (C-Rate) คือ อัตราการประจุและการจ่ายไฟจะคิดเป็นจำนวนเท่าของความจุของแบตเตอรี่ เช่น แบตเตอรี่ขนาด 80 แอมป์ ชั่วโมง (Ah) ถ้าให้มันดิสชาร์จ ที่ 1 C ก็คือให้มันดิสชาร์จกระแส 80 แอมป์ ซึ่งจะใช้งานได้ 1 ชั่วโมงแบตเตอรี่ก็จะหมด แต่ถ้าดิสชาร์จที่ 0.5 C ก็คือให้มันดิสชาร์จกระแสที่ 40 แอมป์ ซึ่งจะใช้งานแบตเตอรี่ได้ 2 ชั่วโมง หรือถ้าให้แบตเตอรี่ดิสชาร์จที่ 2 C ก็คือให้มันดิสชาร์จกระแส 160 แอมป์ ซึ่งจะใช้งานได้แค่ 30 นาที เป็นต้น สำหรับแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดการดิสชาร์จที่ซีเรทมากขึ้นประสิทธิภาพจะลดลง เช่น แบตเตอรี่ขนาด 80 แอมป์ชั่วโมง ถ้าดิสชาร์จที่ 1 C ในทางปฏิบัติแล้วมันจะจ่ายกระแสได้ไม่ถึง 1 ชั่วโมง

2.2 การประจุแบตเตอรี่

การประจุแบตเตอรี่มีรูปแบบการประจุหลักๆ เป็น 3 แบบ คือ การประจุแบบอนุกรม การประจุแบบขนาน และการประจุแบบผสม

2.2.1 การประจุแบบอนุกรม

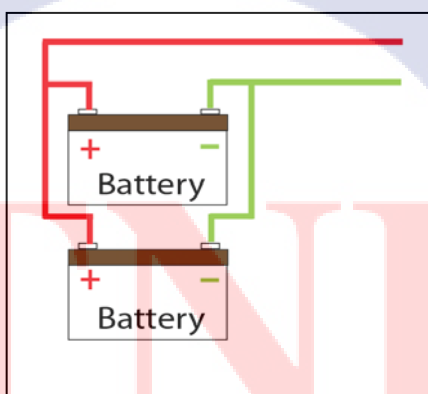
การประจุแบบนี้กระแสที่ไหลผ่านแบตเตอรี่แต่ละตัวจะเท่ากันแต่แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟจะถูกแบ่งระหว่างแบตเตอรี่ทั้งสอง หากแบตเตอรี่ทั้งสองลูกเหมือนกันแต่ละลูกจะมีแรงดันครึ่งหนึ่งของแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟ (I เท่ากัน, V เฉลี่ย) การต่อวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การต่อวงจรแบบอนุกรม

2.2.2 การประจุแบบขนาน

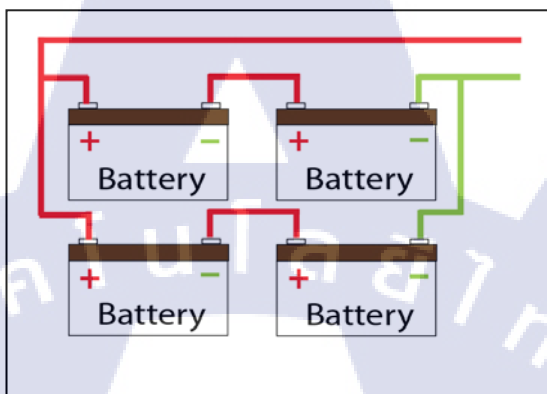
การประจุแบบนี้แบตเตอรี่แต่ละลูกจะได้รับแรงดันเท่ากัน แบตเตอรี่ทั้งสองมีแรงดันเต็มจากแหล่งจ่ายไฟตกคร่อมกระแสจากแหล่งจ่ายไฟจะแบ่งระหว่างแบตเตอรี่ทั้งสอง (V เท่ากัน, I เฉลี่ย) การต่อวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การต่อวงจรแบบขนาน

2.2.3 การประจุแบบผสม

การประจุแบบนี้แบตเตอรี่จะถูกแบ่งออกเป็นชุดๆ โดยให้มองว่ามีแบตเตอรี่ต่อแบบอนุกรมกี่ชุด และนำมาเชื่อมต่อกันได้เป็นแบบขนานกี่ชุด ดังนั้นการหาค่า V ที่ต้องจ่ายให้กับระบบ ต้องคำนวณแยก โดยมีการต่อวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การต่อวงจรแบบผสม

2.3 รูปแบบการประจุแบบยึดตามกระแสที่จ่ายให้กับแบตเตอรี่

การประจุไฟฟ้าสำหรับแบตเตอรี่ คือ การใช้กระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปยังแบตเตอรี่ โดยการผ่านกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปยังแบตเตอรี่ผ่านทางขั้วของแบตเตอรี่ ซึ่งโดยปกติแล้วมีอยู่ด้วยกัน 2 ขั้ว คือ ขั้วบวก และ ขั้วลบ ส่วนวิธีการต่อสายไฟเข้ากับแบตเตอรี่ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของแบตเตอรี่ที่เลือกใช้งานว่ามีขั้วแบบใด อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อต้องมีความเหมาะสม โดยมากมักจะใช้คีมสำหรับคิบบั้วแบตเตอรี่ การประจุแบตเตอรี่มีการประจุอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ การประจุช้า การประจุเร็ว และการประจุแบบใช้กระแสไฟจำนวนน้อยๆ

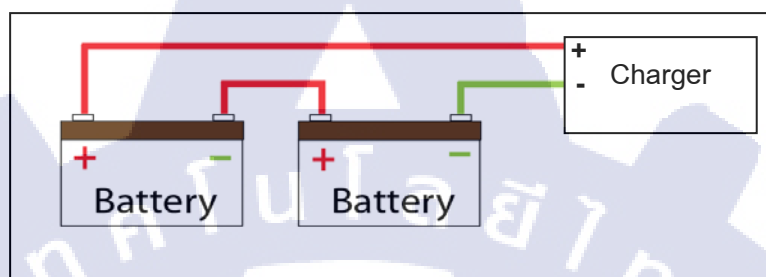
2.3.1 การประจุแบบช้า

การประจุแบตเตอรี่แบบช้า (Slow Charging) จะใช้กระแสไฟจำนวนน้อยประมาณ 5 ถึง 7 แอมป์ แล้วแต่ชนิดของแบตเตอรี่ผ่านเข้าไปในแบตเตอรี่เป็นระยะเวลานาน คือ ประมาณ 14 ถึง 16 ชั่วโมง หรือมากกว่า หรือร้อยละ 7 ของความจุแบตเตอรี่

การประจุแบตเตอรี่แบบช้าจะเหมาะสมกว่าการประจุแบบเร็ว ถ้ามีระยะเวลาพอ การที่จะให้แบตเตอรี่มีสภาพที่ดี ทนทาน จะไม่ใช่วิธีการประจุแบบเร็ว การประจุแบบช้าจะทำให้แบตเตอรี่เสียช้ากว่าการประจุแบบเร็ว อัตราการประจุที่เหมาะสมในการประจุแบตเตอรี่แบบช้าให้ตั้งกระแสไฟฟ้าประจุที่ร้อยละ 7 ต่อความจุแอมแปร์ชั่วโมงของแบตเตอรี่

การประจุแบตเตอรี่หากจะทำการประจุขณะที่ติดตั้งอยู่ที่รถ ให้ถอดขั้วสายไฟออกเพื่อป้องกันวิฤต เทป หรือระบบจุดระเบิดทรานซิสเตอร์เสียหายได้

การประจุแบตเตอรี่ที่มากกว่า 1 ลูก ให้นำแบตเตอรี่มาต่อกันแบบอนุกรม และปรับแรงเคลื่อนให้ตรงกับแรงเคลื่อนรวมของแบตเตอรี่ ปรับอัตราการประจุของแบตเตอรี่ที่มีความจุน้อยที่สุด ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมสำหรับการประจุแบบช้า

แบตเตอรี่ขนาด 12V โดยทั่วไปจะมีไฟเต็มภายใน 12 ถึง 16 ชั่วโมง หรือประจุไฟจนกระทั่งความถ่วงจำเพาะขั้วแบตเตอรี่ไฟเต็มแล้ว (ถ.พ. 1.260) ขณะทำการประจुकอยตรวจวัดอุณหภูมิของแบตเตอรี่ ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 125 องศาฟาเรนไฮต์ (51.7 องศาเซลเซียส) ให้ลดอัตราการประจุลง อุณหภูมิที่สูงเกิน 125 องศาฟาเรนไฮต์ (51.7 องศาเซลเซียส) จะเป็นเหตุทำให้แบตเตอรี่เสียหายได้

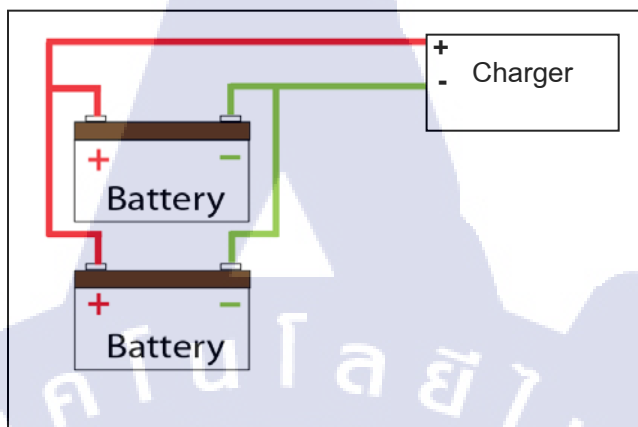
2.3.2 การประจุแบบเร็ว

การประจุแบบเร็ว (Fast Charge) จะใช้กระแสจำนวนมากผ่านเข้าไปในแบตเตอรี่ ในระยะเวลาอันสั้น (1 ถึง 2 ชั่วโมง)

การติดตั้งสายไฟของเครื่องประจุเร็วก็เช่นเดียวกับเครื่องประจุช้า คือ สายบวกคิบบเข้าที่สายบวกของแบตเตอรี่และสายลบคิบบเข้าที่ขั้วลบของแบตเตอรี่ และขณะทำการประจุให้ถอดขั้วสายไฟแบตเตอรี่ออกเปิดสวิตช์เครื่องประจุและตั้งแรงเคลื่อนให้ถูกต้องกับแรงเคลื่อนของแบตเตอรี่ขณะทำการประจุถ้าระดับน้ำกรดมีมากเกินไปอันเกิดจากปฏิกิริยาขณะทำการประจุให้ใช้ลูกยางดูดออกและคืนไปหลังจากแบตเตอรี่เย็นแล้ว

การประจุแบบเร็วจะไม่ประจุจนแบตเตอรี่มีไฟเต็ม แต่จะประจุจนมีไฟประมาณ 3 ใน 4 ของความจุแล้ว จึงทำการประจุแบบช้าจนแบตเตอรี่มีไฟเต็ม ถ้าประจุแล้วความถ่วงจำเพาะไม่เพิ่มขึ้น

ใน 1 ชั่วโมง ก็ให้ใช้วิธีการประจุแบบช้า ถ้ามีแบตเตอรี่มากกว่า 1 ลูก ในการประจุแบบเร็วจะคืบ แบตเตอรี่รวมกันแบบขนาน และไม่ประจุแบตเตอรี่ 6 โวลต์ และ 12 โวลต์รวมกัน ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การต่อแบตเตอรี่แบบขนานสำหรับการประจุแบบเร็ว

หมายเหตุ : การประจุแบบเร็วจะไม่ใช้กับแบตเตอรี่ที่เป็นแบบไม่ต้องดูแลน้ำกรดตลอดอายุการใช้งาน VRLA ก็จัดอยู่ในแบตเตอรี่กลุ่มนั้นด้วย

2.3.3 การประจุแบบใช้กระแสอ่อน (Trickle Charging)

แบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่ไม่ได้ใช้งานแต่ต้องการเก็บเป็นระยะเวลานานๆ ให้ทำการประจุโดยใช้กระแสไฟจำนวนน้อยๆ คือ ประมาณ 1 แอมป์หรือน้อยกว่า ทำการประจุเป็นระยะเวลานานๆ ซึ่งการประจุแบบนี้ จะต้องใช้เครื่องประจุที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ การประจุลักษณะนี้ส่วนมากจะใช้ในการประจุเพื่อชดเชยประจุ (หลังจากชาร์จประจุของแบตเตอรี่ที่มีประจุเต็มแล้ว) เมื่อประจุของแบตเตอรี่ลดลง เนื่องจากการคายประจุด้วยตัวมันเอง หรือเพื่อเติมประจุในขั้นตอนการชาร์จขั้นตอนสุดท้ายเพื่อให้แบตเตอรี่มีความจุเต็มร้อยละ 100 จริง

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการประจุแต่ละแบบ

รูปแบบ	กระแสที่ใช้	เวลาในการประจุ	ข้อดี	ข้อเสีย
การประจุแบบช้า	0.1-0.2 C	7-12 ชั่วโมง	แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานได้ดีกว่าแบบเร็ว	ใช้เวลาในการประจุนาน
การประจุแบบเร็ว	1 C	1- 2 ชั่วโมง	ใช้เวลาในการประจุน้อย	อายุแบตเตอรี่จะสั้นลง
การประจุแบบใช้กระแสต่ำ	<0.1 C	ไม่กำหนด	ใช้ในการประจุแบตเตอรี่ที่ใกล้เต็ม หรือเต็ม Self Discharge	ไม่เหมาะกับการประจุตั้งแต่ต้นจนไฟเต็ม

