



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년12월31일

(11) 등록번호 10-1581684

(24) 등록일자 2015년12월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02J 7/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0110839

(22) 출원일자 2014년08월25일

심사청구일자 2014년08월25일

(56) 선행기술조사문헌

KR101293462 B1*

KR1020110033278 A*

KR1020130022039 A*

JP2012068916 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

김홍석

서울특별시 마포구 서강대길 40 103동 202호 (대흥동, 마포자이2차아파트)

최요환

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

박세홍

서울특별시 송파구 오금로31길 27 101동 1204호 (방이동, 코오롱아파트)

(74) 대리인

특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 15 항

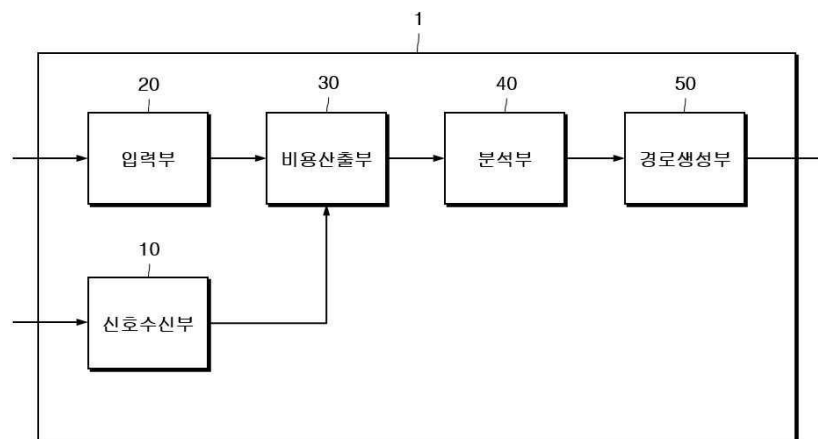
심사관 : 박원규

(54) 발명의 명칭 에너지 저장장치의 방전심도 제어를 통한 충방전 스케줄링 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 에너지 저장장치의 방전심도 제어를 통한 충방전 스케줄링 장치 및 방법에 관한 것으로, 수요반응 신호 및 전력망의 시간에 따른 전력 요금 비용을 반영하여 방전심도 값에 따른 운영비용 값을 산출하고, 에너지 저장장치의 교체 비용 및 사이클 수를 반영하여 사용비용 값을 산출하여 방전심도의 최적점을 도출하여 이를 기초로 하여 전력망과 연결되어 부하 측에 전력을 공급하기 위한 에너지 저장장치의 충전 또는 방전 경로를 생성하는 장치 및 방법으로 이를 통하여 에너지 저장장치의 사용을 제어함으로써 에너지 저장장치의 수명 대비 효율적인 반복사용을 도모할 수 있다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 H0502-13-1060

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신산업진흥원

연구사업명 2013년도 IT/SW 창의연구과정(기술개발형)

연구과제명 전력위기 극복을 위한 고속 수요반응 기반의 에너지 IT 융합 플랫폼 개발

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2013.09.01 ~ 2014.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

전력망(Grid)과 연결되어 부하 측(Load)에 전력을 공급하는 에너지 저장장치(energy storage device)의 충방전 스케줄링 장치에 있어서,

수요반응 신호(Demand Response Event Signal)를 수신하는 신호수신부;

시간에 따른 전력 요금 정보, 부하 프로파일 데이터(load profile data), 에너지 저장장치의 교체 비용 및 방전 심도(Depth of Discharge, DoD)에 따른 사이클 수(cycle life)를 입력받는 입력부;

상기 수요반응 신호 및 상기 전력 요금 정보를 이용하여 상기 부하 측에서 요구하는 전력량이 '0' 이상의 값을 갖는 경우에는 전력망의 비용을 선택하고 상기 부하 측에서 요구하는 전력량이 음의 값을 갖는 경우에는 분산전원의 요금을 선택함으로써 방전심도에 따른 운영비용 값(running cost)을 산출하고, 상기 에너지 저장장치의 교체 비용 및 상기 사이클 수를 이용하여 방전심도에 따른 에너지 저장장치의 사용비용 값(lifetime cost)을 산출하는 비용산출부;

