

리튬이온 배터리를 적용한 실내용 전동휠체어 주행특성 분석

김영필¹, 함헌주², 홍성희³, 고석철^{4*}

¹공주대학교 전기전자제어공학과, ²오토앤로봇, ³마이컴월드, ⁴공주대학교 산학협력단 & 지역산업응용연구소

Analysis of driving characteristics of electric wheelchair for indoor driving using lithium-ion battery

Young-Pil Kim¹, Hun-Ju Ham², Sung-Hee Hong³, Seok-Cheol Ko^{4*}

¹Division of Electrical and Electronic Control Engineering, Kongju National University,

²Auto&robot Inc, ³Micomworld,

⁴Industry-University Cooperation Foundation & Regional-Industrial Application Research Institute,
Kongju National University

요약 '이동'이란 사람들이 매 순간 행동하고, 타인과 교류하며 특정 목적을 달성하는 '장소'의 확장 개념으로 이동에 불편함을 느끼는 사회적 교동약자에게 있어 이동보조수단인 휠체어는 신체적·정신적 삶의 질을 향상하는데 아주 큰 영향을 발휘한다. 이러한 휠체어는 수동식 휠체어와 전동식 휠체어로 구분되는데, 수동식 휠체어는 이용자의 팔과 손의 힘으로 앞으로 추진하게 된다. 하지만 전동식 휠체어는 배터리를 통해 모터에 전기에너지를 공급 해 주고, 모터의 회전에 의해 앞으로 추진하게 된다. 전동휠체어는 주로 실외활동을 중점으로 개발되고 있으나 최근에는 일상생활의 주 공간인 실내용 이동보조수단에 대한 개발 요구가 증가하게됨에 따라 실내용 전동휠체어 개발 또한 활발하게 이루어지고 있다. 실내용 이동보조수단의 경우 공간의 특성상 단거리를 반복 주행하므로 본 연구에서는 전동휠체어의 단거리 주행에 따른 리튬이온배터리의 주행특성을 확인하고, 연속주행의 리튬이온배터리 주행특성을 비교분석하였다. 단거리 주행의 경우 리튬이온배터리의 방전중지전압 도달 시 까지 5초 주행 1초 정지를 반복수행하였다. 리튬이온 배터리를 적용한 실내용 전동휠체어의 주행특성을 분석한 결과 실내 이동을 고려한 단거리 주행시험의 경우 연속주행보다 주행시간이 2.8% 짧아진 것을 확인하였다. 실내용 전동휠체어의 회전모터에 인가 된 전류의 경우 실내 이동을 고려한 단거리 주행이 연속주행보다 15.4% 높게 나타난 것을 확인하였다.

Abstract 'Movement' is an expanded concept of 'place' where people act, interact with one another and achieve a specific purpose at every moment. Wheelchairs, as a mobility aid, have a profound impact on improving the quality of physical and psychological well-being for the mobility disadvantaged groups who have mobility difficulties. Such mobility aids were developed mainly for outdoor activities, but in recent years, mobility aids for indoor spaces, the main living environment, are also being developed. Because indoor mobility aids generally move short distances repeatedly, this study examined the characteristics of lithium-ion batteries in short-distance driving of battery-powered wheelchairs and compared them with the characteristics of lithium-ion batteries in continuous driving. The result showed that the driving time for short-distance driving was 2.8% shorter than that of continuous driving. The current supplied to the motor was 15.4% higher for short-distance driving than that of continuous driving.

Keywords : Indoor Electric Wheelchair, Wheelchair, Lithium-ion Battery, Battery Characteristic, Motor Discharge Current

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 광역협력권산업 육성사업으로 수행된 연구결과임.(P0002203)

*Corresponding Author : Seok-Cheol Ko(Kongju National Univ.)