2.4 การสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม ARENA

การสร้างแบบจำลอง เพื่อการออกแบบ และการพัฒนาระบบงาน ปัจจุบันเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากการทำงานหรือการปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำงาน หรือรวมถึงการจัดการ ปรับระบบการทำงานหากต้องมีการทำแบบลองผิดลองถูกก็จะทำให้เกิดต้นทุนที่สูงมาก และในบางครั้งนอกจากมีผลกระทบต่อต้นทุนแล้ว ก็ยังหมายรวมถึงความเสี่ยงต่อความปลอดภัย ดังนั้นการทำการจำลองระบบการทำงาน หรือออกแบบระบบการทำงานต่างๆ จึงเป็นการสร้างให้เกิดการตัดสินใจที่มีความแม่นยำมากขึ้น มีความเสี่ยงต่อความผิดพลาดเสียหายน้อยลง

ตัวอย่างที่ได้ใช้การจำลองเช่น

- การจำลองระบบปัญหาด้านการจราจร เช่น การจำลองรอบสัญญาณการปล่อยไฟจราจร
- การจำลองระบบโครงข่ายการขนส่ง เช่น การจำลองเส้นทางการลำเลียงสินค้า
- การจำลองระบบงานด้านอุตสาหกรรม เช่น การจำลองระบบคลังสินค้าและ แผนการผลิต
- การจำลองระบบงานด้านบริการ เช่น การจำลองระบบบริการของธนาคาร

2.4.1 ขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วย

- การกำหนดลักษณะของปัญหา
- การกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของเรื่องที่ศึกษา
- การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรทั้งหมด เช่น
 - จำนวนผู้ใช้บริการ
 - เวลาในการให้บริการ
 - อัตราการเข้ามาของลูกค้า

แล้วนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้เป็นข้อมูลนำเข้า (Input Data) โดยข้อมูลที่ได้หากมีความแม่นยำ ผลที่ได้จากแบบจำลองก็จะมีคามแม่นยำตามไปด้วย

- การสร้างตัวแบบจำลอง ที่แสดงลักษณะของแบบจำลองลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์
- การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ว่าโปรแกรมที่สร้างมานั้นสามารถทำงานได้หรือไม่
- การตรวจสอบว่าเมื่อสามารถ Run ได้แล้ว ได้ผลที่ถูกต้องหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับระบบงานจริง หากสามารถทำได้ และมีการใช้เทคนิคทางสถิติในการตรวจสอบผลลัพธ์ เพราะผลจากการจำลองเป็นเพียงค่าประมาณ
- การวางแผนการจำลองว่าจะใช้ตัวแบบจำลองอย่างไร และต้องทำการจำลองซ้ำจำนวนกี่ครั้งเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องมาใช้ในการวิเคราะห์
- ดำเนินการ
- วิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบจำลอง รวมทั้งวิเคราะห์วิธีการปรับปรุงตัวแบบจำลอง เมื่อระบบงานจริงมีการปรับเปลี่ยน
- ทำเอกสารสรุปผลการจำลองผล
- นำผลที่ดีที่สุดที่ได้จากแบบจำลองไปใช้งาน

2.4.2 ข้อดีและข้อเสียของการใช้โปรแกรมแบบจำลอง Arena

2.4.2.1 ข้อดีของการใช้แบบจำลอง

- โปรแกรม Arena สามารถสร้างแบบจำลองที่เป็นภาพเคลื่อนไหวที่ทำให้เข้าใจถึงการจำลองแบบได้ง่าย เช่น คน เครื่องจักร การขนย้ายลำเลียง และมีการแสดงสถานะของวัตถุในโปรแกรม เช่น ว่าง ทำงาน หยุดงาน
- สามารถใช้แบบจำลองกับระบบที่มีความซับซ้อนได้ ถ้าหากว่าสามารถเขียนสมการเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์ได้
- สามารถสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายอนาคตระบบได้ โดยใช้เวลาน้อยขึ้นในการประมวลผล
- สามารถใช้แบบจำลองกับระบบ ที่ไม่สามารถทดลองบนสถานการณ์จริงได้

2.4.2.2 ข้อเสียของการใช้แบบจำลอง

- การสร้างตัวแบบจำลอง ผู้สร้างจำเป็นต้องมีความรู้ในการใช้โปรแกรม และต้องมีความเข้าใจในพื้นฐานทางสถิติ เพื่อจะได้สามารถวิเคราะห์และนำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองไปปรับปรุงต่อได้

- เนื่องจากแบบจำลองเกิดจากผู้สร้างแบบจำลอง ดังนั้นผลที่ได้อาจไม่ใช่ทางเลือกที่ดีที่สุด หากเป็นความผิดพลาดจากการออกแบบ หรือให้ข้อมูลไม่ครบ
- ผลที่ได้จะเป็นค่าประมาณ

2.5 การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม

ก่อนการนำแบบสอบถามไปใช้ในการเก็บข้อมูลสำหรับใช้ในการวิเคราะห์วิจัย จำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามก่อน เพื่อให้แน่ใจว่าแบบสอบถามมีคุณภาพอยู่ในระดับที่นำไปใช้งานได้ โดยทั่วไปประกอบด้วย ความสมเหตุสมผล (Validity) และ ความเชื่อถือได้ (Reliability)

2.5.1 ความสมเหตุสมผล

หมายถึง ความความครบถ้วนของคำถามในแบบสอบถามที่จำเป็นต้องนำไปใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อให้ตอบวัตถุประสงค์ทั้งหมดที่ผู้วิจัยต้องการ

2.5.2 ความเชื่อถือได้

หมายถึง ความคลาดเคลื่อนในการวัดค่าของข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม แบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ

- การวัดความเชื่อถือได้ของข้อมูลโดยทั่วไปพิจารณาจากความแตกต่างของข้อมูลที่ได้จากการวัดซ้ำหลายๆ ครั้ง โดยผู้ตอบแบบสอบถามเป็นกลุ่มเดียวกัน ถ้าผลที่วัดได้มีความแตกต่างกันน้อย แสดงว่าข้อมูลมีความเชื่อถือได้สูง หรือค่อนข้างสูง
- การวัดความน่าเชื่อถือได้ของข้อมูลที่อยู่ในรูปมาตรการ การประเมิน (Rating Scale) หรือข้อมูลที่วัดในรูปแบบต่างๆ เช่น ระดับความพึงพอใจ ระดับความคิดเห็น ระดับความชอบ ระดับความสนใจ ระดับปัญหา ฯลฯ [4]

2.6 ทบทวนวรรณกรรม

M. Fernandez and F. Trinidad [5] ได้ศึกษาถึงการประจุแบตเตอรี่แบบ VRLA Valve Regulated Lead Acid ที่จะนำมาใช้กับรถไฟฟ้าว่าจะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมหรือไม่ เนื่องจากรถไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่มีความต้องการประสิทธิภาพได้ด้านต่างๆ ของแบตเตอรี่ที่สูง และยังต้องการทราบว่าการใช้งานแบบใดเหมาะสมที่สุด หรือจะทำให้แบตเตอรี่มีอายุการทำงานได้ดีที่สุด โดยเลือกทดสอบกับแบตเตอรี่ 2 ชนิด คือ 12V/60Ah แบบ L-3 และ 6V/180Ah แบบสำหรับรถกอล์ฟ โดยส่วนที่น่าสนใจสำหรับการทำวิจัยครั้งนี้ คือ ค่า DoD (Depth of Discharge) ที่ใช้ในการทดสอบ ผู้วิจัยได้ใช้ค่าที่ทดสอบ เป็น 2 ค่า คือ ร้อยละ 50 และ ร้อยละ 80 ผลการทดสอบที่ได้ คือ หากใช้

แบตเตอรี่ที่ค่า DoD ร้อยละ 50 แบตเตอรี่จะมีรอบการใช้งานได้มากถึง 750 รอบ ไปจนอาจถึง 1,000 รอบ แต่หากใช้แบตเตอรี่ที่ DoD ร้อยละ 80 แบตเตอรี่จะมีอายุการใช้งานได้เพียง 500 รอบ

P. E. Pascoe and A. H. Anbuky [6] ได้กล่าวถึง การใช้งานแบตเตอรี่ VRLA เพื่อการใช้เป็น Uninterruptible Power Systems (UPS) โดยการทำการทดสอบการจำลองรูปแบบการเกิดค่าต่างของแบตเตอรี่ ว่าจะมีค่าการอะไรเกิดขึ้นบ้างอย่างไร และเทียบกับการทดลองจริง จากรูปแบบการของการแสดงกราฟความสัมพันธ์ของการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ เป็นประโยชน์อย่างมากต่อการทำความเข้าใจกับรูปแบบ การประจุ และการจ่ายไฟของแบตเตอรี่ ไม่ว่าจะเป็นการจ่ายกระแสว่าถ้าจ่ายด้วยกระแสที่สูงขึ้น แบตเตอรี่จะมีระยะเวลาการใช้งานได้สั้นลง เมื่อคิดจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดการใช้งานที่จุดเดียวกัน คือ เริ่มที่ไฟเต็มประมาณ 2V และ จบลงที่ 1.85V หากใช้กระแสที่ 25A – 150A ที่ 25A จะสามารถใช้งานได้ 640 นาที และ ที่ 150A จะใช้งานได้ 80 นาที

T. Ohmae et al. [7] ได้ทำการศึกษาวิจัยในเรื่องของการใช้แบตเตอรี่ VRLA สำหรับรถจักรยานยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่มุ่งงานให้ความสนใจในเรื่องของข้อจำกัดของอุณหภูมิ ว่าจะมีผลอย่างไรบ้างกับการใช้งานแบตเตอรี่ VRLA สำหรับรถไฟฟ้า ที่การทดลองนี้ให้ความสนใจในเรื่องนี้เนื่องจากเป็นที่รู้กันอยู่แล้วว่า อุณหภูมิมีผลอย่างมากต่อการกัดกร่อนในตัวแบตเตอรี่ และการสูญเสียในในตัวแบตเตอรี่ และแบตเตอรี่ชนิด VRLA ก็เป็นแบตเตอรี่ชนิดที่ไม่สามารถเติมน้ำได้ หากนำมาใช้งานจะเกิดผลอย่างไร จึงได้มีการทดลองจากสภาพการใช้งานจริงบนท้องถนน และเน้นไปที่การขับแบบ Idle-Stop หรือการขับแบบ Stop and Go ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิมีผลต่อความเสียหายของแบตเตอรี่ แต่หากใช้ในอุณหภูมิที่เหมาะสมแล้ว แบตเตอรี่แบบ VRLA ก็สามารถใช้งานได้พอดี และช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ ไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ที่จะทำให้เกิดการเสียของเหลวในแบตเตอรี่อย่างรวดเร็ว (ทดลองในช่วง 40-60 องศาเซลเซียส) และทำให้อายุการใช้งานสั้นลงมาก และช่วงที่อุณหภูมิ ต่ำกว่า -50 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจทำให้น้ำกรดภายในแบตเตอรี่กลายเป็นของแข็ง และไม่สามารถจ่ายไฟได้

J. X. Weinert et al. [8] ได้กล่าวถึงเรื่องของการพัฒนาการใช้แบตเตอรี่สำหรับใช้ในรถมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้าในประเทศจีน โดยที่ได้กล่าวถึงความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนแบตเตอรี่รถมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้า จาก VRLA ไปสู่ แบบ Lithium-Ion ซึ่งจากการวิจัยก็พบว่า ในการพัฒนาไปสู่จุดนั้นก็มีความเป็นไปได้ที่จะประสบความสำเร็จแต่คงเป็นในอนาคต ในปัจจุบันยังไม่มีความพร้อมเพราะว่า เทคโนโลยี ราคา และความปลอดภัยในการใช้งานยังคงเป็นปัญหาสำคัญอยู่

J. Guixi et al. [9] ได้นำเสนอระบบอัจฉริยะสำหรับการประจุไฟแบตเตอรี่ชนิด VRLA โดยการนำเสนอวิธีการประจุแบบที่รวมเอาวิธีการประจุไฟฟ้าสามส่วนเข้าด้วยกันกับการประจุแบบพัลส์ โดยการทำงานนี้จะเป็นการทำงานบนรากฐานของการวิเคราะห์ และการสรุปวิธีการที่เหมาะสมกับแบตเตอรี่ชนิด VRLA เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและลดการเกิด POLARIZATION ของแบตเตอรี่

มีการออกแบบชุดเครื่องมือวงจรไฟฟ้า โดยมีโครงสร้างการทำงานในรูปแบบที่ที่เหมาะสมกับแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด ประกอบไปด้วยการสับเปลี่ยนวงจรสำหรับแหล่งจ่ายไฟ และวงจรไฟฟ้าการเก็บข้อมูลตัวอย่าง ระบบ DSP และแผงวงจรภายนอกที่เกี่ยวข้อง

โดยที่ระบบประมวลผลจะรวมไปถึงการเก็บข้อมูล กระแส อุณหภูมิ กระแสและ โวลท์ที่ฝั่งขาออกด้วย สวิตช์ควบคุม ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ด้วยอุปกรณ์สำหรับการประจุแบตเตอรี่ชุดนี้ที่มีการปรับค่าการพัลส์ในแต่ละช่วงของการประจุอย่างเหมาะสม จะเป็นรูปแบบของการประจุแบตเตอรี่ที่ดี และเหมาะสมกับแบตเตอรี่แบบ VRLA โดยที่หากเราต้องการจะปรับระบบไปเพื่อใช้งานกับแบตเตอรี่ที่มีความจุที่แตกต่างออกไปก็สามารถทำได้โดยไม่ต้องมีการแก้ตัวเครื่องแต่อย่างใด เพียงแต่ต้องมีการป้อนข้อมูลลงไปในซอฟต์แวร์ใหม่อย่างเหมาะสมเท่านั้นเอง



