



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0123844
(43) 공개일자 2017년11월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01R 31/36 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01R 31/3651 (2013.01)

G01R 31/3679 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0053009

(22) 출원일자 2016년04월29일

심사청구일자 2016년04월29일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

김홍석

서울특별시 마포구 월드컵북로47길 46, 201동 2005호 (상암동, 상암월드컵파크 2단지)

최요환

서울특별시 송파구 올림픽로 99, 122동 104호 (잠실동, 잠실엘스)

김강산

서울특별시 마포구 대흥로11길 28 (신수동)

(74) 대리인

특허법인충현

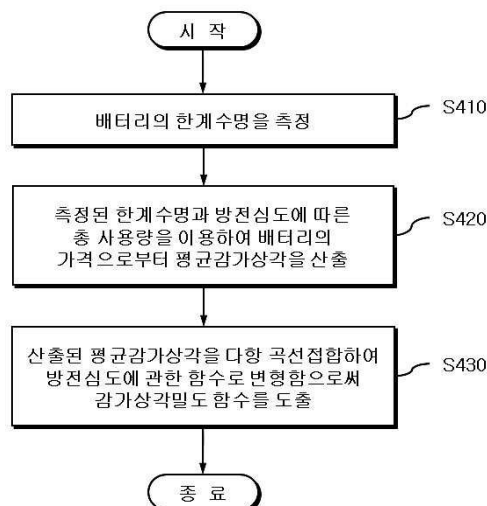
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 감가상각밀도 함수를 이용한 배터리의 감가상각 모델링 방법 및 배터리 감가상각 모델의 제어 방법

(57) 요약

본 발명은 감가상각밀도 함수를 이용한 배터리의 감가상각 모델링 기술 및 배터리 감가상각 모델의 제어 기술에 관한 것으로, 배터리의 감가상각 모델링 방법은, 배터리의 한계수명(achievable cycle count, ACC)을 측정하고, 측정된 한계수명과 배터리의 정격용량의 방전 정도를 나타내는 방전심도(depth of discharge, DoD)에 따른 총 사용량을 이용하여 배터리의 가격으로부터 평균감가상각(average wear cost, AWC)을 산출하며, 산출된 평균감가상각을 다항 곡선접합하여 방전심도에 관한 함수로 변형함으로써 배터리의 충전 상태(state of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타내는 감가상각밀도 함수를 도출한다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

H01M 10/42 (2013.01)

H01M 2010/4271 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014R1A1A1006551

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 신진연구자지원사업

연구과제명 무선통 기지국 최적 운영을 위한 한국형 에너지저장장치(ESS) 통합 운용 시스템 연구

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2015.05.01 ~ 2016.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

배터리의 한계수명(achievable cycle count, ACC)을 측정하는 단계;

측정된 상기 한계수명과 상기 배터리의 정격용량의 방전 정도를 나타내는 방전심도(depth of discharge, DoD)에 따른 총 사용량을 이용하여 상기 배터리의 가격으로부터 평균감가상각(average wear cost, AWC)을 산출하는 단계; 및

산출된 상기 평균감가상각을 다항 곡선접합하여 상기 방전심도에 관한 함수로 변형함으로써 상기 배터리의 충전 상태(state of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타내는 감가상각밀도 함수를 도출하는 단계를 포함하는 배터리의 감가상각 모델링 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 평균감가상각을 산출하는 단계는,

소정 방전심도를 기준으로 측정된 배터리의 한계수명을 이용하여 상기 배터리의 가격을 방전심도에 따른 사용 가능한 총 충방전 에너지양으로 제산함으로써 산출하는 것을 특징으로 하는 배터리의 감가상각 모델링 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 평균감가상각은,

상기 배터리의 가격에 비례하고,

상기 배터리의 한계수명 및 충방전 효율에 반비례하는 것을 특징으로 하는 배터리의 감가상각 모델링 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 감가상각밀도 함수를 도출하는 단계는,

상기 평균감가상각을 방전심도에 관한 2차 함수로 변환하고, 감가상각밀도함수와 평균 감가상각과의 관계를 이용하여 상기 평균감가상각에 관한 항을 삭제함으로써, 상기 감가상각밀도함수를 방전심도만의 2차 함수로 유도하는 것을 특징으로 하는 배터리의 감가상각 모델링 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 배터리의 상태 정보를 입력받는 단계; 및

도출된 상기 감가상각밀도 함수에 상기 상태 정보를 입력하여 상기 배터리의 감가상각을 산출하는 단계를 더 포함하는 배터리의 감가상각 모델링 방법.

청구항 6

적어도 하나 이상의 배터리로 구성된 전력망의 배터리 각각에 대해 감가상각밀도 함수를 도출하는 단계;

상기 배터리의 상태 정보를 입력받고, 도출된 상기 감가상각밀도 함수로부터 상기 배터리의 감가상각을 산출하는 단계; 및

산출된 감가상각을 고려하여 상기 전력망의 수요와 공급의 차이로 발생하는 주파수 변동을 일정하게 유지시키는

주파수 조정(frequency regulation)을 수행하는 단계를 포함하되,

상기 감가상각밀도 함수를 도출하는 단계는,

배터리의 한계수명(achievable cycle count, ACC)을 측정하고, 측정된 상기 한계수명과 상기 배터리의 정격용량의 방전 정도를 나타내는 방전심도(depth of discharge, DoD)에 따른 총 사용량을 이용하여 상기 배터리의 가격으로부터 평균감가상각(average wear cost, AWC)을 산출하며, 산출된 상기 평균감가상각을 다항 곡선접합하여 상기 방전심도에 관한 함수로 변형함으로써 상기 배터리의 충전 상태(state of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타내는 감가상각밀도 함수를 유도하는 것을 특징으로 하는 배터리 감가상각 모델의 제어 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 주파수 조정을 수행하는 단계는,

상기 주파수 조정에 따른 이득이 상기 배터리의 감가상각보다 적어도 같거나 크도록 제어되는 것을 특징으로 하는 배터리 감가상각 모델의 제어 방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 감가상각밀도 함수를 도출하는 단계는,

소정 방전심도를 기준으로 측정된 배터리의 한계수명을 이용하여 상기 배터리의 가격을 방전심도에 따른 사용 가능한 총 충방전 에너지량으로 계산함으로써 상기 평균감가상각을 산출하며,

상기 평균감가상각은,

상기 배터리의 가격에 비례하고, 상기 배터리의 한계수명 및 충방전 효율에 반비례하는 것을 특징으로 하는 배터리 감가상각 모델의 제어 방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 감가상각밀도 함수를 도출하는 단계는,

상기 평균감가상각을 방전심도에 관한 2차 함수로 변환하고, 감가상각밀도함수와 평균 감가상각과의 관계를 이용하여 상기 평균감가상각에 관한 항을 삭제함으로써, 상기 감가상각밀도함수를 방전심도만의 2차 함수로 유도하는 것을 특징으로 하는 배터리 감가상각 모델의 제어 방법.

청구항 10

배터리의 한계수명(achievable cycle count, ACC)에 대한 측정값을 입력받는 입력부;

상기 배터리의 충전 상태(state of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타내는 감가상각밀도 함수를 도출하는 프로그램을 저장하는 메모리; 및

상기 감가상각밀도 함수를 도출하는 프로그램을 구동하는 적어도 하나의 프로세서를 포함하되,

상기 메모리에 저장된 프로그램은,

측정된 상기 한계수명과 상기 배터리의 정격용량의 방전 정도를 나타내는 방전심도(depth of discharge, DoD)에 따른 총 사용량을 이용하여 상기 배터리의 가격으로부터 평균감가상각(average wear cost, AWC)을 산출하고, 산출된 상기 평균감가상각을 다항 곡선접합하여 상기 방전심도에 관한 함수로 변형함으로써 상기 감가상각밀도 함수를 유도하는 명령어를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리의 감가상각 모델링 장치.

청구항 11

제 11 항에 있어서,

상기 메모리에 저장된 프로그램은,

소정 방전심도를 기준으로 측정된 배터리의 한계수명을 이용하여 상기 배터리의 가격을 방전심도에 따른 사용 가능한 총 충방전 에너지량으로 제산함으로써 상기 평균감가상각을 산출하며,

상기 평균감가상각은,

상기 배터리의 가격에 비례하고, 상기 배터리의 한계수명 및 충방전 효율에 반비례하는 것을 특징으로 하는 배터리의 감가상각 모델링 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 메모리에 저장된 프로그램은,

상기 평균감가상각을 방전심도에 관한 2차 함수로 변환하고, 감가상각밀도함수와 평균 감가상각과의 관계를 이용하여 상기 평균감가상각에 관한 항을 삭제함으로써, 상기 감가상각밀도함수를 방전심도만의 2차 함수로 유도하는 것을 특징으로 하는 배터리의 감가상각 모델링 장치.