email: suntrac@kongju.ac.kr

Received September 21, 2020

Revised October 6, 2020

Accepted December 4, 2020

Published December 31, 2020

1. 서론

사람은 매 순간 '장소'에서 행동하고 타인과 교류하며 특정 목적을 달성하고 개인의 일상생활을 하는데 있어 필수적인 요소로 일상에서 장소의 확장은 곧 개인의 삶의 영역의 확장으로 이를 위해 '이동'은 필수적인 조건이다. 삶의 필수적 조건인 이동에 있어 불편함을 느끼는 사람을 이동편의 증진법에서는 교통약자로 정의하고, 이러한 교통약자는 장애인, 고령자, 임산부, 영유아를 동반한 사람, 어린이 등으로 규정하고 있으며, 이중 장애인과 고령자는 교통수단을 이용해 이동할 때 신체적 이유로 인한 여러 가지 이동상의 제약을 받는 사람들을 볼 있다 [1,2]. 우리나라의 고령화 현황과 추세를 살펴보면 인구 고령화를 의미하는 15세 이상 인구 중 60세 이상의 비중은 남자 여자 모두 유사한 추세로 2000년 14.4%에서 2018년 24.4%로 18년동안 10%가 증가하였으며, 보건복지부가 발표한 '2018년도 등록장애인 현황'에 따르면 65세 이상 노년층 등록장애인 수는 2011년 38.0%, 2014년 41.4%, 2016년 43.4%로 지속해서 증가하고 있어 장애 인구의 고령화가 상당한 수준으로 진행된 것으로 나타났고, 2017년도 12월 기준으로 등록 장애인 수는 약 255만 명 중 약 63%인 151만 명이 이동 보조수단의 도움을 받아야하는 이동제한자로 분석되었다. 이동 보조수단으로 휠체어는 교통약자 이동수단의 대명사가 될 만큼 그 역사도 길고 폭넓게 활용되고 있어 교통약자들의 이동편의를 증진함은 물론 신체적·정신적인 삶의 질 향상에 지대한 영향을 발휘하고 있으며, 식품의약품안전처에서는 의료기기 품목 및 품목별 등급에 관한 규정에 의거하여 환자를 이송하는데 사용하는 수동식(manually-operated) 또는 전동식(electrically-powered) 의자로 구분하고 있다. 수동식의 경우 이용자가 스스로 손과 팔의 힘으로 추진하여야 하고, 전동식의 경우 전기 모터의 동력으로 추진하게 되는데, 사용자의 용도, 목적, 장애의 정도에 따라 다양한 형태로 휠체어가 개발되어 활용되고 있다[3-6]. 전동휠체어를 소지하고 있는 사회적 교통약자에 대한 통계청 자료를 보면 2005년 0.9%에서 2017년 기준 4.1%로 지속적으로 증가함을 알 수 있다[7]. 전동휠체어의 배터리는 주로 납축전지를 사용하는데 납축전지는 메모리 효과와 더불어 높은 자가 방전 특성으로 인하여 납축전지의 노화가 가속되고, 무게가 무겁다는 단점을 갖고 있어 에너지 밀도가 높고 기억효과가 없으며, 사용하지 않을 때는 자가 방전이 극히 적은 리튬이온 배터리를 적용하여 전동휠체어를 개발하는 추세이

다[8,9]. 전동휠체어에서 배터리는 전기에너지를 모터에 공급하고, 모터는 전기에너지를 운동에너지로 전환하여 모터의 회전축에 기계적으로 연결되어 있는 바퀴가 회전할 수 있도록 설계됨에 따라 배터리의 성능은 주행 이동거리와 밀접한 관계를 갖게 되고, 배터리 방전특성에 따라 모터용량을 선정, 모터용량에 따른 사용자 제한하중을 고려할 수 있는 중요 요소 중 하나이다.

최근에는 사회적 교통약자 삶의 질 향상 욕구가 증가됨에 따라 실외용이 아닌 실내용 전동휠체어에 대한 관심이 높아지고, 개발에 대한 요구가 되고 있다[7]. 실내용 전동휠체어의 경우 단거리를 반복적으로 이동하기 때문에 장시간 이동을 고려한 실외용 전동휠체어의 주행특성을 적용하기에는 난해함이 있다. 따라서 본 연구에서는 실내의 단거리 반복 동작을 고려하여 전동휠체어를 주행·정지를 반복함에 따라 리튬이온 배터리를 적용한 실내 주행용 전동휠체어의 배터리 방전 특성을 분석하고자 한다.

2. 전동휠체어 기구 및 시스템 구성

2.1 전동휠체어 설계

본 연구에 적용된 전동휠체어는 국내 A기업에서 실내용으로 개발하고 있는 승강 기능을 포함하는 전동휠체어를 사용하였다. 전동휠체어의 구조는 Fig. 1의 구조로 설계되었으며, 각 기구부의 적용 소재로 프레임은 'SS400', Link부 'Al', Cover부 'ABS'를 사용하고, Sheet는 SS400과 PU Foam을 적용하여 제작하였다.

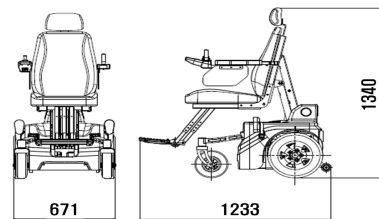


Fig. 1. Electric wheelchair blueprint

2.2 주행시험기 설계

전동휠체어 주행시험에 있어 일정한 주행 조건을 유지하기 위해 전동휠체어의 하중에도 변형이 적은 SS4001 재질의 주행시험기를 Fig. 2와 같이 설계하였다. 주행시험기의 전체 길이는 1,610mm, 폭 764mm, 높이

85mm로 설계하였으며, 바퀴 축간의 거리는 800mm로 설계하였으며, 볼베어링 방식을 적용하여 전동휠체어의 바퀴가 회전을 해도 전동휠체어의 위치는 변하지 않도록 설계하였다.

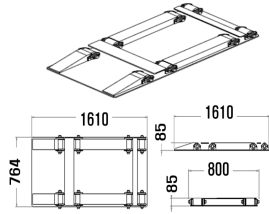


Fig. 2. Driving tester drawing

2.3 모터 특성 및 사양

모터의 회전축을 회전시키기 위해 모터에 전기에너지를 공급해야 한다. 이때 공급되는 전기에너지는 구동전류와 기동전류로 구분할 수 있다. 구동전류는 모터의 회전축이 회전하고 있는 상태에서 회전상태를 유지하기 위해 필요한 전류용량을 의미하며, 기동전류는 모터의 회전축이 정지되어 있는 상태에서 회전 할 때 최초 필요한 전류용량으로 구동전류의 5~10배 정도의 값을 갖는다. 본 연구에 적용된 모터는 DC24V, 3700rpm의 모터로 20:1의 감속기를 적용하여 무부하 상태에서 185±15rpm, 부하상태 170±12rpm으로 회전하게 되며, Fig. 3은 모터의 성능곡선을 나타낸다.