TNI

บทที่ 3

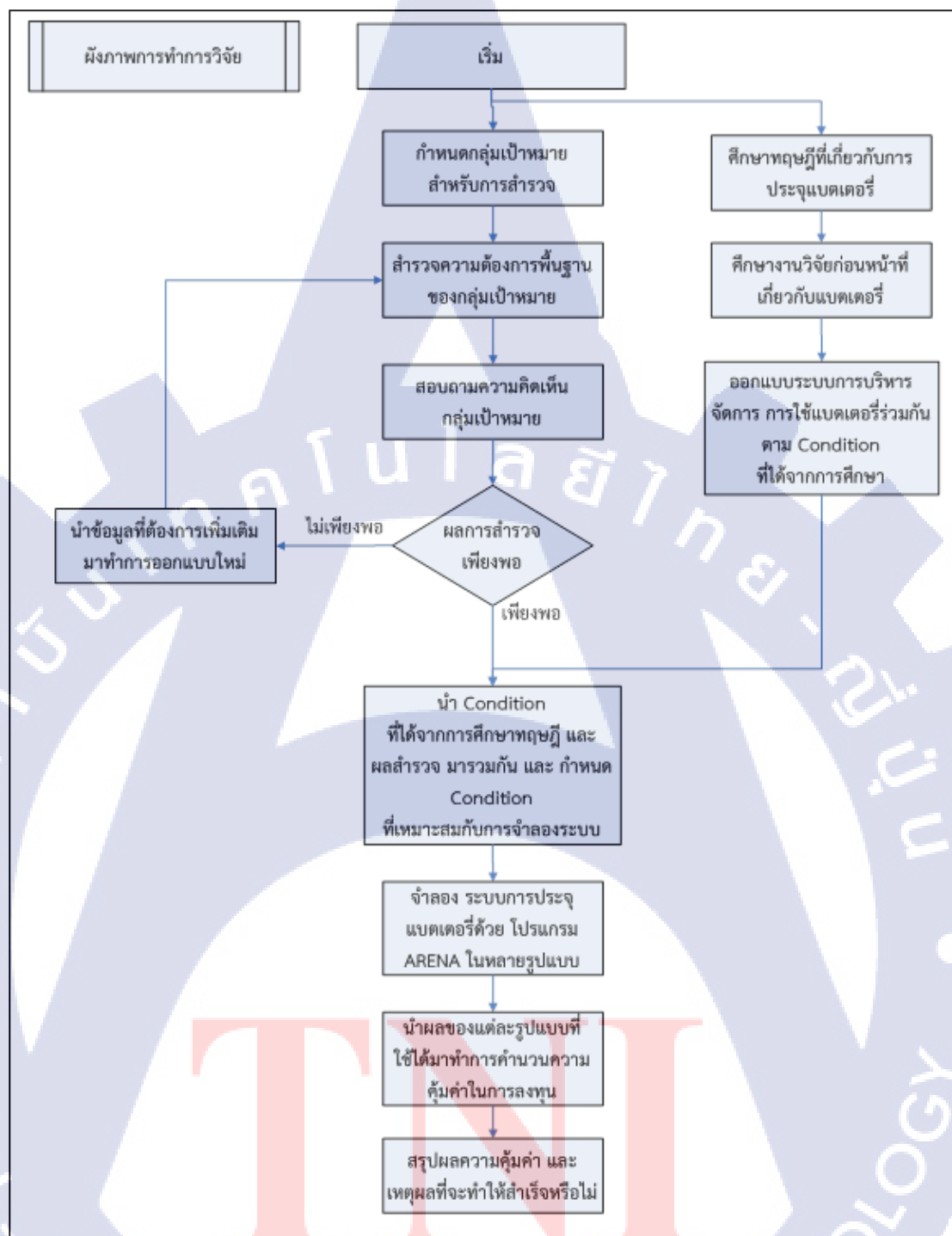
วิธีการดำเนินงาน

ในการทำวิจัยมีแนวทางในการทำการวิจัยดังนี้ คือ การทำการวิจัยจะแบ่งส่วนของการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ (1) ส่วนที่เป็นระบบการบริหารจัดการการใช้แบตเตอรี่ร่วมกัน ต่อจากนี้จะขอเรียกว่า “ระบบการจัดการฯ” และ (2) ส่วนของการออกแบบแบบจำลองการทำงานของสถานีประจุแบตเตอรี่สำหรับรถจักรยานยนต์รับจ้างเพื่อการขนส่งสาธารณะ

ระบบการบริหารจัดการการใช้แบตเตอรี่ร่วมกัน เริ่มจากการกำหนดกลุ่มเป้าหมายสำหรับการทำการสำรวจความต้องการพื้นฐานเพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางระบบได้จริง หลังจากนั้น ก็ใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลความต้องการพื้นฐานที่จะส่งผลต่อระบบการจัดการฯ และเมื่อได้ข้อมูลมาแล้วก็มาทำการวิเคราะห์เพื่อสรุปว่า ข้อมูลที่ได้มีความเพียงพอต่อความต้องการในการจัดหาระบบการจัดการฯ หรือไม่ หากไม่พอ ก็จะมีการปรับปรุงแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติม หากข้อมูลที่ได้มีความเหมาะสมเพียงพอต่อการออกแบบระบบการจัดการฯ ก็จะมีการออกแบบระบบการจัดการฯ (แบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ก.)

การออกแบบแบบจำลองการทำงานของสถานีประจุแบตเตอรี่สำหรับรถจักรยานยนต์รับจ้างเพื่อการขนส่งสาธารณะทำได้โดยการใช้องค์ประกอบที่มาจากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประจุแบตเตอรี่ ประกอบกับการนำข้อดีของงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ได้ศึกษาเรื่องการใช้งานแบตเตอรี่ VRLA มาใช้ประกอบในการกำหนด Condition ของการจำลองการให้บริการ เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความเหมาะสมที่สุด ทั้งในด้านความคุ้มค่าการลงทุน และประสิทธิภาพการใช้งาน

เมื่อได้องค์ประกอบที่มีความจำเป็นเพื่อให้การบริการสำหรับรถจักรยานยนต์รับจ้างสาธารณะ สามารถให้บริการได้แล้ว ก็จะทราบถึงค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นในการสร้างระบบนี้ รวมทั้งค่าบริการสำหรับการประจุแบตเตอรี่ และความคุ้มค่า รวมไปถึงระยะเวลาการคืนทุนเมื่อนำไปใช้จริง



รูปที่ 3.1 ผังภาพกระบวนการทำการวิจัย

3.1 การประมวลผลแบบสอบถาม

แบบสอบถามประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. ข้อมูลทั่วไป
2. การใช้งานรถจักรยานยนต์ของท่านในปัจจุบัน
3. ความต้องการสมรรถนะที่จำเป็นต่อการขับขี่รถจักรยานยนต์สาธารณะและการมีระบบ

การใช้งานแบตเตอรี่ร่วมกัน

วิธีการในการสำรวจ

1. ก่อนการสำรวจ การออกแบบแบบสอบถาม เพื่อการทำการสำรวจกลุ่มเป้าหมายเพื่อให้ทราบถึงข้อมูลและพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยได้ทำการคิดแบบสอบถามสำหรับใช้ในการสอบถามและได้ทำการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย (Assessment of Research Tools) โดยเครื่องมือการเก็บข้อมูลการวิจัยเชิงปริมาณคือแบบสอบถาม (Questionnaire) ที่เป็นแบบมาตรวัดประมาณค่า (Rating Scale) ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพ คือ การทดสอบความเที่ยงตรงถูกต้อง (Validity) ใช้บุคคลเป็นผู้ตรวจสอบหรือที่เรียกว่าการใช้ IOC (Index of Item-Objective Congruence : IOC) ตรวจสอบความถูกต้องเที่ยงตรง (Validity) ด้วยการใช้บุคคลอาจจะเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวกกับผู้ทรงคุณวุฒิให้มีจำนวนเป็นเลขคี่นิยมใช้ 5 คน เพื่อมาให้คะแนนเป็นรายข้อคำถามดูความครอบคลุมในประเด็นคำถามการวิจัย (Comprehensiveness) และดูเนื้อหาภาษา (Language) ว่าทำให้ผู้ตอบเข้าใจตรงกันหรือไม่ข้อไหนผ่านให้คะแนน 1 ไม่ผ่านให้คะแนน -1 ไม่แน่จะให้คะแนน 0 เอาผลคะแนนแต่ละข้อจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ย ได้เกิน 0.5 ถือว่าข้อนั้นใช้ได้ ถ้าไม่ถึงให้ตัดข้อนั้นทิ้งไป โดยสำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้ ในส่วนของแบบสอบถามได้ทำการตรวจสอบโดยผู้ชำนาญการ โดยที่ได้มีการคุยกันถึงแนวทางการทำงาน และได้ส่งแบบสอบถามพร้อมทั้งวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้จากการทำแบบสอบถามให้กับท่านผู้ชำนาญการในการพิจารณาสำหรับการตรวจสอบแบบสอบถามทั้ง 3 ส่วน

2. อบรมทีมงานให้เข้าใจถึงรายละเอียดและเนื้อหาของแบบสอบถาม เพื่อที่จะได้สามารถให้คำแนะนำกับผู้ทำแบบสอบถามได้

- ความเข้าใจในเนื้อหา
- กลุ่มเป้าหมาย คือใคร รถจักรยานยนต์สาธารณะ ขนาด 10-20 คัน ในกรุงเทพฯ
- ความครบถ้วนในการตอบแบบสอบถาม

3. ออกสำรวจตามพื้นที่ต่างๆ เฉพาะในกทม. และ ทำการสำรวจ

- การทำการสำรวจแบ่งออกเป็นการสำรวจเพื่อตรวจสอบว่าแบบฟอร์มที่ออกแบบมานั้นมีปัญหาในการใช้งานหรือไม่ และเมื่อทำการสำรวจแล้ว ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการวัดผลหรือไม่

ในขั้นตอนนี้ ทางทีมงานได้ทำโดยการนำแบบฟอร์มสำรวจออกไปที่หน้างานเพื่อทำการสำรวจงานจริง

จำนวน 10-15 ชุด ซึ่งจากผลที่ได้ในการออกไปสำรวจครั้งแรกพบว่า แบบฟอร์มสามารถใช้งานได้ และผลก็สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ได้

- ผลสรุปการตรวจสอบแบบสอบถามถึงความเพียงพอ สรุปได้ว่ามีความพร้อมในการสำรวจข้อมูลจริงกับกลุ่มเป้าหมายได้

- ทำการจัดเตรียมเครื่องมือในการสำรวจ (แบบฟอร์มสำรวจ/ปากกา) จำนวน 400 ชุด และกำหนดพื้นที่ที่ทีมงานจะออกไปสำรวจ

- ในระหว่างการสำรวจ ทีมงานต้องให้ความช่วยเหลือกลุ่มตัวอย่างในการอธิบายถึงคำถามแต่ละคำถามที่ถามกลุ่มเป้าหมายเพื่อให้คำตอบที่ได้มานั้นไม่เป็นคำตอบที่เกิดจากความเข้าใจผิดของผู้ทำแบบสอบถาม

- ตรวจสอบความครบถ้วนว่า ผู้ที่ตอบแบบสอบถามได้ทำการตอบคำถามครบทุกข้อ เพื่อป้องกันความผิดพลาด

4. นำผลที่ได้มาผ่านกระบวนการวิเคราะห์ เพื่อนำผลไปใช้

3.2 การสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม ARENA

การสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม ARENA องค์ประกอบหลักสำหรับการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย

- Input

ส่วนของจักรยานยนต์ที่ให้บริการ

- จำนวนจักรยานยนต์
- จำนวนสถานีประจุแบตเตอรี่
- จำนวนชุดที่ประจุได้ต่อครั้ง
- ความเร็วในการประจุแบตเตอรี่
- ความเร็วในการวิ่งของรถจักรยานยนต์
- ระยะทางในการขับรถ

ส่วนของลูกค้าที่มาใช้บริการ

- จำนวนคนที่มาใช้บริการ
- ช่วงเวลาที่คนมาใช้บริการ

- Output

ความสามารถในการให้บริการ

- จำนวนคนที่มาใช้บริการได้รับบริการครบหรือไม่
- การเกิดการรอคอยสูงสุดกี่คน

○ รถจักรยานยนต์ที่รอการประจุไฟฟ้า
การตั้งค่าในโปรแกรมสำหรับส่วน Input ประกอบด้วย

ส่วนของจักรยานยนต์ที่ให้บริการ

○ จำนวนจักรยานยนต์

การใส่ Input เข้ามาในระบบ ทำโดยการ Create Entity ที่เป็นส่วนของ Bike ให้ทำการ Create Bike ขึ้นมาก่อน โดยการ Create Bike จะต้องมีการระบุ Entity Type ให้เลือกเป็น Constant และในการสร้างแบบจำลองครั้งนี้ เราต้องการให้มีจักรยานยนต์ในระบบ 10 คัน ดังนั้นที่ Entity per Arrival ให้ระบุเป็น 10 แต่การรับจักรยานยนต์เข้าระบบให้การระบุที่สามารถนำออกมาให้บริการเราจะให้ใช้บริการทีละ 1 คัน ก็จะตั้งค่า เป็น Max Arrival เป็น 1 ซึ่งการสร้างจักรยานยนต์เข้ามาในระบบนั้น เราจะยังถือว่ายังไม่สามารถให้บริการได้ เนื่องจากสิ่งที่เราต้องการใช้ในการทดสอบสำหรับการให้บริการจริงๆ ไม่ใช่รถจักรยานยนต์ แต่เราต้องการทดสอบความสามารถของแบตเตอรี่ ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างแบตเตอรี่เข้ามาในระบบด้วย ซึ่งการสร้างแบตเตอรี่สำหรับการขนส่งสาธารณะนี้ จำนวนที่สร้างจะไม่เท่ากับจำนวนรถจักรยานยนต์

