รถไฟฟ้า

(ELECTRIC VEHICLE)

โดย

นายนรินทร์ ศีชัยวัฒน์

ศิลปนิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศิลปบัณฑิต

ภาควิชาออกแบบผลิตภัณฑ์

คณะบัณฑิตศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2532

วิทยานิพนธ์
ห้าม
นำออกนอกห้องสมุด

คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้นับศิลปนิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิต

(นายนิรันดร์ ไกรฤกษ์)

คณบดี คณะมัณฑนศิลป์

คณะกรรมการตรวจศิลปนิพนธ์

(นายอภิสิทธิ์ ใส่ศิตรูไกล)

ประธานกรรมการ

(นายวิศิษฐ์ ศิริสัมพันธ์)

กรรมการ

(นายบารีอยู่ นิติสิริ)

กรรมการ

(นายประดิษฐ์ กาญจนอัครเดช)

กรรมการ

(นายเดชา เดชพิทักษ์)

กรรมการ

(นางสวเรต นิติสิริ)

กรรมการ

ผู้ควบคุมศิลปนิพนธ์

(นายอภิสิทธิ์ ใส่ศิตรูไกล)

บทคัดย่อศิลปนิพนธ์

เรื่อง

รถไฟฟ้า

ผู้เขียน นรินทร์ ลีชัยวัฒน์
เพื่อรับปริญญา ศิลปบัณฑิต (ออกแบบผลิตภัณฑ์)
ปีการศึกษา 2532
อาจารย์ที่ปรึกษา อภิสิทธิ์ ไล่ตัดรูไกล

ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีแนวโน้มของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจสูงขึ้นมาก จะสังเกตุได้ว่ามีการก่อสร้างอาคาร และโรงงานขนาดใหญ่เกิดขึ้นมากมาย อีกทั้งยังมีโครงการอาคารขนาดใหญ่ ที่รอการก่อสร้างอีกเป็นจานวนมาก เหตุผลหนึ่งของการก่อสร้างอาคารขนาดสูงใหญ่คือ ที่ดินซึ่งมีราคาแพงขึ้นทุกวัน โดยเฉพาะที่ดินในเขตทาเลธุรกิจ ซึ่งที่ดินเหล่านี้มีอยู่อย่างจากัด ภายในอาคารใหญ่ ๆ เหล่านี้มักมีหน่วยงานเล็ก ๆ รวมกันอยู่ ซึ่งอาจเป็นหน่วยงานในเครือข่ายเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน การติดต่อสื่อสารภายในเป็นสิ่งสาคัญ นอกจากการติดต่อสื่อสารโดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์ โทรสาร เครื่องคอมพิวเตอร์และอื่น ๆ แล้ว การส่งเอกสารด้วยพนักงานส่งเอกสารภายในก็เป็นสิ่งสาคัญที่จะขาดเสียมิได้ ในการส่งเอกสารแต่ละครั้งมักมีปริมาณมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของธุรกิจและจานวนพนักงานภายในอาคารนั้น ๆ นอกจากอาคารสานักงานแล้ว อาคารที่พักอาศัย หรือโรงแรมก็ยังมีกิจกรรมที่ต้องเคลื่อนย้ายสิ่งของ เช่น ถังขยะ ลังน้า กล่องกระดาษ ฯลฯ ในส่วนของโกดังสินค้าและโรงงานก็เป็นประเด็นในการพิจารณา ทั้งนี้เพราะเป็นอาคารที่มีพื้นที่กว้าง มีกิจกรรมที่ต้องขนถ่าย เคลื่อนย้ายอยู่ตลอดเวลา ที่กล่าวมา คือ ต้องการแสดงให้เห็นถึงความยุ่งยากในการปฏิบัติงาน ความไม่คล่องตัว สะดวกรวดเร็ว

แนวความคิดในการแก้ปัญหาคือการปรับปรุงรถเข็นล้อเลื่อนที่ใช้ในปัจจุบันผนวกเข้ากับเทคโนโลยี เพื่อลดภาระในการเคลื่อนย้ายกิจกรรมสิ่งของต่าง ๆ ซึ่งรถไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับใช้ภายในอาคารและขึ้นลงลิฟท์ได้ น่าจะเหมาะสมกว่าล้อเลื่อนหรือพาหนะแบบอื่น ทั้งนี้เพราะรถไฟฟ้าไม่มีควันที่เกิดจากการสันดาป เสียงไม่ดังเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ การดูแลรักษาก็ไม่ยุ่งยาก ค่าใช้จ่ายต่ำ และที่สำคัญไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษ

การหาข้อมูลเพื่อการออกแบบ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ข้อมูลจากภาคเอกสาร อันได้แก่ ความรู้เรื่องรถไฟฟ้า สัดส่วนมาตรฐานมนุษย์ ฯลฯ
2. ข้อมูลจากภาคสนาม อันได้แก่ พฤติกรรมการปฏิบัติงาน สภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงาน ความต้องการและทัศนคติต่อรถไฟฟ้า ฯลฯ

จากการวิจัยส่วนประกอบด้านเทคนิค พบว่า มีความเป็นไปได้สูง เนื่องจาก วัสดุสามารถหาได้ในประเทศ กรรมวิธีการผลิตก็ไม่ยุ่งยาก

ข้อเสนอแนะในการออกแบบคือ ควรออกแบบให้มีลักษณะทันสมัย แต่เรียบง่าย เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ และในการออกแบบครั้งต่อไปควรให้มีการสำรวจทัศนคติเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์นี้ เพื่อการปรับปรุงรูปแบบ สีสรรพ์และอื่น ๆ เพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภคอย่างมีประสิทธิภาพ

กิติกรรมประกาศ

การเขียนศิลปนิพนธ์ครั้งนี้ ข้าพเจ้าได้รับความเอื้อเฟื้ออนุเคราะห์จากบุคคลต่าง ๆ หลายท่าน ซึ่งเป็นที่มาของความสำเร็จครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ อภิสิทธิ์ ไล่ตัดรูไกล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแก่ข้าพเจ้า

ผู้ที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือในการหาข้อมูล คำสัมภาษณ์ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำศิลปนิพนธ์ครั้งนี้

ผู้เขียนข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิง ซึ่งข้าพเจ้าได้คัดลอกมาโดยมิได้ขออนุญาติ จึงขออภัยมา ณ ที่นี้

คณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรม สั่งสอน ให้ความรู้แก่ข้าพเจ้าตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

คุณ รวี หาญเผชิญ เพื่อนที่ดีที่ให้ความช่วยเหลือแก่ข้าพเจ้า

และสุดท้ายพระคุณของบิดา มารดา ที่อนุเคราะห์ทุกสิ่งทุกอย่างแก่ข้าพเจ้า

นรินทร์ ลีชัยวัฒน์

20 มิถุนายน 2533

สารบัญ

หน้าอนุมัติ	ก
บทคัดย่อ	ข
กิติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการภาพประกอบ	ช
รายการแผนภูมิประกอบ	ช
รายการงานออกแบบ	ฌ
บทนำ	
ก. นำเรื่อง	1
ข. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
ค. เหตุผลในการเลือกใช้รถไฟฟ้าเป็นแนวทางแก้ปัญหา	2
ง. ขอบเขตของการออกแบบ	2
จ. ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการออกแบบ	2
บทที่ 1	
วิธีการดำเนินงาน	3
ก. ข้อมูลภาคเอกสาร	3
- รถไฟฟ้า	3
- แบตเตอรี่	5
- ตัวต่อไฟ	6
- ตัวตัดไฟ	6
- ลักษณะด้านไฟฟ้า	7
- มอเตอร์ดันกำลัง	10

- ระบบส่งกำลัง 14
- ระบบเบรค 14
- สัดส่วนมนุษย์มาตรฐาน 17

ข. ข้อมูลภาคสนาม 18

บทที่ 2

แนวทางการออกแบบ 21

ก. หน้าที่ใช้สอย 21

ข. รูปแบบ 21

ค. ความสะดวกสบายในการใช้งาน 21

ง. กรรมวิธีในการผลิต 22

จ. วัสดุ 22

ฉ. การดูแลรักษา 22

ช. ความปลอดภัย 23

บทที่ 3

การออกแบบ

ก. หน้าที่ใช้สอย 24

ข. รูปแบบ 24

ค. ความสะดวกสบายในการใช้งาน 24

ง. วัสดุและกรรมวิธีในการผลิต 25

จ. การดูแลรักษา 26

ฉ. สรุปรายละเอียด 27

บรรณานุกรม 52

ภาคผนวก 53

รายการภาพประกอบ หน้า

ภาพที่ 1	ภาพตัวต่อไฟแบบขนกัน	8
ภาพที่ 2	ภาพตัวต่อไฟแบบสรวม	8
ภาพที่ 3	ภาพตัวต่อไฟแบบเลื่อน	9
ภาพที่ 4	ภาพแสดงการทำงานของตัวต่อไฟ	10
ภาพที่ 5	ภาพแสดงแรงบิดที่ใช้ขับเคลื่อนที่ความเร็วต่าง ๆ	11
ภาพที่ 6,7,8	ภาพแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟชนิดต่าง ๆ	11

รายการแผนภูมิประกอบ หน้า

ภาพที่ 1 ไดอะแกรมของระบบส่ง และควบคุมกำลังในรถไฟฟ้า 4

ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงชนิดของมอเตอร์ที่ใช้ในรถไฟฟ้า 13

ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงขั้นตอนกรรมวิธีการผลิต 26

รายการงานออกแบบ	หน้า
ภาพถ่ายงานเขียนแบบแผ่นที่ 1	41
ภาพถ่ายงานเขียนแบบแผ่นที่ 2	42
ภาพถ่ายงานเขียนแบบแผ่นที่ 3	43
ภาพถ่ายงานเขียนแบบแผ่นที่ 4	44
ภาพถ่ายงานเขียนแบบแผ่นที่ 5	45
ภาพถ่ายงานเขียนแบบแผ่นที่ 6	46
ภาพถ่ายงานเขียนแบบแผ่นที่ 7	47
ภาพถ่ายงานเขียนแบบแผ่นที่ 8	48
ภาพถ่ายงานเขียนแบบแผ่นที่ 9	49
ภาพถ่ายงานเขียนแบบแผ่นที่ 10	50
ภาพถ่ายงานเขียนแบบแผ่นที่ 11	51
ภาพถ่ายหุ่นจำลอง	29

บทนำ

ก. นำเรื่อง

ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีแนวโน้มการเติบโตทางเศรษฐกิจสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว มีการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรม ดังจะเห็นได้จากการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมตามภูมิภาค อาคาร ตึกสูง ของธุรกิจแบบต่าง ๆ ก่อสร้างขึ้นอย่างมากมาย และรอการก่อสร้างอีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งเครื่องบ่งชี้ให้เห็นถึงภาวะเศรษฐกิจของประเทศ อีกทั้งรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมการลงทุน ทางด้านอุตสาหกรรม เพื่อนำประเทศไปสู่การเป็นประเทศอุตสาหกรรมใหม่ ซึ่งโรงงานที่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลได้เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก จากโรงงานขนาดเล็ก เป็นโรงงานขนาดใหญ่ ดังนั้นความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีต่าง ๆ จึงตามมารับใช้อุตสาหกรรมเหล่านี้ ซึ่งจำเป็นอย่างมากที่จะต้องใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยเหลือ เพื่อความสะดวกและลดภาระหลายด้านลงไป

ข. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การติดต่อสื่อสารในหน่วยงานและระหว่างหน่วยงาน นอกจากเครื่องมือสื่อสารที่ใช้กันอยู่ เช่น โทรศัพท์ โทรสาร เครื่องคอมพิวเตอร์ คนก็ยังเป็นเครื่องมือสื่อสารที่สำคัญอยู่นั่นเอง ในบางครั้งภาระในการทำงานก็มีมากเกินกว่าความสามารถ หรืออาจทำให้ขาดประสิทธิภาพไม่สะดวกสบายในการทำงาน และนี่คือที่มาของแนวคิดเรื่องรถไฟฟ้าขนาดเล็กที่สามารถช่วยลดภาระในการทำงาน

ค. เหตุผลในการเลือกใช้รถไฟฟ้าเป็นแนวทางแก้ปัญหา

รถไฟฟ้าจะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษ ทั้งด้านควัน กลิ่น เสียง โดยเฉพาะภายในอาคาร ปัจจัยเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นมาก ทั้งรถไฟฟ้าก็ดูแลรักษาง่าย ค่าใช้จ่ายต่ำ มีความยืดหยุ่นในการออกแบบได้มากแบบ เนื่องจากไม่ต้องรับน้ำหนักมาก เทคโนโลยีภายในประเทศในปัจจุบันสามารถผลิตได้ วัสดุอุปกรณ์สามารถหาซื้อได้ง่าย ต้นทุนการผลิตก็ไม่สูงนัก เหล่านี้เป็นปัจจัยในการเลือกใช้รถไฟฟ้า

ง. ขอบเขตของการออกแบบ

เป็นการออกแบบและผลิตหุ่นจำลองรถต้นแบบ ซึ่งใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ รถไฟฟ้าจะมีขนาดเล็กเหมาะสำหรับใช้ภายในอาคาร สามารถเข้าไปในลิฟท์ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ควบคุมการทำงานด้วยคน สามารถวิ่งบนทางเดินปกติ ทั้งพื้นยาง ซีเมนต์ และอื่น ๆ โดยต้องมีส่วนบรรทุกสัมภาระให้มากที่สุด

คำจำกัดความ "รถไฟฟ้า" ในศิลปนิพนธ์เล่มนี้ หมายถึง ยานพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อการขนส่งสิ่งของสัมภาระ และใช้เฉพาะภายในอาคาร

จ. ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการออกแบบ

รถไฟฟ้าที่มีขนาดคุณสมบัติเหมาะสมในการปฏิบัติงาน และสามารถสนองความต้องการ ความสะดวกสบายในการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นทางเลือกในการแก้ปัญหาทางหนึ่งในอนาคต

บทที่ 1

วิธีการดำเนินงาน

ในการศึกษาการออกแบบครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้รวบรวมข้อมูลด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อโครงงาน ปัญหาในการดำเนินงานคือ การหาข้อมูลจากภาคสนาม ซึ่งหัวข้อโครงงานยังไม่เป็นที่เข้าใจและรู้จักแพร่หลาย ทั้งนี้เพราะยังไม่มีผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันเปรียบเทียบ คงมีแต่ล้อเลื่อนซึ่งมีลักษณะการใช้งานที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

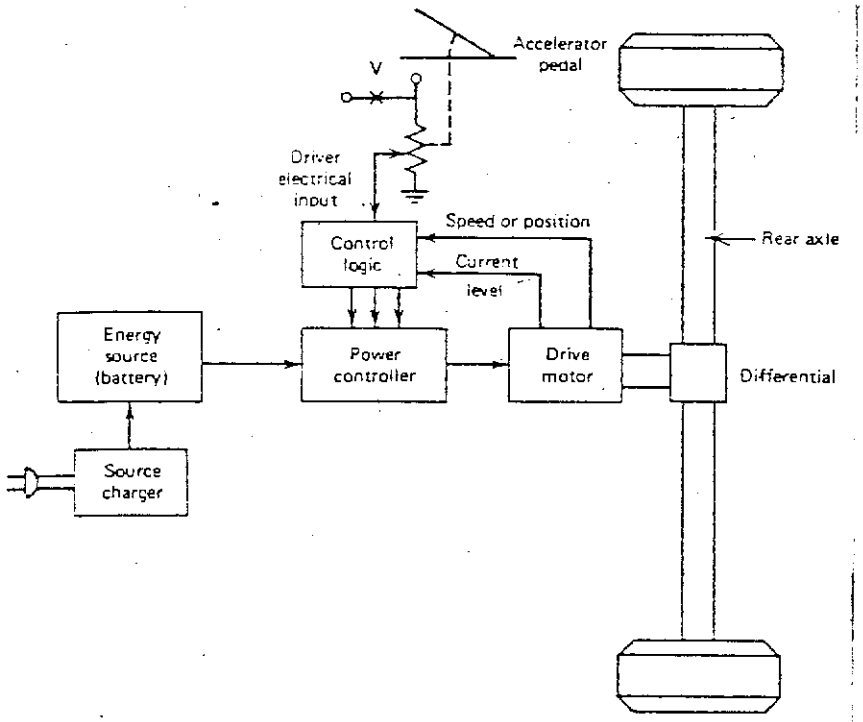
ผู้ศึกษาได้รวบรวมและแบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วน ได้แก่

ก. ข้อมูลจากภาคเอกสาร ได้แก่ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับรถไฟฟ้า สัดส่วนมาตรฐานมนุษย์ บทความต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ฯลฯ

ข. ข้อมูลจากภาคสนาม ได้แก่ การสัมภาษณ์ สังเกตพฤติกรรมการทำงาน สภาพแวดล้อม สถานที่ ฯลฯ

ก. ข้อมูลภาคเอกสาร

1. รถไฟฟ้า หลักการก็คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มาขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าต้นกำลังทำให้รถวิ่งไปได้ (เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล) รถไฟฟ้าไม่มีควันพิษ สามารถอัดไฟได้ด้วยไฟฟ้า ที่ใช้ในชีวิตประจำวันด้วยการแปลงกระแสไฟฟ้า เช่นเดียวกับการเติมน้ำมัน เมื่อน้ำมันหมด รถไฟฟ้าเร่งได้เร็วทันใจ เงียบ การดูแลรักษาง่าย ประหยัด และมักถูกออกแบบให้มีขนาดเล็ก เบา แต่อย่างไรก็ตาม ในงานเหมืองขนาดใหญ่ ก็ยังมีรถขุดไฟฟ้า ทำงานได้เช่นเดียวกัน พลังงานสำคัญคือ ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่



ไดอะแกรมของระบบส่งและควบคุมกำลังในรถไฟฟ้า

- แบตเตอรี่ แบตเตอรี่ที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ติดตั้งกับรถไฟฟ้านั้น จะต้องมีพลังงานสะสมต่อหน่วยน้ำหนักสูง (ความหนาแน่นของกำลังไฟ (วัตต์ต่อปอนด์)) และความหนาแน่นของพลังงาน (วัตต์-ชั่วโมงต่อปอนด์) สูงพอ กำลังไฟจะทำให้รถมีอัตราความเร่ง และความเร็ว ส่วนความหนาแน่นของพลังงานจะทำให้รถได้ระยะทาง เวลาการทำงาน ต่อการชาร์จไฟอีกครั้ง แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์โดยทั่วไป เป็นแบบแผ่นตะกั่วแช่ในกรดกำมะถัน ความต้องการแบตเตอรี่ที่เหมาะสมคือทำอย่างไรให้มีน้ำหนักเบาและมีคุณสมบัติดังข้างต้น แบตเตอรี่ชนิดเกลือหลอมเหลว มีคุณภาพดีที่สุด แต่ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ เพราะต้องใช้อุณหภูมิ 500 ฟ จึงจะทำงานได้ แบบสังกะสีอากาศ ไม่สามารถชาร์จไฟใหม่ได้ แบบสังกะสีคลอรีน มีความหนาแน่นของกำลังไฟและพลังงานสูงเกือบเท่าแบบเกลือหลอมเหลว แต่อุณหภูมิการทำงานต่ำเท่าอุณหภูมิบรรยากาศ ปัญหาคือ การเติมคลอรีนซึ่งเป็นอันตราย

