SWU Engineering Journal (2011) 6(2), 44-51 วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม พ.ศ.2554

การศึกษารถขนส่งวัสดุในโรงงาน

A Study of Automatic Guide Vehicle

นิพนธ์ เรืองวิริยะนันท์ มานะ ทะนะอัน
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
ถนนพหลโยธิน ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000
E-mail: krutrong3@gmail.com, thanaon1983@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการทดสอบรถขนส่งวัสดุในโรงงานสามารถลากจูงรับและส่งวัสดุน้ำหนัก 10 กิโลกรัม วิ่งรับและส่งของทั้งหมด 4 สถานี ใช้รีโมทเพื่อส่งสัญญาณคลื่นวิทยุสั่งรถให้วิ่งจากจุดจอดรอออกไปลากจูงกระบะบรรทุกของ โดยใช้โปรแกรมเมเบิ้ลคอนโทรลเลอร์พร้อมอุปกรณ์เซ็นเซอร์ควบคุมการทำงานของรถขนส่งวัสดุในโรงงานวิ่งตามเส้น ด้วยความเร็ว 1.447 กิโลเมตร/ชั่วโมง ขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดสอบคือ 12 โวลต์ 45 แอมแปร์/ชั่วโมง การชาร์ตแบตเตอรี่แต่ละครั้งใช้งานได้นาน 4.40 ชั่วโมง มีวงจรตรวจระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วแบตเตอรี่ ให้ส่งสัญญาณเตือนที่ 11โวลต์ รถสามารถวิ่งส่งวัสดุ ในบริเวณที่กำหนดได้ตรงทุกจุด หลังจากส่งวัสดุเรียบร้อยแล้วจะวนกลับมาจุดจอดรอ (Home Position) เมื่อมีผู้เรียกใช้รถจึงจะวิ่งออกไปรับและส่งของใหม่ ระหว่างทางหากมีคนหรือสิ่งของกีดขวางแนวทางการเดินรถข้างหน้า ในระยะทาง 40 เซนติเมตร รถก็จะหยุดรอจนกว่าสิ่งกีดขวางเหล่านั้นถูกนำออกพ้นเส้นทางเดินรถ จึงจะสามารถวิ่งต่อไปได้ ทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่ได้ ในแต่ละวันจะชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง เป็นเงิน 40 บาท จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สามารถนำรถขนส่งวัสดุในโรงงานเข้ามาทดแทนแรงงานคนได้

คำสำคัญ: รถขนส่งวัสดุ การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ABSTRACT

This paper proposed the test automatic guide vehicle can be transported for the inventory of weigh 10 kilogram and delivery of all four stations. The remote control of radio signals are used in this investigation and car park waiting the tow truck of the tray. A car is used a programmable controllers with sensor control for guiding an automatic vehicle to run along line. The car runs with 1.447 kilometer speeds / hour. The size of the battery that uses in this experiment is 12 volts 45 ampere-hour. The charts of battery each time can use 4.40 long ago hour assemble with the circuit checks pressure level that battery pole warn that 11 volt. The car is able to transport the inventory in the area where can fix every straight the dot. After the car submitted completely materials and it will return to the parking area and wait (Home Position). When the car is called by users, the car mainly runs on delivery of new. Along the way, if there are any trammel pathway in front phase 40 cm wait until the bus stops, those obstacles are removed from passageway. This system shows that it is able to save energy in the battery. Therefore, the cost of a battery charger is just only 40 baht per day. Economic analysis shows significantly the automatic guide vehicle can be used to transport materials in factories and replace human labor.

