

LV시리즈 : LV-25V□□□AH-□□□... , LV-50V□□□AH-□□□...

--> LG 셀 / 21700 원통형 / M50LT

LM시리즈 : LM-MOTOR-25V- □□□ AH- □□□... , LM-MOTOR-50V- □□□ AH- □□□...

--> LG 셀 / 18650 원통형 / M29

1. 배터리 기대 수명 , 회 = 완전사이클 (배터리 온도 상온 기준)

사용조건	LV 시리즈 (신모델)	LM 시리즈 (구모델)	비고
SOC 1% ~ SOC 100% 구간에서 사용할 경우	약 1,000회	약 700회	
SOC 50% ~ SOC 100% 구간에서 사용할 경우	약 5,000회	약 3,500회	
SOC 30% ~ 90% 구간에서 사용할 경우	약 5,000회	약 3,500회	

** 용어 정의 :

(1) : SOC (State Of Charge, 충전잔량)

(2) : 충방전 사이클(회) 정의 : 완전사이클 및 부분사이클 ---> 본 문서에서는 완전사이클 개념을 사용한다.

A) 만충후(SOC100%) 사용을 시작하여 SOC 50%까지 쓰고 다시 만충까지 충전했다 --> 0.5 완전 사이클이 된다.

이런 충방전을 2번 하면 --> 1 완전 사이클, 또는 2부분 사이클

B) 만충후(SOC100%) 사용을 시작하여 SOC 70%까지 쓰고 다시 SOC100%까지 충전했다 --> 0.3 완전 사이클이 된다.

이런 충방전을 3.3번 하면 --> 0.3사이클 x 3.3 = 1 완전 사이클, 또는 3.3부분사이클

2. 참고 : 배터리 수명_ 기간 (배터리 온도 상온 기준)

조건 : AMR (AGV,무인반송차) 및 산업용로봇에 적용시 아래에서 기술한 양호한 사용 조건을 지킨다면,

24시간 가동시 --> LV시리즈 배터리 약 10년 , LM시리즈 배터리 약 7년 이상 사용할 것으로 추정합니다.

위 사용기간은 일반적인 공장자동화용 AMR의 일반 사용 조건내에서 추정 및 실증데이터에 의한 제시 사용연수이며 이해를 돕기 위해 계산된 (실증 데이터 반영) 것이며, 기본적으로는 연도가 아닌 충방전 횟수로 판단하는것이 맞습니다.

3. 참고_ 배터리 내용연수 계산 / LV 시리즈 배터리의 경우 (배터리 온도 상온 기준)

AMR (AGV,무인반송차) 및 산업용로봇에 적용시 아래에서 기술한 양호한 사용 조건을 지킬 때 사용연수 계산

1) 조건 : SOC 30% ~ 90% 사이에서 배터리를 사용할 경우 :

약 5,000회 정도의 완전 사이클 수명 --> 년수로 환산 계산식.

(5000회 사용 후 20% ~25% 가용에너지가 새제품에 비해 작아짐, 못 쓴다는 의미는 아님.)

2) 계산 결과 --> 약 10년 사용 가능, 단 10년 후 배터리의 가용 에너지는 새것과 비교하여 20%~25% 저감된 상태가 됨.

◇ 계산 상세 : 아래 계산식은 타보스가 유추하여 작성함

2-1) 8시간 만에 한번씩 충전 --> 6시간 사용 + 2시간 대기 및 휴식조건'

2-2) 하루 24시간 운전중 3번 충전함'

2-3) 배터리 충전률 = 90% - 30% = 60%사용

---> 1일 사용 완전충전 사이클 = (0.6 완전사이클/ 회) X (3회충방전/일) = 1.8 완전사이클/일

2-4) 내용연수 = 5000완전 사이클 / (1.8완전사이클/일) / ((25일/월) X12개월) = 9.3년

---> 대략 휴지기간 포함하여 10년 사용

4. 양호한 사용조건 정의

◇ 양호한 사용조건 (1/3)

SOC 30% ~ 90% 조건에서 사용하도록 노력한다.