상기 운영비용 값 및 상기 에너지 저장장치의 사용비용 값의 합이 최소가 되는 지점을 방전심도의 최적점(optimal DoD point)으로 도출하는 분석부; 및

상기 방전심도의 최적점을 기초로 에너지 저장장치의 충방전 경로를 생성하는 경로생성부;를 포함하며,

상기 경로생성부는 산출된 상기 운영비용 값 및 상기 에너지 저장장치의 사용비용 값을 함께 고려하여 전력량 공급에 대한 비용 함수로 설정하되, 설정된 상기 비용 함수를 방전 심도에 따라 동적으로 변화시킴으로써 상기 비용 함수가 최소화되는 충방전 경로를 생성하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 전력 요금 정보는 일정한 주기 동안의 시간당 전력망의 사용 요금, 구매 요금 및 분산전원의 사용 요금을 포함하고, 상기 전력망으로부터 입력받는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 부하 프로파일 데이터는 상기 부하 측을 구성하는 어플리케이션의 사용 특성을 반영한 통계적 예측자료인 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 에너지 저장장치의 교체 비용 및 방전심도에 따른 사이클 수는 에너지 저장장치가 제조될 때 작성된 데이터 시트(data sheet)로부터 입력받는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 비용산출부는 상기 수요반응 신호 값이 수신되는지 여부에 따라 전력망의 사용 요금 또는 분산전원의 사용 요금 중에서 하나를 선택적용하여 상기 방전심도에 따른 운영비용 값을 산출하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 비용산출부는

특정 시점(k)에서 목표 시점까지의 필요한 전력량(E)을 공급하는데 드는 비용 함수 $U(k, E)$ 에 대하여 임의로 방전심도 값을 달리하여 에너지 저장장치가 충전된 시점($t=0$)부터 방전하여 운영이 종료되는 시점($t=T$)까지 동적 프로그래밍 알고리즘(Dynamic Programming)을 적용하여 상기 방전심도에 따른 운영비용 값을 산출하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 비용산출부는

상기 에너지 저장장치의 교체 비용을 상기 사이클 수로 나누어 상기 방전심도에 따른 사용비용 값을 산출하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치.

청구항 8

삭제

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 운영비용 값은 방전심도 값과 반비례하고, 상기 사용비용 값은 방전심도 값과 비례하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치.

청구항 10

전력망(Grid)과 연결되어 부하 측(Load)에 전력을 공급하는 에너지 저장장치(energy storage device)의 충방전 스케줄링 방법에 있어서,

상기 전력망 또는 상기 부하 측으로부터 수요반응 신호(Demand Response Event Signal)를 수신하는 단계;

상기 전력망으로부터 시간에 따른 전력 요금 정보를 입력받고, 상기 부하 측으로부터 부하 프로파일 데이터(load profile data)를 입력받고, 상기 에너지 저장장치로부터 에너지 저장장치의 교체 비용 및 방전심도(Depth of Discharge, DoD)에 따른 사이클 수(cycle life)를 입력받는 단계;

상기 수요반응 신호 및 상기 전력 요금 정보를 이용하여 상기 부하 측에서 요구하는 전력량이 '0' 이상의 값을 갖는 경우에는 전력망의 비용을 선택하고 상기 부하 측에서 요구하는 전력량이 음의 값을 갖는 경우에는 분산전원의 요금을 선택함으로써 방전심도에 따른 운영비용 값(running cost)을 산출하고, 상기 에너지 저장장치의 교체 비용 및 상기 사이클 수를 이용하여 방전심도에 따른 에너지 저장장치의 사용비용 값(lifetime cost)을 산출하는 단계;