Keyword: automatic guide vehicle, Economics analysis

1. บทนำ

นโยบายส่งเสริมการลงทุนเป็นมาตรการหนึ่งในการดึงดูดนักลงทุนจากต่างประเทศ ให้อุตสาหกรรมขนาดใหญ่เข้ามาดำเนินกิจการ โดยใช้ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตเพื่อส่งออก ผู้ประกอบการจะได้รับสิทธิประโยชน์ด้านภาษีอากร มีอุตสาหกรรมหลายประเภทย้ายฐานของการผลิตเข้ามาตั้งโรงงาน เฉพาะอุตสาหกรรมยานยนต์ สร้างรายได้ให้กับประเทศไทยในสายการผลิตของยานยนต์มีขั้นตอนลำเลียงวัสดุจากคลังเก็บอะไหล่ชิ้นส่วนต่าง ๆ ไปส่งตามสถานีเพื่อให้พนักงานแต่ละแผนกประกอบเป็นรถยนต์ รถจักรยานยนต์ ซึ่งการลำเรียงวัสดุในโรงงานยุคแรกใช้แรงงานคนเข็นรถบรรทุกอุปกรณ์ไปส่งตามจุดต่าง ๆ ใช้คนงานหลายคนสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง บางครั้งล่าช้าและส่งของผิดที่ ในสถานประกอบการบางบริษัทก็หันมาใช้เครื่องจักรแทนกำลังงานคนซึ่งรถ Automatic Guide Vehicle (AGV) ขนส่งนั้น ก็เป็นส่วนหนึ่งที่ถูกเอาเข้ามาทดแทนแรงงานคนได้ในบางส่วนงาน

จากที่กล่าวมาข้างต้นประกอบกับทางสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าได้มีโครงการสหกิจศึกษา ได้ส่งนักศึกษาออกฝึกงานตามบริษัทต่างๆ ซึ่งทางบริษัท วาย เอส ภัณฑ์ จำกัด ก็เป็นบริษัทหนึ่งที่นักศึกษาเข้าฝึกในส่วนงานซ่อมบำรุง และทางบริษัทได้ผลิตชิ้นส่วนอะไหล่ยานยนต์และท่อไอเสีย และในสายการผลิตก็ใช้รถ AGV เข้ามาเกี่ยวข้องในการขนส่งวัสดุในโรงงาน การศึกษารถ AGV ก็น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่ง [1],[7]-[8] และจากรถขนาดเล็กขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ ประกอบด้วยหัวรถลากจูงกับกระบะบรรทุกของที่มี ขอพ่วงสำหรับเกี่ยวลากจูงกระบะบรรทุกของให้วิ่งตามเส้นแถบสี รับ-ส่งวัสดุอุปกรณ์ตามสถานีรายทาง โดยปลดขอปล่อยกระบะบรรทุกของแล้ววิ่งกลับไปจอดรอเพื่อลากจูงกระบะมาใหม่ตลอดเวลา

จากแนวคิดดังกล่าวจึงได้มีการศึกษารถขนส่งวัสดุในโรงงาน AGV_1 ขึ้น และทำการศึกษารถขนส่งวัสดุในโรงงานขึ้น AGV_2 เพื่อจะปรับปรุงระบบควบคุมการเดินรถใหม่ หลังจากปลดกระบะบรรทุกของแล้วหัวรถลากจูงจะวิ่งกลับมาจอด ที่ตำแหน่ง home position เมื่อมีผู้ต้องการเรียกใช้งาน จะกดรีโมทเรียกใช้รถด้วยสัญญาณวิทยุมีสถานีส่งของ 4 สถานี ทั้งนี้เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า มิให้วิ่งรถเปล่า และช่วยลดชั่วโมงทำงาน นอกจากนี้ยังปรับปรุงขอเกี่ยวพ่วงกระบะ

2. การออกแบบรถขนส่งวัสดุในโรงงาน

2.1 การออกแบบหาขนาดของมอเตอร์

การหาขนาดของมอเตอร์ที่ในการขับเคลื่อนโดยที่น้ำหนักของรถขนส่งวัสดุในโรงงานมีน้ำหนัก 60 กิโลกรัม และรถกระบะบรรทุกมีน้ำหนัก 10 กิโลกรัม

1) จากสมการแรงเสียดทานสถิต [10]