ดังที่ได้กล่าวถึงไปแล้วคือ เราจะสร้างให้มีแบตเตอรี่อย่างน้อยที่สุด เท่ากับจำนวนรถจักรยานยนต์ หรือหมายความว่าไม่มีแบตเตอรี่สำรองในการให้บริการไปจนถึงมีแบตเตอรี่เป็น 2 เท่าของการให้บริการ คือ 20 ชุด

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการ Create Bike

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการ Create Bat

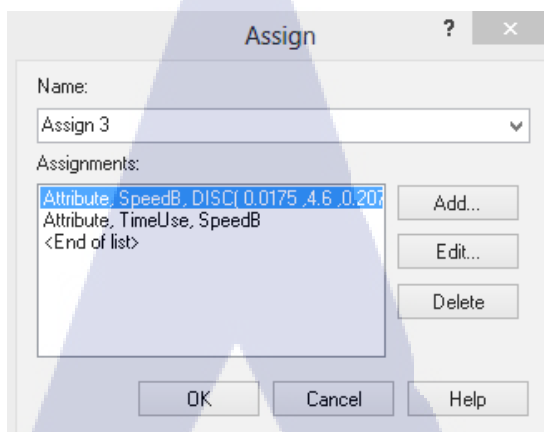
- จำนวนสถานีประจุแบตเตอรี่
- จำนวนชุดที่ประจุได้ต่อครั้ง

การสร้างสถานีประจุทำได้โดยการกำหนดค่าใน Set เพื่อเป็นการระบุว่าสถานีประจุแบตเตอรี่ 1 สถานี สามารถประจุไฟฟ้าสำหรับ Battery ได้กี่ชุด ในที่นี่ได้ทำไว้เป็น 2 ชุด

รูปที่ 3.4 ตัวอย่างการกำหนดค่า Set_Charger สำหรับการทำชุดประจุไฟฟ้า

- ความเร็วในการวิ่งของรถจักรยานยนต์

การกำหนดค่าคุณสมบัติในส่วนของความเร็วของรถจักรยานยนต์ ทำโดยการสร้าง Assign เพื่อกำหนดคุณสมบัติของจักรยานยนต์ ในที่นี่เรากำหนดคุณสมบัติด้านความเร็วให้กับรถจักรยานยนต์โดยให้มีลักษณะที่สอดคล้องกับแบบสอบถามที่ไปเก็บข้อมูลมา



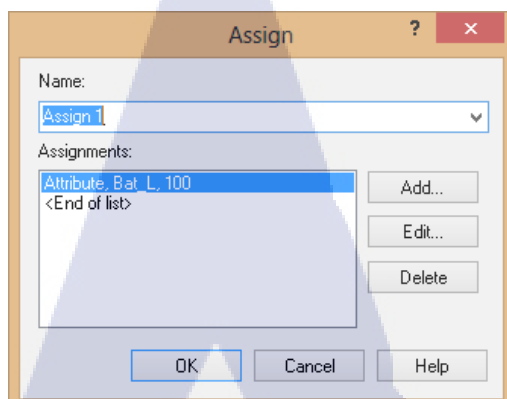
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการกำหนดค่า Assign สำหรับความเร็วของรถจักรยานยนต์

O ระยะทางในการขับรถ

ระยะทางในการวิ่งของรถจักรยานยนต์ใช้การประมวลผลจากแบบสอบถามในหัวข้อเรื่องระยะทางในการขับรวมต่อวันเท่ากับเท่าไร และจำนวนรอบต่อวันที่ขับได้เป็นจำนวนรอบเท่าไร จากผลแบบสอบถามพบว่า ระยะทางที่ขับต่อวันของจักรยานยนต์อยู่ที่มากกว่า 130 กิโลเมตร และจำนวนรอบที่ขับส่วนใหญ่จะตอบว่ามากกว่า 50 รอบ ซึ่งเมื่อนำผลมาทำการคำนวณประกอบกับลักษณะการเข้ามาใช้บริการของลูกค้าต่อวัน พบว่าค่าเฉลี่ยการเข้ามาใช้บริการต่อวันอยู่ที่ 90 รอบ ($130/90=1.44$ กิโลเมตร) จากข้อมูลดังกล่าวประกอบกับที่ทีมงานได้สอบถามกับผู้ขับขี่ พบว่าระยะทางเฉลี่ยอยู่ที่ 750 เมตร หรือรอบละ 1.5 กิโลเมตร

O การประจุแบตเตอรี่

การกำหนดค่าคุณสมบัติในส่วนของความจุแบตเตอรี่เริ่มต้นทำโดยการสร้าง Assign เพื่อกำหนดคุณสมบัติของแบตเตอรี่ ในที่นี้เรากำหนดคุณสมบัติของความจุแบตเตอรี่เริ่มต้นไว้ที่ร้อยละ 100

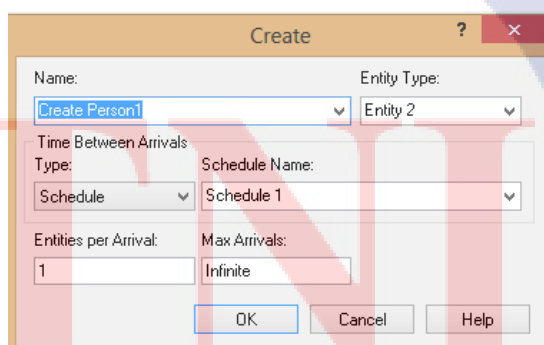


รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการกำหนดค่า Assign สำหรับความจุแบตเตอรี่เริ่มต้น

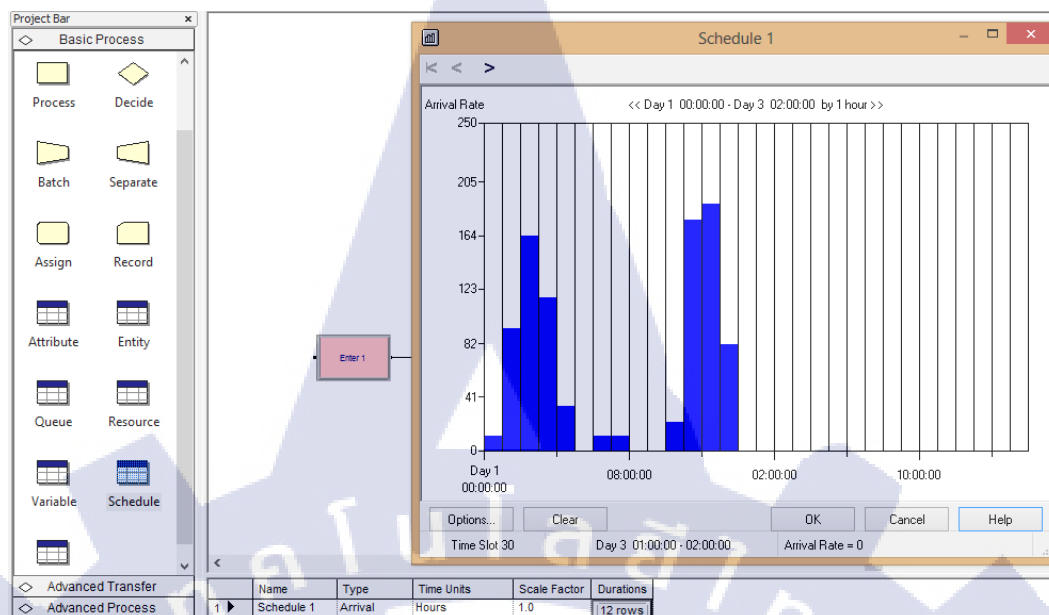
ส่วนของลูกค้าที่มาใช้บริการ

- จำนวนคนที่มาใช้บริการ
- ช่วงเวลาที่คนมาใช้บริการ

การกำหนดอัตราการเข้ามาของลูกค้าทำได้โดยการ Create Person แต่จะมีความแตกต่างจากการสร้างรถจักรยานยนต์ เนื่องจากการเข้ามาของลูกค้ามีเรื่องของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้ Type ต้องเปลี่ยนเป็น Schedule ดังนั้นเมื่อสร้างคนที่จะมาใช้บริการแล้วว่าการให้เข้าระบบมาได้ ตามรอบเวลาและที่แต่ละรอบเวลาก็ให้มีคนมาในสัดส่วนที่ไม่เท่ากัน โดยรายละเอียดและสัดส่วนการเข้ามาของลูกค้าได้อ้างอิงมาจากแบบสอบถาม



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการ Create Person



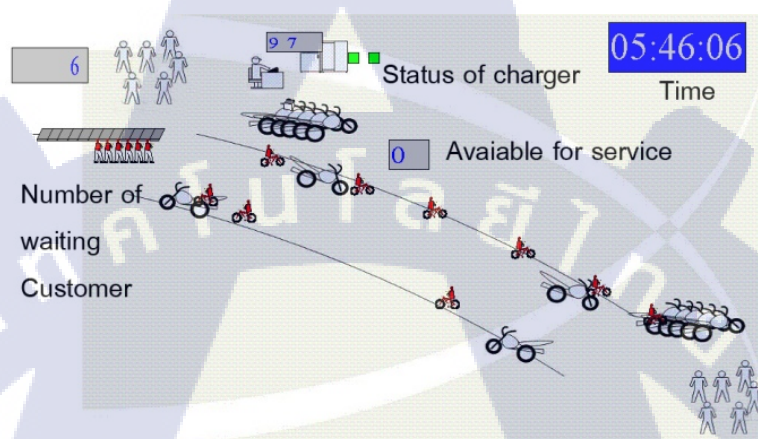
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการกำหนดค่า Schedule ให้กับ Person

ตารางที่ 3.1 สรุป Condition and Input

Condition	แบบจำลองที่ 1	แบบจำลองที่ 2	แบบจำลองที่ 3	แบบจำลองที่ 4
จำนวนจักรยานยนต์	10	10	10	10
เวลาในการให้บริการ	6:00-19:00	6:00-19:00	6:00-19:00	6:00-19:00
ความต้องการใช้บริการ	จาก Survey	จาก Survey	จาก Survey	จาก Survey
จำนวนคนมาใช้บริการเฉลี่ยต่อวัน	920 (Survey)	920 (Survey)	920 (Survey)	920 (Survey)
จำนวนสถานีประจุ	2	2	2	2
แบตเตอรี่ชนิด VRLA	48V 38 Ah	48V 38 Ah	48V 38 Ah	48V 38 Ah
แบตเตอรี่สำรอง	0	2	6	10
Depth of Discharge (DoD)	50%	50%	50%	50%
State of Charge (SoC) ระหว่างวัน	90%	90%	90%	90%
State of Charge (SoC) เริ่มต้นวัน	100%	100%	100%	100%

ส่วนสุดท้าย คือ การสร้างรูปแบบของการแสดงผล ซึ่งอีก 1 ข้อดี สำหรับโปรแกรม ARENA คือ การสร้างแบบจำลองที่เป็นภาพเคลื่อนไหวให้มีความสมจริงได้ และสามารถใส่สิ่งที่ใช้ในการ

ติดตามหรือบอกสถานะการทำงานในจุดต่างๆ ของโปรแกรมได้ เช่น แสดงเวลาการทำงาน แสดงจำนวนการเกิดแถวคอยว่ามีลูกค้ามาใช้บริการมาก และเห็นเป็นจำนวนคนที่ยืนรอรับบริการ การเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ ซึ่งเป็นไปตามความเร็วที่ได้กำหนดให้ ก็จะเห็นว่าในบางกรณี หรือบางเที่ยวการวิ่งรถจะมีการวิ่งแข่งกันได้ เนื่องจากความเร็วในการขับรถของแต่ละคันไม่เท่ากัน การแสดงด้วยสีของสถานีบรรจุแบตเตอรี่ว่ากำลังทำงานหรือว่าอยู่



รูปที่ 3.9 สถานะแบบจำลองแบบเสมือนจริง

3.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการสามารถทำได้ในหลายมิติ แต่ในที่นี้จะขอเน้นไปที่การวิเคราะห์ที่ไปจนถึงระยะเวลาคืนทุน ซึ่งจะช่วยให้ผู้ลงทุนทราบความเสี่ยงในการลงทุน โดยที่ต้นทุนที่ใช้ในการวิเคราะห์สำหรับโครงการนี้เป็นต้นทุนที่ได้จากการจำลองรูปแบบที่มีความเหมาะสม ซึ่งไม่รวมถึงต้นทุนแฝงอื่นๆ ที่ไม่สามารถกำหนดได้ เช่น ค่าเสียวินาที

โครงสร้างการคิดต้นทุนประกอบด้วย

ต้นทุนคงที่

ต้นทุนคงที่สำหรับโครงการนี้

- จักรยานยนต์
- แบตเตอรี่
- สถานีประจุ
- ค่าเช่า หรือค่าใช้จ่ายในการจ้างผู้ดูแลสถานีประจุ

ต้นทุนผันแปร

ต้นทุนผันแปรสำหรับโครงการนี้

- ค่าไฟฟ้า
- ค่าบริการร้อยละ 10 ของกำไรจากผู้ขายซีแต่ละคน

ตารางที่ 3.2 โครงสร้างต้นทุน

รายการ	แบบจำลองที่ 1	แบบจำลองที่ 2	แบบจำลองที่ 3	แบบจำลองที่ 4
ต้นทุนคงที่				
จักรยานยนต์ (คัน)	10	10	10	10
แบตเตอรี่ (ชุด)	10	12	16	20
สถานีประจุ (ชุด)	2	2	2	2
ต้นทุนผันแปร				
ค่าจ้างผู้ดูแล	10%	10%	10%	10%
ค่าไฟฟ้า (บาท/กม.)	0.08	0.08	0.08	0.08