청구항 13

적어도 하나 이상의 배터리로 구성된 전력망의 배터리 각각에 대해 배터리의 한계수명(achievable cycle count, ACC)에 대한 측정값과 상기 배터리의 상태 정보를 입력받는 입력부;

상기 배터리의 충전 상태(state of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타내는 감가상각밀도 함수를 도출하고, 입력된 상기 상태 정보를 이용하여 상기 감가상각밀도 함수로부터 상기 배터리의 감가상각을 산출하는 프로그램을 저장하는 메모리; 및

상기 프로그램을 구동하고, 산출된 감가상각을 고려하여 상기 전력망의 수요와 공급의 차이로 발생하는 주파수 변동을 일정하게 유지시키는 주파수 조정(frequency regulation)을 제어하는 적어도 하나의 프로세서를 포함하되,

상기 메모리에 저장된 프로그램은,

배터리의 한계수명(achievable cycle count, ACC)을 측정하고, 측정된 상기 한계수명과 상기 배터리의 정격용량의 방전 정도를 나타내는 방전심도(depth of discharge, DoD)에 따른 총 사용량을 이용하여 상기 배터리의 가격으로부터 평균감가상각(average wear cost, AWC)을 산출하며, 산출된 상기 평균감가상각을 다항 곡선접합하여 상기 방전심도에 관한 함수로 변형함으로써 상기 배터리의 충전 상태(state of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타내는 감가상각밀도 함수를 유도하는 것을 특징으로 하는 배터리 감가상각 모델의 제어 장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 주파수 조정은,

상기 주파수 조정에 따른 이득이 상기 배터리의 감가상각보다 적어도 같거나 크도록 제어되는 것을 특징으로 하는 배터리 감가상각 모델의 제어 장치.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 메모리에 저장된 프로그램은,

소정 방전심도를 기준으로 측정된 배터리의 한계수명을 이용하여 상기 배터리의 가격을 방전심도에 따른 사용 가능한 총 충방전 에너지량으로 제산함으로써 상기 평균감가상각을 산출하며,

상기 평균감가상각은,

상기 배터리의 가격에 비례하고, 상기 배터리의 한계수명 및 충방전 효율에 반비례하는 것을 특징으로 하는 배터리 감가상각 모델의 제어 장치.

청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 메모리에 저장된 프로그램은,

상기 평균감가상각을 방전심도에 관한 2차 함수로 변환하고, 감가상각밀도함수와 평균 감가상각과의 관계를 이용하여 상기 평균감가상각에 관한 항을 삭제함으로써, 상기 감가상각밀도함수를 방전심도만의 2차 함수로 유도하는 것을 특징으로 하는 배터리 감가상각 모델의 제어 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 배터리의 감가상각을 모델링하는 기술에 관한 것으로, 특히 배터리의 충전 상태(state of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타내는 감가상각밀도 함수를 이용하여 배터리의 감가상각을 모델링하고, 또한 주어진 배터리의 상태 정보에 기초하여 배터리 충방전에 기반이 되는 감가상각 모델을 제어하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 에너지 저장 장치는 분산전원, 스마트 그리드 환경 등과 같이 차세대 전력 공급망에서 핵심적인 구성으로 중요성이 높아지고 있으며, 최근 태양광, 태양열, 풍력, 바이오 등과 같은 신재생 에너지에 대한 연구가 활발히 진행되어 감에 따라 신재생 에너지를 저장하는 장치로서도 부각되고 있다. 에너지 저장 장치는 2차 전지로서 여러 번 충전 및 방전이 가능하지만 그 수명이 정해져 있기 때문에 사용 환경 및 목적에 맞는 효율적인 충전 및 방전의 스케줄링이 필요하다.

[0003] 에너지 저장 장치는 데이터 센터 분야와 전기차 분야에서 주로 이용되고 있다. 데이터 센터는 항온항습을 유지하기 위하여 엄청난 양의 전력을 필요로 하고, 비상 정전시를 위한 대비책도 마련되어 있어야 한다. 따라서 에너지 저장 장치를 통해 전자 장비들의 냉각에 소비되는 엄청난 양의 전력을 보조적으로 공급하면서 비상 정전시에는 독립적으로 전력을 공급할 수 있는 전력 관리 시스템이 사용되고 있다. 이 경우 에너지 저장 장치가 충분한 에너지를 저장하고 있기만 하면 에너지 저장 장치를 사용하는 목적 달성이 가능하다. 그리고 전기차 분야에서는 자동차라는 이동수단의 특성으로 인해 급속 충전이 필수적이고, 전기차 내부에 안정적으로 전력을 공급이 요구되어 이를 위하여 에너지 저장 장치가 사용되고 있다. 이와 관련하여, 에너지 저장 장치는 단시간에 효율적으로 충전할 수 있는 충전 방법 및 충전기 하드웨어에 관한 발명과 에너지 저장 장치에 잔존하는 에너지의 양(State of Charge, SOC)을 신뢰성 있게 측정하는 발명이 주로 이루어지고 있다.

[0004] 한편, 배터리 내지 에너지 저장 장치의 충방전을 제어하거나 스케줄링함에 있어서 다양한 파라미터가 수반되는데, 감가상각은 운용 비용과 효율을 좌우하는 매우 실질적인 고려 대상 중 하나이다. 따라서, 배터리 내지 에너지 저장 장치의 충방전을 제어하기에 앞서 시간에 관한 함수로 표현될 수 있는 감가상각의 변화를 정교하게 파악할 수 있는 기술적 수단이 절실하게 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국 공개특허공보 10-2013-0074046, 2013.07.04. 공개

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 실제 배터리의 운영 환경에서 100% 완전 충전 후 사용의 조건이 충족되지 못하므로 배터리의 충전 상태(State of Charge, SoC)에 따라 배터리의 감가상각을 얻기 어려운 한계를 극복하고, 감가상각밀도 함수를 도출하더라도 오버-피팅(over-fitting)으로 인해 실제 측정된 방전심도에서의

감가상각과 큰 오차를 갖는 문제를 해결하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리의 감가상각 모델링 방법은, 배터리의 한계수명(achievable cycle count, ACC)을 측정하는 단계; 측정된 상기 한계수명과 상기 배터리의 정격용량의 방전 정도를 나타내는 방전심도(depth of discharge, DoD)에 따른 총 사용량을 이용하여 상기 배터리의 가격으로부터 평균감가상각(average wear cost, AWC)을 산출하는 단계; 및 산출된 상기 평균감가상각을 다항 곡선접합하여 상기 방전심도에 관한 함수로 변형함으로써 상기 배터리의 충전 상태(state of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타내는 감가상각밀도 함수를 도출하는 단계를 포함한다.
- [0008] 일 실시예에 따른 배터리의 감가상각 모델링 방법에서, 상기 평균감가상각을 산출하는 단계는, 소정 방전심도를 기준으로 측정된 배터리의 한계수명을 이용하여 상기 배터리의 가격을 방전심도에 따른 사용 가능한 총 충방전 에너지량으로 제산함으로써 산출할 수 있다.
- [0009] 일 실시예에 따른 배터리의 감가상각 모델링 방법에서, 상기 평균감가상각은, 상기 배터리의 가격에 비례하고, 상기 배터리의 한계수명 및 충방전 효율에 반비례하는 것이 바람직하다.
- [0010] 일 실시예에 따른 배터리의 감가상각 모델링 방법에서, 상기 감가상각밀도 함수를 도출하는 단계는, 상기 평균감가상각을 방전심도에 관한 2차 함수로 변환하고, 감가상각밀도함수와 평균 감가상각과의 관계를 이용하여 상기 평균감가상각에 관한 항을 삭제함으로써, 상기 감가상각밀도함수를 방전심도만의 2차 함수로 유도할 수 있다.
- [0011] 일 실시예에 따른 배터리의 감가상각 모델링 방법은, 상기 배터리의 상태 정보를 입력받는 단계; 및 도출된 상기 감가상각밀도 함수에 상기 상태 정보를 입력하여 상기 배터리의 감가상각을 산출하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 배터리 감가상각 모델의 제어 방법은, 적어도 하나 이상의 배터리로 구성된 전력망의 배터리 각각에 대해 감가상각밀도 함수를 도출하는 단계; 상기 배터리의 상태 정보를 입력받고, 도출된 상기 감가상각밀도 함수로부터 상기 배터리의 감가상각을 산출하는 단계; 및 산출된 감가상각을 고려하여 상기 전력망의 수요와 공급의 차이로 발생하는 주파수 변동을 일정하게 유지시키는 주파수 조정(frequency regulation)을 수행하는 단계를 포함하되, 상기 감가상각밀도 함수를 도출하는 단계는, 배터리의 한계수명(achievable cycle count, ACC)을 측정하고, 측정된 상기 한계수명과 상기 배터리의 정격용량의 방전 정도를 나타내는 방전심도(depth of discharge, DoD)에 따른 총 사용량을 이용하여 상기 배터리의 가격으로부터 평균감가상각(average wear cost, AWC)을 산출하며, 산출된 상기 평균감가상각을 다항 곡선접합하여 상기 방전심도에 관한 함수로 변형함으로써 상기 배터리의 충전 상태(state of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타내는 감가상각밀도 함수를 유도한다.
- [0013] 다른 실시예에 따른 배터리 감가상각 모델의 제어 방법에서, 상기 주파수 조정을 수행하는 단계는, 상기 주파수 조정에 따른 이득이 상기 배터리의 감가상각보다 적어도 같거나 크도록 제어되는 것이 바람직하다.
- [0014] 다른 실시예에 따른 배터리 감가상각 모델의 제어 방법에서, 상기 감가상각밀도 함수를 도출하는 단계는, 소정 방전심도를 기준으로 측정된 배터리의 한계수명을 이용하여 상기 배터리의 가격을 방전심도에 따른 사용 가능한 총 충방전 에너지량으로 제산함으로써 상기 평균감가상각을 산출하며, 상기 평균감가상각은, 상기 배터리의 가격에 비례하고, 상기 배터리의 한계수명 및 충방전 효율에 반비례하는 것이 바람직하다.
- [0015] 다른 실시예에 따른 배터리 감가상각 모델의 제어 방법에서, 상기 감가상각밀도 함수를 도출하는 단계는, 상기 평균감가상각을 방전심도에 관한 2차 함수로 변환하고, 감가상각밀도함수와 평균 감가상각과의 관계를 이용하여 상기 평균감가상각에 관한 항을 삭제함으로써, 상기 감가상각밀도함수를 방전심도만의 2차 함수로 유도할 수 있다.
- [0016] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리의 감가상각 모델링 장치는, 배터리의 한계수명(achievable cycle count, ACC)에 대한 측정값을 입력받는 입력부; 상기 배터리의 충전 상태(state of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타내는 감가상각밀도 함수를 도출하는 프로그램을 저장하는 메모리; 및 상기 감가상각밀도 함수를 도출하는 프로그램을 구동하는 적어도 하나의 프로세서를 포함하되, 상기 메모리에 저장된 프로그램은, 측정된 상기 한계수명과 상기 배터리의 정격용량의 방전 정도를 나타내는 방전심도(depth of discharge, DoD)에 따른 총 사용량을 이용하여 상기 배터리의 가격으로부터 평균감가상각(average wear cost,