จากสมการ $$F_{fric} = \mu_s \times f \qquad (1)$$

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน สูตร $\sum F = ma$

$$F - F_{fric} = ma$$

$$F - \mu_s f = ma$$

เมื่อ $$f = W = mg$$

เมื่อน้ำหนักของรถรวมกับน้ำหนักของรถกระบะบรรทุก

$$m = 70Kg$$

$$f = 70Kg \times 9.81 m/s^2$$

จะได้ $$= 686.7N$$

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

ลำดับ	แรงเสียดทาน	หน่วย (นิวตัน)
1	แรงเสียดทานบนพื้นทั่วไป	0.8
2	แรงเสียดทานของล้อ	0.015
3	แรงเสียดทานอากาศ	0.02
4	แรงเสียดทานของแบริ่ง	0.006

R_n = แรงเสียดทานทั่วไป

R_b = แรงเสียดทานของล้อ

R_r = แรงเสียดทานอากาศ

R_a = แรงเสียดทานของแบริ่ง

จากสมการ $\mu_s = R_n + R_b + R_r + R_a$ (2)

$= 0.8 + 0.015 + 0.02 + 0.006$

$= 0.841\ N$

$F_{fric} = 0.841 \times 686.7$

$= 577.5N$

2) จากมอเตอร์กระจกไฟฟ้า 12V มีแรงบิด 4.85 Nm อัตราเร็วเฟืองตัวตาม 90 รอบต่อนาที จำนวนเกลียวที่อยู่บนเฟืองหนอน 7 ปาก จำนวน ฟันบนเฟืองตัวตาม 65ฟัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อยางเท่ากับ 12 เซนติเมตร

จากสมการ [4] $N_1G = N_2Z$

อัตราเร็วของเฟืองหนอน $N_1 = \frac{90 \times 65}{7}$

= 835.7 รอบต่อนาที

สมการ[3] กำลังมอเตอร์ $(P) = \frac{2\pi TN_2}{60}$ (3)

จากสมการ หากำลังมอเตอร์ได้

$P = \frac{2\pi \times 4.85 \times 90}{60}$

= 45 วัตต์

สมการ แรงบิดที่เฟืองทด $\frac{T_2}{T_1} = \frac{N_1}{N_2}$ *(4)*

จากสมการ หาแรงบิดที่เฟืองทด

$T_2 = \frac{N_1}{N_2} \times T_1$

$= \frac{835.7}{90} \times 4.85$

= 45 Nm

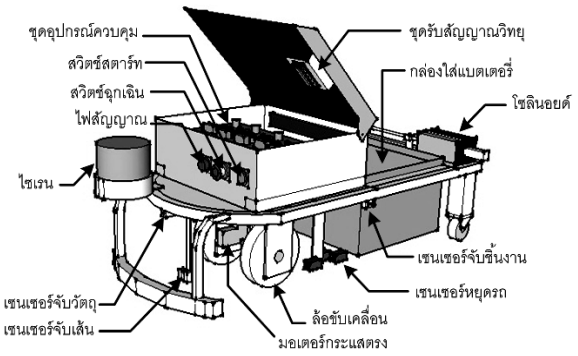
จากสมการ $T_2 = F_2 \times r_2$

$F_2 = \frac{45\ Nm}{0.06\ m}$

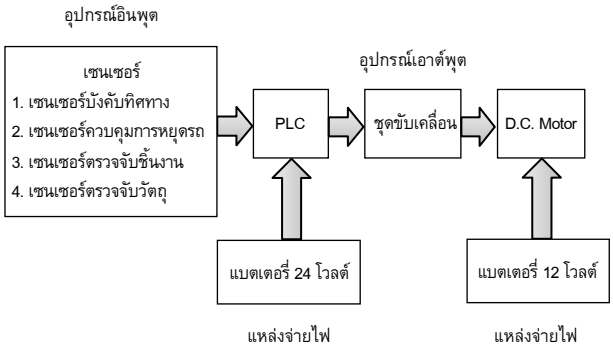
= 750 N

แรงที่ใช้ในการฉุดรถต้องมากกว่า 577.5 N ซึ่งแรงของมอเตอร์หนึ่งตัวเท่ากับ 750 N แต่ใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนสองตัวจะได้แรงเท่ากับ 1500 N ดังนั้นจึงเลือกใช้มอเตอร์กระจกไฟฟ้ามาเป็นตัวขับเคลื่อน