สูตร

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{มูลค่าในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิสะสมรายปี}}$$

สิ่งที่ต้องลงทุนประกอบด้วย

รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

เมื่อราคาค่ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามีราคาเฉลี่ยต่อคันอยู่ที่ 40,000 บาท และมีอายุการใช้งานเฉลี่ยอยู่ที่ 10 ปี และคิดอัตราดอกเบี้ยที่ค่า $i = 5\%$

$$\text{annual worth} = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$\text{ต้นทุนค่ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้าต่อปี} = 5,180$$

สถานีประจุไฟฟ้า

เมื่อราคา Charger = 2,277 บาทต่อชุด หม้อแปลงไฟฟ้า ราคา 728 บาทต่อชุด และ
ค่าใช้จ่ายในการสร้างตู้เก็บเครื่องประจุไฟฟ้า = 20,000 บาท หากคิดว่าสถานีประจุมีอายุการใช้งาน
อยู่ที่ 5 ปี และคิดอัตราดอกเบี้ยที่ค่า $i = 5\%$

$$\text{annual worth} = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

ต้นทุนค่า Charger (2ชุด) ต่อปี = 1,052

ต้นทุนค่า หม้อแปลง (2ชุด) ต่อปี = 336

ต้นทุนค่า โครงสร้างอื่นๆ (2ชุด) ต่อปี = 9,239

ตารางที่ 3.3 สรุปสำหรับต้นทุนในแต่ละแบบจำลองแยกเป็นส่วนของผู้ขับขี่กับสถานีประจุไฟฟ้า

	แบบจำลองที่ 1	แบบจำลองที่ 2	แบบจำลองที่ 3	แบบจำลองที่ 4
ผู้ขับขี่ 1 คน				
ค่าใช้จ่ายต่อปี	บาท/ปี	บาท/ปี	บาท/ปี	บาท/ปี
ค่ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	5,180	5,180	5,180	5,180
ค่าไฟฟ้า	2,497	2,913	3,701	4,030
ค่าเปลี่ยนแบตเตอรี่ทุกปี	5,000	5,000	5,000	5,000
ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาต่อปี	5,000	5,000	5,000	5,000
รวม	17,677	18,093	18,881	19,210
ชุดประจุไฟฟ้าสำหรับ ให้บริการรถ 10 คัน				
ค่าใช้จ่าย	บาท/ปี	บาท/ปี	บาท/ปี	บาท/ปี
จำนวนแบตเตอรี่สำรอง	0	2	6	10
Charger. 240V 3A, 2 Sets	1,052	1,052	1,052	1,052
หม้อแปลง 5A, 2 Sets	336	336	336	336
ค่าใช้จ่ายโครงสร้าง	9,239	9,239	9,239	9,239
ค่าซื้อแบตเตอรี่สำรอง	0	10,000	30,000	50,000
ค่าจ้างคนดูแล	180,000	180,000	180,000	180,000
รวม	190,627	200,627	220,627	240,627

บทที่ 4

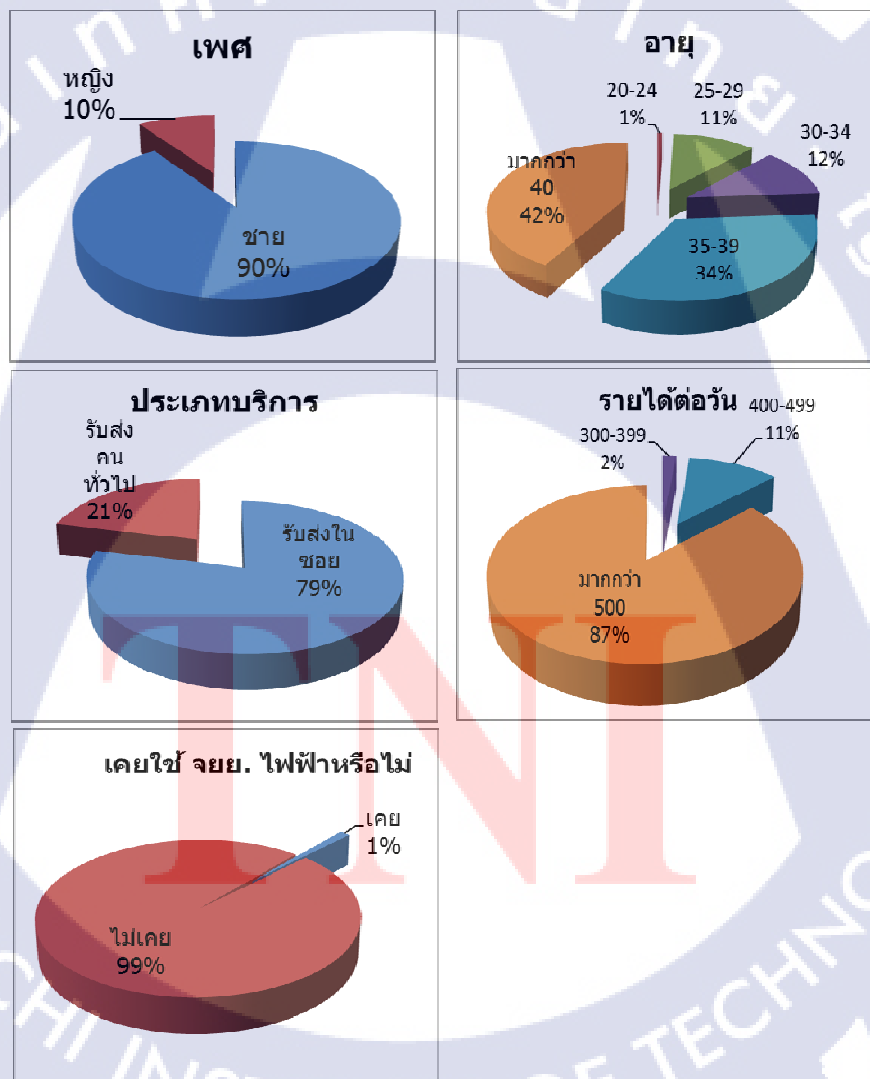
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถาม

ผลการสำรวจได้ผลดังนี้ คือ

สรุปผลแบบสอบถามปัจจัยที่มีผลต่อการวางระบบการใช้แบตเตอรี่ร่วมกันสำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการขนส่งสาธารณะ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป



รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามข้อมูลทั่วไป

1) เพศ

ชาย 90% หญิง 10%

2) อายุ

15-19 ปี ไม่มี 20-24 ปี 0.75% 25-29 ปี 11.5%
30-34 ปี 11.75% 35-39 ปี 34% มากกว่า 40 ปี 42%

3) ประเภทการบริการ (งานส่วนใหญ่)

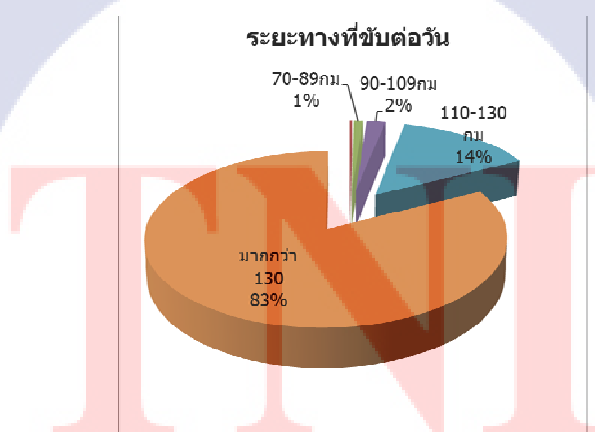
รับส่งในซอย 78.75% รับส่งคนทั่วไป 21.25%
รับส่งเอกสาร ไม่มี รับส่งอาหารจานด่วน (Fast Food) ไม่มี
รับส่งสินค้า เช่น เสื้อผ้า ผัก ผลไม้ ไม่มี

4) รายได้ต่อวัน (เฉลี่ยโดยประมาณ)

น้อยกว่า 100 บาท ไม่มี 100-199 บาท ไม่มี
200-299 บาท ไม่มี 300-399 บาท 1.75%
400-499 บาท 11.5% 500 บาทขึ้นไป 86.75%

5) ท่านเคยขับขี่รถมอเตอร์ไซด์ที่ใช้ไฟฟ้าหรือไม่

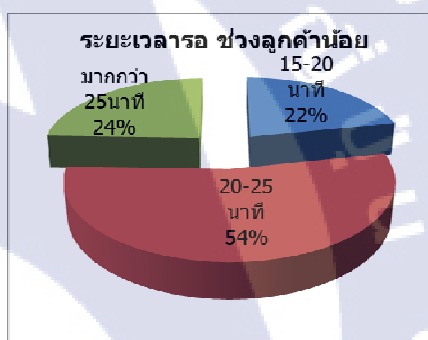
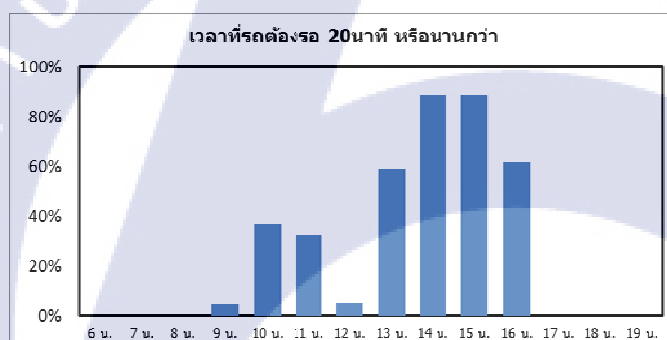
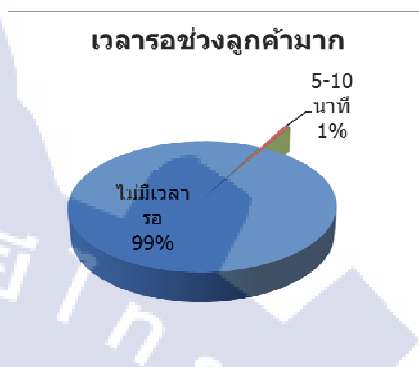
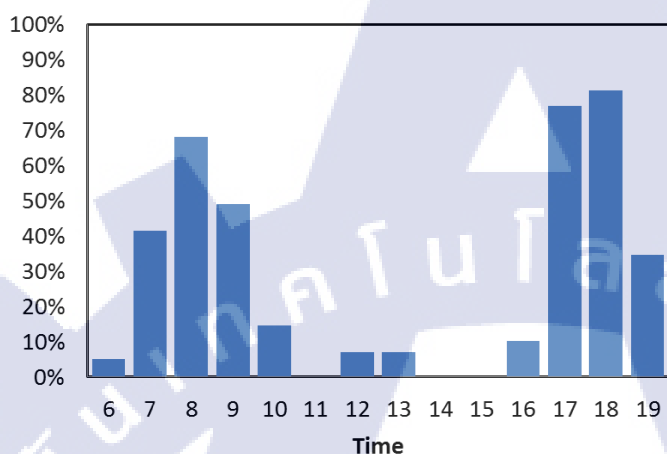
ผล คือ เคย 1.25% ไม่เคย 98.75%

ส่วนที่ 2 การใช้งานรถจักรยานยนต์ของท่านในปัจจุบัน

รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระยะทางที่ขับขี่ต่อวัน

1) ระยะทางที่ขับต่อวัน

น้อยกว่า 50 กม. ไม่มี	50-69 กม. 0.3%
70-89 กม. 1%	90-109 กม. 2%
110-130 กม. 14.3%	มากกว่า 130 กม. 82.5%



รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเวลาระหว่างรอการขับในแต่ละรอบ

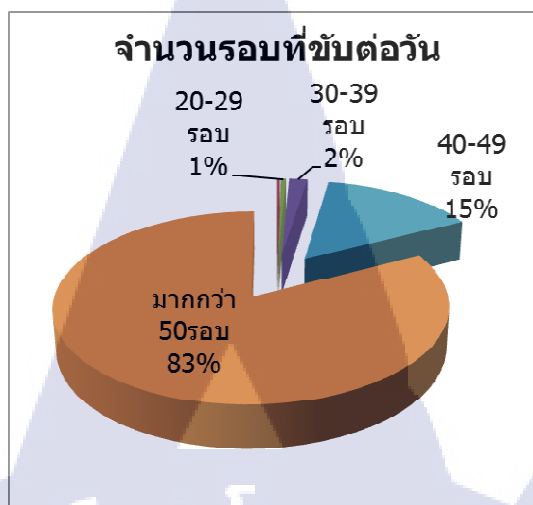
2) ระหว่างรอการขับในแต่ละรอบต้องใช้เวลารอนานเท่าไร