AWC)을 산출하고, 산출된 상기 평균감가상각을 다항 곡선접합하여 상기 방전심도에 관한 함수로 변형함으로써 상기 감가상각밀도 함수를 유도하는 명령어를 포함한다.

[0017] 일 실시예에 따른 배터리의 감가상각 모델링 장치에서, 상기 메모리에 저장된 프로그램은, 소정 방전심도를 기준으로 측정된 배터리의 한계수명을 이용하여 상기 배터리의 가격을 방전심도에 따른 사용 가능한 총 충방전 에너지량으로 계산함으로써 상기 평균감가상각을 산출하며, 상기 평균감가상각은, 상기 배터리의 가격에 비례하고, 상기 배터리의 한계수명 및 충방전 효율에 반비례하는 것이 바람직하다.

[0018] 일 실시예에 따른 배터리의 감가상각 모델링 장치에서, 상기 메모리에 저장된 프로그램은, 상기 평균감가상각을 방전심도에 관한 2차 함수로 변환하고, 감가상각밀도함수와 평균 감가상각과의 관계를 이용하여 상기 평균감가상각에 관한 항을 삭제함으로써, 상기 감가상각밀도함수를 방전심도만의 2차 함수로 유도할 수 있다.

[0019] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 배터리 감가상각 모델의 제어 장치는, 적어도 하나 이상의 배터리로 구성된 전력망의 배터리 각각에 대해 배터리의 한계수명(achievable cycle count, ACC)에 대한 측정값과 상기 배터리의 상태 정보를 입력받는 입력부; 상기 배터리의 충전 상태(state of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타내는 감가상각밀도 함수를 도출하고, 입력된 상기 상태 정보를 이용하여 상기 감가상각밀도 함수로부터 상기 배터리의 감가상각을 산출하는 프로그램을 저장하는 메모리; 및 상기 프로그램을 구동하고, 산출된 감가상각을 고려하여 상기 전력망의 수요와 공급의 차이로 발생하는 주파수 변동을 일정하게 유지시키는 주파수 조정(frequency regulation)을 제어하는 적어도 하나의 프로세서를 포함하되, 상기 메모리에 저장된 프로그램은, 배터리의 한계수명(achievable cycle count, ACC)을 측정하고, 측정된 상기 한계수명과 상기 배터리의 정격용량의 방전 정도를 나타내는 방전심도(depth of discharge, DoD)에 따른 총 사용량을 이용하여 상기 배터리의 가격으로부터 평균감가상각(average wear cost, AWC)을 산출하며, 산출된 상기 평균감가상각을 다항 곡선접합하여 상기 방전심도에 관한 함수로 변형함으로써 상기 배터리의 충전 상태(state of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타내는 감가상각밀도 함수를 유도한다.

[0020] 다른 실시예에 따른 배터리 감가상각 모델의 제어 장치에서, 상기 주파수 조정은, 상기 주파수 조정에 따른 이득이 상기 배터리의 감가상각보다 적어도 같거나 크도록 제어되는 것이 바람직하다.

[0021] 다른 실시예에 따른 배터리 감가상각 모델의 제어 장치에서, 상기 메모리에 저장된 프로그램은, 소정 방전심도를 기준으로 측정된 배터리의 한계수명을 이용하여 상기 배터리의 가격을 방전심도에 따른 사용 가능한 총 충방전 에너지량으로 계산함으로써 상기 평균감가상각을 산출하며, 상기 평균감가상각은, 상기 배터리의 가격에 비례하고, 상기 배터리의 한계수명 및 충방전 효율에 반비례하는 것이 바람직하다.

[0022] 다른 실시예에 따른 배터리 감가상각 모델의 제어 장치에서, 상기 메모리에 저장된 프로그램은, 상기 평균감가상각을 방전심도에 관한 2차 함수로 변환하고, 감가상각밀도함수와 평균 감가상각과의 관계를 이용하여 상기 평균감가상각에 관한 항을 삭제함으로써, 상기 감가상각밀도함수를 방전심도만의 2차 함수로 유도할 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 실시예들은, 배터리의 감가상각을 배터리의 충전 상태(State of Charge, SoC)에 따라 구할 수 있는 감가상각밀도 함수를 측정된 배터리 한계 수명에 따라 보다 정확하게 유도함으로써, 시간에 따른 요금 차이, 시간에 따른 부하 사용량과 더불어 운영비용 최소화를 위한 배터리 충방전 알고리즘 개발에 요구되는 정확한 기초 정보를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 한계수명 곡선접합을 이용하여 감가상각밀도함수를 도출하는 과정을 도시한 도면이다.

도 2는 도 1의 방법에 의해 도출된 측정 한계수명과 멱함수의 곡선접합을 예시한 도면이다.

도 3은 각각 도 1의 방법에 의해 도출된 곡선접합과 측정 한계수명에 따른 평균감가상각과 감가상각 밀도함수를 예시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 평균감가상각 곡선접합을 이용하여 감가상각밀도 함수를 도출하는 배터리의 감가상각 모델링 방법을 도시한 흐름도이다.

도 5는 도 4의 방법에 의해 도출된 측정 한계수명에 따른 평균 감가상각과 다항곡선접합을 예시한 도면이다.

도 6은 각각 도 4의 방법에 의해 도출된 측정치와 다항곡선접합을 통한 한계수명과 감가상각밀도함수를 예시한

도면이다.

도 7은 주파수 조정 참여 구조를 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 평균감가상각 곡선접합을 이용하여 배터리 감가상각 모델을 제어하는 방법을 도시한 흐름도이다.

도 9는 주파수 조정에 참여하는 배터리 충방전 전력을 예시한 도면이다.

도 10은 주파수 조정에 참여하는 전기차의 충방전 스케줄을 예시한 도면이다.

도 11은 배터리 가격에 따른 주파수 조정에 참여할 때의 비용(cost)을 비교하여 예시한 도면이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 평균감가상각 곡선접합을 이용하여 감가상각밀도 함수를 도출하는 배터리의 감가상각 모델링 장치를 도시한 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하에서는, 도면을 참조하여 배터리의 충방전 알고리즘을 설계하기 위해 바탕이 되는 감가상각을 도출할 수 있는 접근 방식들과 상기된 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실시예들을 순차적으로 설명한다. 다만, 하기의 설명 및 첨부된 도면에서 본 발명의 요지를 흐릴 수 있는 공지 기능 또는 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 또한, 도면 전체에 걸쳐 동일한 구성 요소들은 가능한 한 동일한 명칭 및 도면 부호로 나타내고 있음에 유의하여야 한다.
- [0026] 우선, 배터리의 감가상각을 도출할 수 있는 접근 방식들을 개괄적으로 소개한 후, 이러한 접근 방식들에 따른 문제점과 이를 해결하기 위해 본 발명의 실시예들이 채택하고 있는 기술적 수단을 구체적으로 기술하도록 한다.
- [0027] 배터리 충방전을 계속하여 일정한 출력 전압 이하로 떨어질 때 배터리는 제 역할을 못하게 되는데, 이때까지의 수명을 배터리 한계수명(Achievable Cycle Count, ACC)이라 정의한다. 배터리 한계수명은 사전에 측정된 값으로 100%를 기준으로 하는 한 번의 충방전 시퀀스 방전심도(Depth of Discharge, DoD)를 기준으로 측정하며, 많은 비용과 시간이 필요하기 때문에 보통 몇 가지 방전심도에 대해서만 측정한다. 그리고 측정한 배터리 한계수명을 기반으로 멱함수(Power function)를 이용한 곡선 접합(Curve Fitting)기법을 사용, 모든 방전심도에서의 한계수명 함수를 구한다. 그러나 한계수명 특성에 따라 사용 후 반드시 완충하지 않는 한, 한계수명 함수를 이용한 감가상각은 현실적인 배터리 충방전 알고리즘을 설계하는데 적합하지 않다.
- [0028] 이를 보완하기 위해서 배터리의 충전 상태(잔존용량)(State of Charge, SoC)를 기준으로 감가상각을 계산할 수 있는 감가상각밀도 함수(Wear Density Function, WDF)가 활용 가능하다. 감가상각밀도 함수를 구하기 위해서는 방전심도에 대한 평균감가상각(Average Wear Cost, AWC) 함수를 구해야 하고, 이는 배터리 한계수명을 이용하여 구할 수 있다.
- [0029] 여기서, 방전심도(Depth of Discharge, DoD)란 (방전량/정격용량)×100(%)로 정의되며 배터리 한계수명(Achievable Cycle Count, ACC)은 몇가지 방전심도를 기준으로 측정된 데이터이다. 이를 이용하여 단순히 배터리 가격을 방전심도에 따른 총 사용량으로 나눠줌으로써 다음의 수학적 식 1과 같은 평균감가상각(Average Wear Cost, AWC)을 정의할 수 있다.