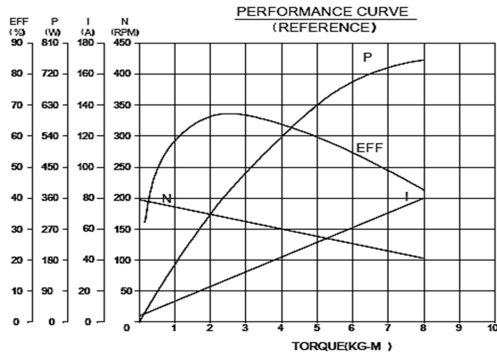


Fig. 3. Motor Performance Curve

2.4 리튬이온 배터리 특성 및 사양

본연구에 적용 된 리튬이온 배터리는 국내 L사의 18650 리튬이온셀을 6병렬 이하 단위로 BMS/PCB를 접속하여 팩킹한 후 다수의 팩을 직병렬로 조합하여 셀 특성 불균일로 인한 배터리 밸런싱을 최대로 유지하도록

설계 된 리튬이온 배터리를 사용하였다. 또한 리튬이온 배터리 보호를 위해 과전압 차단 및 자동복귀, 저전압 차단 및 자동복귀, 과전류 차단 및 자동복귀, 합선차단, 고온 자동 전원 차단기능을 적용하여 부하에 따른 사고 및 주변 환경으로 인한 사고를 예방하도록 설계하였으며, 25V 17AH 배터리 팩 3개를 병렬로 연결하여 25V 51AH로 구성하였다.

Fig. 4는 본 연구에 적용 한 리튬이온 배터리의 방전 특성 곡선을 보여주고 있다.

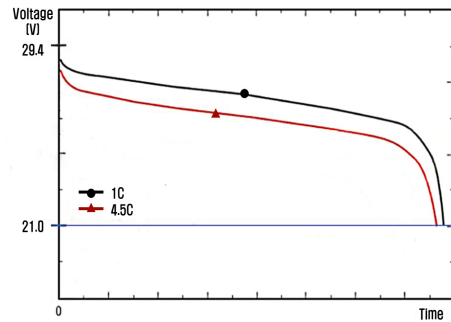


Fig. 4. 1Series 3Parallel Lituim-ion Battery (25V 17Ah) Discharge characteristic curve

Table 1은 본 연구에 적용 된 리튬이온 배터리 팩 1개의 사양을 보이고 있다.

Table 1. Characteristics of lithium-ion battery pack applied to research

SPECIFICATION		
Battery Specifications	Nominal Output Voltage	25.2V
	Max. Output Voltage	29.4V
	Cut Off Output Voltage	21.0V
	Max. Output Current for 2sec.	35A
	Limited. Output Current	17A
Charging Conditions	Max. Capacity	17AH
	Suggested Charging Voltage	29.4V
	Max. Charging Current	9A

2.5 리튬이온 배터리 전압, 부하전류 측정 시스템

리튬이온 배터리를 전원으로 사용하는 경우 단자 전압이 0V가 되기까지 방전을 하지 않고 일정 한도의 전압까지 강하게 되면 방전을 정지하게 되는데 이때의 전압을 방전종지 전압이라고 한다. 만약 방전종지 전압보다

낮은 전압까지 방전을 진행하게 되면 리튬이온 배터리의 수명을 단축시키게 됨에 따라 리튬이온 배터리의 전압 모니터링은 중요한 요소 중 하나이다. 본 연구에서는 리튬이온 배터리의 전압을 전압분배법칙을 사용하여 5V로 스케일 하고 부하효과를 제거하기 위해 Voltage Follower 방식을 사용하였다. Voltage Follower 방식의 출력값을 10Bit ADC(Analog Digital Converter)에 인가하여 스케일 변환을 통해 배터리의 전압값을 모니터링 하였다.

부하전류 측정은 Hall Effect 방식의 전류센서를 사용하여 Right Motor, Left Motor 각각 연결하여 모터별 부하전류를 측정하였다. Fig. 5는 배터리 전압, 부하전류 측정 시스템의 회로도이다.

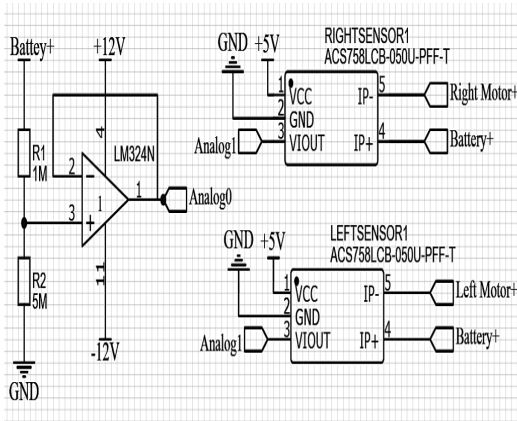


Fig. 5. Battery voltage, load current measurement system circuit

3. 주행 시험 및 분석

3.1 시험조건

전동휠체어 주행시험에 적용된 리튬이온 배터리의 방전종지 전압은 21.0V이다. 본 연구에서는 리튬이온 배터리 보호를 위해 배터리 모니터링 시스템에서 측정되는 전압 값이 22.0V가 되는 시점을 기준으로 전동휠체어의 주행을 정지하였다. 주행 시험 방법은 전동휠체어 연속주행 시험과, 5초 주행/ 1초 정지를 반복하는 단거리 반복 주행 방법으로 진행하였으며, 총 3회에 걸쳐 진행하였다. 방전 종지전압 도달까지의 시간 및 각 모터에 인가되는 전류값을 4ms 간격으로 측정하여 데이터를 기록하였다. 전동휠체어 주행에 있어 진동에 의한 구동시스템의 오류를 방지하고자 주행 시스템은 전동휠체어에서 탈거하여