ช่วงที่ลูกค้ามาก จากข้อมูลจะมีวันละ 1 ถึง 2 ช่วง

ระยะเวลาที่รอ	ไม่มีเวลารอเลย	99.25%
	5 - 10 นาที	0.75%
	10 - 15 นาที	ไม่มี

ช่วงที่ลูกค้าน้อย

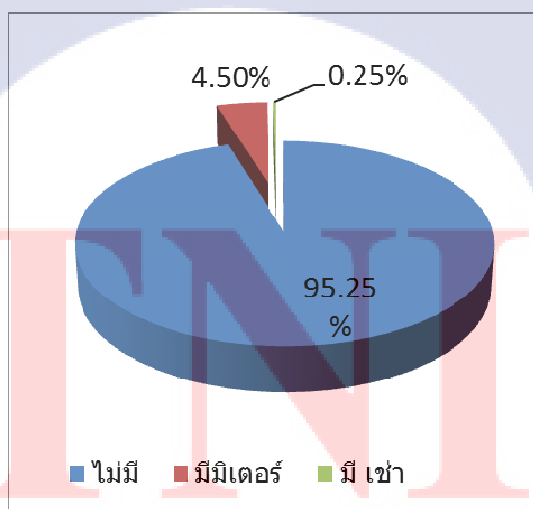
ระยะเวลาที่รอ	15 - 20 นาที	21.75%
	20 - 25 นาที	53.75%
	มากกว่า 25 นาที	24.5%



รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนรอบที่ขับต่อวัน

3) จำนวนรอบที่ขับต่อวัน

น้อยกว่า 10 รอบ ไม่มี	10-19 รอบ 0.25%
20-29 รอบ 0.5%	30-39 รอบ 1.75%
40-49 รอบ 15%	มากกว่า 50 รอบ 82.5%



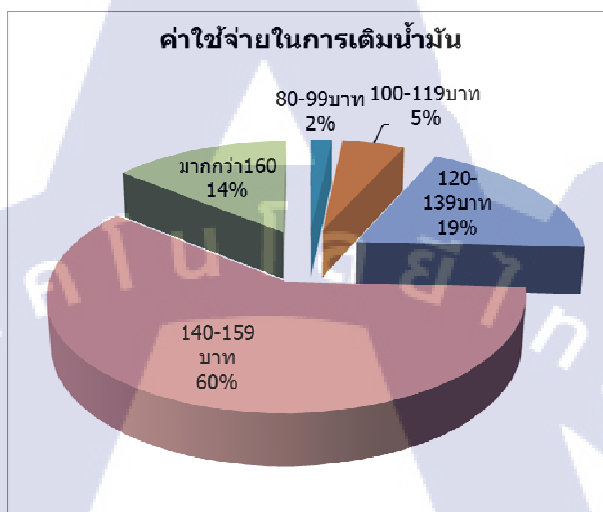
รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถานที่ทำงาน (วินมอเตอร์ไซด์) มีปลั๊กไฟให้ใช้สำหรับเสียบไฟฟ้าหรือไม่

4) สถานที่ทำงาน (วินมอเตอร์ไซด์) มีปลั๊กให้ใช้สำหรับเสียบไฟฟ้าหรือไม่

ไม่มี 95.25%

มี ค่าไฟฟ้าตามมิเตอร์ของการไฟฟ้า 4.5%

มีจากการเช่าใช้ไฟฟ้าจากบ้านแถวนั้น 0.25%



รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการเติมน้ำมันต่อวัน

5) ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการเติมน้ำมันต่อวัน

น้อยกว่า 20 บาท ไม่มี

20-39 บาท ไม่มี

40-59 บาท ไม่มี

60-79 บาท ไม่มี

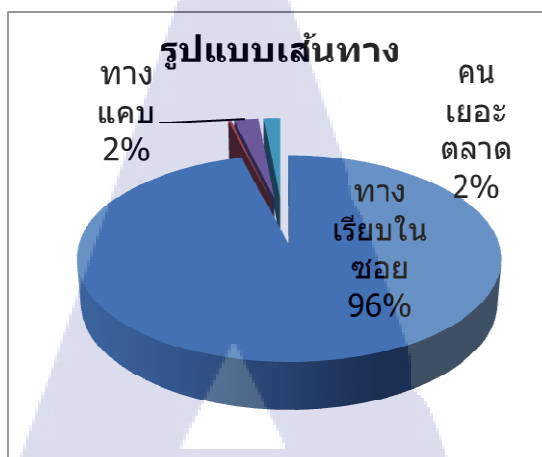
80-99 บาท 1.75%

100-119 บาท 5%

120-139 บาท 19%

140-159 บาท 60%

มากกว่า 160 บาท 14.25%



รูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะเส้นทาง

6) ลักษณะเส้นทาง

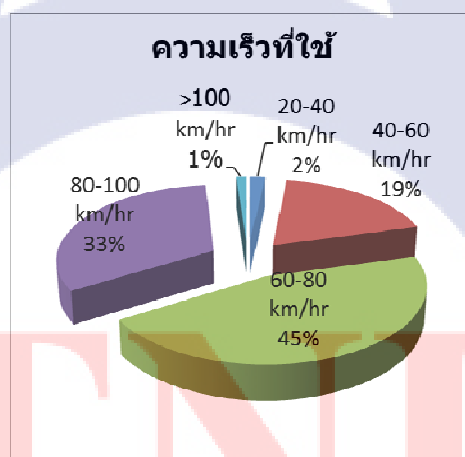
☐ ทางเรียบในซอย

☐ สะพานสูง

☐ ทางลาดชัน

☐ ทางแคบ

☐ คนเยอะตลาด



รูปที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วที่ใช้ในการขับเคลื่อน

7) ความเร็วที่ใช้ในการขับเคลื่อน (เฉพาะตอนรับส่งคน ไม่รวมเวลาขับส่วนตัว)

20-40 กม./ชม. 1.75%

40-60 กม./ชม. 19%

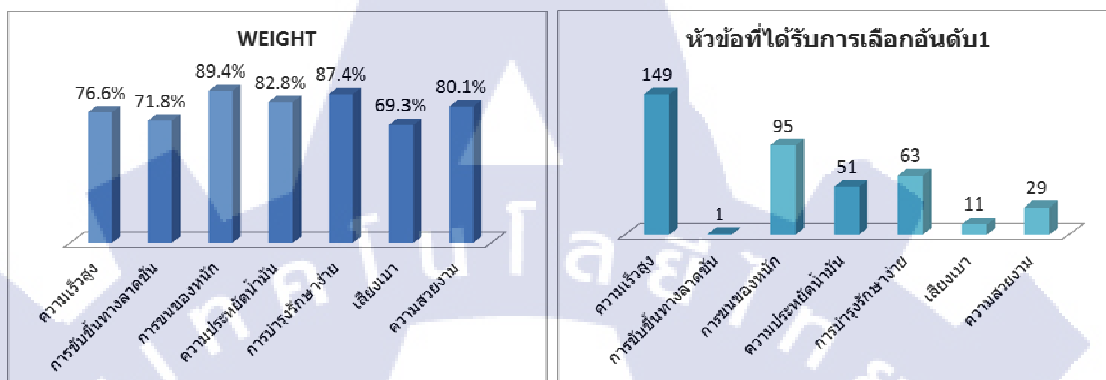
60-80 กม./ชม. 45.5%

80-100 กม./ชม. 32.5%

มากกว่า 100กม./ชม. 1.25%

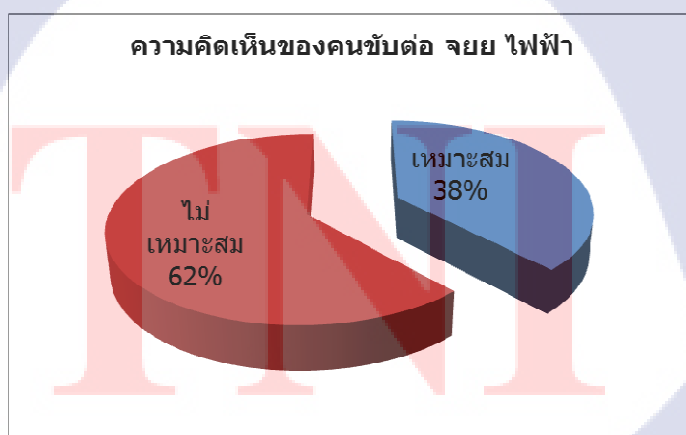
ส่วนที่ 3 ความต้องการสมรรถนะที่จำเป็นต่อการขับเคลื่อนธุรกิจยานยนต์สาธารณะ และการมีระบบการใช้งานแบตเตอรี่ร่วมกัน

1) ลักษณะของรถจักรยานยนต์ หรือจักรยานยนต์ไฟฟ้าข้อใดที่ท่านคิดว่าจำเป็นมากหรือน้อย



รูปที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการสมรรถนะที่จำเป็นต่อการขับเคลื่อนธุรกิจยานยนต์สาธารณะและการมีระบบการใช้งานแบตเตอรี่ร่วมกัน

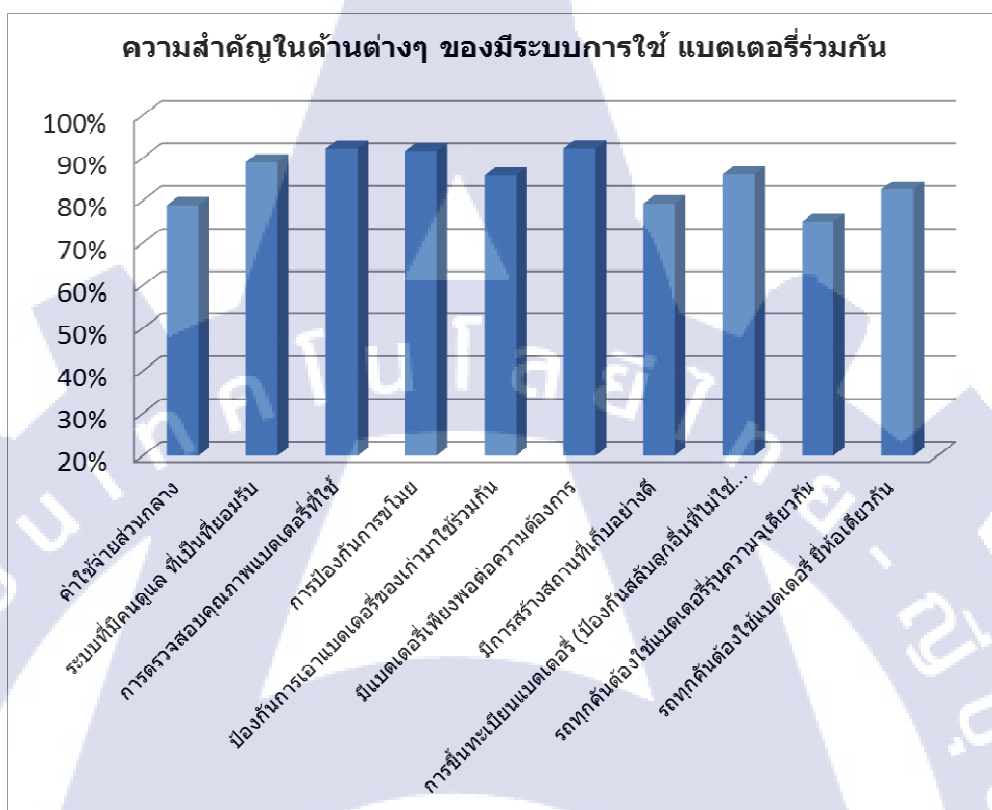
2) ท่านคิดว่ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้า เหมาะสมหรือไม่ที่จะเป็นรถขนส่งสาธารณะ (มอเตอร์ไซค์รับจ้าง)



รูปที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นของคนขับต่อจักรยานยนต์ไฟฟ้า

3) อะไรบ้างคือสิ่งที่ จำเป็น หากต้องใช้ระบบการใช้งานแบตเตอรี่ร่วมกันให้คะแนนจาก

1-4



รูปที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ความสำคัญด้านต่างๆ ของระบบการใช้แบตเตอรี่ร่วมกัน

4.2 ผลที่ได้จากการทำแบบจำลอง

มีการสร้างแบบจำลองเพื่อทำการทดสอบหาความเป็นไปได้ในการให้บริการรถจักรยานยนต์ขนส่งสาธารณะ โดยได้ทำการจำลองทั้งหมด 4 แบบ คือ มีแบตเตอรี่สำรอง 0, 2, 6, 10 ชุด ตามลำดับ

การทดสอบผลจากแบบจำลองได้ทำการ Run โปรแกรม เพื่อทดสอบแต่ละแบบจำลองจำนวน 30 รอบ เพื่อให้ผลของแบบจำลองเกิดความน่าเชื่อถือในทางสถิติ และได้ทำการทดสอบว่าจำนวนการทำซ้ำที่ 30 รอบนั้น มีความน่าเชื่อถือที่ระดับร้อยละ 95 แล้วหรือไม่

ผลที่ได้ คือ ทุกแบบจำลองมีจำนวนการทดสอบซ้ำที่มากพออยู่แล้ว
ทำการจำลอง Simulation 4 แบบ คือ

1) ใช้รถจักรยานยนต์จำนวน 10 คัน แบตเตอรี่สำรองจำนวน 0 ลูก

2) ใช้รถจักรยานยนต์จำนวน 10 คัน แบตเตอรี่สำรองจำนวน 2 ลูก สถานีประจูปไฟ 2

สถานี

3) ใช้รถจักรยานยนต์จำนวน 10 คัน แบตเตอรี่สำรองจำนวน 6 ลูก สถานีประจูปไฟ 2

สถานี

4) ใช้รถจักรยานยนต์จำนวน 10 คัน แบตเตอรี่สำรองจำนวน 10 ลูก สถานีประจูปไฟ 2

สถานี

ในการทดลองจะต้องทำการคำนวณหาค่า n ที่เหมาะสมสำหรับการจำลองซ้ำๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีระดับความน่าเชื่อถืออยู่ที่ร้อยละ 95