3. รายละเอียดรถขนส่งวัสดุในโรงงาน ด้านฮาร์ดแวร์ของรถ AGV



รูปที่ 1 รถขนส่งวัสดุในโรงงาน



รูปที่ 2 หลักการทำงานของรถขนส่งวัสดุในโรงงาน

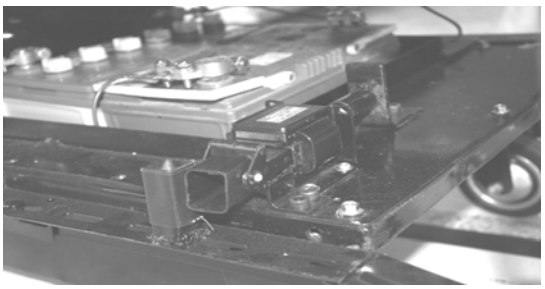
จากรูปที่ 2 เป็นหลักการทำงานของรถขนส่งวัสดุในโรงงานจะมีอุปกรณ์อินพุตซึ่งประกอบด้วยเซนเซอร์บังคับทิศทางทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของรถขนส่งวัสดุให้วิ่งตามเส้น เซนเซอร์ควบคุมการหยุดรถทำหน้าที่ตรวจจับเส้นเพื่อให้รถขนส่งวัสดุหยุดในตำแหน่งที่เรากำหนดไว้ เซนเซอร์ตรวจจับชิ้นงานทำหน้าที่ตรวจจับชิ้นงานเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์และโซลินอยด์ และเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ จะทำหน้าที่ตรวจจับวัตถุด้านหน้าของรถ ซึ่งจากการทำงานของเซนเซอร์ทั้งสี่ตัวนี้จะส่งสัญญาณไปยังพีแอลซี เพื่อไปควบคุมการทำงาน ชุดขับเคลื่อนของมอเตอร์ทั้งสองตัวให้ทำงานตามที่กำหนด

4. ผลการทดสอบ

รูปที่ 3 รถขนส่งวัสดุในโรงงานอุตสาหกรรมที่สร้างขึ้นและสนามทดสอบ

จากรูปที่ 3 เป็นการจำลองการทดสอบรถขนส่งวัสดุในโรงงานที่จำลองให้มีห้องสี่เหลี่ยมโล่ง มีแถบสีดำเป็นกรอบและมีแถบสีขาวอยู่ภายในซึ่งใช้เป็นเส้นทางการวิ่งของรถโดยมีสถานีปฏิบัติงานในการรับและส่งวัสดุที่บรรทุกให้ตรงตามสถานีทั้งหมด 4 สถานี แล้วรถขนส่งวัสดุยังสามารถเข้าไปจอดที่จุดจอดได้เมื่อไม่มีการเรียกใช้งาน

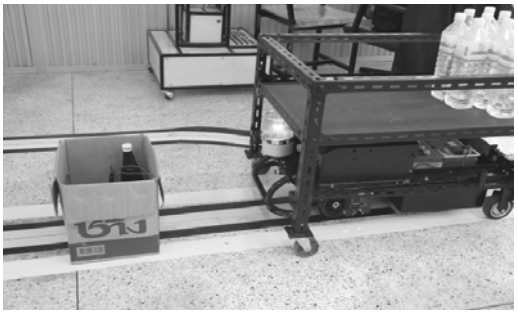
รูปที่ 4 ตัวรถที่ใช้เหล็กกล่องทำเป็นโครงสร้าง



รูปที่ 5 ลักษณะการเกี่ยวของโซลินอยด์กับกระบะบรรทุก

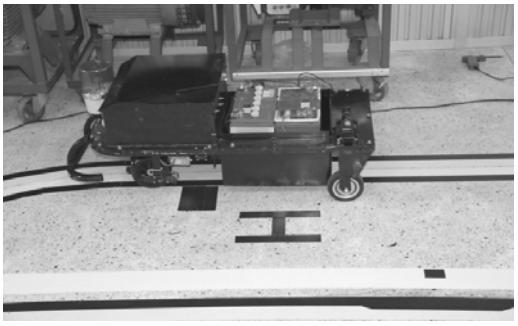
รูปที่ 6 การปลดตะขอเกี่ยวกระบะบรรทุกเมื่อถึงสถานีปฏิบัติงาน