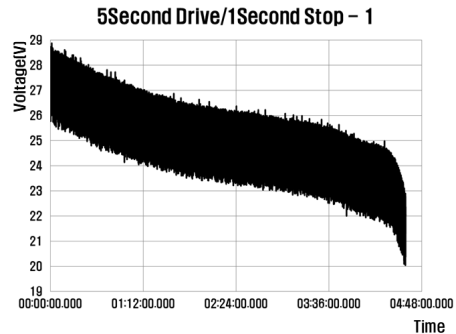
안정상태가 유지될 수 있는 외부에서 전동휠체어 주행을 제어하였다. Fig. 6은 주행 시험 환경을 보여주고 있다.



Fig. 6. Driving test environment

3.2 전동휠체어 단거리 반복주행

전동휠체어 단거리 반복 주행을 리튬이온배터리의 전압이 방전종지 전압인 22.0V에 도달까지 5초 주행 1초 정지를 반복수행 한 시험이다. 리튬이온배터리의 전압이 주행순간 급격하게 하강하게 되고, 그에 따라 리튬이온 배터리의 정상상태 전압이 방전종지전압 도달 전에 시스템이 차단하게 된다. 이를 방지하고자 측정되는 100개의 데이터의 값을 합산하여 평균값을 구하는 Average Filter를 적용하여 Average Filter 전압값이 방전종지 전압값에 도달 시 주행을 차단하도록 하였다. Fig. 7은 전동휠체어의 5초 주행 1초 정지를 반복수행에 따른 리튬이온배터리의 방전 특성 그래프를 나타낸다.



(a)



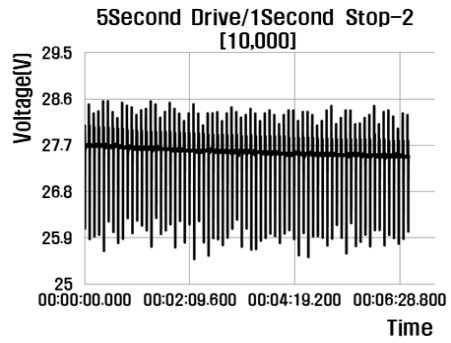
(b)



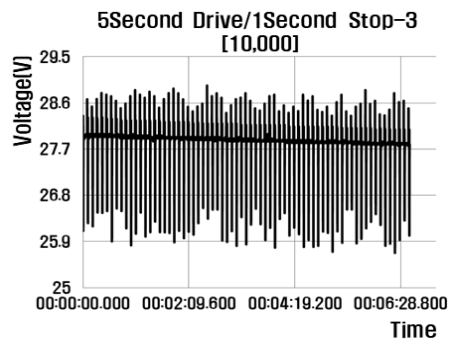
(c)

Fig. 7. Battery Discharge Curve According to 5Second Drive, 1Second Stop
 (a) 5Second Drive, 1Second Stop Curve - 1
 (b) 5Second Drive, 1Second Stop Curve - 2
 (c) 5Second Drive, 1Second Stop Curve - 3

Fig. 8은 Fig. 7의 리튬이온 배터리 방전 특성 그래프 중 주행시작부터 10,000개의 데이터를 추출 한 그래프로 주행순간 짧은 시간 동안 전압은 급격하게 하강하고, 정지순간 전압이 급격하게 상승하면서 상·하로 진동하는 그래프를 보여주었다.



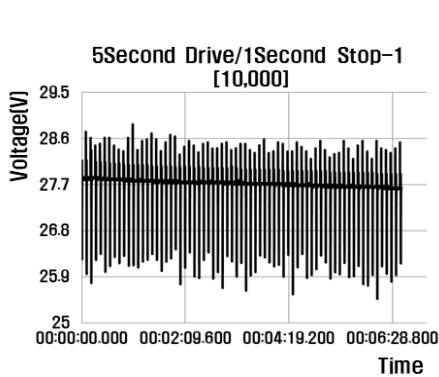
(b)



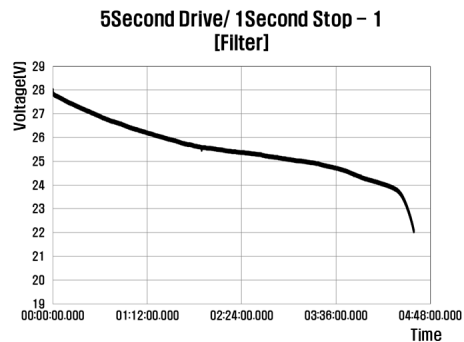
(c)

Fig. 8. Battery Discharge Curve According to 5Second Drive, 1Second Stop[10,000]
 (a) 5Second Drive, 1Second Stop Curve - 1
 (b) 5Second Drive, 1Second Stop Curve - 2
 (c) 5Second Drive, 1Second Stop Curve - 3

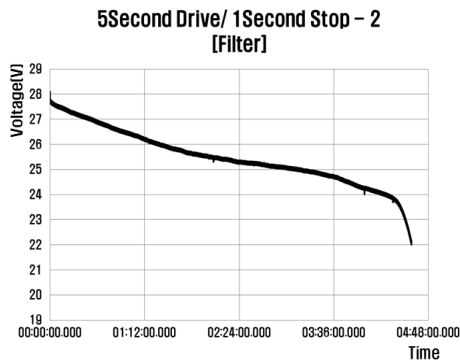
Fig. 9는 Average Filter를 적용 한 리튬이온배터리의 방전특성 그래프로 방전종지 전압에 도달하는 시간은 4시간 35분 24초, 4시간 35분 04초, 4시간 29분 26초로 측정되었고, 평균 4시간 33분으로 계산되었다.