การจัดวางแบตเตอรี่ น้ำหนักส่วนใหญ่ของรถไฟฟ้า คือ น้ำหนักของแบตเตอรี่ เหตุนี้ตำแหน่งการจัดวางจึงถูกออกแบบให้อยู่ส่วนล่างที่สุดของตัวรถ เพื่อให้จุดศูนย์ถ่วงอยู่ต่ำ ในรถไฟฟ้าที่วิ่งบนท้องถนน การวางแบตเตอรี่ไว้ใต้ที่นั่ง จะทำให้รถมีทรงสูง ทำให้มีปัญหาทางด้านพลศาสตร์ และที่สำคัญการวางแบตเตอรี่จะต้องป้องกันการกระแทก เพราะอาจทำให้แบตเตอรี่แตก กรดในแบตเตอรี่จะกระจายโดนอุปกรณ์ใกล้เคียง หรืออาจโดนคนขับ คนนั่งได้ หากวางแบตเตอรี่ไว้ด้านหน้าหรือหลัง จะทำให้การออกแบบระบบรับน้ำหนักค่อนข้างยาก เว้นแต่การวางให้สมดุลกับน้ำหนักบรรทุกและอุปกรณ์อื่นซึ่งเป็นไปได้ยาก

แบตเตอรี่ จะต้องวางในตำแหน่งที่ดูแลรักษาได้ง่าย เพราะการดูแลซ่อมบำรุงสำหรับรถไฟฟ้ามีความสำคัญมาก รถไฟฟ้าที่ถูกดัดแปลงจากตัวถังรถธรรมดาจึงดูจะไม่เหมาะสม การทำที่วางแบตเตอรี่เป็นถาด มีหูดึงเลื่อน เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด อุณหภูมิของแบตเตอรี่จะต้องพอเหมาะ หากอุณหภูมิต่ำ แบตเตอรี่จะจ่ายไฟได้น้อยลง หากถือ 80 องศาฟาเรนไฮ เป็นมาตรฐาน การจ่ายไฟจะเหลือ 70% ที่ 32 องศาฟาเรนไฮ 40% ที่ 0 องศาฟาเรนไฮ และเหลือ 0% ที่ -40 องศาฟาเรนไฮ ซึ่งอาจต้องมีระบบควบคุมอุณหภูมิ เช่น ขดลวดไฟฟ้าหรือระบบทำความเย็น

การบรรจุพลังงาน สำหรับรถไฟฟ้าจะต้องถ่ายกระแสไฟจากแหล่งจ่ายไฟโดยผ่านทางสายเคเบิ้ล ไปยังแบตเตอรี่ ตัวต่อไฟระหว่างกันมีความสำคัญมากเพราะหมายถึงประสิทธิภาพและความปลอดภัยขณะเติมพลังงาน จุดที่เชื่อมพลังงานทุกจุดในตัวรถไฟฟ้า เช่นระหว่างแบตเตอรี่กับมอเตอร์ แบตเตอรี่กับอุปกรณ์ควบคุม ล้วนเป็นจุดสำคัญทั้งสิ้น

ในการเติมพลังงานทำได้ 2 แบบ

แบบที่ 1 คือ จะมีเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสสลับในไฟบ้านเป็นกระแสตรงสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

แบบที่ 2 คือ แยกเครื่องแปลงกระแสออกจากตัวรถ ผลดีคือ ลดน้ำหนักของตัวรถ การใช้งานสะดวก เพราะสามารถถอดและเปลี่ยนแบตเตอรี่ชุดใหม่ได้ทันที ส่วนแบตเตอรี่ที่หมดกำลังแล้ว ก็สามารถวางให้ชาร์จไฟต่อไปโดยไม่ต้องจอดรอเป็นเวลานานเช่นแบบแรก จุดที่สำคัญทั้งสองแบบ คือ ปลั๊กไฟ ซึ่งเป็นจุดต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟกับแบตเตอรี่ เพราะมีกระแสไฟผ่านสูงมาก

ตัวต่อไฟกระแสตรง (DC - CONNECTOR) รวมทั้งปลั๊กไฟ โดยทั่วไปตัวต่อระหว่างแบตเตอรี่กับเครื่องอัดไฟจะเป็นแบบ 2 ขั้ว

ตัวตัดไฟ (DISCONNECTOR) ก็มีความสำคัญหากเกิดอุบัติเหตุหรือเครื่องขัดข้อง ตัวตัดไฟจะมีหน้าที่ป้องกันอุปกรณ์อื่นได้

ลักษณะทางด้านไฟฟ้า

ระบบไฟในรถไฟฟ้านั้น มีศักดาต่ำ แต่กระแสสูง ดังนั้นถ้าผิวหน้าสัมผัสใดมีความต้านทานสูง จะเกิดความร้อนมาก (I^2R) และจะลดประสิทธิภาพลง มีองค์ประกอบหลายอย่างที่ช่วยลดความต้านทานที่หน้าสัมผัสลงคือ

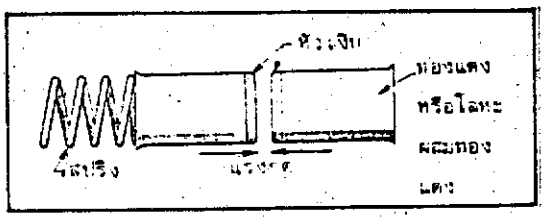
1. พื้นที่สัมผัส พื้นที่มาก ความต้านทานจะลดลง
2. วัสดุ ยิ่งใช้ตัวนำไฟฟ้าที่ดี ความต้านทานจะยิ่งน้อยลง นอกจากจะพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุในด้านการนำไฟฟ้า ยังต้องศึกษาคุณสมบัติทางเคมีว่า วัสดุนั้นจะทำปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นในบรรยากาศ ซึ่งจะทำให้เกิดฟิล์มบาง ๆ เคลือบที่ผิวสัมผัส ทำให้เพิ่มความต้านทานไฟฟ้า
3. ความสะอาดของผิวสัมผัส ยิ่งสะอาดมาก ความต้านทานก็จะลดลง
4. แรงกดของผิวสัมผัส ยิ่งกดแน่น ความต้านทานก็น้อยลง
5. จำนวนครั้งในการตัดต่อ จะต้องมีระบบป้องกันที่ดี

การตัดต่อบ่อยจะเป็นการเพิ่มความต้านทาน เพื่อทำให้ความต้านทานน้อย ผิวสัมผัสที่ต้องการแรงกดน้อยจะมีพื้นที่มาก ทำให้ต้องใช้วัสดุมากและราคาสูง ขณะเดียวกันผิวสัมผัสที่ต้องการแรงกดมาก จะใช้วัสดุน้อย แต่การตัดต่อจะทำได้ลำบากกว่า

เงินเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด ทนการกัดกร่อน แต่ราคาสูง ทองแดงชุบเงินมีคุณสมบัติดีเช่นเดียวกัน แต่ราคาทองแดงก็สูงเช่นกัน บางทีอาจใช้ทองเหลืองหรือทองแดงผสมผงเบอรี่เลี่ยมแทน แม้ความต้านทานจะสูงกว่าทองแดงบริสุทธิ์ถึง 2 เท่าก็ตาม ดีบุกและตะกั่วก็ไม่อาจนำมาใช้ได้เพราะเนื้ออ่อน และทำปฏิกิริยากับบรรยากาศ อลูมิเนียม มีค่านำไฟฟ้าเป็น 60% ของทองแดง ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้ แต่ผิวมักมีอ๊อกไซด์ฉาบเป็นฟิล์มแข็ง ซึ่งมีความต้านทานสูง

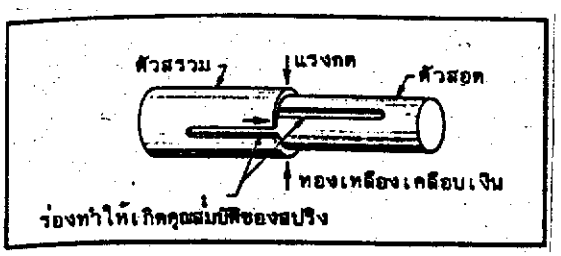
การออกแบบตัวต่อไฟมีอยู่หลายแบบคือ

1. แบบชนกัน (BUTTSTYLE) กระแสไฟผ่านผิวสัมผัสราบซึ่งถูกดันให้ชนติดกันด้วยสปริง แรงกดและสิ่งสกปรกมีผลต่อค่านำไฟฟ้าเป็นอย่างมาก เนื่องจากผิวสัมผัสเป็นแบบชนกันเฉย ๆ ไม่มีการขัดสี หาให้มีสิ่งสกปรกได้ง่าย ซึ่งสิ่งสกปรกอาจเกิดจากฝุ่นผงในอากาศ หรือเกิดจากการสป๊าตของกระแสไฟ



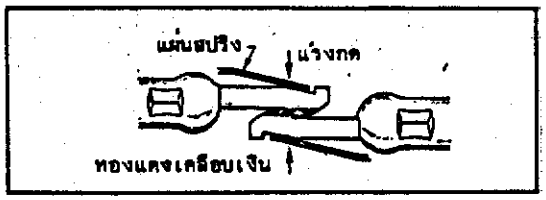
แบบชนกัน

2. แบบกระบอกสรวม (CYLINDRICAL) ความกระชับของผิวสัมผัสระหว่างตัวสรวมและตัดสอด ขึ้นอยู่กับความเป็นสปริงของตัวสรวมและตัดสอดเอง ทั้งคู่จะถูกบากเป็นร่อง เพื่อตัวสรวมบีบเข้า และตัวสอดถ่างออกตามสภาพความเป็นสปริง หากผิวสัมผัสกระชับไม่แน่นพอจะมีความต้านทานสูง และเกิดความร้อนมาก ซึ่งอาจทำให้เสียความเป็นสปริงของตัวสรวมและตัวสอด ที่ตัวสรวมอาจจะมีสปริงรัดเพื่อให้กระชับขึ้นก็ได้ ข้อดีคือในขณะเสียบหรือถอดตัวสอด สิ่งสกปรกบริเวณผิวสัมผัสจะถูกขัดออกโดยอัตโนมัติ



แบบสรวม

3. แบบเลื่อน (SLIDING) แบบนี้ ผิวหน้าสัมผัสจะสัมผัสกันแบบเส้น (LINE CONTACT) ถึงแม้ว่าวิธีนี้ พื้นที่สัมผัสจะน้อย แต่ผิวสัมผัสจะถูกสปริงแผ่น (LEAF SPRING) กดไว้แน่นมาก ทำให้ความต้านทานต่ำ ทุกครั้งที่ต่อหรือตัดสิ่งสกปรกจะถูกกวาดให้สะอาดและในขณะถอดออกเปลวสปาร์คจะเกิดที่ปลายไม่เกิดที่ผิวสัมผัส ผิวหน้าจึงสะอาดอยู่เสมอ



แบบเลื่อน

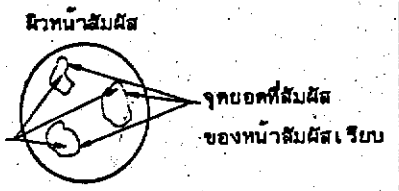
ตัวหรือเปลือกของตัวต่อไฟจะต้องสามารถทนไฟ ทนกระแทกและทนความร้อน จะต้องช่วยให้ตัวต่อไฟกระชับกันได้แน่น สามารถปลดออกได้มือเดียว วัสดุที่ใช้ทำ ได้แก่ พีวีซีพลาสติก โพลีคาร์บอเนตและยาง วัสดุเหล่านี้มีน้ำหนักเบาและรักษารูปได้ดีกว่าโลหะ โพลีคาร์บอเนตทนกระแทกได้ดีพอ ๆ กับโลหะ ถ้าใช้เป็นตัวต่อระหว่างแบตเตอรี่กับเครื่องอัดไฟ จะเหมาะสมที่สุด ส่วนการออกแบบขึ้นอยู่กับชนิดของตัวต่อ

ห้ามขีด เขียน หรือฉีก หนังสือของทองคม

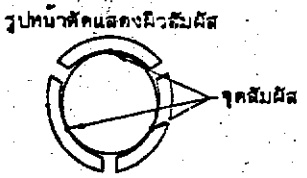
ตัวต่อไฟต่อไฟตรงใหญ่แบบ

ผิวสัมผัสถึงแม้ว่าบางทีดูเหมือนว่าพื้นที่สัมผัสมีมาก แต่ความจริงแล้วไม่ว่าผิวสัมผัสจะกลึงและขัดมาดีอย่างไร ก็ไม่มีวันที่จะสัมผัสกันได้สนิท พื้นที่สัมผัสจริง ๆ จะมีเพียงไม่กี่จุดเท่านั้น

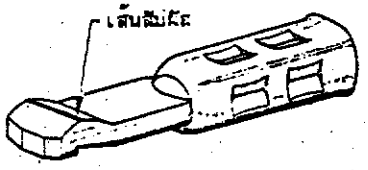
ตัวต่อแบบ "ขนกัน" กระแสจะไหลผ่านตรงบริเวณยอดของหน้าผิวสัมผัสราบเพียงไม่กี่บริเวณ เช่น 3 ดังรูป



ตัวต่อแบบกระบอกสรวม ซึ่งดูเหมือนว่าพื้นที่สัมผัสมาก ตามจริงแล้วผิวสัมผัสกันตามแนวเส้นไม่มากกว่า 3 เส้นเท่านั้น



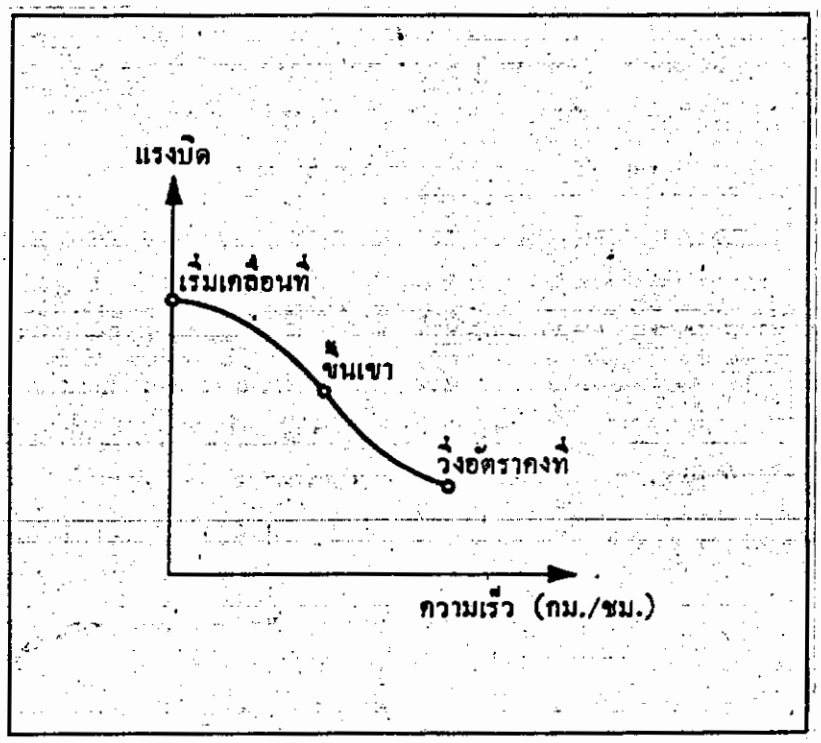
ตัวต่อแบบเลื่อน ผิวสัมผัสจะสัมผัสกันแบบเส้นเพียงเส้นเดียว ขนาดของเส้นสัมผัสสามารถกำหนดโดยการออกแบบได้



ภาพแสดงการทำงานของตัวต่อไฟ

- มอเตอร์ต้นกำลัง

ในขณะการออกตัวของรถไฟฟ้า ความเร็วและอัตราเร่งของรถไฟฟ้าเป็นองค์ประกอบสำคัญ ความต้านทานจะสูงขณะออกตัว รถไฟฟ้าจึงต้องใช้มอเตอร์ที่มีแรงบิดสูงเพื่อเอาชนะแรงต้านทาน และเมื่อรถเคลื่อนที่ แรงต้านทานจะค่อยลดลง มอเตอร์ไฟฟ้าจะต้องมีคุณสมบัติเหมาะสมและสนองความต้องการของรถไฟฟ้าได้ สำหรับรถไฟฟ้าส่วนใหญ่นิยมใช้มอเตอร์กระแสตรงต่อแบบอนุกรม ทั้งนี้เพราะแหล่งพลังงานคือแบตเตอรี่ จะเป็นกระแสตรง หาให้ง่ายต่อการออกแบบ



ภาพแสดงแรงบิดที่ใช้ขับเคลื่อนที่ความเร็วค่าต่าง ๆ

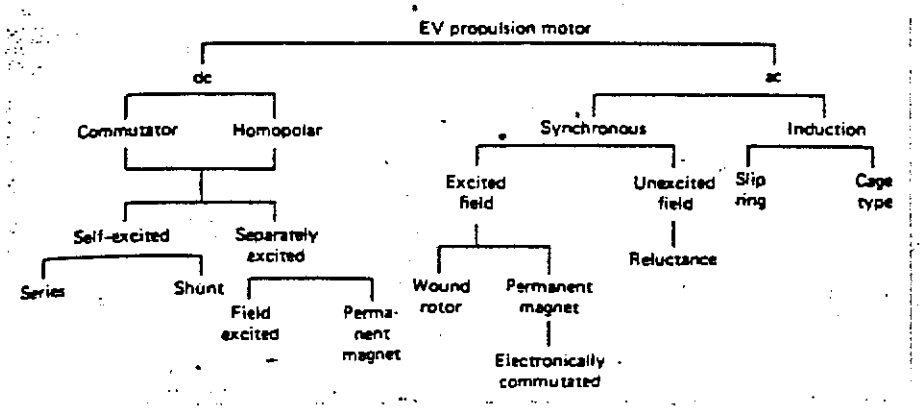
ในภายหลังได้มีการเพิ่มอุปกรณ์แปลงกระแส หาให้สามารถนำเอามอเตอร์กระแสสลับแบบอินดัคชั่น หรือแบบซิงโครนัส มาใช้ได้เช่นเดียวกัน

ภาพแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ

ทั้งมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรมและกระแสสลับทั้งสองแบบ มีคุณสมบัติที่เหมือนกัน คือ มีแรงบิดที่เกิดจากแรงผลักกันระหว่างแม่เหล็ก ต่างกันที่วิธีการเหนี่ยวนำให้เกิดแรงแม่เหล็ก ส่วนขนาดและน้ำหนักมีขนาดใกล้เคียงกัน

ข้อแตกต่างที่สำคัญคือ มอเตอร์กระแสตรง มีแปรงถ่านคอยจ่ายกระแสไฟให้ขดลวดหมุน ซึ่งอาจมีมากกว่า 1 คู่ สำหรับมอเตอร์ขนาดใหญ่ การควบคุมความเร็วมอเตอร์ทำได้โดยการปรับแรงดันระหว่างแปรงถ่าน เพื่อเพิ่มหรือลดกระแสที่ไหลในขดลวด โดยใช้ตัวต้านทานต่ออนุกรมเข้ากับวงจรหรือต่อแบตเตอรี่ที่จ่ายไฟแบบอนุกรมและขนานประกอบกันหรือต่อขดลวดเหนี่ยวนำในลักษณะที่ต่างกัน ปัจจุบันการนำอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์เข้าช่วย สามารถควบคุมความเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพและสะดวกขึ้น สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบอินดัคชั่น จะทำงานโดยอาศัยการเหนี่ยวนำระหว่างขดลวดเหนี่ยวนำและสเตเตอร์ สนามแม่เหล็กจากสเตเตอร์จะเหนี่ยวนำขดลวดเหนี่ยวนำให้หมุน วิธีนี้ง่ายและสะดวกกว่า กระแสตรงการควบคุมอาจทำได้โดยใช้อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ เช่น SCR (SILICON CONTROLLED RECTIFIER) ควบคุม ความเร็วของสนามแม่เหล็กหรือความเร็วของขดลวดเหนี่ยวนำ การควบคุมทำได้ในช่วงกว้างมาก ข้อดีของมอเตอร์กระแสสลับแบบอินดัคชั่นคือ ความกระทัดรัดและมีกำลังมากกว่า

ส่วนมอเตอร์กระแสสลับแบบซิงโครนัส จะมีสเตเตอร์แบบเดียวกับมอเตอร์กระแสสลับแบบอินดัคชั่น แต่โรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร ซึ่งจะหมุนด้วยความเร็วที่สัมพันธ์กับความเร็วของการหมุนสนามแม่เหล็กที่ขึ้นกับความถี่ของกระแสสลับที่ใช้อีกทีหนึ่ง การเพิ่มกำลังและความเร็วทำได้โดยเพิ่มแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์การควบคุมสามารถทำได้เช่นเดียวกับมอเตอร์กระแสตรง แต่ต้องมีอุปกรณ์แจ้งตำแหน่งของสเตเตอร์เพื่อส่งสัญญาณให้อุปกรณ์ความเร็วได้ปรับการจ่ายไฟให้สัมพันธ์กับตำแหน่งของสเตเตอร์ เพื่อให้ได้แรงบิดสูงสุดในกรณีรถเริ่มเคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง



ชนิดต่างๆของมอเตอร์ที่ใช้ในรถไฟฟ้า

- ระบบส่งกำลัง

แนวคิดการออกแบบ แบ่งออกเป็น 2 ทาง

1. การใช้มอเตอร์กระแสตรงที่มีอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ควบคุมแรงบิด แรงความเร็วขับดันล้อโดยตรง และไม่ต้องการระบบส่งกำลัง ทางกล ที่มีน้ำหนักมากและมีประสิทธิภาพต่ำ การใช้ระบบนี้หาให้ลดขนาดและน้ำหนักไปได้มาก

2. การใช้ระบบส่งกำลังทางกล ช่วยในขณะออกรถและขณะรถขึ้นเนิน ซึ่งต้องใช้เกียร์ทดรอบให้มีแรงบิดมาก หากใช้มอเตอร์ขับดันโดยตรง มอเตอร์จะกินกระแสมากหาให้เสียเร็ว

- ระบบเบรค

ระบบเบรคสำหรับรถไฟฟ้า สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระบบ

1. ดิสค์เบรค
2. ดรัมเบรค
3. รีเยนเนอเรตีฟเบรค

ดรัมเบรค ให้กำลังเบรคมากตามต้องการ และไม่ต้านล้อขณะวิ่ง แต่จะต้องมีอุปกรณ์ถ่างก้าม ถ้าใช้ดิสค์เบรค ซึ่งจะให้กำลังเบรคเท่ากัน จะมีน้ำหนักเบากว่า และยังไม่มีเบรคจางซ่อมบำรุงง่าย สำหรับรถไฟฟ้าที่มีล้อขนาดใหญ่ ดิสค์เบรคจะเหมาะสมมากกว่า ก้ามของดิสค์เบรคถ่างออกได้เอง โดยอาศัยไอ-ริง ที่ใส่อยู่ที่ลูกสูบ ก้ามดิสค์จะถอนมากหรือน้อยตามความแน่นของไอริง ความกว้างของร่องและขนาดหน้าตัด

นอกจากดิสค์เบรคและดรัมเบรคแล้ว เบรคโดยการเปลี่ยนพลังงานที่มีอยู่ของรถให้พลังงานความร้อน ซึ่งเป็นการสูญเสียทั้งหมด รีเยนเนอเรตีฟเบรคในขณะเบรค ตัวมอเตอร์จะทำงานเป็นเยนเนอเรเตอร์ ปั่นไฟกลับเข้าแบตเตอรี่ แต่จะต้องมีอุปกรณ์ควบคุมการอัดไฟ

มค.
1/03
2532
004

อุปกรณ์ที่ควบคุมยากที่สุด ได้แก่ อุปกรณ์มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ รองลงมาเป็นมอเตอร์กระแสตรง และมอเตอร์ซิงโครนัสรีลัคแตนซ์ มีโรเตอร์เป็นแบบจานตามทฤษฎี รีเยนเนอเรตีฟเบรค สามารถดึงพลังงานที่สูญเสียโดยปล่าวประโยชน์กลับมาใช้งานได้อีก 10-40% ซึ่งความเป็นจริงทำได้สูงสุด 12% และเฉลี่ย 3-4% เท่านั้น ส่วนข้อดีอีกอย่างหนึ่งของรีเยนเนอเรตีฟเบรคคือ สามารถป้องกันอิเลคโตรไลท์ไม่ให้แยกชั้นเป็นกรดต่าง ๆ ในตัวแบตเตอรี่ ทำให้แบตเตอรี่อัดและจ่ายไฟได้ดียิ่งขึ้น และใช้ได้นาน

รถไฟฟ้า MAR II ของอิเลคทริคฟูเอลโพรพัลชั่นดีทรอยด์ ใช้เครื่องปั่นไฟ (ALTERNATOR) ติดกับตัวมอเตอร์โดยตรง พอถอนคันเร่ง เครื่องปั่นไฟจะทำงานทันที ซึ่งทำให้คนขับมีความรู้สึกแบบเดียวกับการขับรถยนต์ธรรมดา และช่วยลดระยะเวลาในการอัดไฟด้วย

- แรงต้านพลศาสตร์ (AERODYNAMIC DRAG) เป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดสำหรับรถไฟฟ้า พลังงานที่สูญเสียไปกับแรงต้านทานเป็นสัดส่วนกับสัมประสิทธิ์แรงต้าน (DRAG COEFFICIENT) พื้นที่ด้านหน้าและความเร็วรถ ความเร็วรถเป็นส่วนสำคัญแต่ไม่สามารถลดพลังงานที่สูญเสียนี้ไปได้ นักออกแบบจึงมักออกแบบรถที่ไม่จำเป็นต้องใช้ความเร็วมาก เช่น รถบนส่งสินค้าในเมือง รถโดยสารขนาดใหญ่ และขนาดปานกลาง องค์ประกอบลำดับต่อมาคือ พื้นที่ด้านหน้า ซึ่งก็เป็นปัญหาเพราะเป็นข้อจำกัดในการจัดที่นั่งสำหรับคนขับ สัมประสิทธิ์ของแรงต้านลม (DRAG COEFFICIENT) จะบ่งถึงแรงต้านรถที่เกิดจากลมรถที่มีรูปด้านหน้าตัดแบบตั้งฉากกับแรงลม จะมีสัมประสิทธิ์แรงต้านลมสูงถึง 1.7 หากรถที่ถูกออกแบบอย่างดีจะมีค่าต่ำเพียง 0.05 วิธีการลดสัมประสิทธิ์แรงต้านลมง่าย ๆ วิธีหนึ่งก็คือ การปิดท้องรถไฟฟ้าด้านหน้าด้วยแผ่นโลหะเรียบ ซึ่งจะลดสัมประสิทธิ์แรงต้านลม 17% การปิดท้องรถด้านหลังเพียง 2/3 ของพื้นที่ทั้งหมด ก็สามารถลดสัมประสิทธิ์นี้ได้มากทีเดียว

008492

- แรงต้านทานจากอุปกรณ์ (CHASSIS LOSSES) ประกอบด้วยพลังงานที่สูญเสียไปกับล้อรถ ลูกปืน (แบริ่ง) และระบบส่งกำลัง การสูญเสียนี้ 85% จะเสียไปกับล้อ

13 ธ.ค. 2534
วิทยาลัยพยาบาล

ระบบล้อที่เสียพลังงานน้อยที่สุดคือ ล้อเหล็กวิ่งบนรางเหล็ก การใช้ยางเรเดียลที่หน้ายางแข็งเป็นพิเศษ (BELTED RADIAL TYRE) จะลดการสูญเสียพลังงานกับล้อถึง 20% ยางที่มีแรงเสียดทานน้อย จะมีความสึกหรอน้อยตามไปด้วย ยางที่ได้เปรียบเรื่องแรงเสียดทาน และการสึกหรอจะเสียเปรียบทางด้านการทรงตัวและรถไฟฟ้าที่มีความเร็วต่ำก็ตัดปัญหานี้ไปได้

- แรงเฉื่อย เป็นการสูญเสียพลังงานจากการจอด ๆ วิ่ง ๆ เป็นพลังงานที่ต้องเสียไปในจังหวะเร่ง คือ การเร่งให้รถวิ่งไปข้างหน้า และเร่งให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ หมุน เช่น ล้อ มอเตอร์ อามาเจอร์

สัดส่วนมนุษย์มาตรฐาน

การออกแบบผลิตภัณฑ์สิ่งที่สำคัญที่สุดสิ่งหนึ่ง คือการออกแบบให้มนุษย์ใช้งานผลิตภัณฑ์นั้นได้อย่างสะดวกสบาย การออกจึงต้องคำนึงถึงสัดส่วนมนุษย์เป็นหลัก สำหรับมาตรฐานในการออกแบบครั้งนี้จะใช้ค่าเฉลี่ยจาก COURTESY OF HENRY DREYFUSS AND THE WHITNEY LIBARY OF DESIGN , THE MEASURE OF MAN (NEW YORK, 1967)

ก. ผู้ชาย (หน่วยเป็นเซนติเมตร)

	ชายร่างใหญ่	ชายร่างเล็ก
1. ความสูง	175.51	163.57
2. แขนยาง	72.39	67.31
3. ระยะจุดหมุนจากไหล่ถึงข้อศอก	28.19	26.16
4. ระยะจุดหมุนจากข้อศอกถึงข้อมือ	25.15	23.87
5. ระยะขายาว	92.96	86.11
6. ระยะต้นขาถึงหัวเข่า	42.67	39.88
7. หัวเข่าสูงจากพื้น	50.29	46.23
8. ระยะหัวเข่าถึงข้อเท้า	41.40	38.61
9. ไหล่กว้าง	45.47	41.15
10. สะโพกกว้าง (นั่ง)	35.30	31.50
11. ลำตัว (เอว) กว้าง	26.92	23.11

ข. ผู้หญิง (หน่วยเป็นเซนติเมตร)

1. ความสูง	160.52
2. แขนยาว	66.55
3. ระยะจุดหมุนไหล่ถึงข้อศอก	25.90
4. ระยะจุดหมุนข้อศอกถึงข้อมือ	23.10
5. ขายาว	84.01
6. ระยะต้นขาถึงหัวเข่า	38.87
7. หัวเข่าสูงจากพื้น	45.20
8. ระยะหัวเข่าถึงข้อเท้า	37.58
9. ไหล่กว้าง	39.88
10. สะโพกกว้าง (นั่ง)	40.13
11. ลำตัว (เอว) กว้าง	22.35
12. ระยะจากกันถึงศรีษะ	76.45
13. ไหล่สูงจากกันเมื่อนั่ง	47.23

ข. ข้อมูลภาคสนาม

เป้าหมายของการศึกษาการออกแบบรถไฟฟ้านี้ คือการนำรถไฟฟ้าไปทดแทนพฤติกรรมการทำงานแบบเดิม คือ การใช้รถเป็นล้อเลื่อนขนถ่ายสินค้า สิ่งของ ฯลฯ รถไฟฟ้านี้สามารถช่วยผ่อนแรงและเพิ่มความสะดวกสบายในการปฏิบัติงาน

ผู้ศึกษาได้กำหนดแผนการดำเนินงาน โดยกำหนดกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ กลุ่มผู้มีหน้าที่ปฏิบัติงาน ขนถ่ายเคลื่อนย้ายสิ่งของ อุปกรณ์ ฯลฯ ในอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ ฯลฯ ผู้ศึกษาจะได้ใช้วิธีการสังเกต สัมภาษณ์โดย แบ่งเนื้อหาเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นข้อมูลส่วนตัวของผู้ปฏิบัติงาน ประกอบด้วย เพศ อายุ การศึกษา ความสามารถพิเศษ ส่วนที่สอง ประกอบด้วย สภาพแวดล้อมการทำงาน พฤติกรรมการทำงาน

	ต่ำกว่า 20 ปี	20 - 40 ปี	41 - 60 ปี	61 ปีขึ้นไป
ชาย	25%	50%	9.375%	0%
หญิง	0%	12.5%	3.125%	0%

ตารางแสดงข้อมูลด้าน เพศ , อายุ จากการสุ่มตัวอย่าง 8 สถานที่

	ต่ำกว่า ป.6	ม.1 - ม.3	ม.4 - ม.6	สูงกว่า ม.6
ชาย	6.25	37.5	21.875	18.75
หญิง	3.125	3.125	6.25	3.125

ตารางข้อมูลแสดงวุฒิทางการศึกษา

ห้ามขีด เขียน หรือฉีก หนังสือของห้องส

จากการสุ่มตัวอย่าง พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความสามารถในการควบคุมยานพาหนะขั้นต้น ได้แก่ จักรยาน และมีความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์ เครื่องหมาย อาทิ เช่น เครื่องหมายเปิด-ปิด เลี้ยวซ้าย-ขวา เป็นต้น อยู่ในเกณฑ์ใช้ได้

สภาพแวดล้อมการทำงานโดยทั่วไป ระยะทางการจะอยู่ในช่วงไม่เกิน 100 เมตร วัสดุปูพื้นส่วนใหญ่ เป็นปูนซีเมนต์กระเบื้องยาง หินอ่อน ความกว้างของทางเดินเฉลี่ยแล้วอยู่ระหว่าง 1.00 - 3.5 เมตร ลิฟท์ที่เหมาะสมจะมีความสามารถในการบรรทุกตั้งแต่ 8 คนขึ้นไป แต่ลิฟท์ตัวอย่าง จะเป็นลิฟท์ขนของ ความกว้าง 2.20 × 1.80 เมตร เป็นอย่างต่ำ น้ำหนักบรรทุกไม่ต่ำกว่า 1800 กิโลกรัม

สิ่งของในการเคลื่อนย้ายมีน้ำหนักไม่แน่นอน มีตั้งแต่ 15 ก.ก. ไปจนถึง 200 ก.ก. หรือมากกว่านั้น

พฤติกรรมการทำงานโดยทั่วไปไม่แน่นอน ส่วนใหญ่นิยมอุปกรณ์, เครื่องมือทุ่นแรง เช่น รถเข็น ล้อเลื่อน แม้เป็นการเคลื่อนย้ายสิ่งของขนาดเล็กหรือน้ำหนักเบาก็ตาม

บทที่ 2

แนวทางการออกแบบ

ก. หน้าที่ใช้สอย (FUNCTION) รถไฟฟ้านี้จะถูกออกแบบเพื่อการขนส่งสิ่งของภายในอาคาร โดยแบ่งพื้นที่ใช้สอยเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรก เป็นส่วนของผู้ขับขี่ ส่วนที่สอง เป็นส่วนเก็บแบตเตอรี่ และอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ ส่วนสุดท้ายเป็นส่วนบรรทุกสิ่งของ

การออกแบบจะต้องเน้นพื้นที่บรรทุกให้มีมากที่สุด และควรจะเป็นแบบกระบะเปิด เพื่อผลทางการจัดวางสิ่งของ เพราะจากข้อมูลนี้ให้เห็นว่ามีการใช้งานอยู่ในวงกว้าง หลากหลาย (เอนกประสงค์) ในกรณีการใช้งานในลักษณะเดียวกันเป็นประจำ เช่น การขนส่งเอกสาร การขนส่งเครื่องมือ เป็นต้น ก็ควรมีการออกแบบอุปกรณ์เสริม เพื่อให้การใช้งานเป็นไปตามจุดประสงค์มากขึ้น

ประโยชน์อีกด้านหนึ่ง การออกแบบเผื่อสำหรับการบรรทุกผู้โดยสาร หากรถถูกนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมในลักษณะการตรวจงาน สำหรับหน้าที่ใช้สอยรอง ได้แก่ การฉุด, ลากล้อเลื่อน

ข. รูปแบบ (FORM) สำหรับรูปแบบจะถูกกำหนดด้วยสถานที่ และอุปกรณ์เป็นต้น สถานที่ ได้แก่ ทางเดิน ขนาดของลิฟท์ ทั้งนี้เพราะขอบเขตของโครงงานคือการออกแบบเพื่อลดภาระในการขนส่งภายในอาคาร สามารถขึ้น-ลงลิฟท์ภายในอาคาร เพราะฉนั้นการออกแบบจึงต้องคำนึงสิ่งเหล่านี้

ค. ความสะดวกในการใช้งาน (ERGONOMICS) ในการออกแบบสัดส่วนที่ใช้ในการออกแบบส่วนหนึ่งจะได้มาจากการหาข้อมูลภาคสนาม อีกส่วนหนึ่งจะได้จากภาคเอกสาร ทั้งนี้เพื่อความมาตรฐาน ความคล่องตัวในการปฏิบัติงาน เช่น การขึ้น

ลง ความสะดวกในการขนสิ่งของ สำหรับการออกแบบสัญลักษณ์เครื่องหมายควรออกแบบให้ง่ายต่อการเข้าใจ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการดูแลรักษา

ง. กรรมวิธีในการผลิต (PRODUCTION) รถไฟฟ้าแม้จะมีขนาดเล็ก แต่ก็เป็นการจำลองการทำงานของรถยนต์ หรือรถไฟฟ้าทั่วไป การออกแบบควรให้มีน้อยชิ้นมากที่สุด โดยคำนึงถึงต้นทุนการผลิตต่อหน่วย สามารถผลิตได้คราวละมาก ๆ และพยายามลดขั้นตอนการผลิต

จ. วัสดุ (MATERIALS) วัสดุที่เลือกใช้ควรมีน้ำหนักเบา ทั้งนี้เพราะจะมีน้ำหนักบังคับ ได้แก่ น้ำหนักของแบตเตอรี่ น้ำหนักคน หากใช้วัสดุที่มีน้ำหนักมากจะทำให้มอเตอร์ต้นกำลังต้องทำงานหนัก วัสดุที่ควรพิจารณาในส่วนตัวรถ (BODY) น่าจะเป็นไฟเบอร์กล้าส และเหล็กแผ่นปั๊มขึ้นรูป ในกรณีรถไฟฟ้าควรใช้ไฟเบอร์กล้าสจะเหมาะสมกว่า เพราะมีคุณสมบัติทนต่อแรงกระแทก ทนต่อการดด่าง และที่สำคัญคือเป็นฉนวนไฟฟ้า

ในส่วนที่เป็นส่วนประกอบที่ไม่ใช่โครงสร้าง พยายามใช้พลาสติกให้มากที่สุด เพื่อผลในทางลดน้ำหนักและการเป็นฉนวนไฟฟ้า ซึ่งสัมพันธ์กับความปลอดภัยของผู้ใช้งานและผู้ใกล้เคียง ฯลฯ

ฉ. การดูแลรักษา (DURABLE) เนื่องจากรถไฟฟ้าไม่มีระบบที่ซับซ้อน เช่น รถยนต์ทั่วไป ซึ่งมีจุดที่ต้องคอยดูแลรักษาหลายจุด สำหรับรถไฟฟ้า การดูแลรักษาเป็นหัวใจสำคัญ เพราะฉะนั้นรถไฟฟ้าจะต้องออกแบบให้สะดวกต่อการดูแลรักษา อันได้แก่ การเติมน้ำกลั่น การชาร์จไฟ การทำความสะอาดบริเวณจุดเชื่อมต่อไฟ เป็นต้น

ช. ความปลอดภัย (SAFETY) ความปลอดภัย แบ่งเป็น 3 ส่วน

- ความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน ควรเลือกใช้วัสดุที่เป็นฉนวนไฟฟ้าในส่วนที่สัมผัสหรืออาจสัมผัสได้โดยง่าย รูปแบบไม่มีส่วนยื่นหรือมีคมที่อาจเป็นอันตราย

- ความปลอดภัยต่อตัวผลิตภัณฑ์ ควรมีการป้องกัน เช่น กันชนหน้าหลัง ลักษณะโครงสร้าง วัสดุที่ใช้ควรจะต้องมีความแข็งแรงทนต่อการกระแทก และไม่บิดเสียรูปได้ง่าย สีที่ใช้ควรเด่นชัด เหมาะสมกับสถานที่ การออกแบบเผื่อความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ของผู้ใช้งาน เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ควรมีการพิคบอกการใช้งานอย่างละเอียด

- ความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ควรออกแบบให้มีส่วนป้องกันมิให้รถไฟฟ้าไปกระแทกเป็นรอยแก่ผนังข้างเคียง หรือมีส่วนยื่นที่เป็นอันตราย

บทที่ 3

การออกแบบ

ก. หน้าที่ใช้สอย (FUNCTION) หลักคือ การขนส่งบรรทุกสิ่งของภายในอาคาร สำนักงาน หรือโรงงานขนาดใหญ่ รถที่ถูกออกแบบแล้ว สามารถแบ่งพื้นที่ใช้งานบนรถเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนคนขับด้านหน้า และส่วนบรรทุกด้านหลัง นอกจากนี้ยังมีส่วนเก็บเครื่องมือหรือของจุกจิกบริเวณใต้ที่นั่งด้านขวา ในส่วนบรรทุกด้านหลังจะเป็นแบบเปิด สามารถประกอบอุปกรณ์เสริม เพื่อการใช้งานเฉพาะด้าน เช่น ส่งเอกสาร ใช้ในโรงแรม เป็นต้น

ด้านท้ายรถ มีที่พ่วงสามารถใช้ดึงลากลัอเลื่อน เพื่อเพิ่มพื้นที่บรรทุกได้

ข. รูปแบบ (FORM) จะมีลักษณะเป็นรถ 4 ล้อ มีส่วนบรรทุกด้านท้าย ด้านหน้า สำหรับคนขับ เนื่องจากรถไฟฟ้านี้จะถูกนำไปใช้ในอาคาร และสามารถขึ้น-ลงลิฟท์ได้ จึงมีขนาดเล็ก และเพื่อให้ได้พื้นที่บรรทุกมากที่สุด คนขับรถด้านหน้าจะนั่งกึ่งยืนขับ ลักษณะคล้ายการยืนพิงขอบโต๊ะ แบตเตอรี่ถูกกำหนดให้อยู่ส่วนกลางของตัวรถ เพื่อการกระจายน้ำหนัก และเพื่อความปลอดภัยจากการกระแทก

สีที่ใช้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น หากใช้ในโรงงาน อาจใช้สีเหลือง ส้ม หากใช้ในสำนักงานอาจใช้สีเทา, ครีม เป็นต้น

ค. ความสะดวกในการใช้งาน (ERGONOMICS)

- การควบคุมทิศทาง แผงหน้าปัดบอกข้อมูล การควบคุมความเร็ว เบรค จะอยู่ที่พวงมาลัย จับถนัดมือ อยู่ในระดับเหมาะสม รูปทรงทันสมัย

- ความสูงของรถขณะก้าวขึ้นเท่ากับการก้าวขึ้นบันได (ประมาณ 25 ซม.) ซึ่งง่ายสะดวก สามารถขึ้นลงได้อย่างรวดเร็ว

- ส่วนพื้นบริเวณที่เหยียบ เป็นยางรองพื้นกันลื่น และเป็นการกำหนดพื้นที่สำหรับเหยียบป้องกันเท้าไถนสีรถโดยตรง

- ด้านหลังเป็นโครงเหล็กสำหรับวางของความสูงพอเหมาะ

- สะดวกสบายด้วยการนั่งกึ่งยืนขณะขับขี่ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการขึ้นลง และมีพนักรองรับบริเวณสะโพกถึงต้นขา สามารถปรับขึ้นลงได้

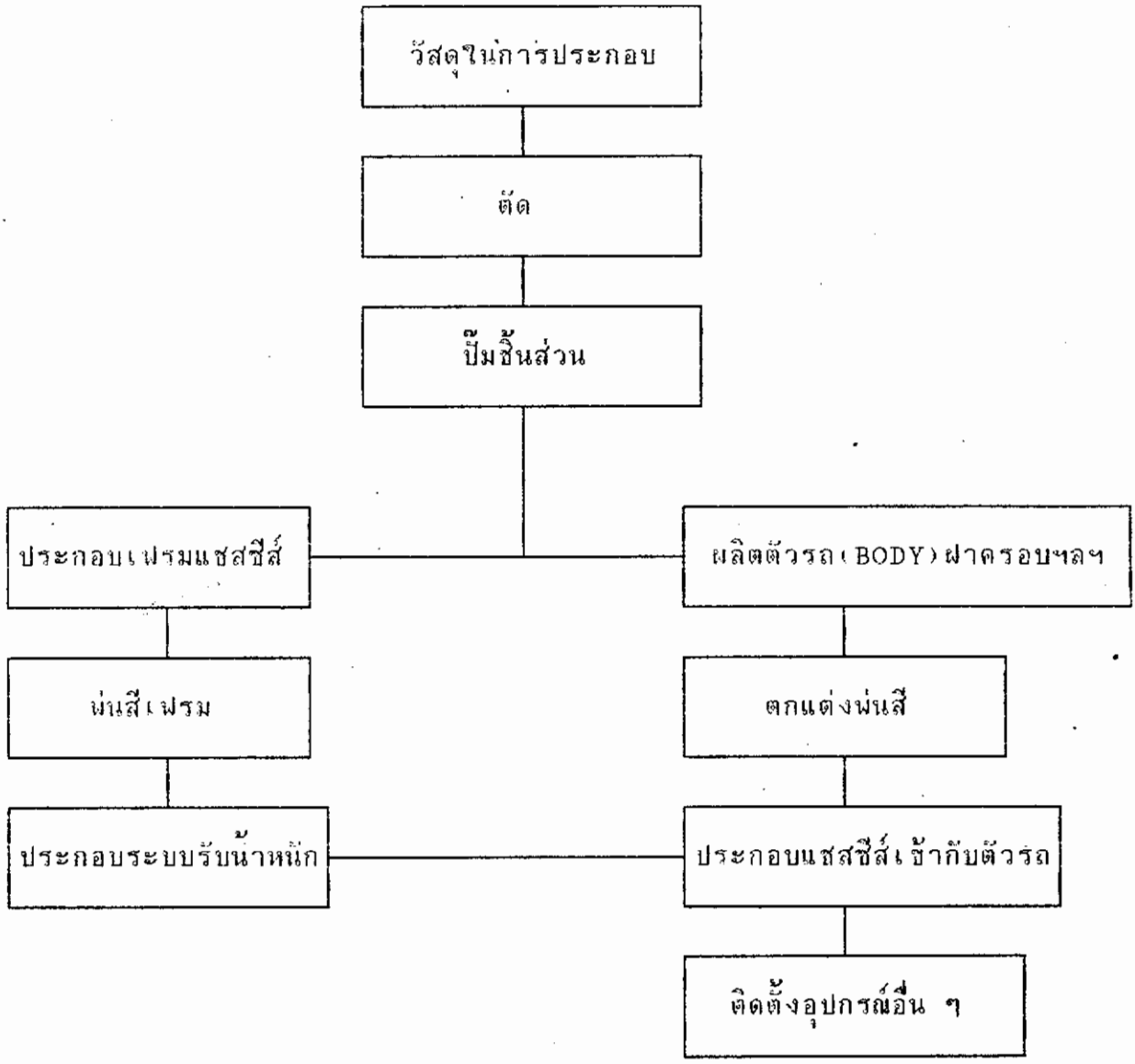
- ระดับรางเก็บแบตเตอรี่ อยู่ในระดับพอดี สามารถเลื่อนเข้า-ออก หรือถอดเปลี่ยนได้ง่าย

- สามารถชาร์จไฟได้สะดวกเพราะมีช่องสำหรับต่อชาร์จไฟได้โดยเฉพาะ

ง. วัสดุและกรรมวิธีในการผลิต (PRODUCTION) แบ่งเป็น 2 ส่วน

1. ส่วนโครงสร้าง ได้แก่ แชสซีส์ เป็นเฟรมเหล็กตัวซีเหมือนเฟรมรถยนต์ ระบบรับน้ำหนัก (SUSPENSION) ล้อหน้าเป็นสปริง ล้อหลังเป็นแหนบ

2. ส่วนตกแต่ง ได้แก่ ส่วนตัวรถเป็นไฟเบอร์กล้าส ยกครอบประกอบเข้ากับชัสซีใช้น๊อตยึด



จ. การดูแลรักษา การเติมน้ำกลั่นสามารถเลื่อนรางเลื่อนออกมาใส่หรือเปลี่ยนแบตเตอรี่ได้ การชาร์จไฟสามารถชาร์จไฟผ่านทางช่องเปิดปิดทางซ้ายมือ โดยแยกเครื่องชาร์จไฟไว้นอกตัวรถ

ฉ. สรุปรายละเอียด

รายละเอียดขนาดและน้ำหนัก

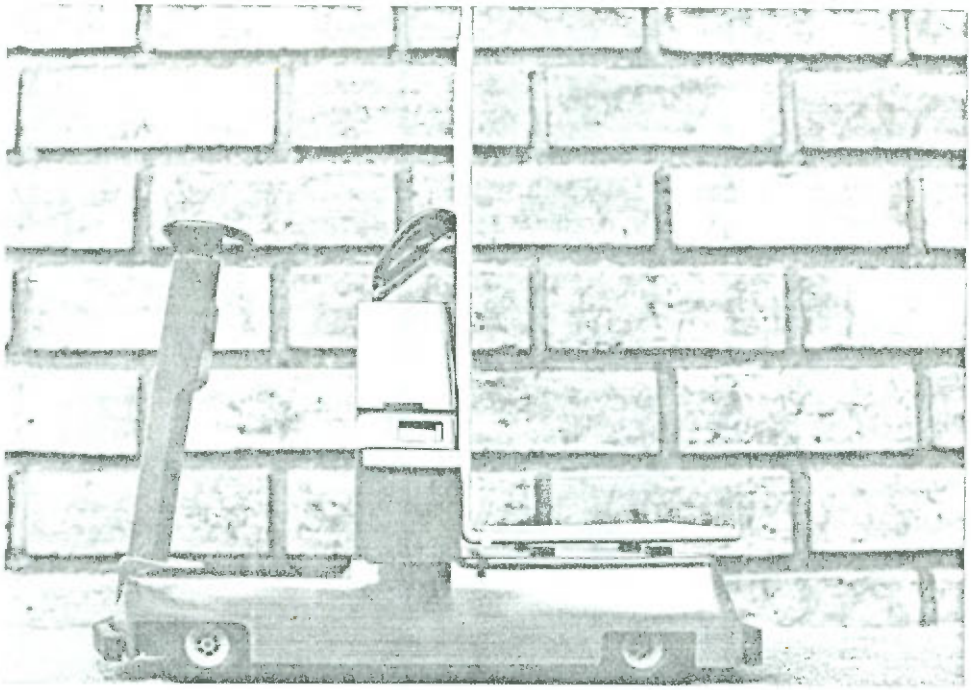
ความยาวทั้งหมด มม.	1480
ความกว้างทั้งหมด มม. ความสูงทั้งหมด มม. ความยาวช่วงล้อ มม. ความกว้างช่วงล้อ มม.	950 1500 920 หน้า 70 หลัง 75
ระยะต่ำสุดจากพื้น มม. พื้นที่บรรทุก มม. น้ำหนักรถ (โดยประมาณ) กก. น้ำหนักรถรวมน้ำหนักบรรทุก กก.	70 กว้าง 900 ยาว 550 สูง 1120 150 350

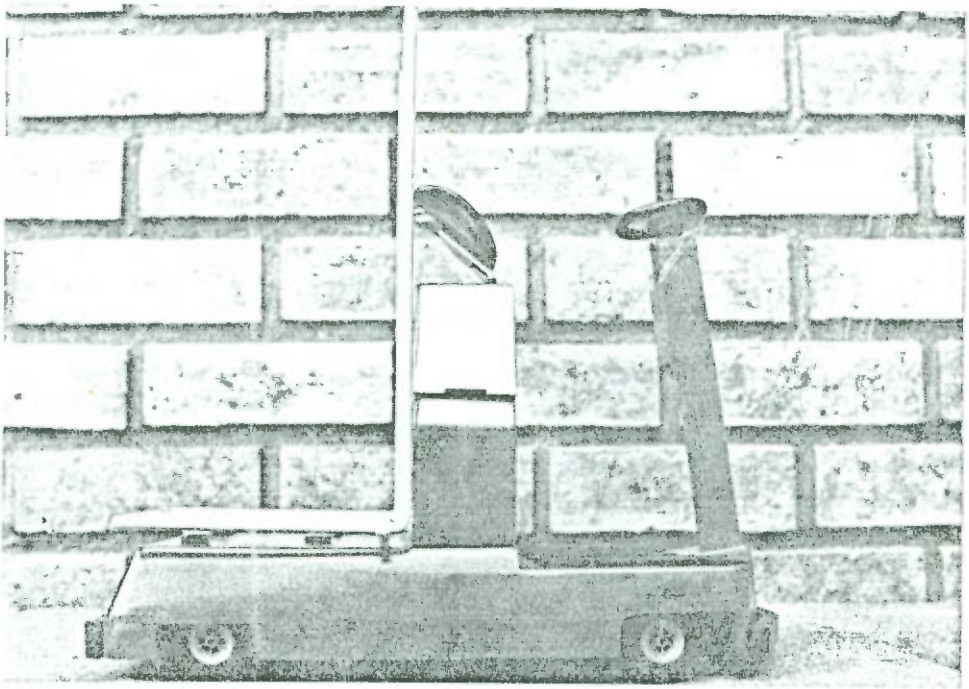
แชสซีส์

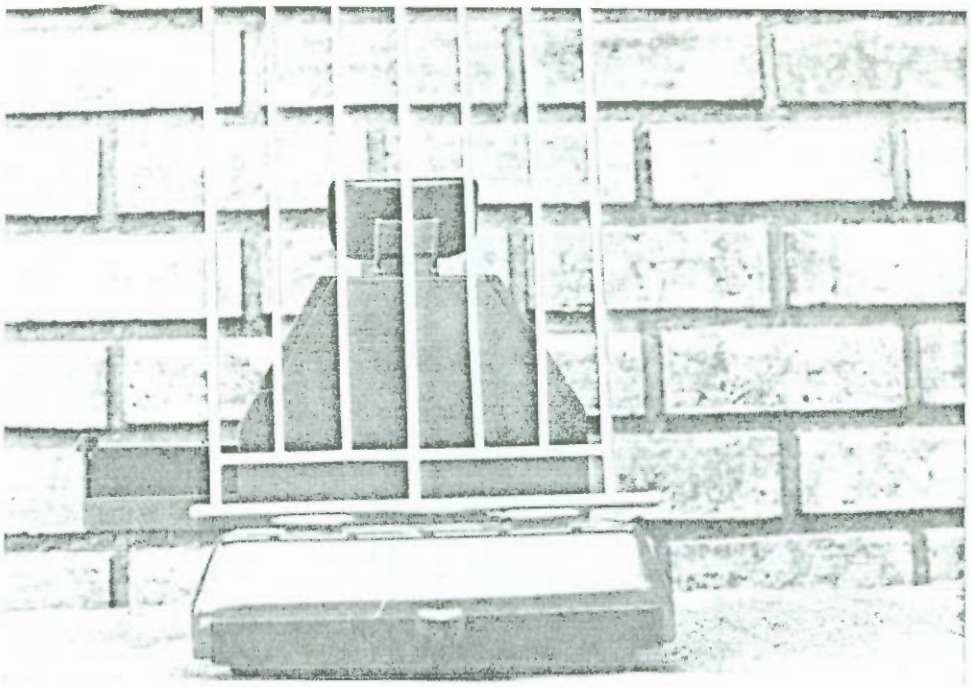
กันสะเทือน	หน้า : ปีกนกคู่และทอร์ชั่นบาร์ หลัง : แหนบซ้อน
เบรค	หน้า : — หลัง : ดิสค์เบรค
รัศมีวงเลี้ยวแคบสุด ยาง มม. มม.	2.5 เมตร หน้า Ø 200 หน้ากว้าง 50 มม. หลัง Ø 200 หน้ากว้าง 70 มม.