จากรูปที่ 6 แสดงการปลดตะขอเกี่ยวกระบะบรรทุกเมื่อถึงสถานีปฏิบัติงาน และจอดตามสถานี 1 ถึงสถานี 4 ตามการสั่งเรียกใช้งาน



รูปที่ 7 เมื่อมีสิ่งกีดขวางอยู่บนทางวิ่ง รถจะหยุดทันที

จากรูปที่ 7 ถ้ามีคนหรือสิ่งของขวางหน้ารถในแนวเส้นทางวิ่งในระยะ 40 เซนติเมตร รถก็จะหยุดรอจนกว่าสิ่งกีดขวางเหล่านั้นถูกนำออกพ้นเส้นทางรถก็จะวิ่งต่อไป



รูปที่ 8 การจอดที่จุดจอดเมื่อรถ AGV ส่งกระบะบรรทุกตามสถานีแล้ว

จากรูปที่ 8 หลังจากส่งวัสดุเรียบร้อยแล้วรถ AGV จะวนกลับมาจุดจอดรอ (Home Position) เมื่อมีผู้เรียกใช้รถจึงจะวิ่งออกไปรับและส่งของใหม่

4.1 การทดสอบค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์และแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 45 แอมแปร์/ชั่วโมง

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบแรงดันและกระแสไฟฟ้าขณะรับโหลดขนาดต่างๆ

kg	แบตเตอรี่		มอเตอร์ตัวที่ 1		มอเตอร์ตัวที่ 2	
	V	A	V	A	V	A
1	12	2.80	11.5	1.20	11.4	1.25
2	12	2.85	11.4	1.25	11.6	1.25
3	12	2.85	11.3	1.25	11.5	1.30
4	12	2.90	11.2	1.30	11.4	1.35
5	12	2.90	11.0	1.30	11.4	1.35
6	12	2.95	10.9	1.35	11.2	1.40
7	12	2.95	10.9	1.35	11.2	1.40
8	12	3.00	10.8	1.40	10.9	1.45
9	12	3.10	10.7	1.50	10.8	1.45
10	12	3.20	10.6	1.55	10.7	1.50

หมายเหตุ : มอเตอร์ตัวที่ 1 ด้านซ้าย, มอเตอร์ตัวที่ 2 ด้านขวา

4.2 การทดสอบสมรรถนะของรถขนส่งวัสดุในโรงงาน

การทดสอบจะใช้แบตเตอรี่ที่ชาร์จแล้วประมาณ 12 โวลต์ และมีวงจรเตือนระดับแรงดันแบตเตอรี่ ตั้งไว้ที่ระดับ 11.0 โวลต์ โดยจะทดสอบวิ่งรถเปล่า และบรรทุกวัสดุที่มีน้ำหนัก 10 กิโลกรัมไปเรื่อยๆ จนกว่าจะมีการเตือนของระดับแรงดันที่ต่ำกว่า 11.0 โวลต์

ตารางที่ 3 การทดสอบสมรรถนะของรถเปรียบเทียบกับขนาดของโหลดต่างๆ

สถานะการทดสอบ	จำนวนรอบ	เวลา (ชั่วโมง)	ระยะทาง (เมตร)
1. รถ AGV ไม่ลากกระบะบรรทุกของ	270	5.35	5,076
2. รถ AGV ลากกระบะบรรทุก โดยที่ วัสดุมีน้ำหนัก 10 กิโลกรัม	215	4.40	4,042