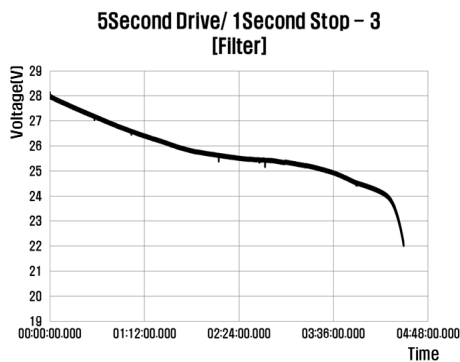
(a)



(a)



(b)

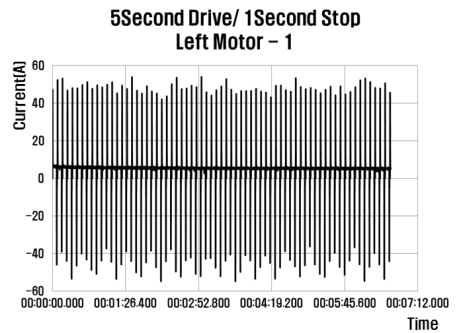


(c)

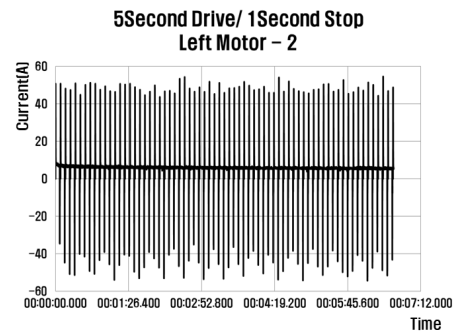
Fig. 9. Battery Discharge Curve According to 5Second Drive, 1Second Stop [Average Filter]

- (a) 5Second Drive, 1Second Stop Curve - 1
- (b) 5Second Drive, 1Second Stop Curve - 2
- (c) 5Second Drive, 1Second Stop Curve - 3

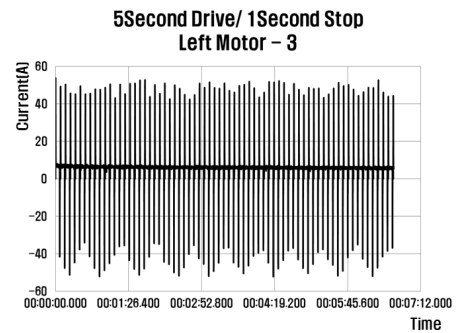
Fig. 10은 전동휠체어의 5초 주행 1초 정지 반복 시험에서 좌측 모터에 인가되는 전류데이터 중 주행개시 시점부터 10,000개의 데이터를 추출한 그래프로 주행개시 시 순간적으로 높은 전류가 흐르고, 정지시에 음의 전류가 흐르게 되는 것을 확인하였다. 정지시의 음의 전류는 회전하는 모터의 회전축이 관성에 의해 즉각적으로 멈추지 못하고 약간의 회전으로 인해 전동기가 아닌 발전기 형태로 작용하여 역방향 전류가 생긴 것으로 사료된다. 모터의 음의 전류를 0으로 간주하고 평균 전류값을 계산하면 각각 5.511A, 5.894A, 6.020A로 계산되었다.



(a)



(b)

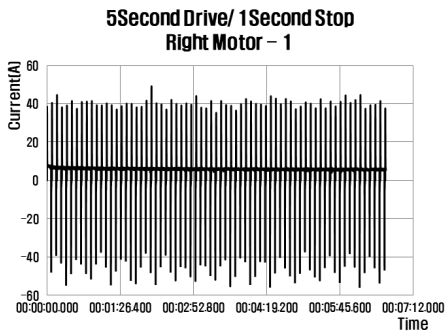


(c)

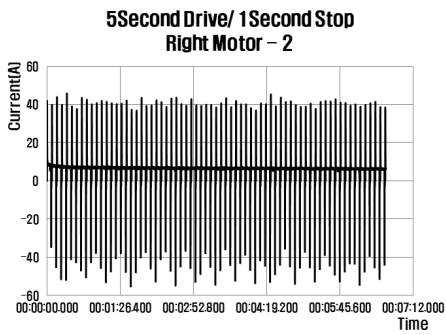
Fig. 10. 5Second Drive, 1Second Brake Motor Current

- (a) Left Motor Discharge Current - 1
- (b) Left Motor Discharge Current - 2
- (c) Left Motor Discharge Current - 3

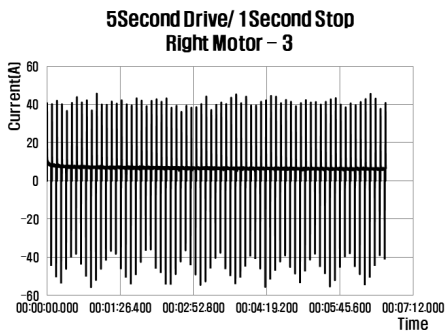
Fig. 11은 전동휠체어의 5초 주행 1초 정지 반복 시험에서 우측 모터에 인가되는 전류데이터 중 주행개시 시점부터 10,000개의 데이터를 추출한 그래프로 모터의 음의 전류값을 0으로 간주하고 평균 전류값을 계산하면 각각 6.005A, 6.538A, 6.580A로 계산되었다.