양호한 사용조건(1) / 충방전률

*** 핵심적 양호한 조건 ***

- 1) 배터리 충전잔량 20~30%이하로 떨어지기 전에 충전하여 사용하되, 가능한 수시로 충전한다.
- 2) 배터리가 낮은 전압 영역으로 가면 갈수록 배터리 수명 감소가 심하다.
- 3) 배터리가 과방전(SOC 0~5%이하) 되지 않도록 특별관리하며, 이럴 경우 최대한 빨리 충전해준다. 과방전 상태로 수일, 수개월 방치되지 않도록 한다.
--> 배터리 저전압시 부하와의 연결을 자동으로 차단해 주는 장치 사용 권장

양호한 사용조건(2) / 전압레벨 관리

	AGV(무인반송차) 사용 가능 전압 영역				
운용	부하연결 차단	저전압 경고	AGV(무인반송차) 운전전압		
배터리 종류 (공칭전압)	AGV측의 권장 저전압차단 지령 전압	방전시 전압이 급격히 강해지는 경계 0.2C이하 방전시	충전스테이션 으로 AGV가 복귀하는 기준 전압	권장 충전기 충전전압	허용 충전 최고 전압
Cell당 전압	3.15V/Cell	3.36V/Cell	3.43V/Cell	4.0V/Cell	4.14V/Cell
추정 잔량	약 3~5%	약 5~8%	약 15~20%	약 80%	약 90%
25V 배터리 (7S)	22V	약 23.5V	24V	28V	29.0V
50V 배터리 (14S)	44V	약 47.0V	48V	56V	58.0V

◇ 양호한 사용조건 (2/3)

용량(Wh)이 큰 배터리를 사용하여 배터리 사용율을 적게 가져간다..

배터리 용량(Wh)은 쓰는 양 대비 크면 클수록 수명이 길다. 경제성을 감안하여 한번 충전으로 연속구동 5~6시간 이상 할 수 있을 정도의 용량이면 적당하다.

◇ 양호한 사용조건 (3/3)

충전기의 충전 전류 리플이 3% 이내일 것. (주기)

리튬 배터리 충전기는 충전전류 리플이 작아야 한다. 즉 완전한 직류이어야 한다.

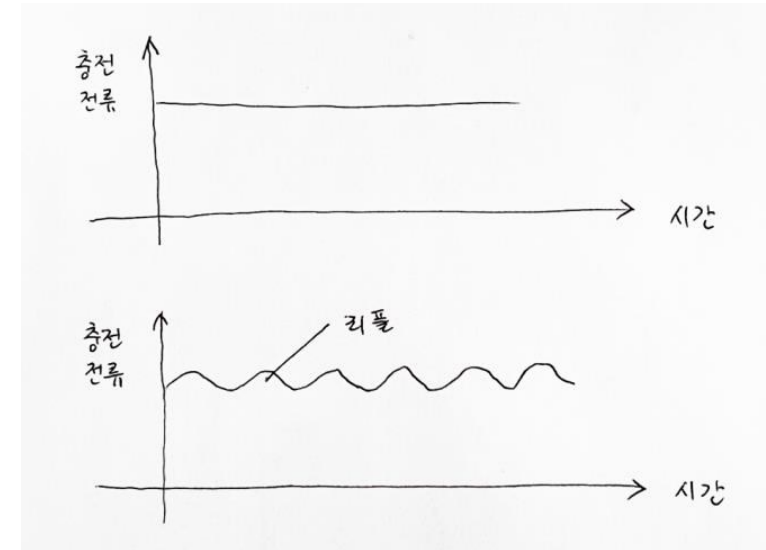
일부 저가 충전기의 경우 충전전류 리플이 큰 경우가 있습니다.

이럴 경우 BMS 수명을 단축시키고 셀의 화학적 성능을 저하시킵니다.

충전전류는 직류로 들어가는 것이 이상적이지만 (전류 출렁임이 없이 잔잔한 상태)

리플이 존재한다는 말은 직류 성분 말고

출렁이는 교류성분 전류가 크게 존재한다는 말입니다.