수학적 식 1

$$\begin{aligned}
 AWC(D) &= \frac{\text{Battery price}}{\text{Total Transferable Energy During the life cycle}} \\
 &= \frac{\text{Battery price}}{ACC(D) \times 2 \times D \times \text{Battery size} \times \mu^2}
 \end{aligned}$$

[0030]

[0031] 수학적 식 1에서 총 사용량은 배터리 한계 수명과 방전심도에 따른 사용 가능한 총 충방전 에너지량 그리고 충방전 효율(μ)에 따라 결정된다.

[0032] 그러나, 평균 감가상각을 이용하여 감가상각을 반영하기 위해서는 배터리 운영에 한 가지 전제조건이 필요하다.

반드시 배터리를 사용할 때, 100% 충전 후 다시 사용해야 한다는 점이다. 한계수명이 방전심도를 기반으로 측정된 데이터이기 때문에, 같은 양의 에너지를 사용했다고 해도 실제로 감가상각(wear cost)이 다르게 나올 수 있다. 예를 들어 20%의 배터리를 사용했을 때, 100% 배터리는 평균 감가상각을 이용하여 총 감가상각을 구할 수 있다. 그러나 80% 배터리의 감가상각은 구할 수 없다. 따라서 평균 감가상각은 최적의 배터리 충방전 알고리즘을 개발할 때 스케줄링을 제한하거나 정확한 감가상각을 계산하기 어렵다.

[0033] 실제로 배터리를 운영할 때에는 100% 충전 후 사용하지 않기 때문에, 방전심도가 아닌 배터리의 충전 상태에 따른 감가상각을 계산할 수 있어야 한다. 이를 위해서 감가상각밀도함수(Wear Density Function, WDF)가 활용 가능하다.

[0034] 감가상각밀도함수는 배터리가 특정 충전 상태에 있을 때 충방전 전력에 따른 감가상각을 구하기 위한 함수로서, 평균 감가상각과는 다음의 수학적 식 2와 같은 관계를 가진다.

수학적 식 2

$$A WC(D) = \frac{1}{D} \int_{1-D}^1 W(s) ds$$

[0035]

[0036] 수학적 식 2에서 감가상각밀도함수는 배터리의 충전 상태(State of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타낸다. 이를 통해서 방전심도와 관계없이 현재 배터리 상태에 따른 감가상각을 산출하여 100% 충전의 조건이 없어도 충전 상태의 시간에 따른 변화에 따라 감가상각을 구할 수 있다.

수학적 식 3

$$Total\ Wear\ Cost = Battery\ size \times \int_0^T W(s(t)) \left| \frac{ds(t)}{dt} \right| dt$$

[0037]

[0038] 그러나 연속된 모든 충전 상태에 대해서 감가상각밀도 함수를 구하려면 연속된 모든 방전심도에 따른 배터리 한계 수명이 필요한데, 현실적으로 모든 방전심도에 대해서 배터리 한계 수명을 측정하는 것은 비용적 측면에서 실현하기 어렵다. 따라서 측정된 배터리 한계 수명을 이용하여 멱함수(Power Function)에 곡선접합(Curve Fitting) 기법을 사용할 수 있다. 그러면 다음의 수학적 식 4와 같이 한계수명을 두 개의 파라미터 a, b를 이용하여 방전심도 D에 대한 함수로 나타낼 수 있다.

수학적 식 4

$$ACC(D) = \frac{a}{D^b}$$

[0039]

[0040] 이를 통해 평균 감가상각을 방전심도 D에 대한 함수로 나타낼 수 있다. 그렇게 구한 평균 감가상각을 수학적 식 2를 이용하여 양변을 미분한 후 정리해주면 다음의 수학적 식 5와 같이 감가상각밀도 함수를 방전심도 D에 대한 함수로 나타낼 수 있다.

수학적 식 5

$$\begin{aligned} W(1-D) &= \frac{battery\ price}{2 \times battery\ size \times \mu^2} \times \left(- \frac{dACC(D)/dD}{(ACC(D))^2} \right) \\ &= \frac{battery\ price}{2 \times battery\ size \times \mu^2} \times \left(\frac{bD^{b-1}}{a} \right) \end{aligned}$$

[0041]

[0042] 이때, 배터리의 어떤 충전 상태 s 는 방전심도 D 에 대해서 $1-D=s$ 관계를 만족한다. 이를 수학적 식 5에 대입하여 정리하면 다음의 수학적 식 6과 같이 충전 상태 s 에 대한 감가상각밀도 함수를 유도할 수 있다.

수학적 식 6

$$W(s) = \frac{\text{battery price}}{2 \times \text{battery size} \times \mu^2} \times \left(\frac{b(1-s)^{b-1}}{a} \right)$$

[0044] 도 1은 한계수명 곡선접합을 이용하여 감가상각밀도함수를 도출하는 과정을 도시한 도면으로서, S110 단계를 통해 측정한 한계수명을 S120 단계를 통해 먹함수 곡선접합하여 S130 단계의 평균 감가상각 함수를 구한 후, 앞서 기술한 수학적 식 2을 이용하여 S140 단계의 감가상각밀도 함수를 도출하였다.

[0045] 그런데, 측정된 데이터로 구한 감가상각밀도 값은 한계수명을 먹함수 곡선접합하여 구한 감가상각밀도 함수 값과 상당한 차이를 보이게 된다. 이러한 차이를 보이는 이유는 한계수명을 먹함수로 곡선접합하는 과정에서 측정되지 않은 방전심도가 많은 부분을 차지하고, 이를 추정하기 위해 실제 측정된 데이터와 동떨어진 값을 가지게 되는 오버-피팅(over-fitting)이 발생했기 때문이다. 그리고 한계수명을 평균 감가상각으로 변환하고, 이를 다시 감가상각밀도 함수로 변환하는 과정에서 오버-피팅이 심화되어 최종적으로 측정된 배터리 한계 수명과 멀어지게 되는 결과를 야기하였다.

[0046] 도 2는 도 1의 방법에 의해 도출된 측정 한계수명과 먹함수의 곡선접합을 예시한 도면으로서, 파란 실선은 실제 배터리 한계수명을 먹함수 곡선접합한 것을 나타내고, 검은 점은 측정한 한계수명을 나타낸다. 도 2를 참조하면, 한계수명에서는 그리 큰 차이를 보이지 않는다.

[0047] 곡선접합된 한계수명으로 구한 감가상각밀도 함수의 정확도를 확인하기 위해서 직접 측정한 데이터에 대해 감가상각밀도값을 구하기 위한 방법은 다음과 같다. 연속된 방전심도를 10% 단위로 바꾸고 수학적 식 2에서 적분을 함으로 바꿔준다. 그러면 이산적인(discrete) 감가상각밀도 값을 구할 수 있다.

수학적 식 7

$$AWC(n\Delta D) = \frac{1}{n\Delta D} \sum_{k=1}^n \Delta D \times W(1-k\Delta D)$$

[0049] 여기서, $1-D=s$ 이므로 10% 단위의 충전 상태에 대한 감가상각밀도 값을 구할 수 있으며 이를 곡선접합을 통해 구한 감가상각밀도 함수와 비교할 수 있다.

[0050] 도 3은 각각 도 1의 방법에 의해 도출된 곡선접합과 측정 한계수명에 따른 평균감가상각 (a)와 감가상각밀도 함수 (b)를 예시한 도면이다. 도 3을 참조하면, 한계수명을 곡선접합할 경우, 평균 감가상각과 감가상각밀도 함수로 유도하는 과정에 따라 점점 오버-피팅이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 특히 도 3의 (b)에 예시된 감가상각밀도 함수는 전혀 다른 경향성이 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0051] 따라서, 본 발명의 실시예들은, 이러한 오버-피팅의 문제를 해결하기 위해 배터리 한계수명을 곡선접합하지 않고, 각각의 한계수명에 따른 평균감가상각을 구한 뒤 이를 직접 다항(Polynomial) 곡선접합하여 방전심도에 대한 평균감가상각 함수를 구하는 방식을 제안한다. 즉, 본 발명의 실시예들에서는 오버-피팅에 의한 오차를 줄이기 위해 수학적 식 1을 이용하여 측정한 한계수명에 대응되는 평균 감가상각을 구한다. 그리고 평균감가상각을 다항 곡선접합 하여 방전심도에 대한 함수로 변환하고, 수학적 식 2를 이용하여 보다 정확한 감가상각밀도 함수를 획득하였다.

[0052] 이하에서는 다항 곡선기법을 이용하여 평균감가상각 함수 구하는 본 발명의 실시예들을 보다 구체적으로 기술한다.