หมายเหตุ : ระยะทาง 18.8 เมตรต่อหนึ่งรอบ

จากการทดลองให้น้ำหนักบรรทุกมากกว่า 10 กิโลกรัม ปรากฏว่ารถยังสามารถส่งวัสดุได้ตามจุด จึงทำการทดลองให้กระบะบรรทุกวัสดุน้ำหนักประมาณ 60 กิโลกรัม รถ AGV ก็ยังส่งวัสดุได้ตามจุด ถ้าหากมีการเพิ่มโหลดขึ้นไปเรื่อย ผลกระทบคือ รถ AGV จะวิ่งช้าและกินกระแสมอเตอร์สูง ชุดอุปกรณ์ควบการทำงานของมอเตอร์ก็ร้อนเร็วมาก ถ้าหากวิ่งติดต่อเป็นเวลานานเกินไป จะทำให้อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์เสียหายได้ ซึ่งในการชาร์จแบตเตอรี่แต่ละครั้งใช้งานได้นาน 4.40 ชั่วโมง ก็จะมีผลต่อการชาร์จแบตเตอรี่ก็จะเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

4.3 ผลการเปรียบเทียบผลการทดลองของรถ AGV_01 กับ รถ AGV_02

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบของรถ AGV_01 กับ รถ AGV_02

รายการ	รถ AGV_01	รถ AGV_02
1.ตำแหน่งจอดรอ	ไม่มี	มี
2. ขอเกี่ยว	ใช้โซลินอยด์ 2 ตัว	ใช้โซลินอยด์ 1 ตัว

รายการ	รถ AGV_01	รถ AGV_02
4. เซ็นเซอร์หยุดรถตามสถานี	ใช้ 1 ตัว	ใช้ 5 ตัว
5. ชุดรีโมท	ไม่มี	มี
6. จุดส่งวัสดุ	2 สถานี	4 สถานี สามารถเลือกสถานีได้
7. กระแสขณะรับโหลด 10 kg	3.7 แอมป์	3.20 แอมป์
8. ชาร์จแบตเตอรี่เต็มทดลองวิ่งจนแบตเตอรี่หมด	4.25ชั่วโมง ได้ระยะทาง 3,468 เมตร	4.40 ชั่วโมง ได้ระยะทาง 4,042 เมตร
9. การชาร์จแบตเตอรี่	2 ครั้ง ต่อวัน	1 ครั้ง ต่อวัน

จากตารางที่ 4 แสดงผลของการเปรียบเทียบการใช้งานของรถขนส่งวัสดุในโรงงาน รถ AGV_02 สามารถเรียกใช้งานโดยการกดรีโมทและมีจุดโฮมเพื่อประหยัดพลังงาน ส่วนรถ AGV_01 จะวิ่งตามเส้นทางไปเรื่อย ๆ ทำสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยเสียเปล่าจากที่รถ AGV_02 ใช้มอเตอร์ที่มีขนาดเล็กกว่ารถ AGV_01 ทำให้กินกระแสน้อยกว่า และมีระยะเวลาทำงานได้นานกว่าด้วยในการชาร์จแบตเตอรี่ในแต่ละวันรถ AGV_02 จะชาร์จ 1 ครั้ง ส่วนรถ AGV_01 จะชาร์จแบตเตอรี่ 2 ครั้ง

เปรียบเทียบรถ AGV กับแรงงานคน

ตารางที่ 5 รายละเอียดของรถ AGV

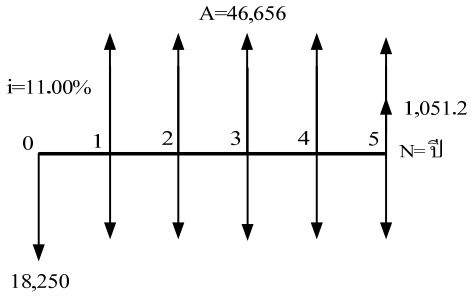
ราคารถ AGV	18,250.00 บาท/คัน
ค่าชาร์ตแบตเตอรี่	11,520.00 บาท/ปี
ค่าบำรุงรักษารถ AGV	2,000.00 บาท/ปี
ค่ามูลค่าซาก	1,051.20 บาท/ปี
ค่าแรงงานคนขั้นต่ำ	46,656.00 บาท/ปี