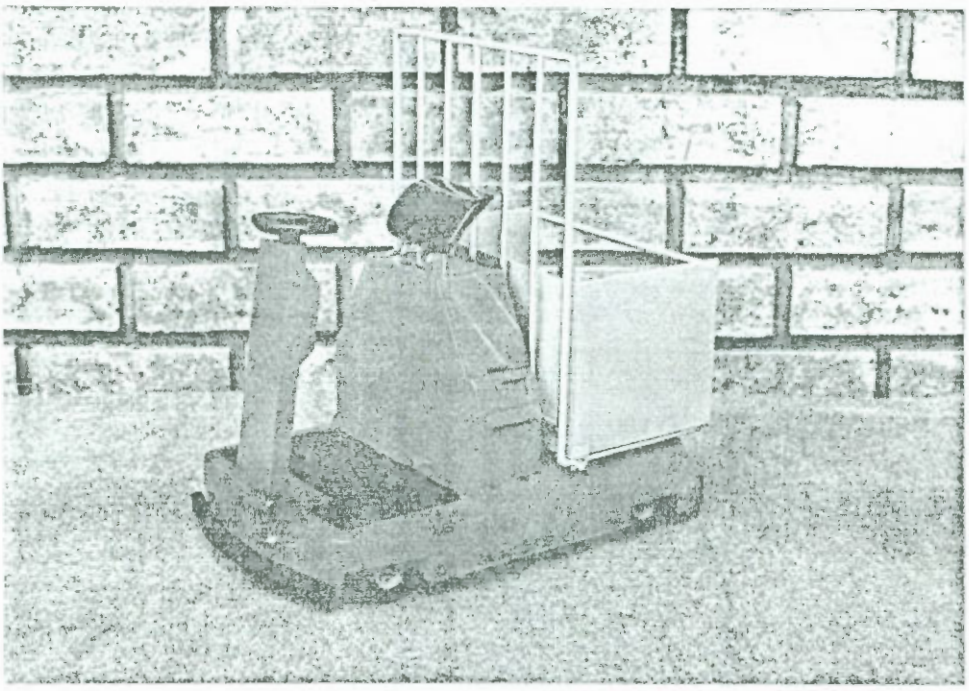
ระบบขับเคลื่อน

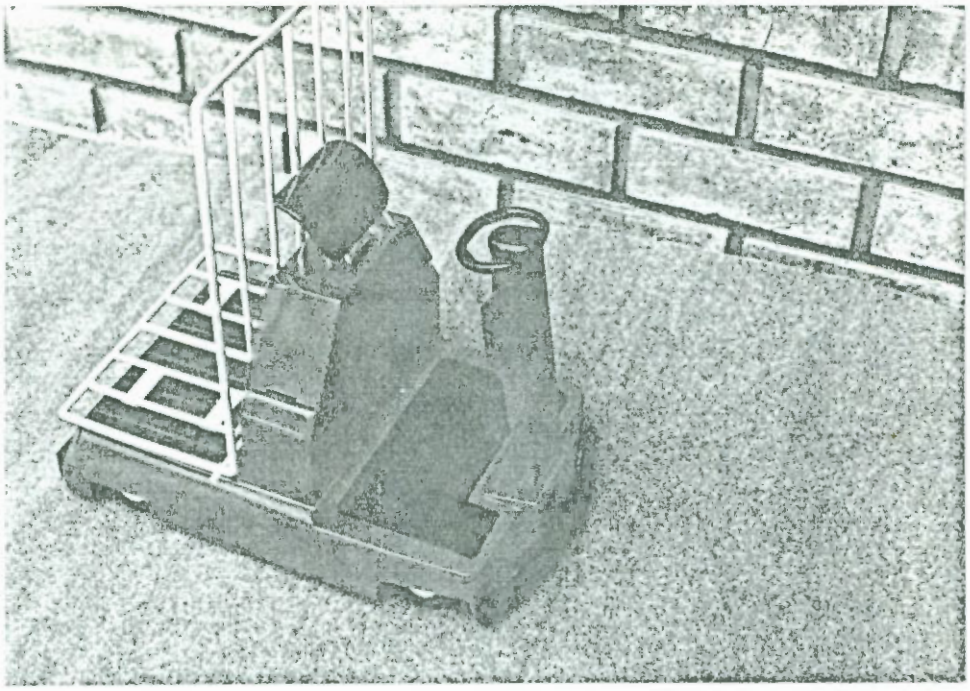
มอเตอร์	กระแสตรง คอมมิวเตเตอร์
แบตเตอรี่	ชนิด ตะกั่ว-กรด ขนาด 120 แอมป์/ชั่วโมง 12 โวลท์ จำนวน 3 ลูก
การชาร์จไฟ	แยกเครื่องชาร์จออกนอกตัวรถ ถอดเปลี่ยนแบตเตอรี่ชุดใหม่
ระยะเวลาการชาร์จไฟ	5 - 8 ชม.

