

슈퍼커패시터와 배터리의 병렬연결을 이용한 전기차용 배터리 수명 개선

한양대학교 미래자동차공학과
4학년 최 성 원
지도교수: 민 승 재

연구 배경 / 목적

연구 배경

	배터리	슈퍼커패시터
용량(Wh/kg)	100~200	5
출력(W/kg)	1000~3000	10000
수명(년)	5~10	10~15

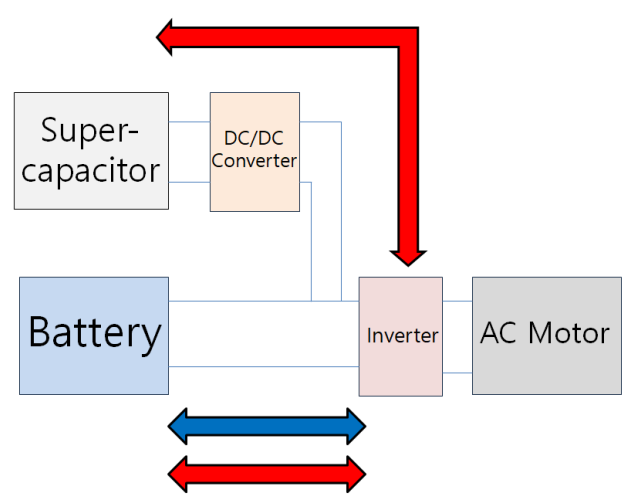
출처: www.machinedesign.com/batteriespower-supplies/what-s-difference-between-batteries-and-capacitors

▷ 배터리와 슈퍼커패시터를 병렬연결하여 장점을 취함

연구 목적

- 배터리 수명특성과 슈퍼커패시터 동적특성을 고려한 시스템 모델링
- 배터리 단독 사용 대비 슈퍼커패시터와 병렬연결 시 수명증가의 정량적 분석

슈퍼커패시터와 배터리의 병렬연결 개념도



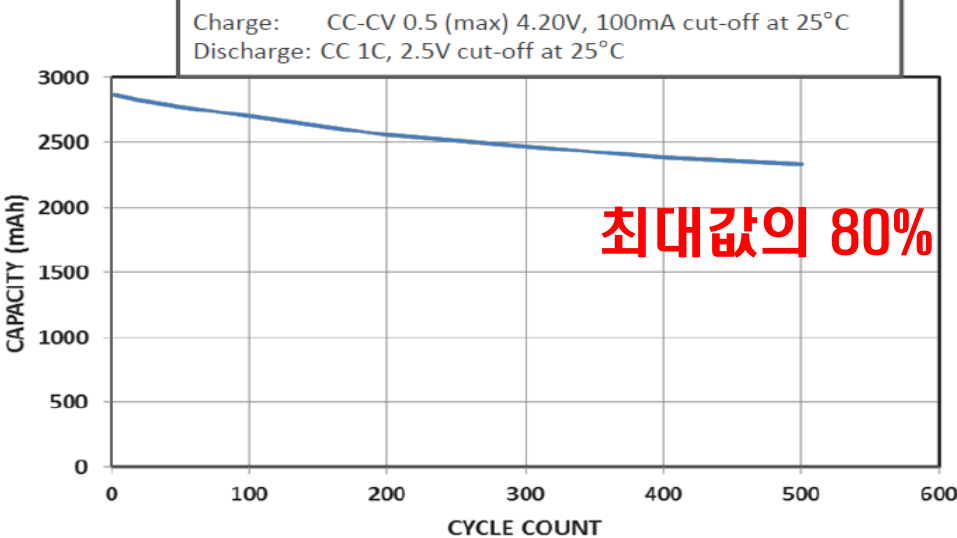
고전류
저전류

배터리-슈퍼커패시터 병렬연결 모델링

배터리 용량 분석 모델

파나소닉 NCR 18650PF(테슬라 S)

Cycle Life Characteristics



출처: Panasonic NCR18650PF datasheet



공칭용량: 2900mAh
공칭전압: 3.6V

관련수식

$$C_{usable} = 3600C_{init}f_1(N)f_2(T)$$

$$f_1(N) = 1 - k_1\sqrt{N}$$

C_{usable} : 사용가능한 배터리 용량(Ah)