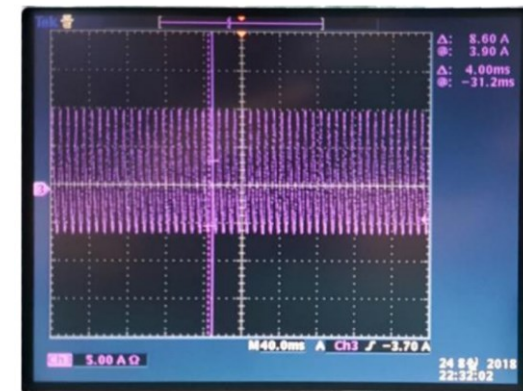
◇ 배터리 수명을 단축시키는 악조건 예시

배터리에 가능한 한 인버터를 연결하여 사용하지 말라..

부하 장치가 교류220V용인 경우에는 배터리에 인버터를 연결하여 전력을 교류로 변환시켜 사용하는 경우가 있습니다.

시중의 대부분의 인버터는 배터리로부터 공급받는 전류를 소비할 때 충격파 형태의 리플 전류를 발생시키는 것이 대부분입니다.

따라서 배터리 전압을 직류에서 교류(예 AC220V)로 바꾸어 주는 인버터를 사용하지 말고, BLDC 모터와 같이 직류부하를 직접 사용하는 방식으로 해야 배터리 수명이 길어집니다.



우측 사진 / 시험결과 --> 1000VA 정현파 인버터를 부하전류 500W로 당길 때 배터리로부터 인버터로 공급되는 측정 전류는 8A였으며, 리플전류는 +10A , -10A 형태의 충격파(맥동파) 형태를 띄고 있음.

5. 부록

(부록 1 / 4) 타보스 경험적 데이터를 통해 본 수명 예측

◇ 실증 데이터 : 공장자동화에 24시간 사용되는 AMR (AGV) 배터리.

타보스 기존 LM시리즈(LG에너지솔루션 18650 원통형셀, 일반범용) 배터리를 8년전부터 (2025년02월 기준) AMR (AGV)에 적용하였습니다.

그 중 사용기간이 8년이 경과(2024.11월 기준)된 배터리가 S사에 1천여대 이상 운영되고 있습니다.
통계로 볼 때 배터리가 완전방전상태까지 가지 않도록 하면 배터리 사용 연수는 7~8년은 잘 작동하였습니다.

위 통계는 LM시리즈 배터리의 경우이며,

신형 LV시리즈((LG에너지솔루션 21700 원통형셀, 전기차용) 는 그보다 30% 이상 수명이 증대되된 최신 기술 제품입니다.

--> 이런 근거로 LV시리즈 배터리는 공장자동화용 24시간 가동되는 AMR에 적용되는 경우
10년 정도는 사용될 것으로 봅니다.

(부록 2 / 4) LG에너지솔루션 배터리셀 악조건 시험 데이터를 통해 본 수명 예측

아래 페이지 데이터를 근거로

신형 LV시리즈(21700셀사용) 배터리는 기존 LM시리즈(18650셀사용) 대비 약 1.2 ~ 1.5배 수명이 길다고 판단됩니다.

- 판단근거 : 악조건 시험 (1000 cycle / 500 cycle) x 보정계수(0.75)= **1.5배 수명 증대 추정**

악조건 의미 : 만충후 완전방전 사용조건을 말함. 완전방전은 배터리 수명을 급속히 저하시킴.

일반 사용시에는 완전방전시키지 않고 사용함.

특히 AGV의 경우 보통 잔량 20~30% 이상 남기고 충전하는 시스템이기 때문에 양호한 사용조건임.

- 보정계수 0.75는 두 셀간 시험조건이 달라 타보스 엔지니어가 임의로 보정한 것임.
- 주기 : 수명증대요인 : LV에 채용한 셀은 LM형에 채용된 셀에 비해 최신품임. 8년 이상 기술격차가 있는 셀임.
- 시험데이터 한계 : 1사이클 시험하는데 5시간이 소요되고 , 1천 사이클 시험하는데 5천시간이 소요됩니다.
이를 환산하면 최소 7개월~8개월소요됩니다.
→ 이런 이유로 실험적인 수명데이터는 1천사이클 시험데이터로 대신합니다.