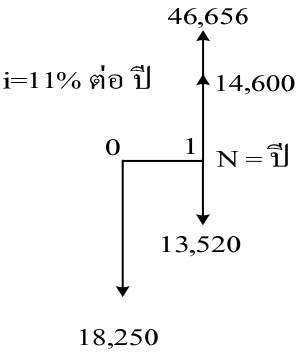
ตารางที่ 5 สรุปเปรียบเทียบรถ AGV กับแรงงานคนกับค่าชาร์ตแบตเตอรี่ ค่าบำรุงรักษารถ AGV ค่ามูลค่าซาก ค่าแรงงานคนขั้นต่ำเทียบต่อการใช้งาน 1 ปี

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

หมายเหตุ: อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ 11.00% [5]

เขียน Cash flow Diagram ได้ดังนี้





Pw = {(46,656 +14,600 – 13,520)

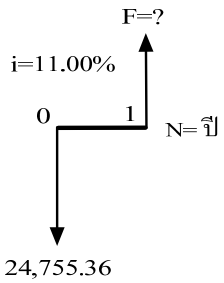
(P/F,11%,1)} - 18,250

= (46,656+14,600 – 13,520) (0.9009) – 18,250

= 24,755.36 บาทต่อปี

สรุป ระยะเวลาคืนทุนอยู่ในปีที่ 1

หามูลค่าอนาคต เพื่อหาจุดคุ้มทุน ได้ดังนี้ [6]



FW = 24,755.36(F/P,11%,1)

= 24,755.36(1.1100)

เพราะฉะนั้น จะได้ 27,478.45 บาท/ปี

ดังนั้น $\frac{27,478.45}{12}$ = 2,289.87 บาท/เดือน

จะได้จุดคุ้มทุนเท่ากับ $\frac{18,250}{2,289.87}$ = 8 เดือน

หรือการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเชิงเศรษฐศาสตร์อีกแบบได้ดังนี้

การหาค่าแรงงานคนขั้นต่ำ

จากข้อมูลกระทรวงแรงงาน อัตราค่าแรงขั้นต่ำจังหวัดตากปี พ.ศ 2554 เท่ากับ 162 บาท ใน 1 วัน หรือ 8 ชั่วโมง ดังนั้นใน 1 วัน จะเสียค่าแรงงานคนเท่ากับ 162 บาทต่อวัน หรือต่อ 8 ชั่วโมง ถ้าทำงานเดือนละ 24 วัน จะได้เดือนละ 3,888 บาท

ดังนั้นแรงงานหนึ่งคนจะได้ค่าแรงขั้นต่ำเท่ากับ 46,656 บาทต่อปี

การหาค่าชาร์ตแบตเตอรี่

จากข้อมูลร้านเจียสวัสดิ์ค่าไฟฟ้าที่ประจุแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 45 แอมแปร์/ชั่วโมง เท่ากับ 40 บาทต่อ 1 ลูก การชาร์จแบตเตอรี่จะทำการชาร์จวันละหนึ่งครั้ง จะเสียค่าใช้จ่าย 40 บาทต่อวัน

ดังนั้นเมื่อเทียบกับแรงงานคนใน 1 เดือนจะทำการชาร์จแบตเตอรี่ 24 ครั้ง จะเสียค่าใช้จ่ายต่อเดือนประมาณ 40×24 = 960 บาทต่อเดือน และจะได้ 11,520 บาทต่อปี