C_{init} : 공칭 배터리 용량(As)

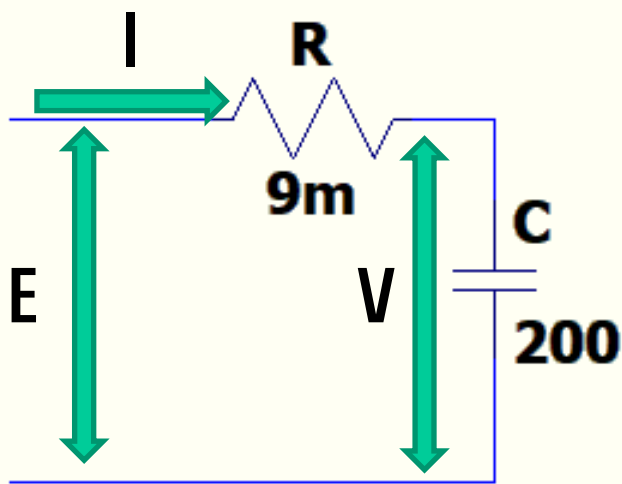
N : 사이클 수

T : 온도 [온도의 변화를 무시하므로 $f_2(T) = 0.009$]

$k_1 = 0.009$ [위 그래프와 수식으로 계산]

출처: Hybrid battery-supercapacitor mathematical for PV application using Matlab Simulink, IEEE 2018

슈퍼커패시터 회로 모델



E: 슈퍼커패시터에 걸어주는 전압
DC/DC 컨버터를 통해서 0V~2.5V 사이로 조절
V: 슈퍼커패시터의 전압
I: 슈퍼커패시터의 전류
R: 슈퍼커패시터의 등가직렬저항
C: 슈퍼커패시터의 등가커패시터