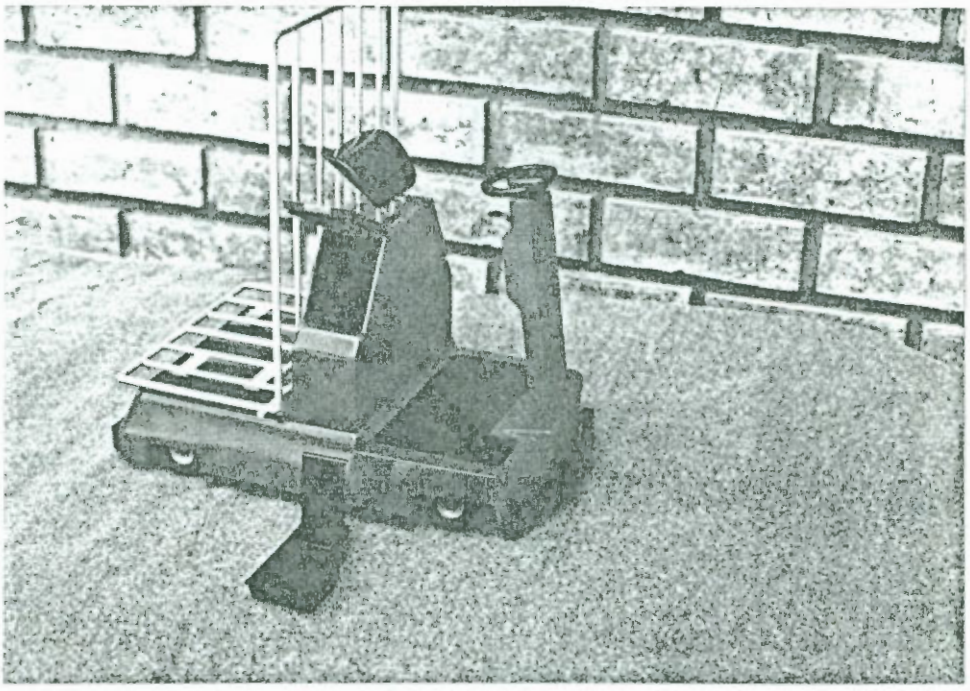


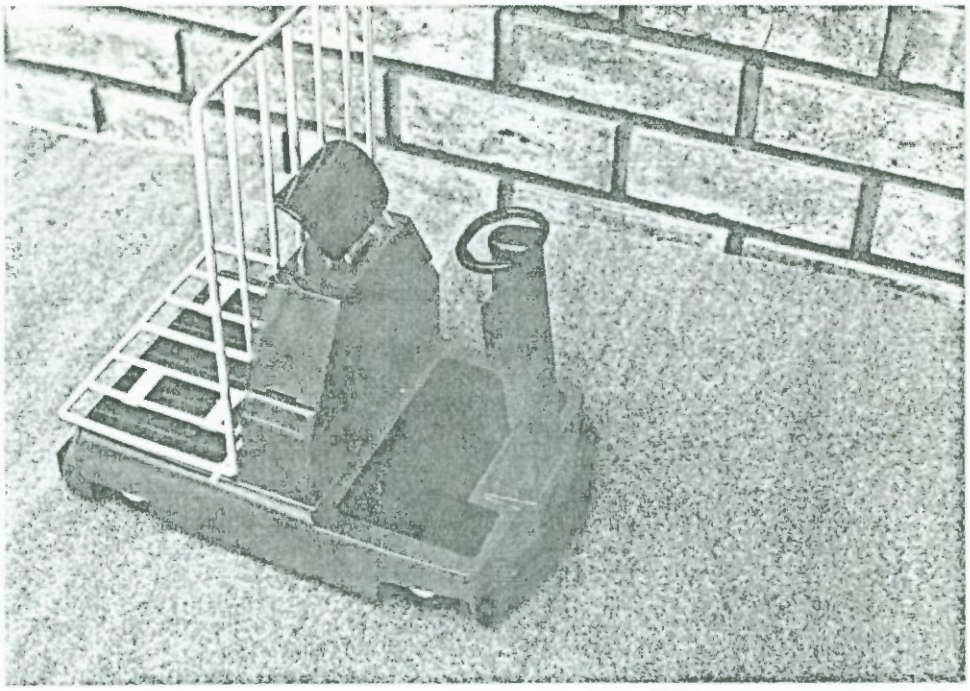


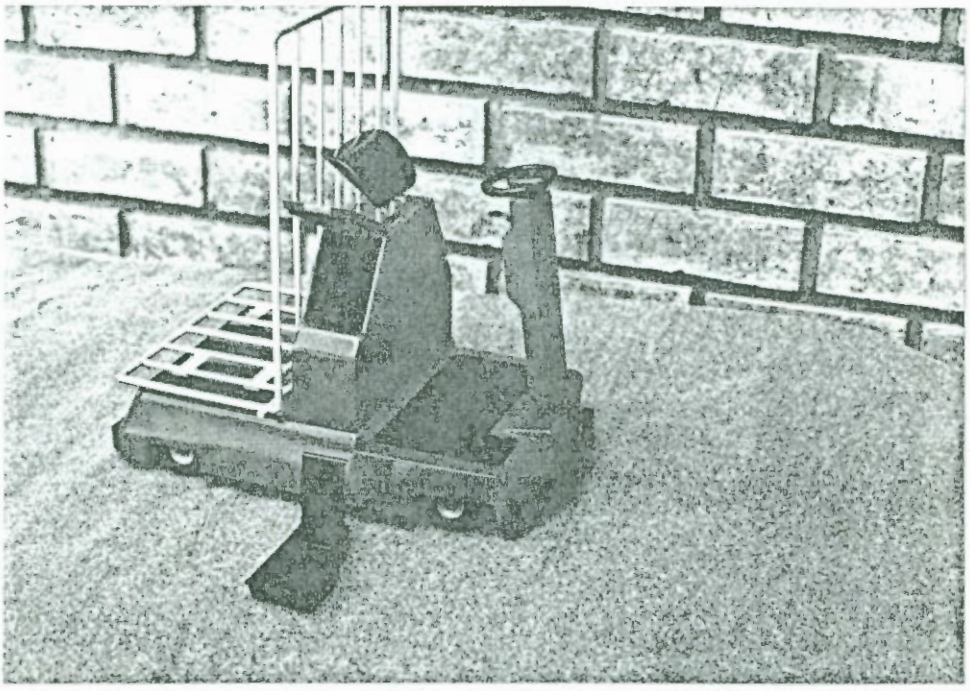


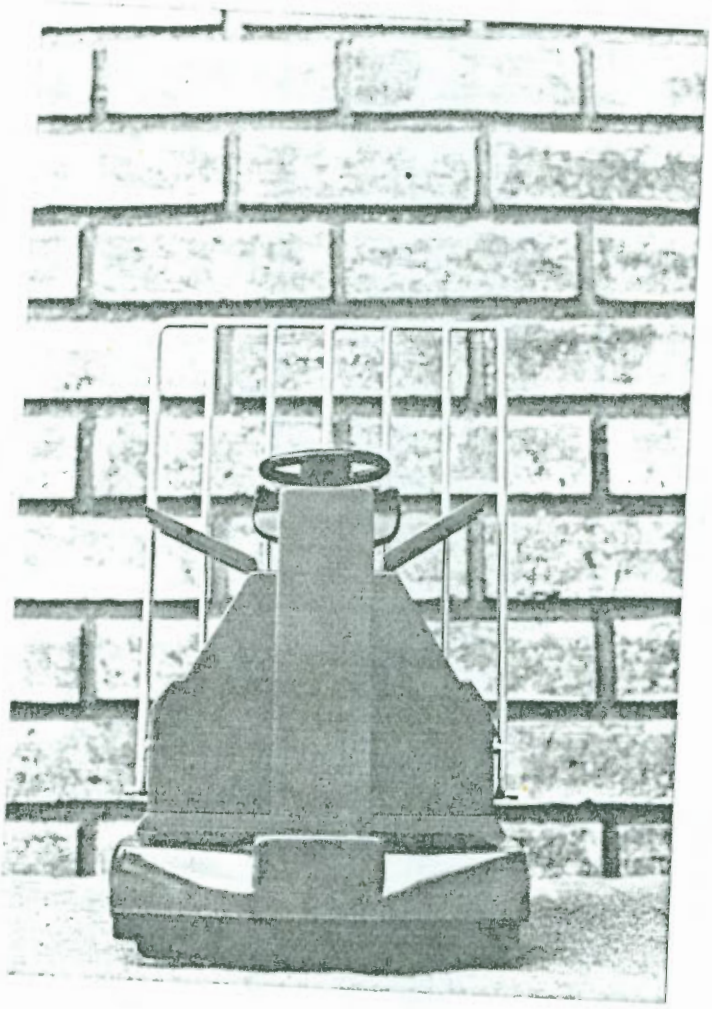


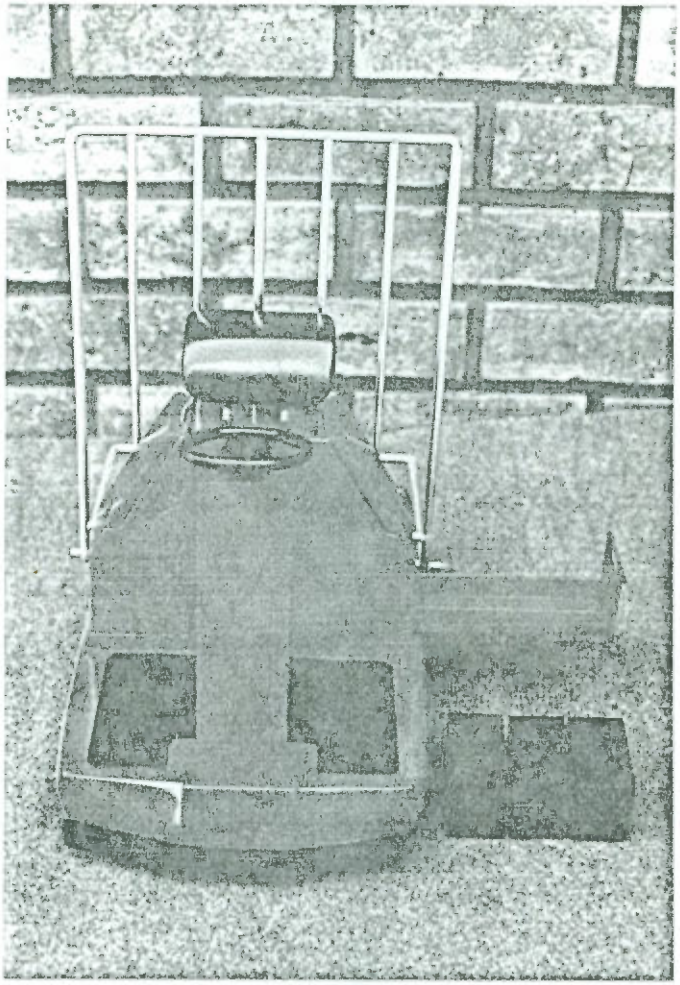


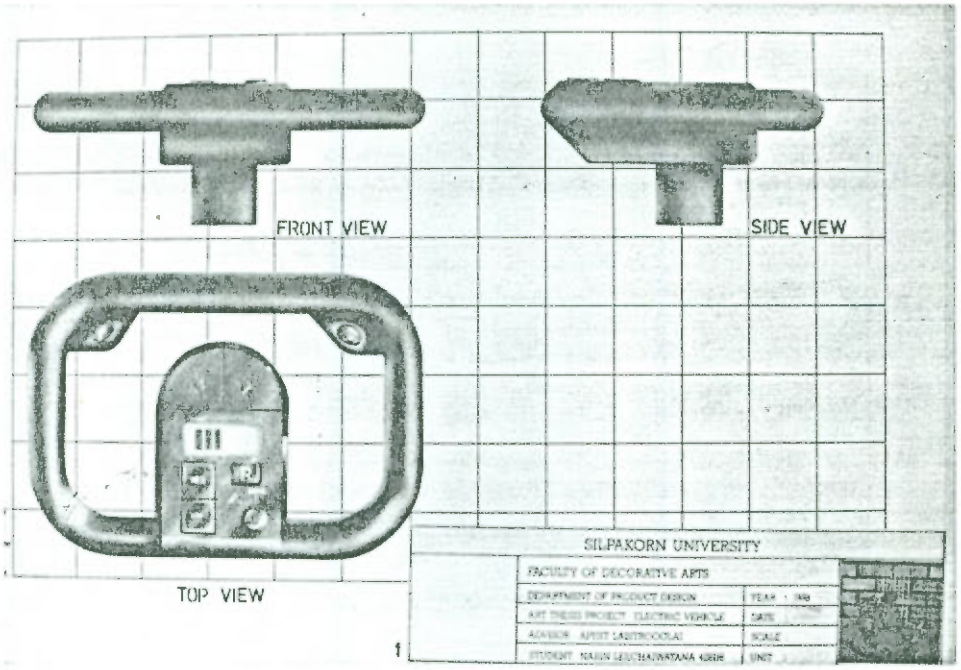




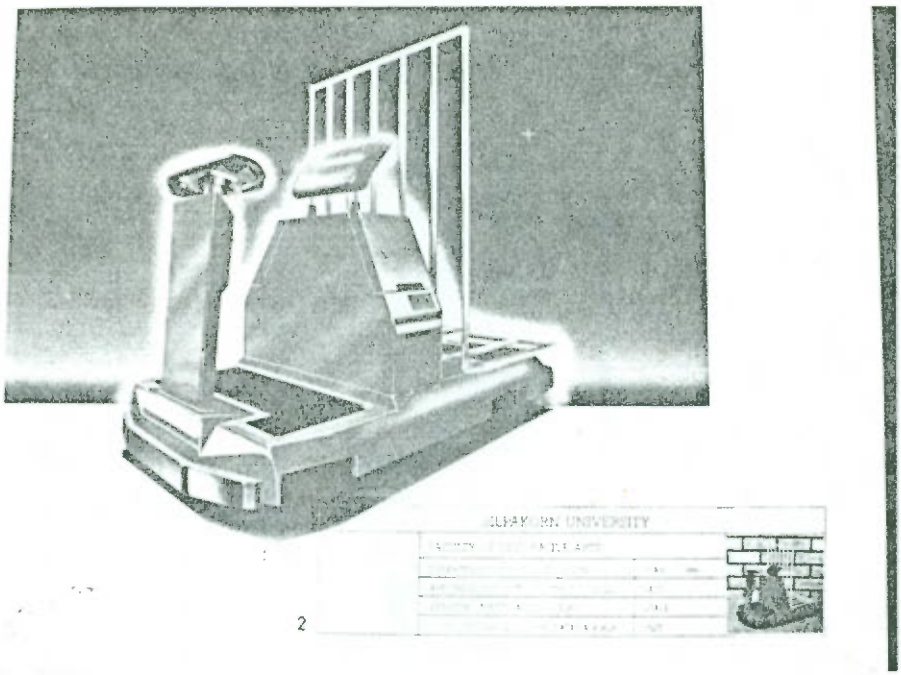






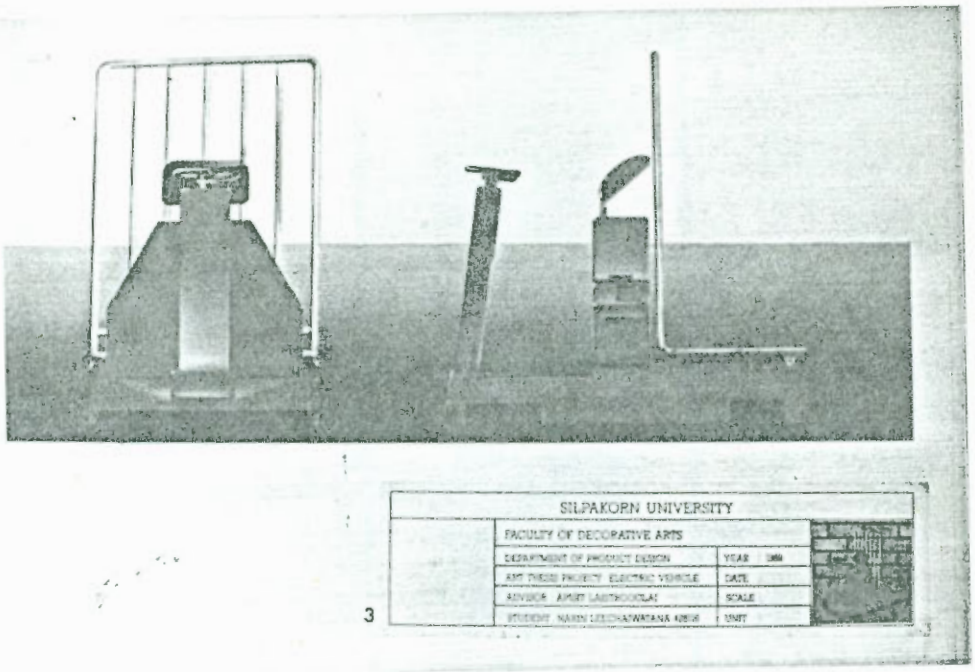


ภาพแสดงพวงมาลัยบังคับทิศทางและแผงควบคุม

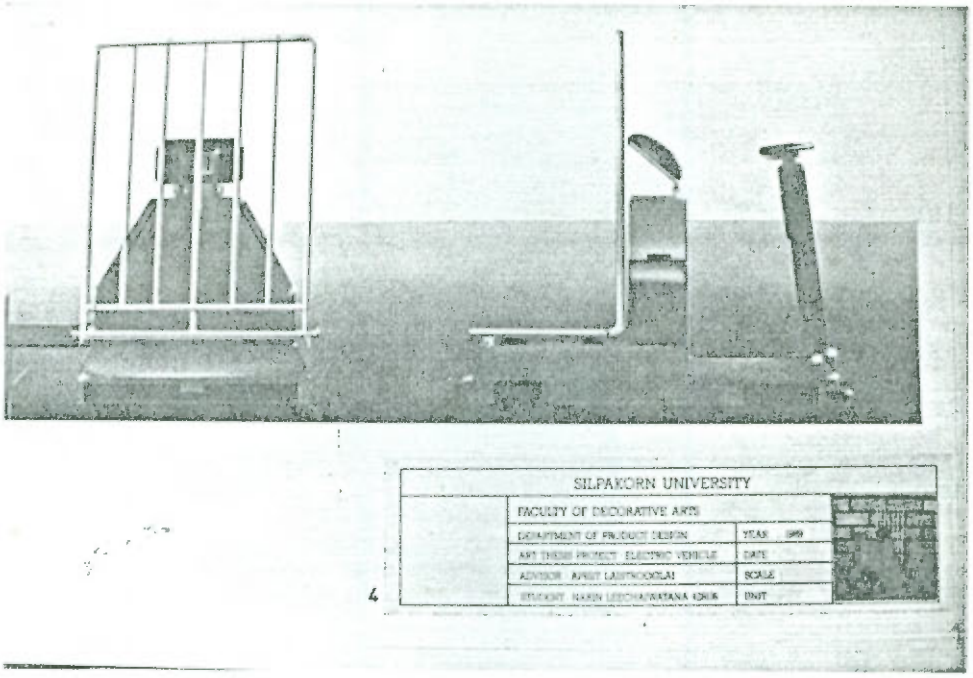


ภาพแสดงทัศนียภาพของรถไฟฟ้าที่ออกแบบ

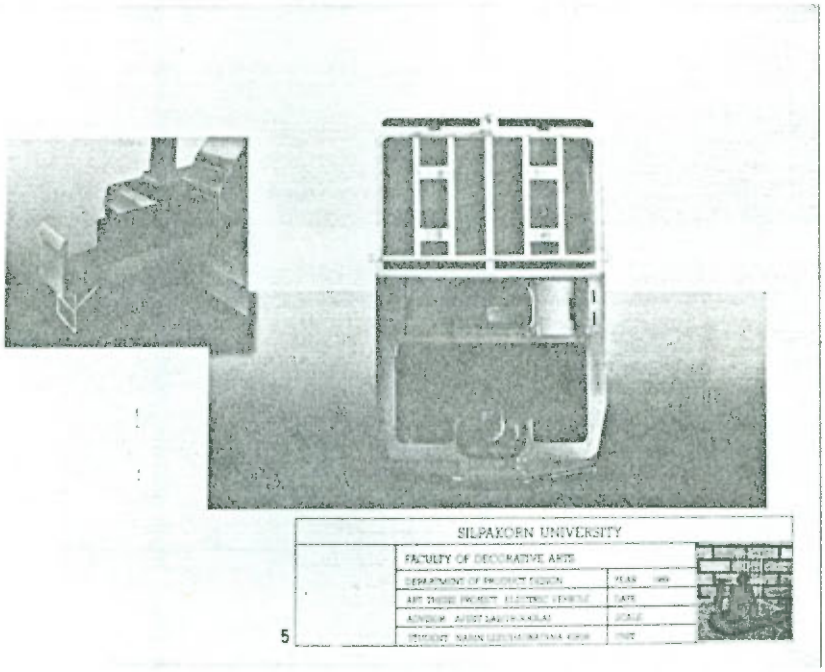
ห้ามขีด เขียน หรือฉีก หนังสือของห้องสมุด



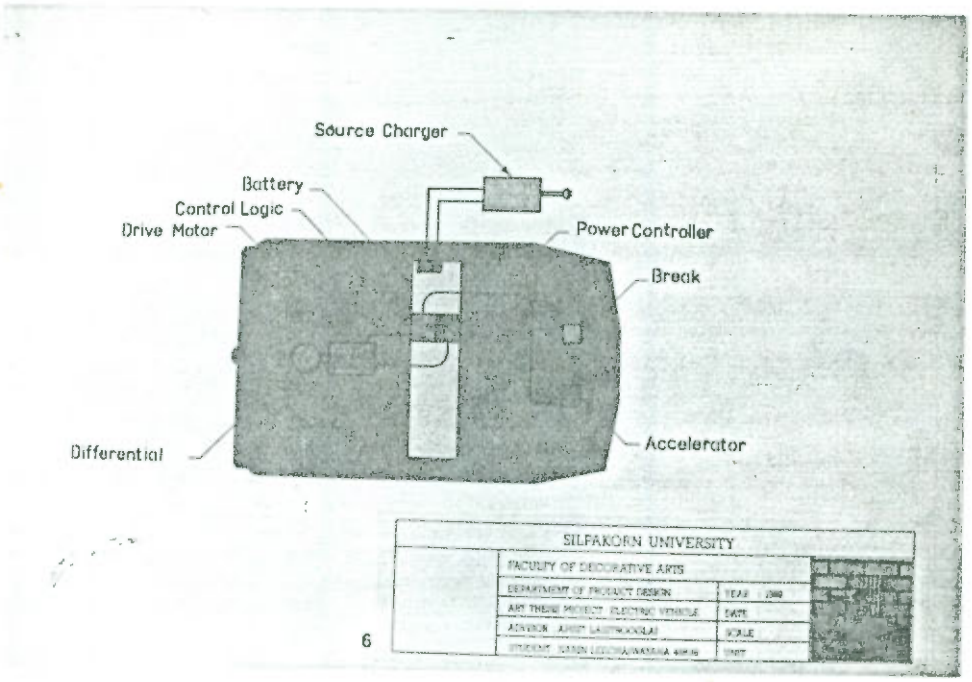
ภาพแสดงรูปด้านหน้าและข้างของตัวรถ



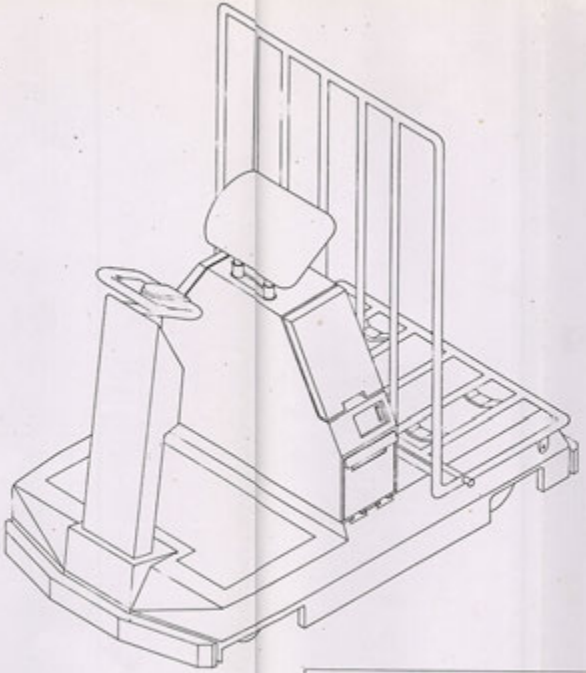
ภาพแสดงรูปด้านหลังและข้างของตัวรถ



ภาพแสดงรูปด้านบนและการวางแบตเตอรี่

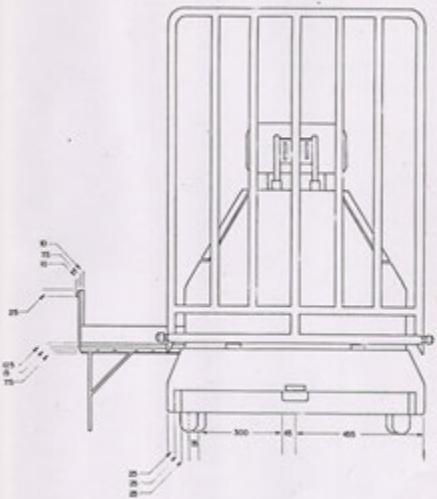


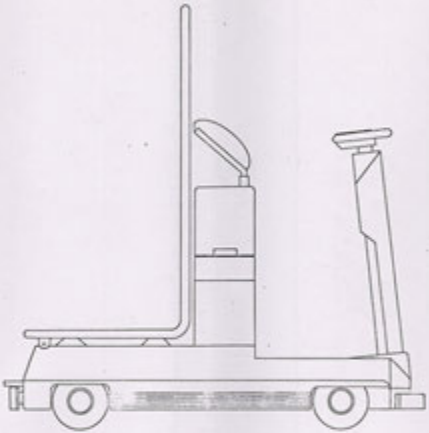
ภาพแสดงระบบการทำงานของรถ



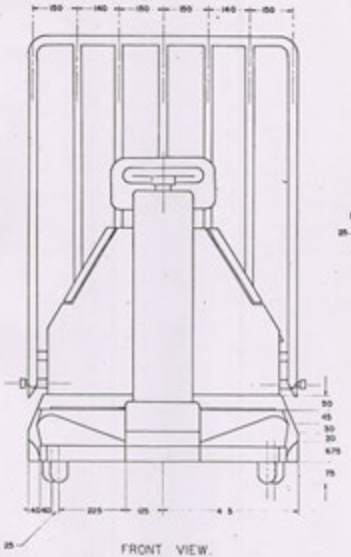
SILPAKORN UNIVERSITY

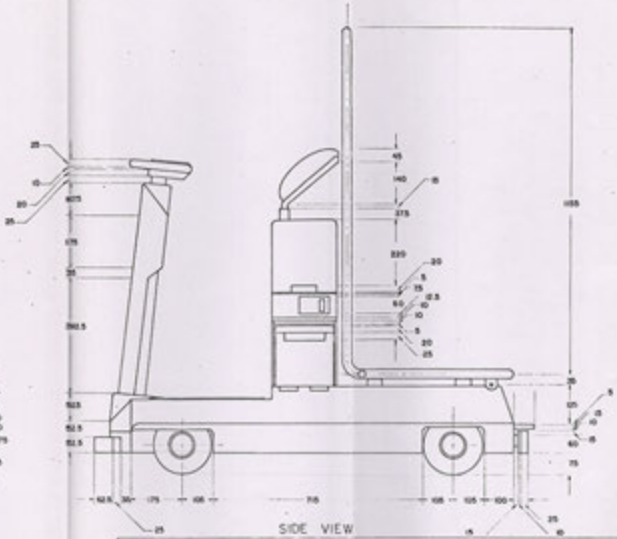
FACULTY OF DECORATIVE ARTS		
DEPARTMENT OF PRODUCT DESIGN	YEAR : 2009	
ART THESIS PROJECT : ELECTRIC VEHICLE	DATE : 9.05	
ADVISOR : APISIT LALTHOOGLAI	SCALE : 1:5	
1 STUDENT : NARIN LEUCHAIWATANA 428106	UNIT : mm.	





SILPAKORN UNIVERSITY			
FACULTY OF DECORATIVE ARTS			
DEPARTMENT OF PRODUCT DESIGN		YEAR : 1989	
ART THESIS PROJECT : ELECTRIC VEHICLE		DATE : 90.5	
ADVISOR : APSIT LAISTWOOGSAI		SCALE : 1:5	
2	STUDENT : NARIN LEUCHAIWATANA 42838	UNIT : mm.	

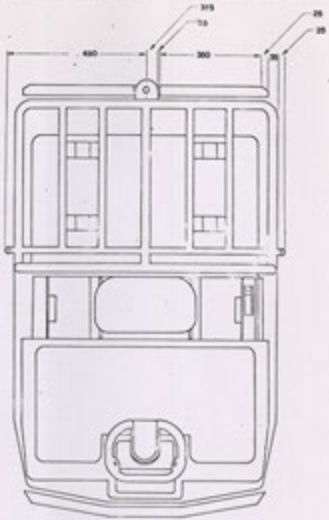




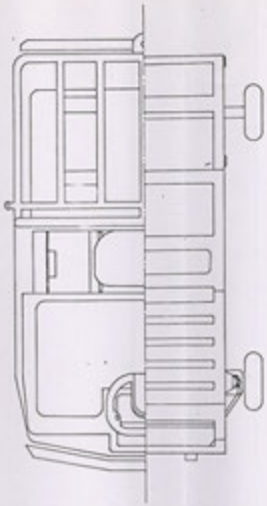
SILPAKORN UNIVERSITY

FACULTY OF DECORATIVE ARTS		
DEPARTMENT OF PRODUCT DESIGN	YEAR : 1989	
ART THESIS PROJECT : ELECTRIC VEHICLE	DATE : 5 C.5	
ADVISOR : APISIT LASTHOOGLAI	SCALE : 1:5	
STUDENT : NAKIN LEECHAIWATANA 42816	UNIT : mm.	

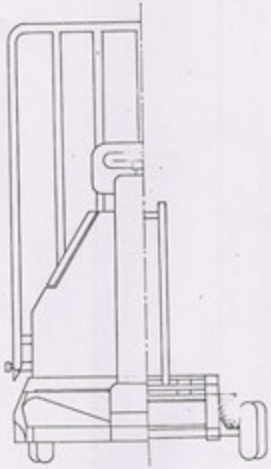
3

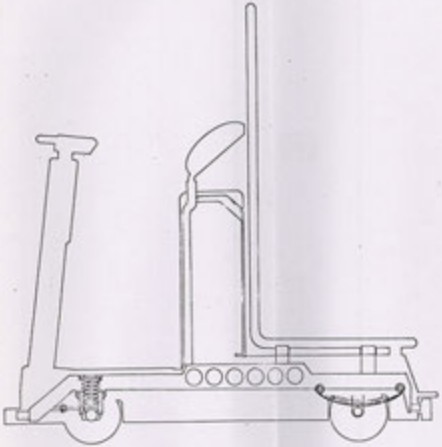


TOP VIEW

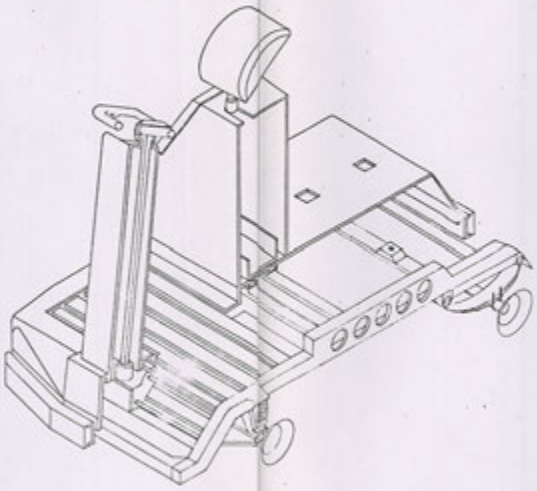


SILPAKORN UNIVERSITY		
FACULTY OF DECORATIVE ARTS		
DEPARTMENT OF PRODUCT DESIGN	YEAR : 1989	
ART THESIS PROJECT : ELECTRIC VEHICLE	DATE : [illegible]	
ADVISOR : APISIT LAISTHOOCLAI	SCALE : 1:5	
4 STUDENT : NARIN LEECHAIWISANA 426036	UNIT : mm.	