(a)



(b)



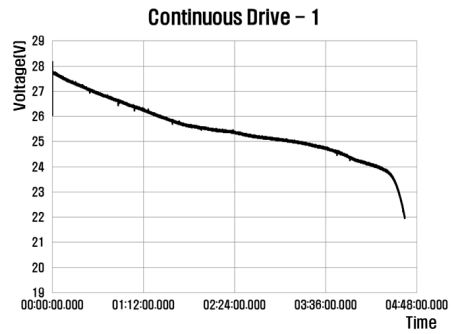
(c)

Fig. 11. 5Second Drive, 1Second Brake Motor Current
 (a) Right Motor Discharge Current - 1
 (b) Right Motor Discharge Current - 2
 (c) Right Motor Discharge Current - 3

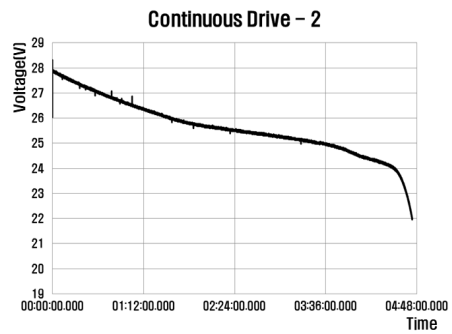
3.3 전동휠체어 연속주행

전동휠체어 연속주행은 리튬이온배터리의 전압이 방전종지 전압인 22.0V에 도달할 때까지 전동휠체어를 주행하는 시험으로 방전종지 전압까지 도달 시간은 4시간 38분 26초, 4시간 44분 12초, 4시간 41분 55초로 측정되었으며, 평균 4시간 41분으로 계산되었다. Fig. 12는 전동휠체어 연속주행에 따른 리튬이온배터리의 방전특성

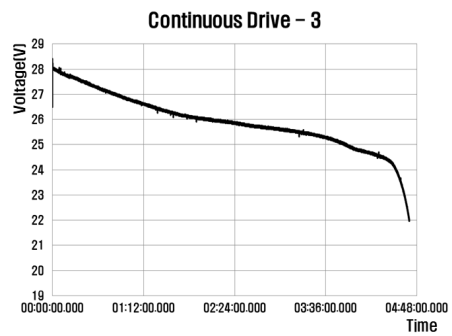
그래프를 보여준다.



(a)



(b)

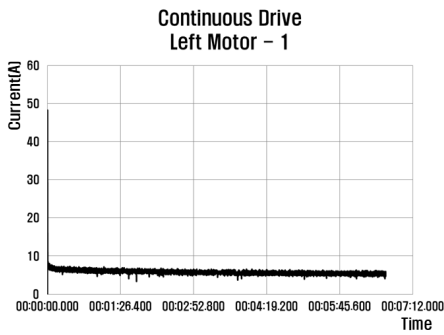


(c)

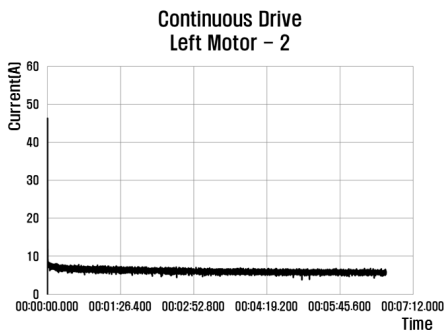
Fig. 12. Battery Discharge Curve According to Continuous Driving

- (a) Continuous Discharge Curve - 1
- (b) Continuous Discharge Curve - 2
- (c) Continuous Discharge Curve - 3

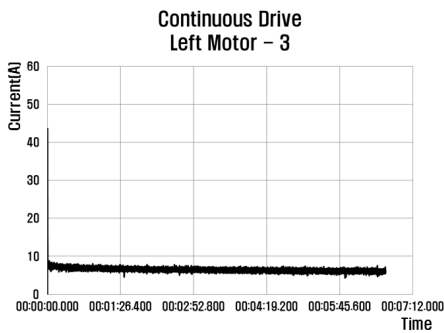
Fig. 13은 전동휠체어의 연속주행 시험에서 좌측 모터에 인가되는 전류데이터 중 주행개시 부터 10,000개의 데이터를 추출한 그래프로 주행개시 시 순간적으로 높은 전류가 흐르고, 모터의 정상상태에 도달 후 큰 편차없이 전류가 인가되었다. 모터에 흐르는 평균 전류값은 5.636A, 4.689A, 4.617A로 계산되었다.