[0053] 측정한 배터리 한계수명을 수학적 식 1에 따라 측정된 데이터 개수의 평균감가상각을 구할 수 있다. 이렇게 구한

평균감가상각을 다항 곡선접합(polynomial curve fitting)한다. 이때 다항식의 차수를 높일수록 측정된 한계수명에 근접하게 곡선접합을 할 수 있지만, 다음과 같은 이유로 2차에 한정하여 곡선접합하는 것이 바람직하다.

[0054] 배터리의 한계수명은 항상 일정한 방전심도로 수명이 다할 때까지 반복하여 배터리를 충방전하여 구한다. 그러나 배터리를 정확한 방전심도만큼 사용하는 것은 매우 어려운 일이며, 동일한 제품의 배터리라도 개별적 특성에 따라 한계수명이 반드시 일치한다고 할 수 없다. 또한 측정치의 신뢰성을 확보하기 위해 측정을 반복하는 것은 많은 시간과 비용을 수반한다. 따라서 측정한 한계수명을 정확하게 보장할 수 없으므로 많은 파라미터(parameter)를 이용해 곡선접합하는 것은 또 다른 오버-피팅을 유발할 수 있다.

[0055] 따라서, 본 발명의 실시예들이 채택하고 있는 2차로 곡선접합한 평균감가상각은 다음의 수학적 식 8과 같이 파라미터 a, b, c와 방전심도 D에 대한 함수로 나타낼 수 있다.

수학적 식 8

[0056]
$$AWC(D) = aD^2 + bD + c$$

[0057] 이제 수학적 식 2의 양변에 D를 곱하고 미분한 뒤, 1-D=s 관계를 이용하여 평균감가상각에 대해 정리해주고 수학적 식 8을 대입하면 다음의 수학적 식 9와 같이 감가상각밀도 함수를 얻을 수 있다.

수학적 식 9

[0058]
$$W(s) = - \frac{d(D \times AWC(D))}{ds} = \frac{d(D \times AWC(D))}{d(D)}$$

$$= 3aD^2 + 2bD + c$$

[0059] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 평균감가상각 곡선접합을 이용하여 감가상각밀도 함수를 도출하는 배터리의 감가상각 모델링 방법을 도시한 흐름도로서, 측정한 한계수명으로 평균감가상각을 구한 뒤, 이를 2차 다항 곡선접합하여 방전심도 D에 대한 함수로 만들어 주고, 이를 통해 감가상각밀도함수를 구해주었다.

[0060] S410 단계에서, 감가상각 모델링 장치는, 배터리의 한계수명(achievable cycle count, ACC)을 측정한다.

[0061] S420 단계에서, 상기 감가상각 모델링 장치는, S410 단계를 통해 측정된 상기 한계수명과 상기 배터리의 정격용량의 방전 정도를 나타내는 방전심도(depth of discharge, DoD)에 따른 총 사용량을 이용하여 상기 배터리의 가격으로부터 평균감가상각(average wear cost, AWC)을 산출한다. 이 과정에서 평균감가상각은, 특정 방전심도를 기준으로 측정된 배터리의 한계수명을 이용하여 상기 배터리의 가격을 방전심도에 따른 사용 가능한 총 충방전 에너지량으로 계산함으로써 산출될 수 있다. 이때, 상기 평균감가상각은, 상기 배터리의 가격에 비례하고, 상기 배터리의 한계수명 및 충방전 효율에 반비례하는 값을 갖는다.

[0062] S430 단계에서, 상기 감가상각 모델링 장치는, S420 단계를 통해 산출된 상기 평균감가상각을 다항 곡선접합하여 상기 방전심도에 관한 함수로 변형함으로써 상기 배터리의 충전 상태(state of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타내는 감가상각밀도 함수를 도출한다. 보다 구체적으로, 상기 평균감가상각을 방전심도에 관한 2차 함수로 변환하고, 감가상각밀도함수와 평균 감가상각과의 관계를 이용하여 상기 평균감가상각에 관한 항을 삭제함으로써, 상기 감가상각밀도함수를 방전심도만의 2차 함수로 유도할 수 있다.

[0063] 한편, 이상의 일련의 연산 과정에 연속하여, 상기 배터리의 상태 정보를 입력받고, S430 단계를 통해 도출된 상기 감가상각밀도 함수에 상기 상태 정보를 입력하여 상기 배터리의 감가상각을 산출하는 과정이 후속될 수 있다. 이렇게 산출된 배터리의 감가상각은 배터리의 충방전 스케줄링 내지 운영비용 최소화 과정에서 활용될 수 있다.

[0064] 도 5는 도 4의 방법에 의해 도출된 측정 한계수명에 따른 평균 감가상각과 다항곡선접합을 예시한 도면으로서, 앞서 기술한 도 2의 경우와 유사하게 측정된 한계수명으로 평균 감가상각을 구한 뒤, 이를 2차 다항 곡선접합한 것이다. 이를 수학적 식 1을 통해 역으로 한계수명함수를 구해보고, 마찬가지로 수학적 식 3을 이용하여 감가상각밀도

함수를 그려보면 도 6과 같다.

- [0065] 도 6은 각각 도 4의 방법에 의해 도출된 측정치와 다항곡선접합을 통한 한계수명과 감가상각밀도함수를 예시한 도면으로, 기존의 방식보다 훨씬 정확하게 한계수명 (a)와 감가상각밀도 함수 (b)에 근접함을 확인할 수 있다.
- [0066] 한편, 이상에서 제안된 감가상각밀도 함수의 도출 방식은 배터리의 충방전의 제어하기 위해 감가상각 정보가 필요한 다양한 환경에서 활용 가능하다. 즉, 제안된 배터리 감가상각 모델은 효율적인 배터리 스케줄링을 위한 요소로서 배터리를 운용하는 어떠한 분야에서도 사용될 수 있다. 특히 향후 전기 자동차의 보급이 활성화됨에 따라 전기차 배터리 운용에서 중요한 부분을 차지할 것으로 예상된다.
- [0067] 도 7은 주파수 조정 참여 구조를 설명하기 위한 도면으로서, 전기차를 활용한 에너지 저장 장치를 예시하고 있다. 전기차(730)는 그 특성상 특별한 경우가 아니면 주차되어 있는 시간이 대부분이다. 따라서 주차되어 있는 동안 여러 차량이 모여 집합자(Aggregator)(720)를 통해 운용된다면 전력망(grid)에 연결된 차량(730)의 배터리를 하나의 에너지 저장 장치(ESS)로 볼 수 있다. 그러나 전기차의 배터리는 전기차의 주행이 최우선이므로 출발 전에 일정량 이상 충전이 되어야 하여 보통의 에너지 저장 장치와 달리 동적으로 운용할 수 없다. 때문에 전기차 배터리 충전에 큰 영향을 미치지 않으면서도 전력망(grid)에 제공할 수 있는 보조 서비스(ancillary service)를 제공하여 그에 따른 이득을 얻을 수 있다.
- [0068] 보조 서비스는 전력 시스템의 안정성과 신뢰도를 보장하기 위해 수행된다. 보조 서비스의 구분 방법과 종류는 전력 시스템에 따라 다양하지만 주파수 조정(frequency regulation)은 반드시 포함된다. 주파수 조정은 전력망의 수요와 공급의 차이로 발생하는 주파수 변동을 일정하게 유지시키기 위한 서비스로, ISO(Isolate System Operator)(710)는 필요한 용량을 미리 예측하여 제공자와 사전에 미리 계약하여 비용을 미리 지불한다. 그리고 ISO(710)에서 실시간으로 제공하는 자동발전제어(automatic generation control, AGC)에 따라 제공자에게 연결된 공급자에게 계약된 용량을 적절히 분배하여 그에 따른 비용을 지불한다. 기존에는 주로 발전기가 출력에 여유분을 두어 자동발전제어에 따라 연속적으로 출력을 변화시키며 조정용량을 제공해왔다. 하지만 기존의 발전기 이외에 다양한 에너지 공급자가 생기고, 빠른 응답속도를 가진 배터리가 등장하면서 주파수 조정용량의 공급자로서 배터리가 발전기를 대체할 가능성이 높아지고 있다.
- [0069] 따라서 전기차(730)가 주파수 조정에 참여하면 충전비용을 낮출 수 있으며, 동시에 전력망(grid)은 기존에 발전량을 제어하여 조정한 것과 달리 효율적으로 조정을 할 수 있다. 그러나 이때, 주파수 조정을 하면서 차량의 배터리는 충전과 방전을 미세하게 반복하게 된다.
- [0070] 주파수 조정에 필요한 전력 자체는 매우 짧은 시간에 제공하기 때문에 크지 않고, 충방전 요구량이 대체로 대칭적이기 때문에 차량의 충전에는 큰 영향을 미치지 않는다. 그러나 짧은 시간 동안 충전과 방전을 빠르게 반복하기 때문에 전기차의 배터리 감가상각에 일반적인 충방전 스케줄링에 비해 훨씬 큰 영향을 미친다.
- [0071] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 평균감가상각 곡선접합을 이용하여 배터리 감가상각 모델을 제어하는 방법을 도시한 흐름도로서, 앞서 도 4를 통해 기술한 감가상각밀도 함수를 주파수 조정에 도입하였다. 도 8을 참조하면, 도 4의 감가상각밀도 함수를 도출하는 S430 단계에 연속하여 수행되는 것으로 가정하였으며, 설명의 중복을 피하기 위해 여기서는 이후의 과정을 중심으로 각 구성을 약술하도록 한다.
- [0072] 앞서 S410 단계 내지 S430 단계를 통해, 배터리 감가상각 모델의 제어 장치는, 적어도 하나 이상의 배터리로 구성된 전력망의 배터리 각각에 대해 감가상각밀도 함수를 도출하였다.
- [0073] 이제, S440 단계에서, 상기 배터리 감가상각 모델의 제어 장치는, 상기 배터리의 상태 정보를 입력받고, 도출된 상기 감가상각밀도 함수로부터 상기 배터리의 감가상각을 산출한다.
- [0074] 그런 다음, S450 단계에서, 상기 배터리 감가상각 모델의 제어 장치는, S440 단계를 통해 산출된 감가상각을 고려하여 상기 전력망의 수요와 공급의 차이로 발생하는 주파수 변동을 일정하게 유지시키는 주파수 조정(frequency regulation)을 수행한다. 이때, 주파수 조정을 수행하는 이 과정은, 상기 주파수 조정에 따른 이득이 상기 배터리의 감가상각보다 적어도 같거나 크도록 제어되는 것이 바람직하다.
- [0075] 도 9는 주파수 조정에 참여하는 배터리 충방전 전력을 예시한 도면이다. 도 9에서처럼 단위시간당 평균 충전 전력은 '0'이지만, 실제로는 주파수 조정에 참여하여 짧은 시간 동안 배터리 충방전이 이루어지기 때문에 오가는 전력은 '0'이 아니다. 따라서 감가상각을 고려하지 않고 주파수 조정에 참여한다면 얻는 이득보다 차량의 배터리 감가상각이 더 클 수도 있다. 따라서 만약 주파수 조정에 참여하여 충전 비용을 아끼기 위한 충방전 스케줄링을 한다면 정확한 감가상각 모델이 필요하며, 이를 차량 배터리 운용에 반영해야만 한다. 여기서 차량의 충전