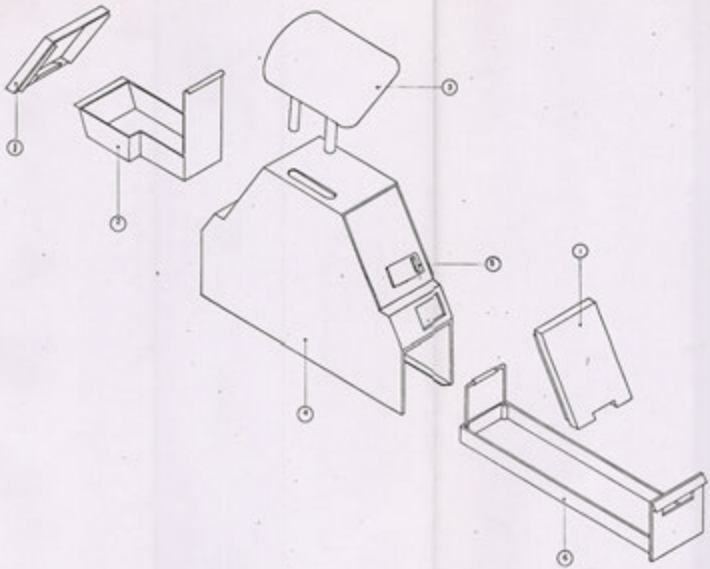




	SILPAKORN UNIVERSITY		
	FACULTY OF DECORATIVE ARTS		
	DEPARTMENT OF PRODUCT DESIGN	YEAR : 1990	
	ART THESIS PROJECT : ELECTRIC VEHICLE	DATE 90.5	
	ADVISOR : APISIT LARTHOOOLAI	SCALE : 1:5	
5	STUDENT : NARIN LEEC-IAWATANA 42816	UNIT : m.m.	



SILPAKORN UNIVERSITY		
FACULTY OF DECORATIVE ARTS		
DEPARTMENT OF PRODUCT DESIGN	YEAR : 1989	
ART THESIS PROJECT : ELECTRIC VEHICLE	DATE: 90.5	
ADVISOR : APISIT LAESTHOOOLAI	SCALE : 1:5	
6 STUDENT : NARIN LEECHAIWATANA 42618	UNIT : mm.	



PART NO.	NAME OF PART	MATERIAL	NO. REQ	NOTE
6	SLIDE TRAY	PP PLSTIC	1	
5	COVER	ABS PLSTIC	1	
4	BODY	ABS PLSTIC	1	
3	SEAT	PP PLSTIC	1	
2	TRAY	ABS PLSTIC	1	
1	COVER	ABS PLSTIC	2	

BILL OF MATERIAL FOR ELECTRIC VEHICLE PROJECT.

SILPAKORN UNIVERSITY

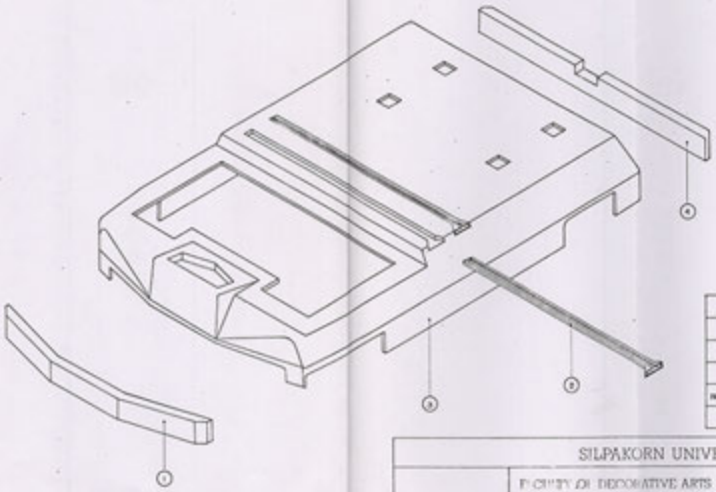
FACULTY OF DECORATIVE ARTS

DEPARTMENT OF PRODUCT DESIGN — YEAR : 1989

ART THESIS PROJECT : ELECTRIC VEHICLE — DATE : 90.5

ADVISOR : APISIT LAESTHAGOOLAI — SCALE : 1:5

7 STUDENT : NAMIN LUCHAIWATANA 428108 — UNIT : mm.



PART NO.	NAME OF PART	MATERIAL	NO. REQ.	NOTE
4	BUFFER	RUBBER	1	
3	BODY	FIBERGLASS	1	
2	TRACK	METAL	1	
1	BUFFER	RUBBER	1	

BILL OF MATERIAL FOR ELECTRIC VEHICLE PROJECT

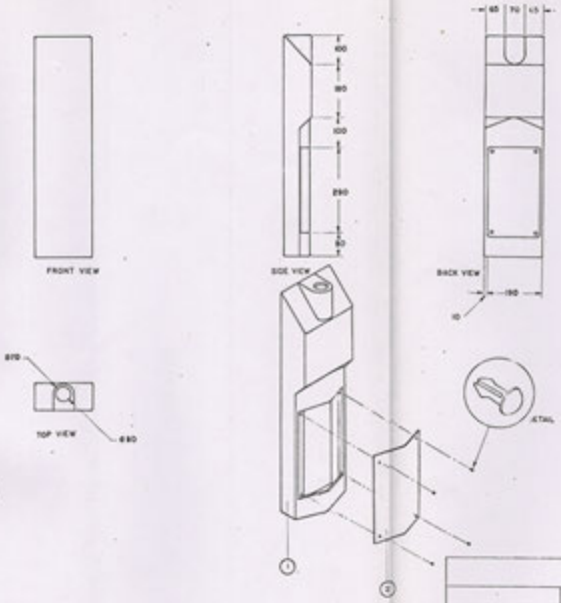
SILPAKORN UNIVERSITY

FACULTY OF DECORATIVE ARTS

DEPARTMENT OF PRODUCT DESIGN	YEAR : 2009	
ART : DESIGN PROJECT : ELECTRIC VEHICLE	DATE : 20.5	
[illegible]	SCALE : 1:5	
STUDENT : MARIA SILCHAWKUNA 426108	UNIT : mm.	

ISOMETRIC

	SILPAKORN UNIVERSITY		
	FACULTY OF DECORATIVE ARTS		
	DEPARTMENT OF PRODUCT DESIGN	YEAR : [illegible]	
	ART THESIS PROJECT : ELECTRIC VEHICLE	DATE : 90.5	
	ADVISOR : APISIT LAETHAKOOLAI	SCALE : 1:5	
9	STUDENT : NAKIN LUECHAIWATANA [illegible]	UNIT : mm.	



1	CONTROL	ABS PLSTC	1	
2	COVER	ABS PLSTC	1	
PART NO.	NAME OF PART	MATERIAL	NO. REQ	NOTE

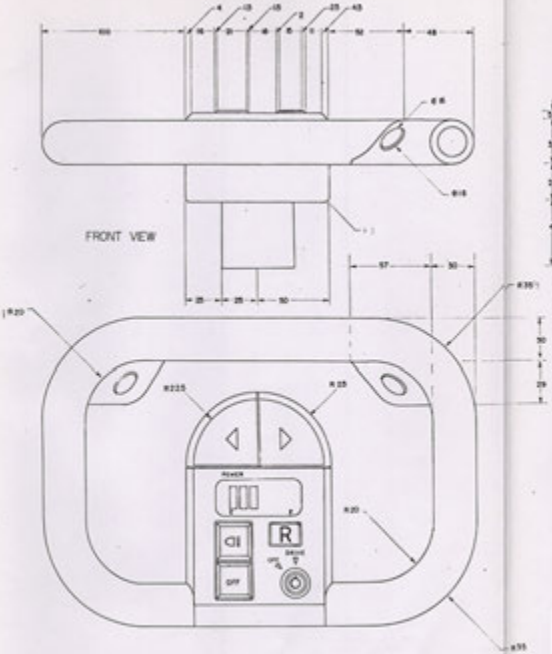
BILL OF MATERIAL FOR ELECTRIC VEHICLE PROJECT

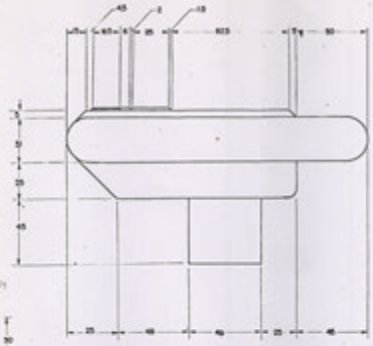
SILPAKORN UNIVERSITY

FACULTY OF DECORATIVE ARTS

DEPARTMENT OF PRODUCT DESIGN	YEAR : 1989	
ART THESIS PROJECT : ELECTRIC VEHICLE	DATE : 90.5	
ADVISOR : APISIT LAISTHOOGLAI	SCALE : 1:5	
STUDENT : NARIN UYYCHANAKIANA 42606	UNIT : mm.	

10





SILPAKORN UNIVERSITY

	FACULTY OF DECORATIVE ARTS		
	DEPARTMENT OF PRODUCT DESIGN	YEAR	PRO
	ART THESIS PROJECT : ELECTRIC VEHICLE	DATE	90.5
	ADVISOR : APISIT LAISTHOOOLAI	SCALE	1:1
11	STUDENT : NARIN LUECHAIWATANA 43836	UNIT	mm.

บรรณานุกรม

"รถไฟฟ้า" รถสำหรับปัจจุบันและอนาคต. เมคแคนิค. ปีที่ 1 ฉ. 7 กรุงเทพฯ นายอักษร การพิมพ์. 2519.

"รถไฟฟ้า" รถสำหรับปัจจุบันและอนาคต ทักษะวิทยาศาสตร์ เทคโนฯ ฉ. 1 (มี.ค. 21)

นิตยสารกรังปรีย์. แบตเตอรี่. ปีที่ 3 ฉบับที่ 5 มกราคม 2521

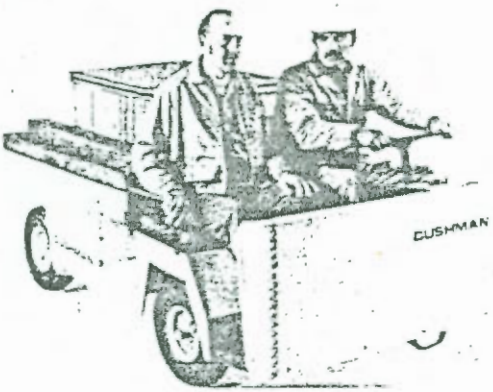
สัมพันธ์ หาญชาส "เครื่องกลไฟฟ้า 1 เล่ม 2" 19 ก.ย. 2521

SMITH, RALPH, J, "CIRCUITE DEVICES AND SYSTEM". WILEY, 1976

W.F. HAMILTON, "ELECTRIC AUTOMOBILE". ANNE ARBOR SCIENCE. ANNE ARBOR, MI; 1977.

E.P. CORNELL, R.H. GUESS, AND F.G. TURNBULL, "ADVANCE MOTOR DEVELOPMENT FOR ELECTRIC VEHICLES". IEEE TRANS.. VOL.VT-26 NO.2, PP. 128-34; MAY, 1977

"การบินไทยนำรถไฟฟ้าบริการผู้โดยสาร" - บริษัทการบินไทย จำกัด นำรถไฟฟ้าที่ใช้สำหรับวิ่งรับ-ส่ง ผู้โดยสารภายในบริเวณห้องพักผู้โดยสารขาเข้าและขาออกมาบริการผู้โดยสารที่ป่วย โดยจะเริ่มให้บริการตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป เนื่องจากระยะทางในบริเวณห้องพักผู้โดยสารขาเข้าและขาออก จนถึงประตูทางขึ้นเครื่องบิน ซึ่งผู้โดยสารจะต้องเดินทางไปขึ้นเครื่องบินเป็นระยะทางไกลพอสมควร อันเป็นการไม่สะดวกสำหรับผู้โดยสารที่ป่วย ซึ่งแต่เดิมนั้นการบินไทย ใช้รถเข็นให้บริการในส่วนนี้ รถไฟฟ้าที่นำมาให้บริการกับผู้โดยสารนี้จะมีขนาด 3 ที่นั่ง



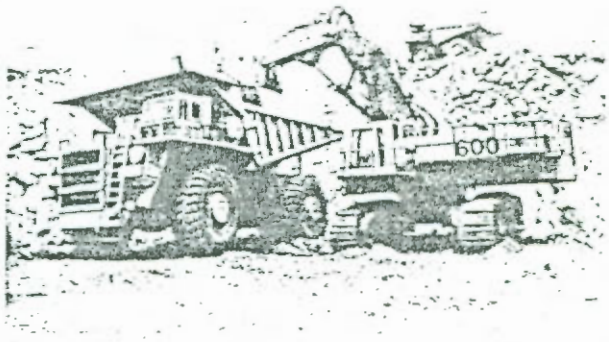
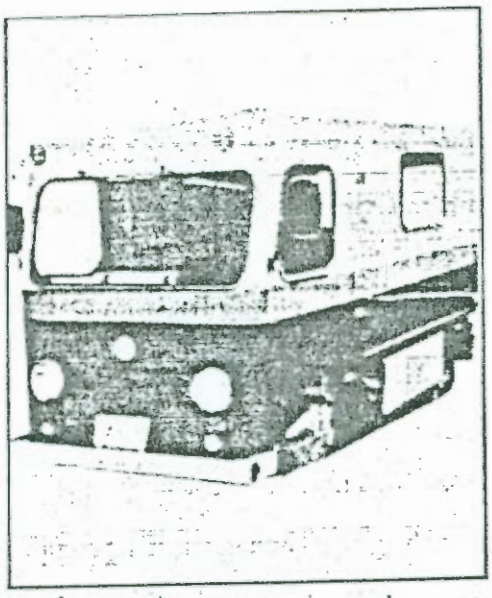
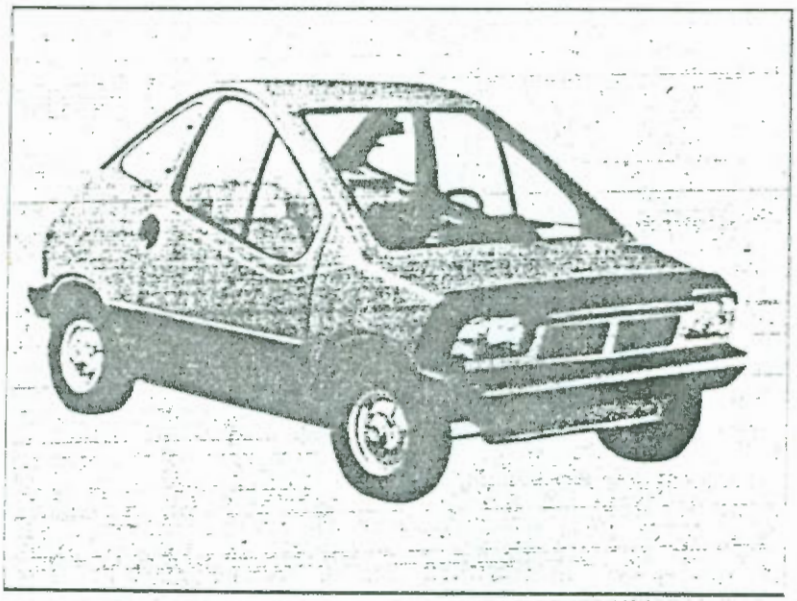


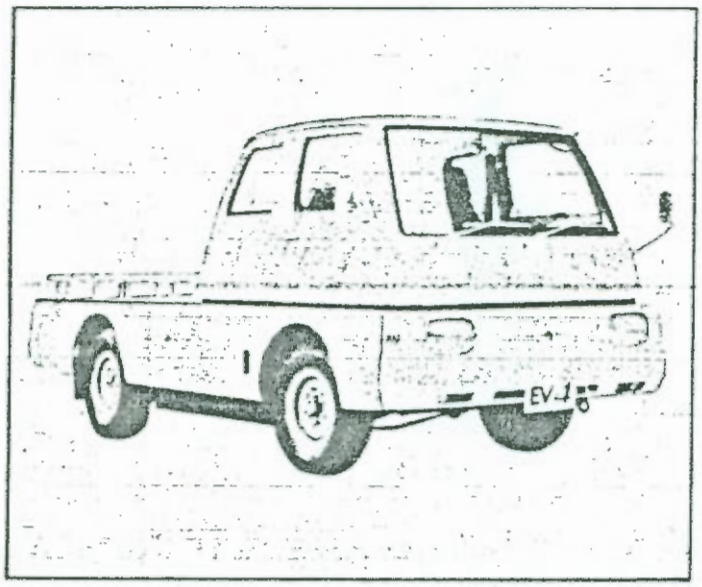
Fig. 12-2. Off-road vehicles and trucks are often powered by direct current motors. Left. In-plant vehicle designed for hauling personnel and materials operates from batteries at 36 or 48 volts. (OMC Lincoln) Right. Trucks have electric drive wheels powered by diesel-driven generator. (WABCO/creative services)



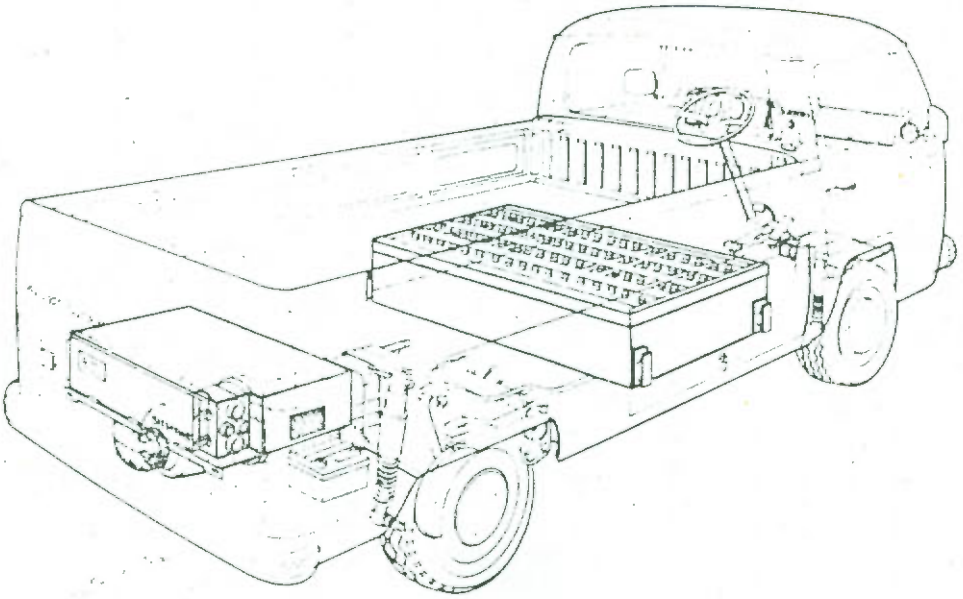
รถไฟฟ้าคันหนึ่งในจำนวน 31 คัน ที่นำมาใช้ในงานไปรษณีย์ ในเมืองคูเปอร์ติโนรัฐคาลิฟอร์เนีย รถเหล่านี้สร้างในอังกฤษ



รถไฟฟ้าของเพียต ชนิด 2 ที่นั่งขับเคลื่อนล้อหน้าโดยมอเตอร์กระแสตรงกำลัง 13.5 แรงม้า ใช้แบตเตอรี่ นิเก้ล สังกะสี วิ่งได้ไกล 70 ไมล์ ความเร็วสูงสุด 47 ไมล์ /ชม.