(a)



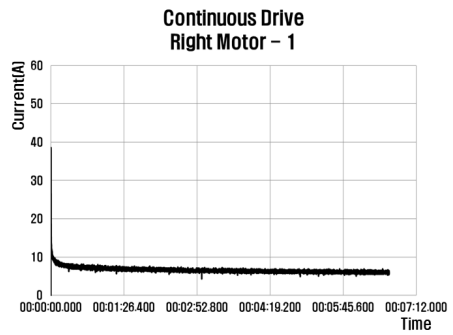
(b)



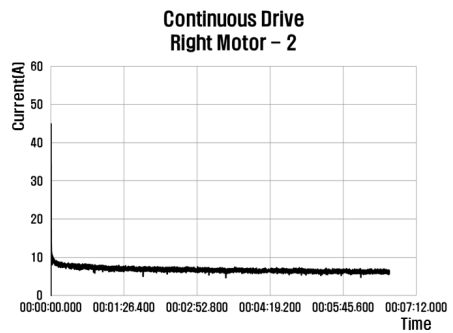
(c)

Fig. 13. Continuous Driving Motor Current
 (a) Left Motor Discharge Current - 1
 (b) Left Motor Discharge Current - 2
 (c) Left Motor Discharge Current - 3

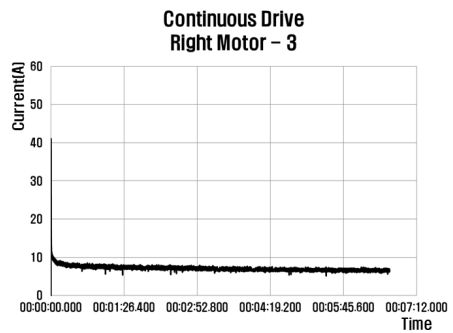
Fig. 14는 전동휠체어의 연속주행 시험에서 우측 모터에 인가되는 전류데이터 중 주행개시 시점부터 10,000개의 데이터를 추출한 그래프로 모터의 음의 전류값을 0A로 간주하고 평균 전류값을 계산하면 각각 5.888A, 4.896A, 5.203A로 계산되었다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 14. Continuous Driving Motor Current
 (a) Right Motor Discharge Current - 1
 (b) Right Motor Discharge Current - 2
 (c) Right Motor Discharge Current - 3

3.4 시험분석

리튬이온 배터리를 적용 한 전동휠체어의 좌측모터에 인가 된 전류값의 평균은 단거리 주행시험 5.80A, 연속 주행시험 4.98A로 두 시험의 전류차는 0.82A이고 이 값을 백분을 환산하면 약 14.1%의 차이를 보였다. 우측 모터에 인가 된 전류값의 평균은 단거리 주행시험 6.37A, 연속 주행시험 5.32A로 두 시험의 전류차는 1.05A이고

이 값을 백분율 환산하면 약 16.4%의 차이를 보였다. 이는 단거리 주행시험이 주행·정지를 반복하면서 높은 기동전류가 지속적으로 누적되어 연속 주행시험보다 높은 전류값을 보인 것으로 분석된다. 전동휠체어의 주행시간은 단거리 주행시험이 4시간 35분 24초, 4시간 35분 04초, 4시간 29분 26초로 측정되었고, 평균 주행시간은 4시간 33분으로 계산되었다. 연속주행 시험의 주행시간은 4시간 38분 26초, 4시간 44분 12초, 4시간 41분 55초로 측정되었고, 평균 주행시간은 4시간 41분으로 계산되었다. 두 시험에서의 평균 주행시간을 시간 단위 '분'으로 환산하여 비교하였을 때 8분의 시간 차이가 발생하였으며, 백분율 환산 약 2.8% 차이를 보였다. 이는 모터에 인가된 전류값에 의해 차이가 발생한 것으로 분석되며, 전류값의 편차에 비해 주행시간의 편차가 낮은 이유는 5초 주행 1초 정지를 한 단거리 주행시험에서 정지 시간에 따른 편차감소로 사료된다.

Table 2. Compared Short-distance Driving with Continuous Driving

	Short-distance driving	Continuous driving	Deviation
Average Drive Time	273 (Minute)	281 (Minute)	-2.8%
Left Motor Current	5.80 (A)	4.98 (A)	+14.1%
Right Motor Current	6.37 (A)	5.32 (A)	+16.4%

4. 결론

본 연구는 리튬이온 배터리를 적용한 실내용 전동휠체어의 단거리 주행 특성을 고려한 5초 주행, 1초 정지 반복시험을 진행하였으며, 연속주행 시험 방법과 비교 분석하였다. 단거리 주행시험의 방전종지 전압 도달시간은 평균 4시간 33분으로 나타났으며 모터에 인가된 평균 전류는 6.091A로 확인되었다. 연속주행 시험의 방전종지 전압 도달시간은 평균 4시간 41분, 모터에 인가된 평균 전류는 5.1546A로 확인되었다. 단거리 주행시험과 연속주행 시험의 주행시간을 비교했을 때 단거리 주행시험이 2.8%(8분)로 빨리 방전종지 전압에 도달한 것으로 분석되었다. 하지만 모터에 인가된 전류의 차이는 단거리 주행시험이 연속주행 시험보다 약 15.4%(0.936A) 높게 분석되었다. 추후 본 연구 내용을 바탕으로 단거리 주行的

시간을 연장하기 위해 순간 방전에 있어 우수한 특성을 보이는 전기이중층 커패시터(Electrochemical Double Layer Capacitor)를 리튬이온 배터리와 결합하여 순간적으로 발생하는 기동전류를 리튬이온 배터리가 아닌 전기이중층 커패시터에서 전력을 공급하는 시스템을 설계하여 단거리 주행을 보완하고자 한다.