상태는 방전심도와 달리 완충 뒤 방전하지 않는다. 따라서 본 발명의 실시예들이 제안하는 감가상각밀도 함수는 매우 유효한 모델이 될 수 있다.

[0076] 도 10은 주파수 조정에 참여하는 전기차의 충방전 스케줄을 예시한 도면으로서, 감가상각밀도 함수를 반영하여 동적 프로그래밍(Dynamic programming)을 통해 구한 결과이다. 각각 배터리의 가격에 따라 감가상각밀도 함수가 달라지게 되고, 그에 따른 감가상각도 달라진다. 빨간선은 배터리의 감가상각을 고려하지 않았을 때의 스케줄링이다. 감가상각은 방전을 할수록 크게 발생하기 때문에, 감가상각을 고려했을 때는 그렇지 않을 때와 달리 계속 충전하는 경향을 보인다. 그러나, 도 9에서처럼 단위시간당 차량의 충전 상태가 바뀌지 않아도 실제로 전력은 충방전되고 있기 때문에 감가상각은 발생한다. 각각의 스케줄링에 따른 비용(cost)은 도 11과 같다.

[0077] 도 11은 배터리 가격에 따른 주파수 조정에 참여할 때의 비용(cost)을 비교하여 예시한 도면으로, 왼쪽부터 배터리 가격이 점점 비쌀 경우의 비용을 비교한 것이다. 배터리의 가격이 점점 증가할수록 감가상각이 차지하는 비중이 높아지면서 충전 비용이 더불어 증가하는 것을 확인할 수 있다. 위 결과는 전기차가 주파수 조정에 참여하는 것이 이득인지 아닌지 여부를 파악하는데 사용된다.

[0078] 다음의 표 1의 결과를 참조하면 배터리 가격이 4500\$일 때 주파수 조정에 참여하면 충전비용이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

표 1

	2700\$	4500\$	6300\$	9000\$
Total cost	2.49	5.53	8.85	13.39
Total cost without regulation	5.12	6.42	7.72	9.67
Wear cost	4.45	7.45	10.73	15.36

[0079]

[0080] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 평균감가상각 곡선집합을 이용하여 감가상각밀도 함수를 도출하는 배터리의 감가상각 모델링 장치(50)를 도시한 블록도로서, 앞서 기술한 도 4의 일련의 연산 과정을 하드웨어 요소의 관점에서 재구성한 도면이다. 따라서, 여기서는 설명의 중복을 피하기 위해 각 구성의 기능만을 요약하도록 한다.

[0081] 입력부(10)는, 배터리의 한계수명(achievable cycle count, ACC)에 대한 측정값을 입력받는 수단이다.

[0082] 메모리(30)는, 상기 배터리의 충전 상태(state of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타내는 감가상각밀도 함수를 도출하는 프로그램을 저장하며, 적어도 하나의 프로세서(20)를 통해 상기 감가상각밀도 함수를 도출하는 프로그램을 구동한다. 여기서, 상기 메모리(30)에 저장된 프로그램은, 측정된 상기 한계수명과 상기 배터리의 정격용량의 방전 정도를 나타내는 방전심도(depth of discharge, DoD)에 따른 총 사용량을 이용하여 상기 배터리의 가격으로부터 평균감가상각(average wear cost, AWC)을 산출하고, 산출된 상기 평균감가상각을 다항 곡선집합하여 상기 방전심도에 관한 함수로 변형함으로써 상기 감가상각밀도 함수를 유도하는 명령어를 포함한다.

[0083] 상기 메모리(30)에 저장된 프로그램은, 특정 방전심도를 기준으로 측정된 배터리의 한계수명을 이용하여 상기 배터리의 가격을 방전심도에 따른 사용 가능한 총 충방전 에너지양으로 제산함으로써 상기 평균감가상각을 산출하며, 상기 평균감가상각은, 상기 배터리의 가격에 비례하고, 상기 배터리의 한계수명 및 충방전 효율에 반비례하는 것이 바람직하다.

[0084] 또한, 상기 메모리(30)에 저장된 프로그램은, 상기 평균감가상각을 방전심도에 관한 2차 함수로 변환하고, 감가상각밀도함수와 평균 감가상각과의 관계를 이용하여 상기 평균감가상각에 관한 항을 삭제함으로써, 상기 감가상각밀도함수를 방전심도만의 2차 함수로 유도할 수 있다.

[0085] 나아가, 도 12의 감가상각밀도 함수를 도출하는 배터리의 감가상각 모델링 장치(50)를 확장하여, 앞서 도 8을 통해 소개한 바와 유사한 배터리 감가상각 모델의 제어 장치도 구현 가능하다. 각 구성은 다음과 같다.

[0086] 배터리 감가상각 모델의 제어 장치는, 입력 수단을 통해 적어도 하나 이상의 배터리로 구성된 전력망의 배터리

각각에 대해 배터리의 한계수명(achievable cycle count, ACC)에 대한 측정값과 상기 배터리의 상태 정보를 입력받는다.

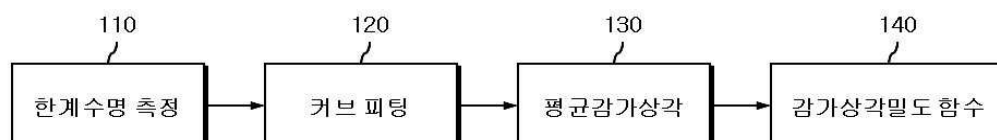
- [0087] 상기 배터리 감가상각 모델의 제어 장치는, 상기 배터리의 충전 상태(state of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타내는 감가상각밀도 함수를 도출하고, 입력된 상기 상태 정보를 이용하여 상기 감가상각밀도 함수로부터 상기 배터리의 감가상각을 산출하는 프로그램을 저장하는 저장 수단(메모리)을 구비한다.
- [0088] 또한, 상기 배터리 감가상각 모델의 제어 장치는, 상기 프로그램을 구동하고, 산출된 감가상각을 고려하여 상기 전력망의 수요와 공급의 차이로 발생하는 주파수 변동을 일정하게 유지시키는 주파수 조정(frequency regulation)을 제어하는 적어도 하나의 프로세서를 포함한다. 이때, 상기 주파수 조정은, 상기 주파수 조정에 따른 이득이 상기 배터리의 감가상각보다 적어도 같거나 크도록 제어되는 것이 바람직하다.
- [0089] 여기서, 상기 메모리에 저장된 프로그램은, 배터리의 한계수명(achievable cycle count, ACC)을 측정하고, 측정된 상기 한계수명과 상기 배터리의 정격용량의 방전 정도를 나타내는 방전심도(depth of discharge, DoD)에 따른 총 사용량을 이용하여 상기 배터리의 가격으로부터 평균감가상각(average wear cost, AWC)을 산출하며, 산출된 상기 평균감가상각을 다항 곡선접합하여 상기 방전심도에 관한 함수로 변형함으로써 상기 배터리의 충전 상태(state of charge, SoC)에 따른 감가상각을 나타내는 감가상각밀도 함수를 유도한다.
- [0090] 한편, 본 발명의 실시예들은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록 장치를 포함한다.
- [0091] 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현하는 것을 포함한다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다. 그리고 본 발명을 구현하기 위한 기능적인(functional) 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술 분야의 프로그래머들에 의하여 용이하게 추론될 수 있다.
- [0092] 이상에서 본 발명에 대하여 그 다양한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명에 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