รถไฟฟ้าสร้างในญี่ปุ่นใช้เป็นรถบรรทุกใช้แบตเตอรี่ 2 ชนิด คือ กะทั่วกรด สำหรับสตาร์ทและเร่งเครื่องชนิดโลหะ-อากาศสำหรับวิ่งด้วยความเร็วคงที่ รถมีกำลัง 37 แรงม้า ขับเคลื่อนล้อหลังด้วยมอเตอร์กระแสตรง



ภาพประกอบแสดงตำแหน่งการจัดวางแบตเตอรี่

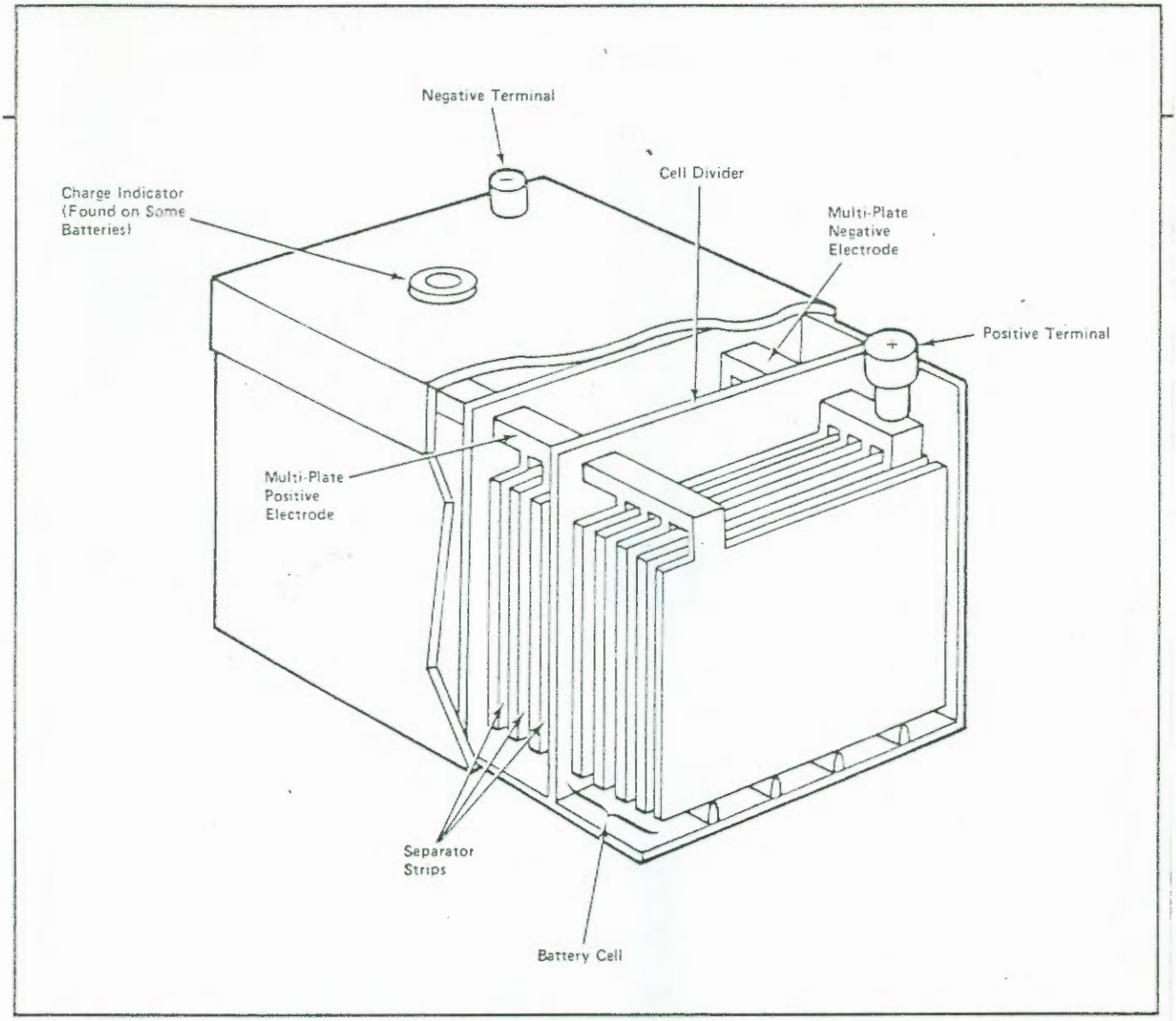


Figure 26-2. Battery cell construction.

ภาพแสดงโครงสร้างแบตเตอรี่

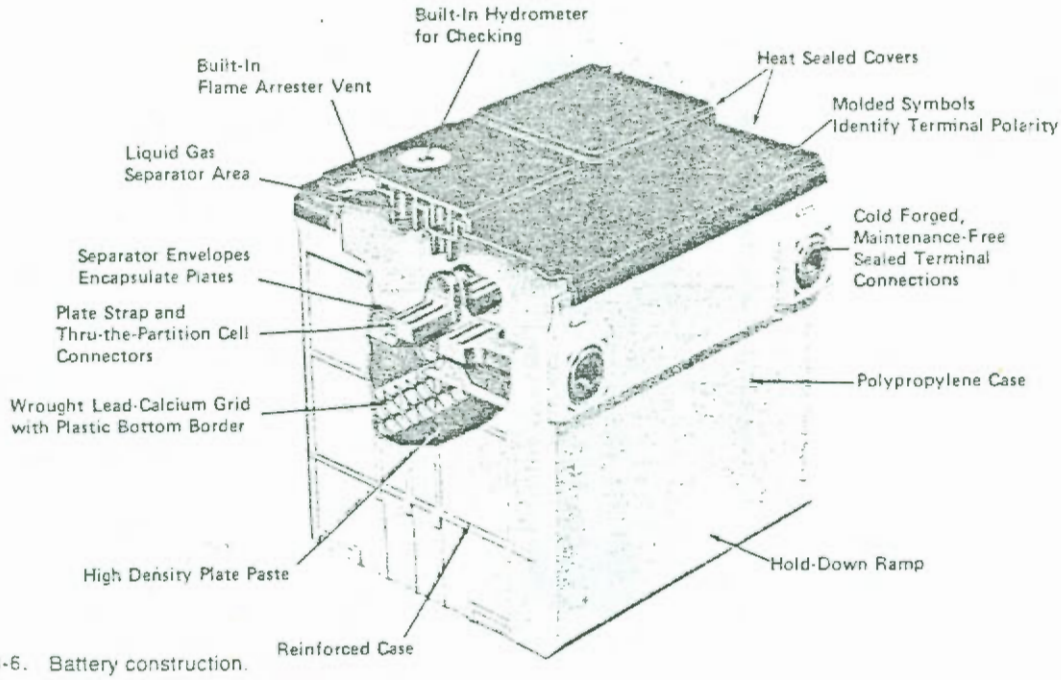


Figure 28-6. Battery construction.

ภาพแสดงโครงสร้างแบตเตอรี่

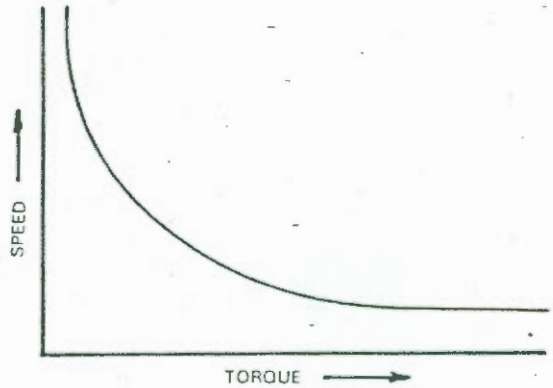


Fig. 12-12. Curve shows how speed of a dc series motor decreases as its load increases.

TORQUE DEVELOPED N·m	lbf·ft	ARMATURE CURRENT amperes	CEMF volts	SPEED rpm
0.015	0.011	0.34	116.6	25,494
0.8	0.59	2.5	95.0	2825
1.6	1.18	3.5	85.0	1800
2.6	1.9	4.5	75.0	1115

Fig. 12-13. Table of values for typical series motor. Bottom line is for an overloaded motor.

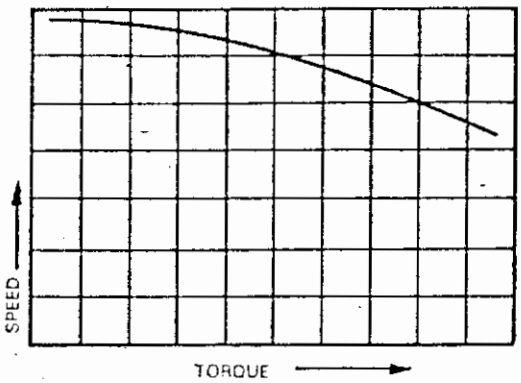


Fig. 12-16. Curve shows how speed of a dc shunt motor decreases as its load increases.

TORQUE DEVELOPED N·m	lbf-ft	ARMATURE CURRENT amperes	CEMF volts	SPEED rpm
0.015	0.011	0.03	119.85	2075
0.8	0.59	1.6	112	1938
1.6	1.18	3.2	104	1800
2.1	1.55	4.2	99	1713

Fig. 12-17. Shunt motor speed varies with load.

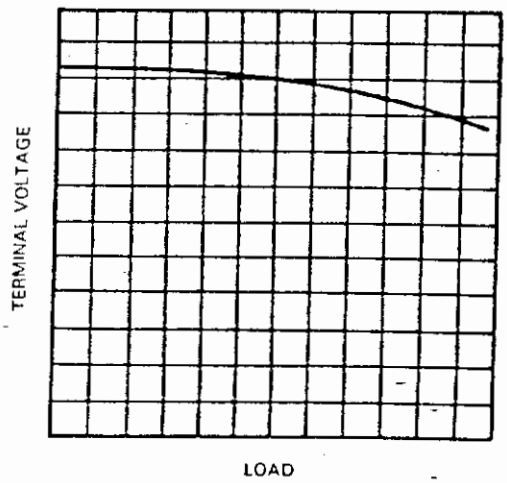
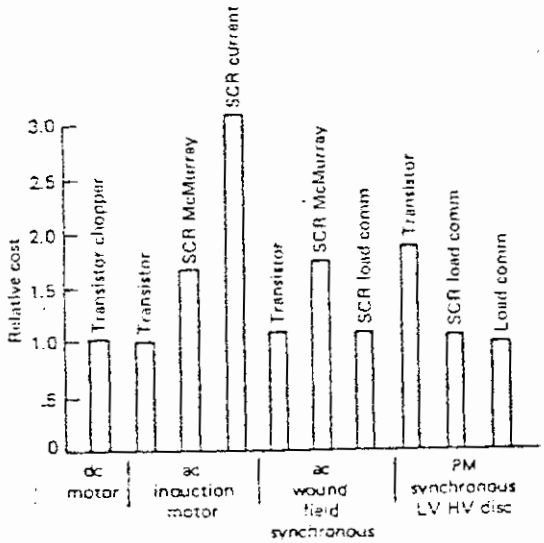
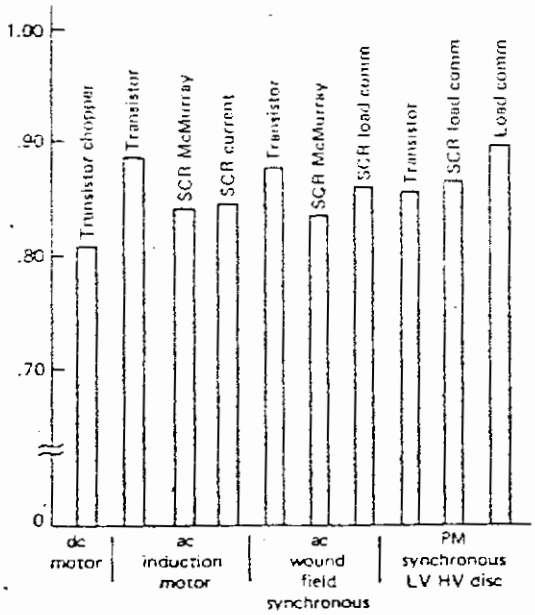


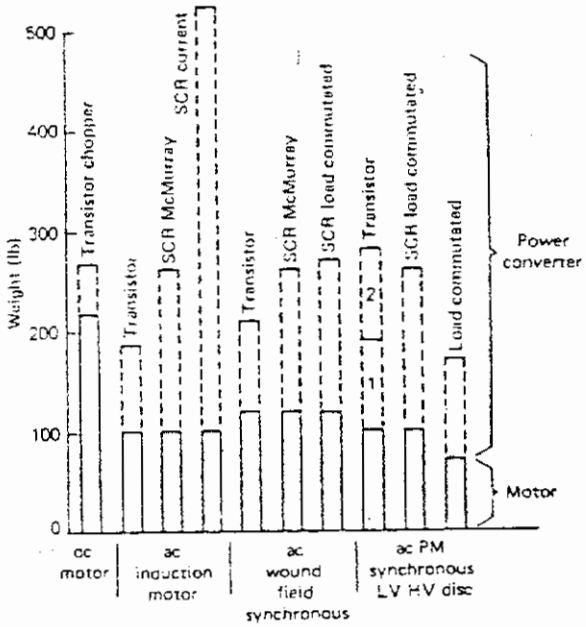
Fig. 12-38. Curve shows how terminal voltage of a dc shunt generator decreases as electrical load increases.



แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนของระบบ
ขับเคลื่อนแบบต่างๆของรถไฟฟ้า



แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ
ของระบบขับเคลื่อนแบบต่างๆ



แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของระบบขับเคลื่อนแบบต่างๆ

Table 8.2 Characteristics of selected batteries (likely achievable performance) (McGeehin, P., and Jensen, J., 'Batteries for Energy Storage in Transport Stationary Applications', *Proc. Int. Conf. on Future Energy Concepts*, London, IEE Publ. 171 (1979) Pp. 190–194.

		Lead acid	*Nickel cadmium*	*Nickel iron*	*Nickel zinc*	*Iron air*	*Zinc air*	*Zinc chlorine*	*Lithium FeS_2*	*Sodium sulphur*	*Li/Si sul-*
Electrolyte		H_2SO_4	KOH	KOH	KOH	KOH	KOH	$ZnCl_2$	various organic	β-Al_2O_3	LiC
Voltage (V)	Open circuit	2.05	1.35	1.37	1.71	1.27	1.65	2.12	2–3	2.1–1.8	1
	Discharge at 2 h rate	1.9	1.2	1.2	1.6	0.7	1.2	1.85	1.9	1.7–1.4	1
Energy efficiency (charge-discharge) %		75	70	~60	75	40	~55	65		70–75	
Specific energy (Wh/kg)	1 h rate	24	28	40	70	50	80	120		120	~1
	5 h rate	40	30	55	75	80	100	150	~100	140	
Energy density (Wh/dm³)	1 h rate	70	60	100	140	80	80	180	330	170	
Specific power (W/kg)	Peak	120	300	440	400	60	100	280	110	240	20
	Sustained	25	140	220	200	50				120	11
Life (to 80 % discharge) cycles		500	2000	2000	350	200	100	~100	~250	2000	20
Recharge time (h)		5–8	4–7	4–7	3–6	4–5	5–8	5	5	7–8	
Operating temperature (°C)		20 +50	30 +50	10 50	30 +40	0 +50	0 +60	0	~75	300–400	13
Cost	Capital (£/kWh)	25	250	65	30	23	75	18	24	30	3
	Running (£/kWh/cycle)	0.05	0.2	0.03	0.1	0.11	0.7	0.3	0.1	0.02	
		Existing			Under development						
		Ambient temperature								High temperature	

[การรางแต่งหนังสือของแบตเตอรี่ประเภทต่าง]

Grp. Size	Vlt.	Cold cranking power—amps for 30 secs. at 0°F*	No. of mo. warranted	Size of battery container in inches (incl. terminals)		
				Lgth.	Wd.	Ht.
17HF	6	400	24	7¼	6¾	9
21	12	450	60	8	6¾	8½
22F	12	430	60	9	6⅞	8⅛
	12	380	55	9	6⅞	8⅛
	12	330	40	9	6⅞	8⅛
22NF	12	330	24	9½	5½	8⅞
24	12	525	60	10¼	6⅞	8⅝
	12	450	55	10¼	6⅞	8⅝
	12	410	48	10¼	6⅞	8⅝
	12	380	40	10¼	6⅞	8⅝
	12	325	36	10¼	6⅞	8⅝
	12	290	30	10¼	6⅞	8⅝
24F	12	525	60	10¼	6⅞	8⅝
	12	450	55	10¼	6⅞	8⅝
	12	410	48	10¼	6⅞	8⅝
	12	380	40	10¼	6⅞	8⅝
	12	325	36	10¼	6⅞	8⅝
	12	290	30	10¼	6⅞	8⅝
27	12	560	60	12	6⅞	8⅝
27F	12	560	60	12	6⅞	9
41	12	525	60	11 9/16	6 13/16	6 15/16
42	12	450	60	9⅝	6⅞	6¾
	12	340	40	9⅝	6⅞	6¾
45	12	420	60	9½	5½	8⅞
46	12	460	60	10¼	6⅞	8⅝
48	12	440	60	12	6⅞	7½
49	12	600	60	14½	6⅞	7½
56	12	450	60	10	6	8⅜
	12	380	48	10	6	8⅜
58	12	425	60	9¼	7¼	6⅞
71	12	450	60	8	7¼	8½
	12	395	55	8	7¼	8½
	12	330	36	8	7¼	8½
72	12	490	60	9	7¼	8¼
	12	380	48	9	7¼	8¼
74	12	585	60	10¼	7¼	8¾
	12	525	60	10¼	7¼	8¾
	12	505	60	10¼	7¼	8¾
	12	450	55	10¼	7¼	8¾
	12	410	48	10¼	7¼	8¾
	12	380	40	10¼	7¼	8¾
	12	325	36	10¼	7¼	8¾

*Meets or exceeds Battery Council International rating standards.

Figure 28-11. Battery size chart.

ตารางแสดงขนาดของแบตเตอรี่