상기 운영비용 값 및 상기 에너지 저장장치의 사용비용 값의 합이 최소가 되는 지점을 방전심도의 최적점(optimal DoD point)으로 도출하는 단계; 및

상기 방전심도의 최적점을 기초로 에너지 저장장치의 충방전 경로를 생성하는 단계;를 포함하며,

산출된 상기 운영비용 값 및 상기 에너지 저장장치의 사용비용 값을 함께 고려하여 전력량 공급에 대한 비용 함수로 설정하되, 설정된 상기 비용 함수를 방전 심도에 따라 동적으로 변화시킴으로써 상기 비용 함수가 최소화되는 충방전 경로를 생성하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 전력 요금 정보는 일정한 주기 동안의 시간당 전력망의 사용 요금, 구매 요금 및 분산전원의 사용 요금을 포함하고,

상기 부하 프로파일 데이터는 상기 부하 측을 구성하는 어플리케이션의 사용 특성을 반영한 통계적 예측자료인

것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 방전심도에 따른 운영비용 값은 상기 수요반응 신호 값이 수신되는지 여부에 따라 전력망의 사용 요금 또는 분산전원의 사용 요금 중에서 하나를 선택적용하여 산출되는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 방전심도에 따른 운영비용 값은

특정 시점(k)에서 목표 시점까지의 필요한 전력량(E)을 공급하는데 드는 비용 함수 $U(k,E)$ 에 대하여 임의로 방전심도 값을 달리하여 에너지 저장장치가 충전된 시점($t=0$)부터 방전하여 운영이 종료되는 시점($t=T$)까지 동적 프로그래밍 알고리즘(Dynamic Programming)을 적용하여 산출하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 방법.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 방전심도에 따른 사용비용 값은 상기 에너지 저장장치의 교체 비용을 상기 사이클 수로 나누어 산출하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 방법.

청구항 15

삭제

청구항 16

제 10 항에 있어서,

상기 운영비용 값은 방전심도 값과 반비례하고, 상기 사용비용 값은 방전심도 값과 비례하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 방법.

청구항 17

제 10 항 내지 제 14 항 및 제 16 항 중에 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 에너지 저장장치의 방전심도 제어를 통한 충방전 스케줄링 장치 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 에너지 저장장치의 운영에 있어서 전력망의 운영비용 및 에너지 저장장치의 사용비용을 함께 고려하여 도출한 최적화된 방전심도 값에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

에너지 저장장치는 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 저장장치는 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 저장장치는 데이터 센터 분야와 전기차 분야에서 주로 이용되고 있다. 데이터 센터는 항온항습을 유지하

기 위하여 엄청난 양의 전력을 필요로 하고, 비상 정전시를 위한 대비책도 마련되어 있어야 한다. 따라서 에너지 저장장치를 통해 전자기장비들의 냉각에 소비되는 엄청난 양의 전력을 보조적으로 공급하면서 비상 정전시에는 독립적으로 전력을 공급할 수 있는 전력 관리 시스템이 사용되고 있다. 이 경우 에너지 저장장치가 충분한 에너지를 저장하고 있기만 하면 에너지 저장장치를 사용하는 목적달성이 가능하다. 그리고 전기차 분야에서는 자동차라는 이동수단의 특성으로 인해 급속 충전이 필수적이고, 전기차 내부에 안정적으로 전력을 공급이 요구되어 이를 위하여 에너지 저장장치가 사용되고 있다. 이와 관련하여, 에너지 저장장치를 단시간에 효율적으로 충전할 수 있는 충전 방법 및 충전기 하드웨어에 관한 발명과 에너지 저장장치에 잔존하는 에너지의 양(State of Charge, SOC)을 신뢰성 있게 측정하는 발명이 주로 이루어지고 있다.