References

- [1] S. Z. Yang, S. W. Kim "Designing mobile map app UX to improve transit convenience for the disabled with wheelchairs", Journal of the HCI Society of Korea, Vol.14, No.4, pp37 ~ 47, December 2019
DOI : <https://doi.org/10.17210/jhsk.2019.12.14.4.37>
- [2] S. W. Cho, S. Y. Lee "An Empirical Study of Accessibility to Multi-shopping Mall for The Mobility Impaired", Journal of the Korean Housing Association, Vol.31, No.1, pp71 ~ 78, January 2020
DOI : <https://doi.org/10.6107/JKHA.2020.31.1.071>
- [3] Y. H. Jung, S. H. Lee, "The impact of Workforce Aging on Labor Productivity: Using the Regional Panel Dataset in Korea ", Journal of Digital Convergence, Vol.17, No.11, pp1 ~ 7, November 2019
DOI : <https://doi.org/10.14400/JDC.2019.17.11.001>
- [4] Ministry of Health and Welfare, "Status of registered persons with disabilities in 2018", April 2018.
https://www.mohw.go.kr/react/al/sal0301vw.jsp?PAR_MENU_ID=04&MENU_ID=0403&page=1&CONT_SEQ=349094
- [5] G. Lim, Y. J. Kim, Y. O. Kim, S. Y. Yang, "A Study on the Wheelchair Storage System Mounted on the Trunk of the Sedan Passenger Car," The Korea Society for Fluid Power and Construction Equipment, vol.16. No.3, pp. 8 ~ 15, September 2019
DOI : <https://doi.org/10.7839/ksfc.2019.16.3.008>
- [6] K. Lim, J. H. Lee, J. H. Yoon, S. C. Lee " Design and Usage Verification for Self Standing In-wheel Wheelchair" Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology, vol.14. No.1, pp. 19 ~ 27, February 2020.
DOI : <https://doi.org/10.21288/resko.2020.14.1.19>
- [7] J. H. Seo, C. W. Kim, "3D Depth Camera-based Obstacle Detection in the Active Safety System of an Electric Wheelchair", Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, Vol.22, No.7, pp552 ~ 556, June 2015
DOI : <http://dx.doi.org/10.5302/I.ICROS.2016.16.0077>
- [8] S. Y. Park, G. M. Kim, P. Y. Lee, J. H. Kim, S. B. Park, Y. M. Kim, "Battery Sizing of Lithium-Based Battery for Emergency Power Supply in Nuclear Power Plants", THE KOREAN INSTITUTE OF POWER ELECTRONICS, Vol.24, No.5, pp342 ~ 348, October

2019

DOI : <https://doi.org/10.6113/TKPE.2019.24.5.342>

- [9] S. H. Hong, G. W. Choi, M. W. Park, J. M. Park, S. H. Lee, "An Experimental Study on the Fire Hazards of Cylindrical Lithium-ion Battery", Korean Journal of Hazardous Materials, Vol.7, No.2, pp64 ~ 69, December 2019
DOI : <https://doi.org/10.31333/kihm.2019.7.2.64>
- [10] S. H. Hong, G. W. Choi, M. W. Park, J. M. Park, S. H. Lee, "An Experimental Study on the Fire Hazards of Cylindrical Lithium-ion Battery", Korean Journal of Hazardous Materials, Vol.7, No.2, pp64 ~ 69, December 2019
DOI : <https://doi.org/10.31333/kihm.2019.7.2.64>

김 영 필(Young-Pil Kim)

[정회원]



- 2014년 2월 : 공주대학교 전기전자제어공학부 (공학사)
- 2016년 2월 : 공주대학교 공주대학원 전기전자제어공학과 (공학석사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 공주대학원 전기전자제어공학과 박사 과정

<관심분야>

이차전지, 전력전자, 배터리 BMS

함 헌 주(Hun-Ju Ham)

[정회원]



- 2012년 8월 : 한국방송통신대학교 경영학과 (경영학사)
- 2016년 2월 : 호서대학교 호서대학원 나노바이오트로닉스 (공학석사)
- 2003년 7월 ~ 2015년 8월 : ㈜마노 기술연구소 소장
- 2015년 9월 ~ 현재 : ㈜오토앤로봇대표이사

<관심분야>

기술경영, 친환경 자동차부품, 자동화기기, 로봇기술

홍 성 희(Sung-Hee Hong)

[정회원]



- 1995년 2월 : 경남대학교 전자공학과 (공학사)
- 2016년 2월 : 홍익대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 홍익대학교 전기공학과 박사과정

<관심분야>

정보통신, 마이크로프로세서 자동제어, 펌웨어개발

고 석 철(Seok-Cheol Ko)

[정회원]



- 2002년 2월 : 전북대학교 전북대학원 전기공학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 전북대학교 전북대학원 전기공학과 (공학박사)
- 1996년 1월 ~ 1998년 3월 : 타타대우상용차 사원
- 2005년 1월 ~ 2008년 3월 : 전남TP정책기획단 책임연구원
- 2008년 3월 ~ 2012년 1월 : 충남TP정책기획단 팀장
- 2012년 2월 ~ 현재 : 공주대학교 산학협력단 정교수

<관심분야>

초전도한류기, 배선설비, 충전설비, 전력전자, 자계해석