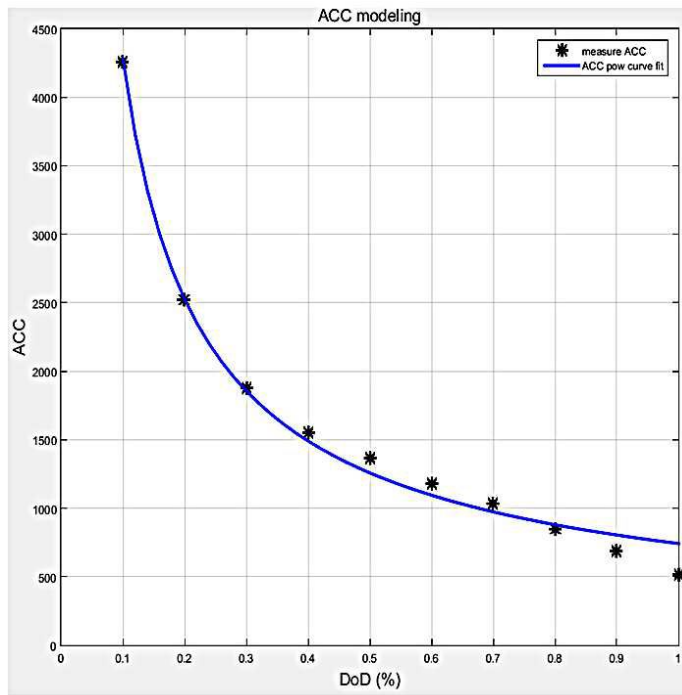
- [0093] 710: ISO (isolate system operator)
- 720: 집합자 (aggregator)
- 730: 전기차 (EV)
- 50: 배터리의 감가상각 모델링 장치
- 10: 입력부
- 20: 프로세서
- 30: 메모리

도면

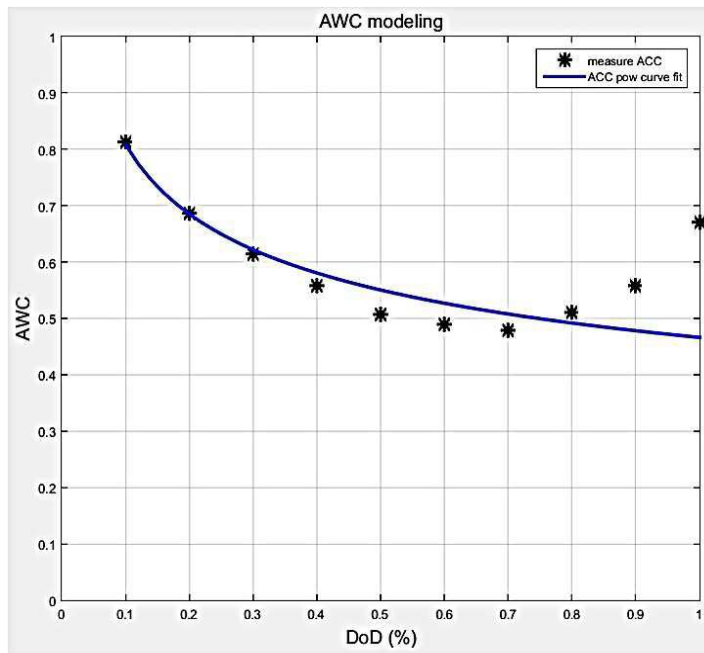
도면1



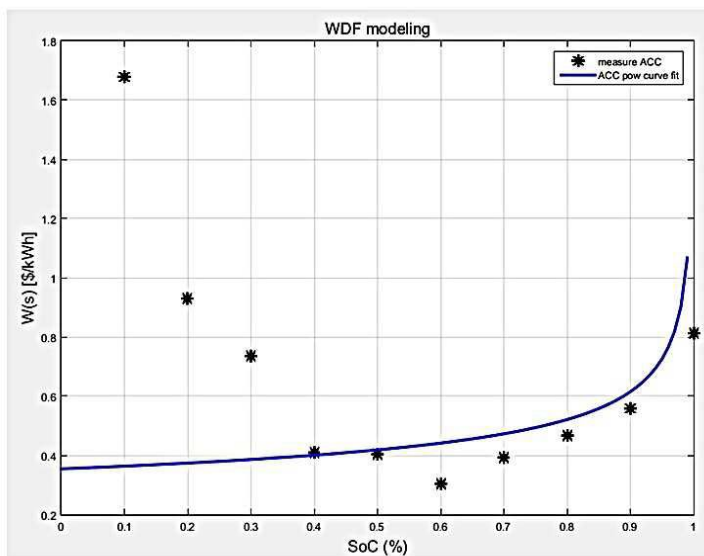
도면2



도면3

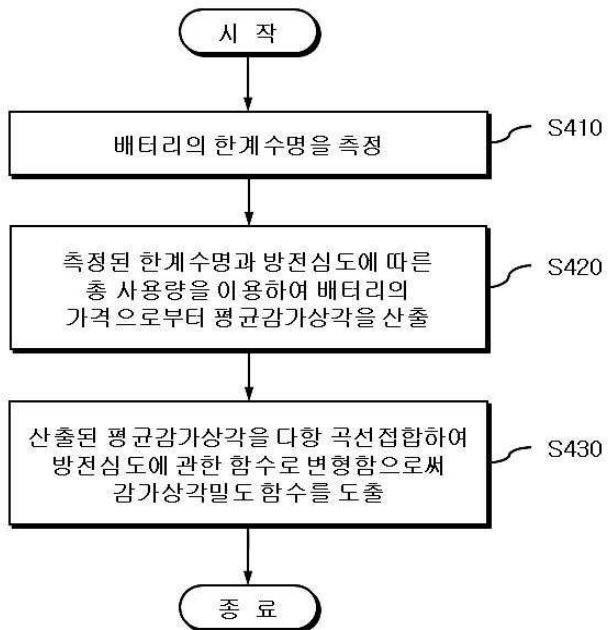


(a)

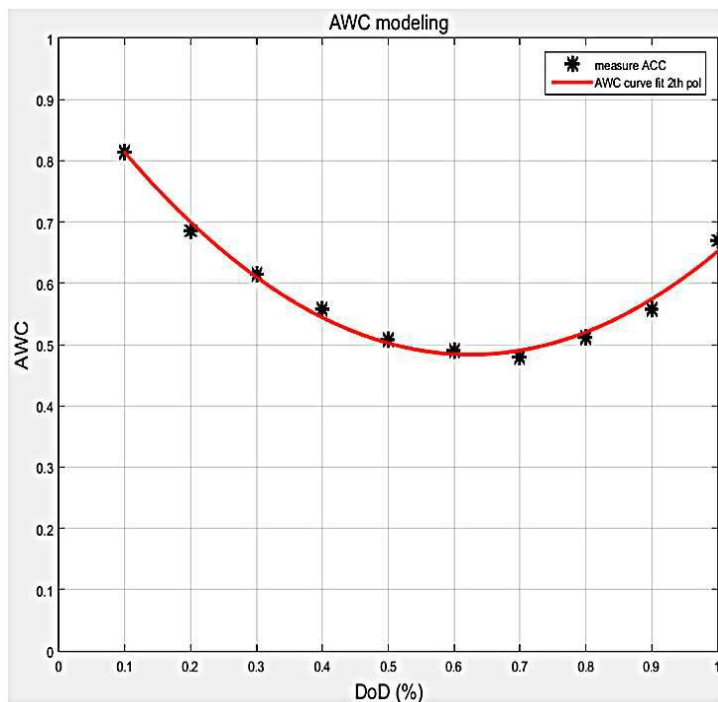


(b)