5. สรุปผลการดำเนินวิจัย

จากการทดสอบรถขนส่งวัสดุในโรงงานมีผลการทดสอบดังนี้ รถขนส่งวัสดุในโรงงานวิ่งด้วยความเร็ว 1.447 กิโลเมตร/ชั่วโมง สามารถลากวัสดุบรรทุกบนกระบะได้ 10 กิโลกรัม ทดสอบส่งวัสดุได้ 4 สถานีโดยการเลือกใช้งานด้วยรีโมทแล้วพอส่งวัสดุตามสถานีต่างๆ เสร็จแล้วรถขนส่งวัสดุในโรงงานจะวิ่งเข้าไปจอดยังจุดจอด โดยการทดสอบส่งวัสดุแล้วให้รถวิ่งเข้าไปยังจุดจอดทำการทดสอบสถานีละ 10 ครั้ง พบว่ารถขนส่งวัสดุส่งวัสดุแล้วเข้าไปยังจุดจอดได้ทุกครั้ง กรณีที่มีคนกดรีโมทเรียกใช้รถขนส่งวัสดุแล้วไม่มีกระบะบรรทุกให้ลาก รถขนส่งวัสดุในโรงงานจะวิ่งวน 1 รอบแล้วจะกลับเข้าไปยังจุดจอด ในขณะรถขนส่งวัสดุในโรงงานทำงานอยู่ ถ้ามีการเรียกใช้ซ้ำรถขนส่งวัสดุจะไม่รับคำสั่งจนกว่ารถขนส่งวัสดุจะเข้าไปยังจุดจอดเพื่อทำการรีเซ็ตโปรแกรมก่อน แล้วถ้ามีคนหรือสิ่งของขวางหน้ารถในแนวเส้นทางวิ่งในระยะ 40 เซนติเมตร รถก็จะหยุดรอจนกว่าสิ่งกีดขวางเหล่านั้นถูกนำออกพ้นเส้นทางรถก็จะวิ่งต่อไป ในการชาร์ตแบตเตอรี่แต่ละครั้งสามารถใช้งานได้ประมาณ 4 ชั่วโมง 40 นาที คิดเป็นระยะทางได้ประมาณ 4,042 เมตร และเมื่อแบตเตอรี่ลดเหลือประมาณ 11 โวลต์ มีสัญญาณเตือนดังขึ้น เพื่อให้ผู้ควบคุมทำการหยุดรถและนำแบตเตอรี่ไปชาร์จใหม่เนื่องจากระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ต่ำกว่า 11 โวลต์จะทำให้เซลล์ของแบตเตอรี่เสื่อมเร็วจนไม่สามารถประจุไฟได้อีก

จากบทสรุปที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่ารถขนส่งวัสดุในโรงงานสามารถนำมาใช้ทดแทนแรงงานคนได้และสามารถพัฒนาและประยุกต์ใช้งานได้เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กวินธร สัยเจริญ. *การหาปริมาณการขนส่งชิ้นส่วนโซ่รถจักรยานยนต์ที่เหมาะสมโดยใช้รถ AGV.* กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.

[2] ครรชิตพล จำแนกนิตย์และนิสิทธิ์ หวังกุศล, *รถเก็บลูกกอล์ฟควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล*, วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต.สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก, 2551.

[3] ความเร็วของเฟือง. (2554, พฤษภาคม 20) [ระบบออนไลน์], www.sangtawan.org/New_detail.aps

[4] ไชยชาญ หินเกิด, *เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง*, พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ; สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2548.

[5] ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน), *อัตราดอกเบี้ยเงินกู้* (Online), 2011. Available: http://www.scb.co.th (2554 มิถุนายน 30)

[6] ไพบูลย์ แย้มเผื่อน, *เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.* กรุงเทพฯ; ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548

[7] วรพล ฉิมม่วง และบรรหาญลิลา. (2554, พฤษภาคม 15) *การออกแบบการขนถ่ายวัสดุในกระบวนการผลิตโดยใช้รถ AGV.* [ระบบออนไลน์], www.eng.buu.ac.th

[8] วสันต์ และคณะ. *รถขนส่งวัสดุในโรงงานอุสาหกรรม,* วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก, 2553.

[9] อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ ปี 2554.(2554,พฤษภาคม 15) www.oknation.net/blog/eec/2011/02/22/entry-3

[10] ศรีธน วรศักดิ์โยธิน, *ฟิสิกส์ 1.* กรุงเทพฯ; ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2546

[11] AGV of Aichikikai, Japan(2011,may.15) (Online) Available:http:// www.aiki-tcs.co.jp

[12] MITSUBISHI ELECTRIC CORP, *Programming Manual: Enhanced Fx Series,* Japan, Mitsubishi Electric corp,1990