ผลที่ได้ คือ จากการทดลองที่การ Simulation 30 Replicate

ตารางที่ 4.1 ผลการจำลองการให้บริการของสถานีบริการทั้ง 4 แบบ

	หน่วย	จำนวนแบตเตอรี่สำรอง			
		0	2	6	10
จำนวนลูกค้าต่อวัน (ผลเป็นช่วง)	คน	906 – 933	906 – 933	906 – 933	906 – 933
จำนวนลูกค้ามากที่สุด	คน	987	987	987	987
จำนวนที่สามารถให้บริการได้ต่อวัน (ผลเป็นช่วง)	คน	563 – 572	660 – 663	837 – 849	904 – 931
จำนวนที่สามารถให้บริการได้ต่อวัน สูงสุด	คน	592	668	872	987
จำนวนลูกค้าที่มารอเฉลี่ย	คน	35 – 40	22 – 26	9 – 11	0.5 – 0.9
จำนวนลูกค้าที่มารอสูงสุด	คน	418	321	147	38
เวลาที่ลูกค้ารอรับบริการเฉลี่ย	นาที	2.95	4.10	7.59	0.65
เวลาที่ลูกค้ารอรับบริการนานที่สุด	นาที	155.48	129.59	72.34	11.52
เวลารอชาร์จแบตเตอรี่นานที่สุด	นาที	149.60	30.3429	4.93	5.51
การใช้งาน Battery Charger 1	%	-	15.55	15.70	15.55
การใช้งาน Battery Charger 2	%	-	15.16	15.48	15.09

การทดสอบว่าผลที่ได้จากการ Simulation มีความน่าเชื่อถือหรือไม่
สูตรการหาค่า Number of Replications

$$n \cong n_0 \cdot \frac{h_0^2}{h^2}$$

เมื่อ n = รอบระยะเวลาในการดำเนินการ Number of Replications
 n_0 = ค่าที่ได้ทดลองไปแล้ว
 h_0 = ค่า Half – Width ที่ได้จากการทดสอบรอบแรก (มาจากโปรแกรม)
 h = ค่าความกว้างของข้อมูลที่เราต้องการ

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความเพียงพอของการทำซ้ำ (Number of Replications)

ค่าที่ต้องการทดสอบ	จำนวนแบบเตอรีสำรอง			
	0	2	6	10
ค่าที่ได้จาก ARENA	13.08	13.08	13.08	13.08
ความกว้างของข้อมูลที่ยอมรับได้	15.00	15.00	15.00	15.00
ค่า n ขั้นต่ำที่ต้องทำ	22.81	22.81	22.81	22.81
ค่าที่ได้จาก ARENA	4.08	1.26	6.26	13.09
ความกว้างของข้อมูลที่ยอมรับได้	15.00	15.00	15.00	15.00
ค่า n ขั้นต่ำที่ต้องทำ	2.22	0.21	5.23	22.85
ค่าที่ได้จาก ARENA	2.12	1.77	1.14	0.21
ความกว้างของข้อมูลที่ยอมรับได้	5.00	5.00	5.00	5.00
ค่า n ขั้นต่ำที่ต้องทำ	5.39	3.76	1.56	0.05

จากตารางจะเห็นว่า ไม่ว่าจะทดสอบด้วยค่าชุดใด ค่า n ขั้นต่ำที่ต้องทดสอบก็มีค่าน้อยกว่า 30 ทั้งหมด ดังนั้นเชื่อได้ว่า ผลที่ได้จากการจำลองทั้ง 4 แบบ มีค่าความน่าเชื่อถือได้ของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน

จากผลที่ได้จาก Simulation ทั้ง 4 แบบ ให้ผลดังนี้ คือ

ตารางที่ 4.3 การคิดต้นทุน ประมาณการรายรับและช่วงเวลาคืนทุนของแบบจำลองทั้ง 4 แบบ

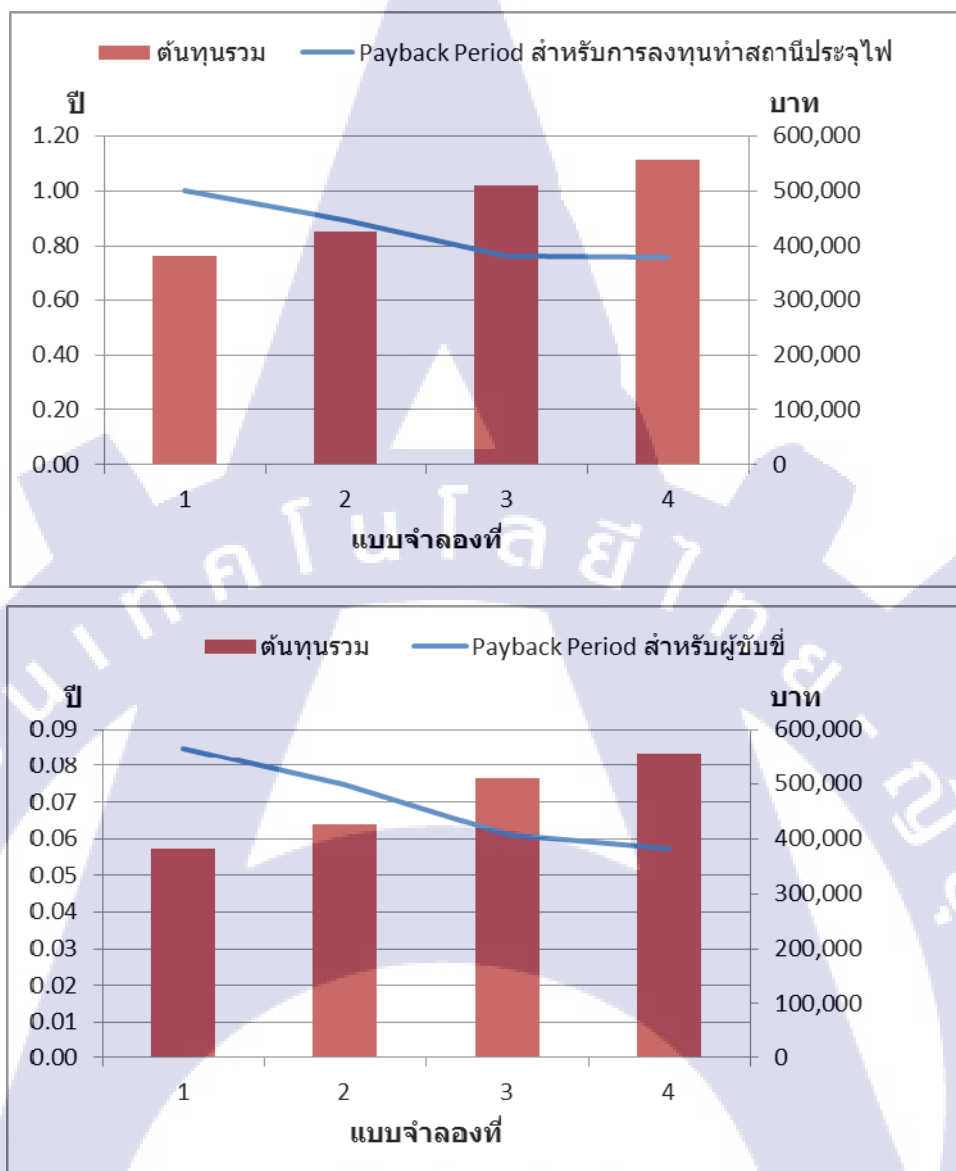
	แบบจำลองที่ 1	แบบจำลองที่ 2	แบบจำลองที่ 3	แบบจำลองที่ 4
ค่าใช้จ่ายต่อปี ผู้ขับขี่ 1 คน	บาท/ปี	บาท/ปี	บาท/ปี	บาท/ปี
ค่ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	5,180	5,180	5,180	5,180
ค่าไฟฟ้า	2,497	2,913	3,701	4,030
ค่าเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ทุกปี	5,000	5,000	5,000	5,000
ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาต่อปี	5,000	5,000	5,000	5,000
รวม	17,677	18,093	18,881	19,210
รายรับ				
จำนวนผู้มาใช้บริการเฉลี่ย	570	665	845	920
ค่าบริการ	208,050	242,725	308,425	335,800
กำไรสุทธิ สำหรับผู้ขับขี่	190,373	224,632	289,544	316,590
ค่าใช้จ่าย ชุดประจุไฟฟ้าสำหรับรถ 10 คัน	บาท/ปี	บาท/ปี	บาท/ปี	บาท/ปี
จำนวนแบตเตอรี่สำรอง	0	2	6	10
Charger : 240V 3A , 2 Sets	1,052	1,052	1,052	1,052
หม้อแปลง 5A, 2 Sets	336	336	336	336
ค่าใช้ทำโครงสร้าง	9,239	9,239	9,239	9,239
ค่าซื้อแบตเตอรี่สำรอง	0	10,000	30,000	50,000
ค่าจ้างคนดูแล	180,000	180,000	180,000	180,000
รวม	190,627	200,627	220,627	240,627
รายรับ				
ค่าบริการ สถานีประจุไฟ	190,373	224,632	289,544	316,590
Payback Period การลงทุนทำสถานีประจุไฟ				
คิดเป็นปี	1.00	0.89	0.76	0.76
คิดเป็นเดือน	12.02	10.72	9.14	9.12
Payback Period สำหรับผู้ขับขี่				
คิดเป็นปี	0.08	0.07	0.06	0.06
คิดเป็นเดือน	1.02	0.89	0.73	0.69

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนเปรียบเทียบระหว่างรถจักรยานยนต์น้ำมันกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

	รถจักรยานยนต์ น้ำมัน	รถจักรยานยนต์ ไฟฟ้า (Model 4)
ผู้ขับขี่ 1 คน		
ค่าใช้จ่าย ต่อปี	บาท/ปี	บาท/ปี
ค่ารถจักรยานยนต์	6,475	5,180
ค่าพลังงาน (ไฟฟ้า 0.08 น้ำมัน 0.13)	65,481	4,030
ค่าเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ทุกปี		5,000
ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา ต่อปี	3,500	5,000
รวม	75,456	19,210
รายรับ		
จำนวนผู้มาใช้บริการเฉลี่ย (คน/วัน)	92	92
ค่าบริการ	335,800	335,800
กำไรสุทธิ สำหรับผู้ขับขี่	260,344	316,590
Payback Period สำหรับผู้ขับขี่		
คิดเป็นปี	0.22	0.06
คิดเป็นเดือน	2.70	0.69

ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน แสดงให้เห็นว่า แม้ว่าการลงทุนในการจัดการระบบที่มีการใช้แบตเตอรี่สำรองสำหรับการให้บริการผู้ขับขี่ในกลุ่มรถจักรยานยนต์รับจ้างสาธารณะจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นก็จริง แต่ผลตอบแทนที่ได้รับกลับมามีความคุ้มค่ามากกว่าทั้งต่อผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ หรือต่อผู้ที่ลงทุนทำสถานีสถานีบริการ ดังรูปที่ 4.12 (กราฟแท่งทั้ง 2 กราฟ แสดงต้นทุนของสถานีประจุนหน่วยเป็นบาท ส่วนกราฟเส้น แสดง Payback Period ของผู้ลงทุนทำสถานีและผู้ขับขี่ หน่วยเป็นปี)

การคิดคำนวณการวิเคราะห์ทางการเงินนี้ ยังไม่ได้รวมถึงในส่วนของค่าใช้จ่ายที่มีความผันผวนสูงมากๆ อย่างค่าเช่า ค่าใช้จ่ายอื่นๆ เช่น ค่าเสื่อม ฯลฯ ซึ่งจะได้ทำแบบจำลองและแสดงในส่วนของการเอกสารแนบ



รูปที่ 4.12 กราฟเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุนของแบบจำลองแต่ละแบบ

บทที่ 5

บทสรุป

สำหรับการทำงานวิจัยในเรื่องการออกแบบระบบ และการจัดการการใช้แบตเตอรี่ร่วมกันของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการขนส่งสาธารณะในกรุงเทพฯ ในครั้งนี้ ได้ให้ความสำคัญกับประเด็นในเรื่องของการลดปัญหาสถานะโลกร้อนพร้อมไปกับการสร้างให้ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์สาธารณะมีคุณภาพชีวิตที่ดี และมีต้นทุนที่ในการประกอบอาชีพที่เหมาะสม

ในความเห็นของผู้วิจัยคิดว่ามีความเป็นไปได้อย่างยิ่งที่จะทำให้โครงการนี้เป็นจริงขึ้นมาได้ เนื่องจากได้มีการศึกษาทั้งในส่วนของการใช้งานจริงแล้ว จากผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์รับจ้างในปัจจุบันจำนวน 400 ราย และได้ทำการ Simulation ด้วยโปรแกรม ARENA จนมีค่าความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ระดับร้อยละ 95 ว่าหากมีความต้องการใช้งานรถจักรยานยนต์รับจ้างเพื่อการขนส่งสาธารณะที่มีประสิทธิภาพการบริการได้เทียบเท่ากับรถจักรยานยนต์รับจ้างที่เป็นแบบใช้น้ำมัน จะต้องเลือกแบบที่มีการสำรองแบตเตอรี่จำนวน 10 ชุด เท่ากับจำนวนรถจักรยานยนต์รับจ้าง ซึ่งจากผลก็ชี้ให้เห็นว่า นอกจากประสิทธิภาพการให้บริการแล้ว (มีผลต่อรายได้) ก็ยังเป็นแบบจำลองที่มีการให้ผลตอบแทนที่ดีที่สุด เมื่อพิจารณาเฉพาะการให้บริการตามที่ระบุในขอบเขตของงานวิจัยในครั้งนี้

โดยสรุปแล้วข้อดีของการที่จะมีการสร้างระบบ และการจัดการการใช้แบตเตอรี่ร่วมกันของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการขนส่งสาธารณะในกรุงเทพฯ คือ ช่วยลดมลภาวะทางอากาศ ลดมลภาวะทางเสียง สามารถให้บริการได้เทียบเท่ากับรถจักรยานยนต์น้ำมัน โดยมีต้นทุนค่าพลังงานที่ต่ำกว่า