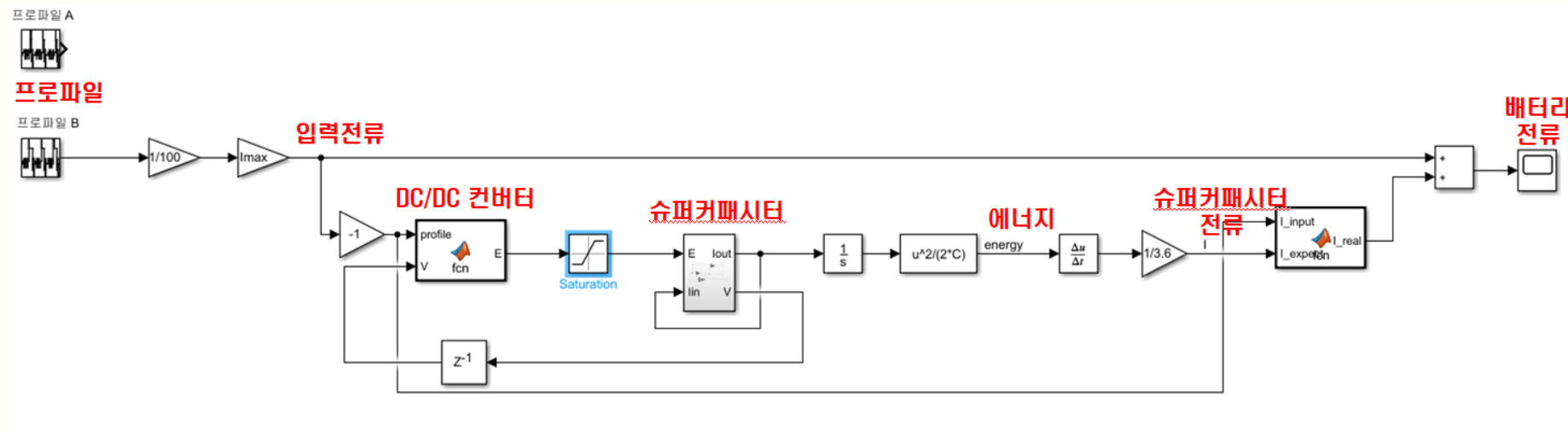
관련수식

$$Energy = 0.5CV^2$$

$$E = V + IR$$

회생제동 시	$E > V$
모터가속 시	$E < V$

배터리-슈퍼커패시터 병렬연결을 통한 배터리 전류 계산 모델



배터리 수명 분석 방법

시험 단계

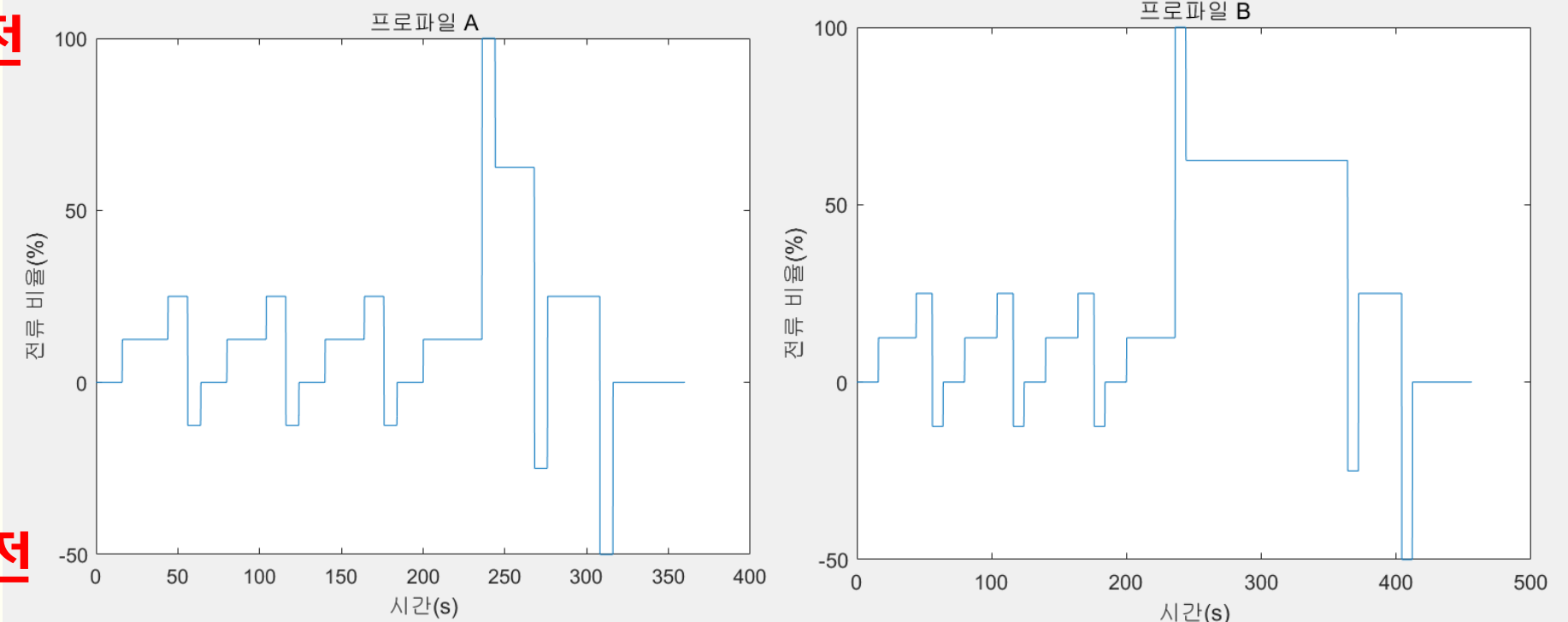
- 단계 1 - 완전 방전
 - 단계 2 - 완전 충전
 - 단계 3 - 프로파일 A를 방전용량이 50%에 도달할 때까지 반복
 - 단계 4 - 프로파일 B를 1회 수행
 - 단계 5 - 프로파일 A를 방전용량이 80%에 도달할 때까지 반복
- 위 과정을 사용가능한 배터리 용량이 공칭 배터리 용량의 80%가 될 때까지 반복함