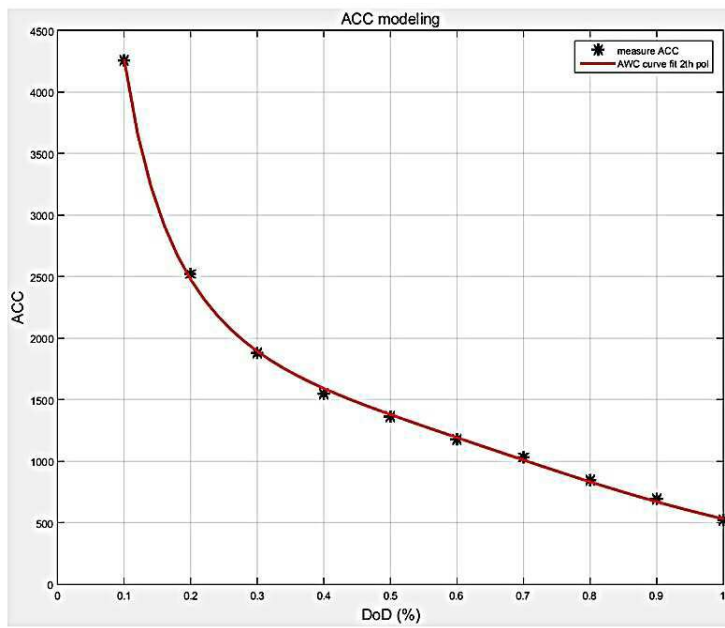
도면4



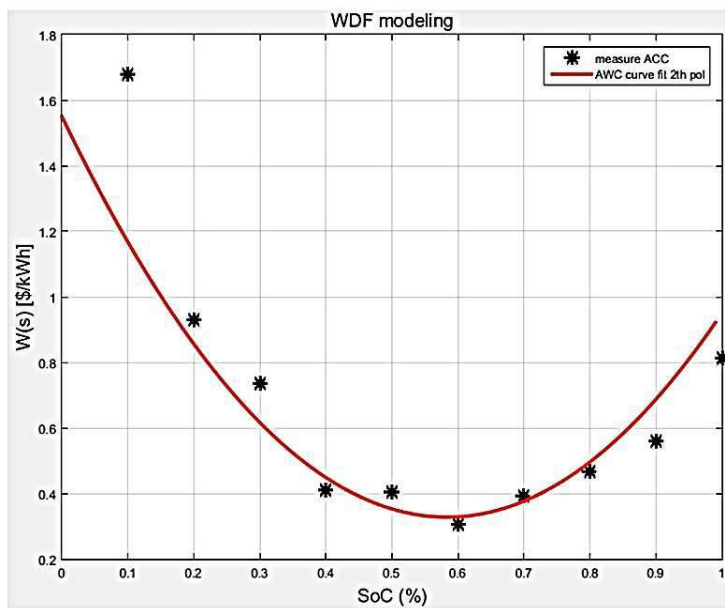
도면5



도면6

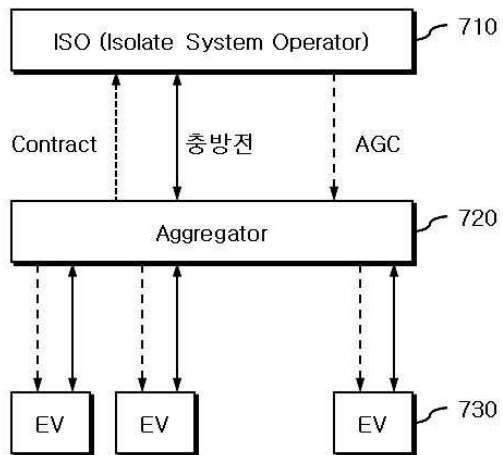


(a)

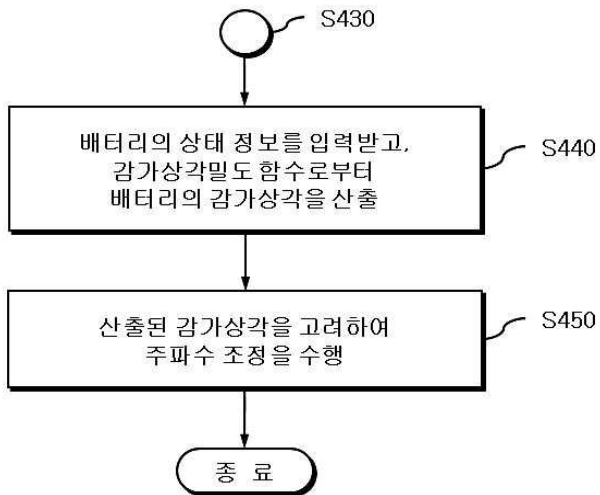


(b)

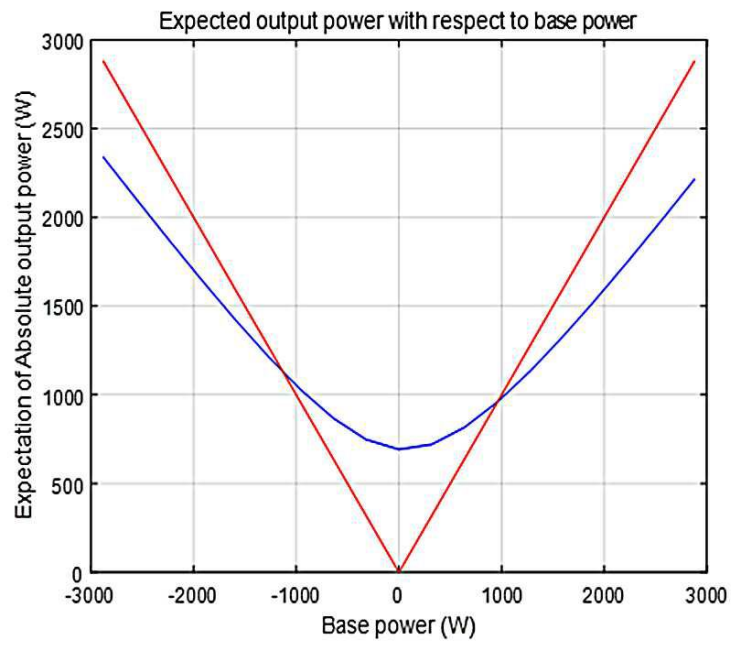
도면7



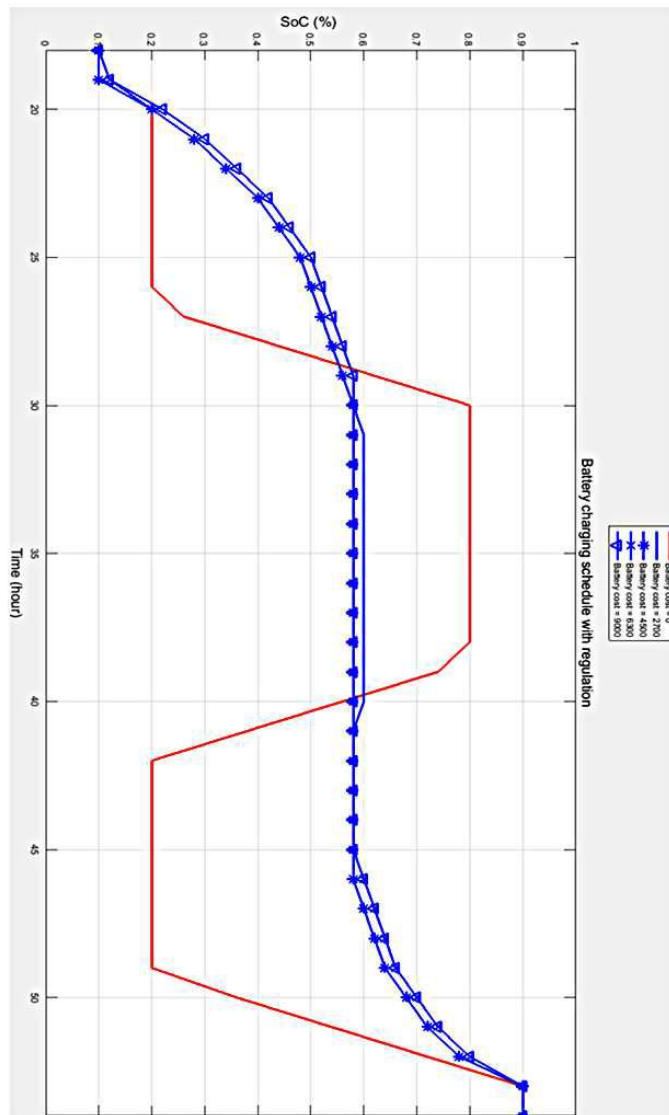
도면8



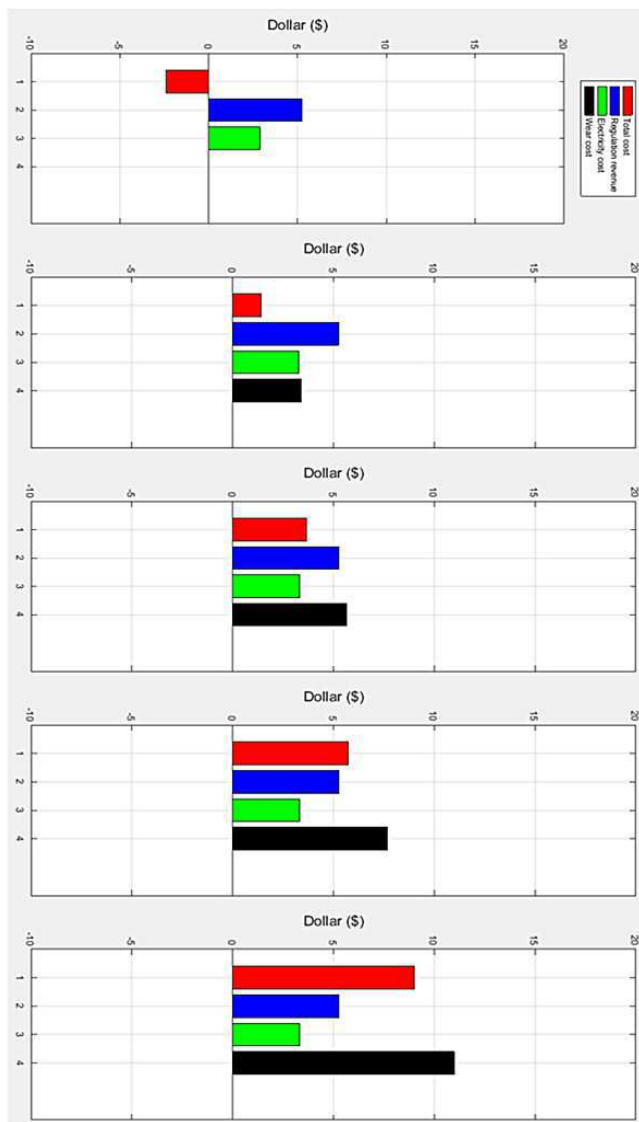
도면9



도면10



도면11



도면12