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- [1] กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน. (2554). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555-2564), [Online]. จาก <http://www.enconfund.go.th/pdf/index/aedp25.pdf>. สืบค้นเมื่อ 18 กุมภาพันธ์ 2555
- [2] เชลล์. (2555). ตรวจสอบราคาน้ำมันย้อนหลังปี 2005-ปัจจุบัน. [Online], จาก <http://www.shell.co.th>. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2557
- [3] กรมการขนส่งทางบก. (2554). จำนวนรถจดทะเบียนใหม่ ปี พ.ศ. 2556. [Online] สืบค้นเมื่อ 25 มิถุนายน 2557, จาก http://apps.dlt.go.th/statistics_web/brochure/newcar13.pdf
- [4] สรชัย พิศาลบุตร และคณะ, การสร้างและประมวลผลข้อมูลจากแบบสอบถาม, กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.
- [5] M. Fernandez and F. Trinidad, “Charging Strategies for Valve-Regulated Lead/Acid Batteries in Electric-Vehicle Applications” *Journal of Power Sources*, Vol. 67, No. 1-2, pp. 125-133, August 1997.
- [6] P. E. Pascoe and A. H. Anbuky, “A VRLA Battery Simulation Model” *Energy Conversion and Management*, Vol. 45, No. 7-8, pp. 1,015-1,041, May 2004.
- [7] T. Ohmae et al. “Advanced Technologies in VRLA Batteries for Automotive Applications” *Journal of Power Sources*, Vol. 154, No. 2, pp. 523–529, March 2006.
- [8] J. X. Weinert et al. “Lead-Acid and Lithium-Ion Batteries for the Chinese Electric Bike Market and Implications on Future Technology Advancement” *Journal of Power Sources*, Vol. 172, No. 2, pp. 938–945, October 2007.
- [9] J. Guixi et al. “Design of the Digital-Controlled Intelligent VRLA Battery Charger” in *Proceeding of the IEEE Youth Conference on Information, Computing and telecommunication, 2009, YC-ICT 2009*, Beijing, China, September 20-21, 2009. pp. 275-278.

- [10] M. D. Rossetti, *Simulation Modeling and Arena*, New Jersey : Wiley, 2009.
- [11] Green Grit, *Performance Comparison of Electric Motorcycles*, Bangkok : Green Grit Company Limited, 2012.



ภาคผนวก

TNI

ภาคผนวก ก.

แบบสอบถามปัจจัยที่มีผลต่อการวางระบบการใช้แบตเตอรี่ร่วมกัน
สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการขนส่งสาธารณะ

TNI

**แบบสอบถามปัจจัยที่มีผลต่อการวางระบบการใช้แบตเตอรี่ร่วมกัน
สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการขนส่งสาธารณะ**

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูลความต้องการของผู้ใช้รถจักรยานยนต์สาธารณะในการปรับเปลี่ยนไปใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการขนส่งสาธารณะ โดยแบบสำรวจนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ผู้ศึกษามีจุดมุ่งหมายเพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามเท่านั้น ซึ่งข้อมูลของท่านจะถูกเก็บเป็น “ความลับ”

คำอธิบาย : แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 สอบถามข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 การใช้งานรถจักรยานยนต์ของท่านในปัจจุบัน และส่วนที่ 3 ความต้องการสมรรถนะที่จำเป็นต่อการขับเคลื่อนสาธารณะและการมีระบบการใช้งานแบตเตอรี่ร่วมกันทั้งนี้ ขอให้ท่านตอบแบบสอบถามนี้ตามความเป็นจริงทุกประการ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ

☐ ชาย

☐ หญิง

2. อายุ

☐ 15-19 ปี

☐ 20-24 ปี

☐ 25-29 ปี

☐ 30-34 ปี

☐ 35-39 ปี

☐ มากกว่า 40 ปี

3. ประเภทการบริการ (งานส่วนใหญ่)

☐ รับส่งในซอย

☐ รับส่งคนทั่วไป

☐ รับส่งเอกสาร

☐ รับส่งอาหารจานด่วน (Fast Food)

☐ รับส่งสินค้า เช่น เสื้อผ้า ผัก ผลไม้

4. รายได้ต่อวัน (เฉลี่ยโดยประมาณ)

☐ น้อยกว่า 100 บาท

☐ 100-199 บาท

☐ 200-299 บาท

☐ 300-399 บาท

☐ 400-499 บาท

☐ 500 บาทขึ้นไป

5. ท่านเคยขับขี่รถมอเตอร์ไซด์ที่ใช้ไฟฟ้าหรือไม่

☐ เคย

☐ ไม่เคย

ส่วนที่ 2 การใช้งานรถจักรยานยนต์ของท่านในปัจจุบัน

1. ระยะทางที่ขับต่อวัน *(เลขไมล์ในช่วงเวลาเข้า-เย็น =กม. (ถ้ามี))

- ☐น้อยกว่า 50 กม. ☐50-69 กม. ☐70-89 กม.
☐90-109 กม. ☐110-130 กม. ☐มากกว่า 130 กม.

2. ระหว่างรอการขับในแต่ละรอบ ต้องใช้เวลารอนานเท่าไร

ช่วงที่ลูกค้ามาก ใน 1 วัน มีกี่ครั้ง (ระบุช่วงเวลาในวงเล็บ เช่น 7-9 โมงเช้า)

- ☐1 (-) ☐2 (-)
☐3 (-) ☐4 (-)

ระยะเวลาที่รอ

- ☐ไม่มีเวลารอเลย ☐5 – 10 นาที ☐10 – 15 นาที

ช่วงที่ลูกค้าน้อย ใน 1 วัน มีกี่ครั้ง (ระบุช่วงเวลาในวงเล็บ เช่น 13-15 โมงเช้า)

- ☐1 (-) ☐2 (-)
☐3 (-) ☐4 (-)

ระยะเวลาที่รอ

- ☐15 – 20 นาที ☐20 – 25 นาที ☐มากกว่า 25 นาที

3. จำนวนรอบที่ขับต่อวัน

- ☐น้อยกว่า 10 รอบ ☐10-19 รอบ ☐20-29 รอบ
☐30-39 รอบ ☐40-49 รอบ ☐มากกว่า 50 รอบ

4. สถานที่ทำงาน (วินมอเตอร์ไซด์) มีปลั๊กให้ใช้สำหรับเสียบไฟฟ้าหรือไม่

- ☐ไม่มี ☐มี ค่าไฟฟ้าตามมิเตอร์ของการไฟฟ้า
☐มีจากการเช่าใช้ไฟฟ้าจากบ้านแถวนั้น (ค่าไฟหน่วยละ.....บาท)

5. ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการเติมน้ำมันต่อวัน

- ☐น้อยกว่า 20 บาท ☐20-39 บาท ☐40-59 บาท
☐60-79 บาท ☐80-99 บาท ☐100-119 บาท
☐120-139 บาท ☐140-159 บาท ☐มากกว่า 160 บาท

6. ลักษณะเส้นทาง

- ☐ทางเรียบในซอย ☐สะพานสูง ☐ทางลาดชัน
☐ทางแคบ ☐คนเยอะตลาด

7. ความเร็วที่ใช้ในการขับเคลื่อน (เฉพาะตอนรับส่งคน ไม่รวมเวลาขับส่วนตัว)

- ☐ 20-40 กม./ชม. ☐ 40-60 กม./ชม. ☐ 60-80 กม./ชม.
☐ 80-100 กม./ชม. ☐ มากกว่า 100 กม./ชม.

ส่วนที่ 3 ความต้องการสมรรถนะที่จำเป็นต่อการขับเคลื่อนจักรยานยนต์สาธารณะและการมีระบบการใช้งานแบตเตอรี่ร่วมกัน

1. ลักษณะของรถจักรยานยนต์ หรือจักรยานยนต์ไฟฟ้าข้อใดที่ท่านคิดว่าจำเป็นมากหรือน้อย

รายการ	ความจำเป็น จาก 1-4 4 = มากที่สุด 3 = มาก 2 = ปานกลาง 1 = ไม่จำเป็น	ลำดับความสำคัญ 1 = สำคัญที่สุด, 8 = สำคัญน้อยที่สุด
1. ความเร็วสูง (มากกว่า 100 กม./ชม.)		
2. การขับเคลื่อนทางลาดชัน		
3. การชนของหนัก		
4. ความประหยัดค่าน้ำมัน (ไฟฟ้า)		
5. บำรุงรักษาง่าย		
6. เสียงเบา		
7. ความสวยงาม		
8. อื่นๆ.....		

***ในข้อ 8. อื่นๆ เพิ่มเติมได้มากกว่า 1 อย่าง

2. ท่านคิดว่ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้า เหมาะสมหรือไม่ที่จะเป็นรถขนส่งสาธารณะ (มอเตอร์ไซค์รับจ้าง)

☐ เหมาะสม เพราะว่า.....

.....

☐ ไม่เหมาะสม เพราะว่า.....

.....

3. อะไรบ้างคือสิ่งที่ จำเป็น หากต้องใช้ระบบการใช้งานแบตเตอรี่ร่วมกันให้คะแนนจาก

1-4

รายการ		ความจำเป็น จาก 1-4 4 = มากที่สุด 3 = มาก 2 = ปานกลาง 1 = ไม่จำเป็น
ค่าใช้จ่ายส่วนกลาง	1	
ระบบที่มีคนดูแลที่เป็นที่ยอมรับ	2	
การตรวจสอบคุณภาพแบตเตอรี่ที่ใช้	3	
การป้องกันการขโมย	4	
ป้องกันการเอาแบตเตอรี่ของเก่ามาใช้ร่วมกัน	5	
มีแบตเตอรี่เพียงพอต่อความต้องการ	6	
มีการสร้างสถานที่เก็บอย่างดี	7	
การขึ้นทะเบียนแบตเตอรี่ (ป้องกันสลับลูกอื่นที่ไม่ใช่ของในระบบมาคืน)	8	
รถทุกคันต้องใช้แบตเตอรี่รุ่นความจุเดียวกัน	9	
รถทุกคันต้องใช้แบตเตอรี่ ยี่ห้อเดียวกัน	10	

อื่นๆ หากมี ให้เพิ่มเติมได้ ไม่จำกัด

การวิเคราะห์ทางการเงิน ในส่วนที่ต้องมีการกล่าวถึงค่าใช้จ่ายที่มีความผันผวนในแต่ละพื้นที่สูงอย่างค่าเช่า พื้นที่ และ ค่าเสื่อมราคา

ในกรณีที่ 1 ถูกที่สุด คือ กรณีที่ไม่เสียค่าเช่าพื้นที่ และเสื่อมราคา ไม่มีการเก็บ

ตารางที่ ก-1 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน เปรียบเทียบระหว่างรถจักรยานยนต์น้ำมันกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

	รถจักรยานยนต์ น้ำมัน	รถจักรยานยนต์ ไฟฟ้า (Model 4)
ผู้ขับขี่ 1 คน		
ค่าใช้จ่าย ต่อปี	บาท/ปี	บาท/ปี
ค่ารถจักรยานยนต์	6,475	5,180
ค่าพลังงาน (ไฟฟ้า 0.08 น้ำมัน 0.13)	65,481	4,030
ค่าเปลี่ยนแบตเตอรี่ ใหม่ทุกปี		5,000
ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา ต่อปี	3,500	5,000
รวม	75,456	19,210
รายรับ		
จำนวนผู้มาใช้บริการเฉลี่ย (คน/วัน)	92	92
ค่าบริการ	335,800	335,800
กำไรสุทธิ สำหรับผู้ขับขี่	260,344	316,590
Payback Period สำหรับผู้ขับขี่		
คิดเป็นปี	0.22	0.06
คิดเป็นเดือน	2.70	0.69

กรณีที่ 2 กรณีที่ค่าเช่าที่สูง (จากการประมาณ ไม่สามารถทราบราคาที่แท้จริงได้) โดยกำหนดให้ค่าเช่าที่จอดรถอยู่ที่ 50,000 บาท/เดือน หรือ 600,000 บาท/ปี และค่าเสื่อมราคา อยู่ที่ปีละ 100,000 บาท

ตารางที่ ก-2 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน เปรียบเทียบระหว่างรถจักรยานยนต์น้ำมันกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (กรณีที่มีการประมาณการณค่าใช้จ่ายสูงสุด)

	รถจักรยานยนต์น้ำมัน	รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (Model 4)
ผู้ขับขี่ 1 คน		
ค่าใช้จ่าย ต่อปี	บาท/ปี	บาท/ปี
ค่ารถจักรยานยนต์	6,475	5,180
ค่าพลังงาน (ไฟฟ้า 0.08 น้ำมัน 0.13)	65,481	4,030
ค่าเปลี่ยนแบตเตอรี่ ใหม่ทุกปี		5,000
ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา ต่อปี	3,500	5,000
ค่าเสื่อมราคา	100,000	100,000
รวม	175,456	119,210
รายรับ		
จำนวนผู้มาใช้บริการเฉลี่ย (คน/วัน)	92	92
ค่าบริการ	335,800	335,800
กำไรสุทธิ สำหรับผู้ขับขี่	161,639	216,590
Payback Period สำหรับผู้ขับขี่		
คิดเป็นปี	0.52	0.36
คิดเป็นเดือน	6.22	4.26

ผลสรุป คือ รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าก็ยังคงมีความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ที่ดีกว่ารถจักรยานยนต์น้ำมัน แต่ระยะเวลาการคืนทุนก็ยาวนานออกไป อันเนื่องมาจากการที่มีต้นทุนในการทำการค้าที่สูงขึ้น