출처: 국가표준 전기자동차용 리튬이차전지셀 — 제1부: 성능평가

시험 전류

100%일 경우 배터리를 20분만에 방전시킬 수 있는 전류

방전



충전

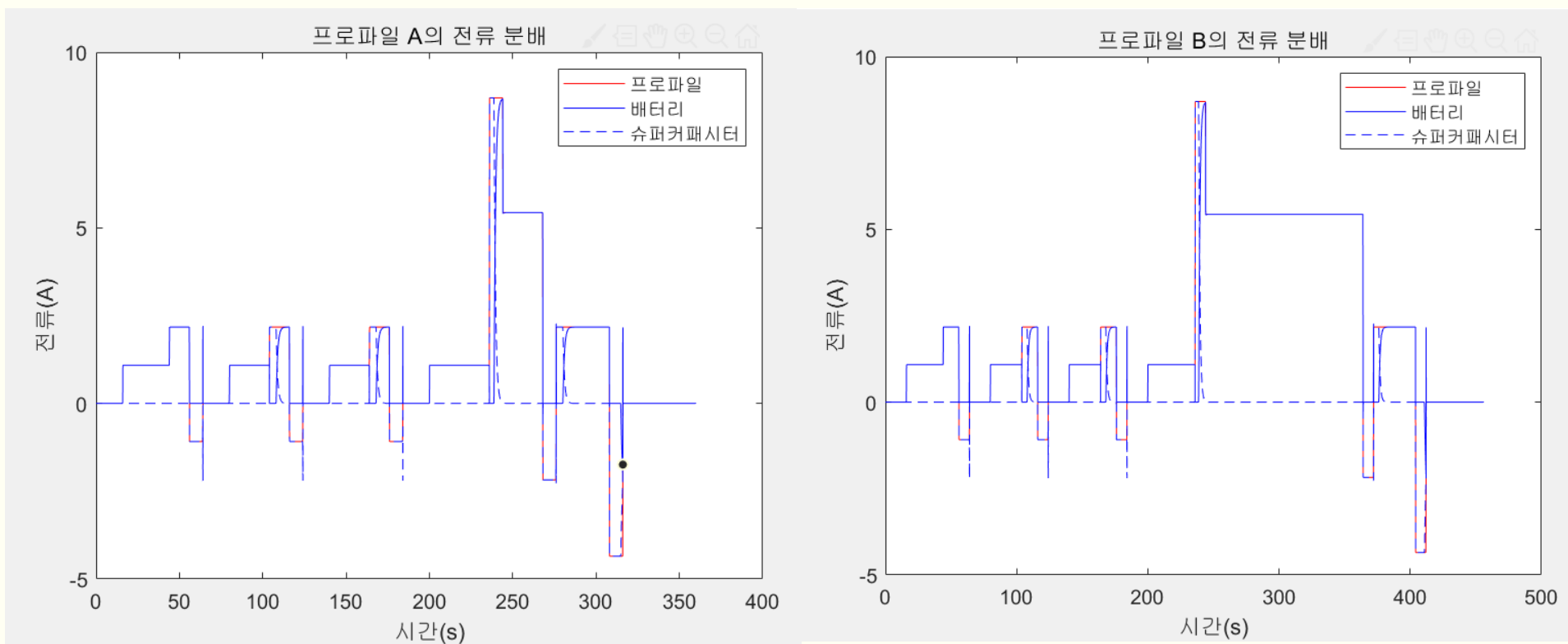
인덕주행을 가정한 프로파일

단계 3~5 =

프로파일 A 13번 반복 + 프로파일 B + 프로파일 A 6번 반복

배터리 수명 분석 결과

배터리-슈퍼커패시터 전류분배 결과



사용 가능한 용량이 80%가 될 때까지의 총 방전량

	총 방전량
배터리 단독 사용	1247Ah
배터리와 슈퍼커패시터의 병렬연결	1649Ah

▷ 총 방전량 32% 증가로 주행거리 32% 증가 기대

결론

- 배터리와 슈퍼커패시터의 특성을 고려한 병렬연결 모델링
- 국가표준 프로파일을 이용해서 배터리 수명 분석
- 배터리 단독 사용에 비해 슈퍼커패시터를 병렬연결 시 약 30% 수명 개선효과 기대