(부록 3 / 4) - 앞에서 계속 - 셀 충방전 사이클 시험 데이터

LV형(신형) 배터리에 사용한 셀 → LG 2170형 / M50LT 사양서 상의 수명 데이터 (LG엔솔 사양서에서 발췌)

4.2.4 Cycle Life (0.3C/0.5C)	Charge(CC/CV) : 0.3C(1,440mA), 4.1V, 240mA cut-off, rest time 10min. at 25°C Discharge(CC) : 0.5C(2,400mA), 2.85V cut-off, rest time 20min. at 25°C	≥ 80% of initial energy at 1,000cycles
---	---	---

시험요약 : 0.3C 충전, 0.5C 방전 조건으로,
완충/완방 시험을 1,000회 했더니 초기용량(AH)의 80%가 되었다.

LM형(기존) 배터리에 사용한 셀 → LG 18650형 / M29 사양서 상의 수명 데이터 (LG엔솔 사양서에서 발췌)

4.2.4 Cycle Life	Cells shall be charged and discharged per 4.1.3 for 500 cycles. A cycle is defined as one charge and one discharge. 500th discharge capacity efficiency.	≥ 70% of C_{ini} (vs. initial cycle capacity)
-----------------------------	--	--

0.5C 충전, 0.2C 방전 조건

시험요약 : 0.5C 충전, 0.2C 방전 조건으로,
완충/완방 시험을 500회 했더니 초기용량(AH)의 70%가 되었다.

(부록 4 / 4) 현대자동차 전기차 홍보 인터넷 자료를 통해 본 AGV 및 로봇용 배터리 수명 예측

아래 인터넷 내용은 타보스의 경험을 토대로 판단하면 타당하다고 판단되어 여기에 인용함.

아래 내용에 의하면 , 자동차 배터리가 완전방전 & 완전 충전을 기준으로 하면 1,000사이클 이라고 되어 있음.

이 1,000사이클은 LG에너지솔루션의 'INR21700M50LT' 시험결과와 동일한 데이터임.

전기차도(전기승용차) 완전방전--> 완전충전--> 완전방전 이런식으로 쓰면 배터리 수명이 작다는 설명을 아래 인용문에서 하고 있는 것입니다. 이는 사실입니다.

* 이하 인용문 / 출처 : <https://young-key.tistory.com/entry/전기차-배터리-수명교체시기-비용>

현대자동차 추정 전기차 배터리 수명 : 아래 내용

배터리 온도 : 상온 기준

조건1 : SOC 0% 까지 쓰고 다시 만충전(SOC 100%)해서 사용시 1,000회 (완전사이클) 사용가능
조건2 : SOC 50%까지 쓰고 다시 만충전(SOC 100%)해서 사용시 5,000회 (완전사이클) 사용가능

중요 사항

배터리가 방전될 때를 기다리지 않고
수시로 충전해 주는 것이 수명을 늘이는 방법

50% 이하로 떨어지기 전에 충전해서 사용하는
것이 수명늘이는 가장 좋은 방법

① 최대 21년 11개월 사용,

→ (아래 계산식은 타보스가 유추하여 작성함)배터리 만충상태에서 주행가능 거리가 500km인 전기차의 경우,

◇ '조건1' 의 경우: 1,000회 X 500Km X 90%(노후화감안) X 90%(셀을 직병렬로 다수 묶는 것에 따른 손실) = 400,000Km 주행.

◇ '조건2' 의 경우 : 만충상태에서 5,000회 X 500Km X 90% X 90% = 2,000,000Km 주행 가능 (배터리 셀 자체 수명만 고려).

(타보스의견 : 아마도 다른 것이 고장나서 이렇게까지는 주행을 하지 못함. 이런 개념으로 폐 전기자동차에서 분리해 낸 리튬배터리 셀을 분해/재조립하여 에너지 저장장치에 재활용 한다는 예측들이 있음. 즉 리튬셀 자체의 수명보다 다른 전기장치, 기계장치의 수명이 훨씬 짧고, 불가피한 배터리 고장의 요인도 있기 때문임.)

② 현대자동차는 "전기차를 타는 동안 고장이 아닌 배터리 수명이 다해 교체하는 일은 없다고 봐도 무방"하다고 이야기함.

③ 제작사 배터리 보증기간은 8년/16만km → 일반적인 내연기관 차보다 기본 보증기간을 더욱 길게 가져가고 있습니다