[0004]

한편, 전력망과 연결되어 산업용 또는 가정용 소비주체에 필요한 전력을 공급하는 분야에서는 시간대별 전력요금의 차이 특성에만 의존하여 에너지 저장장치를 보조적으로 사용하여 그의 충방전을 스케줄링하고 있다. 그러나 전력망과 연계되어 전력을 공급하는 운영 비용 측면에서 에너지 저장장치의 내부 화학적 특성을 고려하지 못하는 한계를 가지고 있으며, 이것은 궁극적으로 에너지 저장장치의 비용 효율적인 관리가 이루어지지 않아 소비자에게 요금의 부담을 가져오는 문제를 야기시킬수 있다.

[0005]

나아가 신재생 에너지를 활용한 분산전원에서 에너지 저장장치를 이용하는 경우 역시 에너지 저장장치의 내부 화학적 특성을 반영하면서 비용 효율적인 측면에서 수요반응 신호에 따라 전력소비패턴의 변화를 만족시킬 수 있는 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006]

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

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007]

본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 종래의 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치가 부하 측에 필요한 전력을 공급하기 위하여 전력망의 시간대별 요금 차이만을 고려해 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링이 전력망의 비용에만 의존적인 한계를 극복하고, 에너지 저장장치의 감가상각 및 방전심도를 고려하지 않아 분산전원 및 스마트 그리드 환경에서 비용 효율적이지 못한 문제점을 해결하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008]

상기 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 전력망(Grid)과 연결되어 부하 측(Load)에 전력을 공급하는 에너지 저장장치(energy storage device)의 충방전 스케줄링 장치는, 수요반응 신호(Demand Response Event Signal)를 수신하는 신호수신부; 시간에 따른 전력 요금 정보, 부하 프로파일 데이터(load profile data), 에너지 저장장치의 교체 비용 및 방전심도(Depth of Discharge, DoD)에 따른 사이클 수(cycle life)를 입력받는 입력부; 상기 수요반응 신호 및 상기 전력 요금 정보를 이용하여 방전심도에 따른 운영비용 값(running cost)을 산출하고, 상기 에너지 저장장치의 교체 비용 및 상기 사이클 수를 이용하여 방전심도에 따른 에너지 저장장치의 사용비용 값(lifetime cost)을 산출하는 비용산출부; 상기 운영비용 값 및 상기 에너지 저장장치의 사용비용 값에 따라 방전심도의 최적점(optimal DoD point)을 도출하는 분석부; 및 상기 방전심도의 최적점을 기초로 에너지 저장장치의 충방전 경로를 생성하는 경로생성부;를 포함한다.

[0009]

일 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치에서, 상기 전력 요금 정보는 일정한 주기 동안의 시간당 전력망의 사용 요금, 구매 요금 및 분산전원의 사용 요금을 포함하고, 상기 전력망으로부터 입력받을 수 있다.

[0010]

일 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치에서, 상기 부하 프로파일 데이터는 상기 부하 측을 구성하는 어플리케이션의 사용 특성을 반영한 통계적 예측자료인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0011]

일 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치에서, 상기 에너지 저장장치의 교체 비용 및 방전심도에 따른 사이클 수는 에너지 저장장치가 제조될 때 작성된 데이터 시트(data sheet)로부터 입력받는 것을 특

정으로 할 수 있다.

- [0012] 일 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치에서, 상기 비용산출부는 상기 수요반응 신호 값이 수신되는지 여부에 따라 전력망의 사용 요금 또는 분산전원의 사용 요금 중에서 하나를 선택적용하여 상기 방전 심도에 따른 운영비용 값을 산출할 수 있다.
- [0013] 일 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치에서, 상기 비용산출부는 특정 시점(k)에서 목표 시점까지의 필요한 전력량(E)을 공급하는데 드는 비용 함수 $U(k,E)$ 에 대하여 임의로 방전심도 값을 달리하여 에너지 저장장치가 충전된 시점($t=0$)부터 방전하여 운영이 종료되는 시점($t=T$)까지 동적 프로그래밍 알고리즘(Dynamic Programming)을 적용하여 상기 방전심도에 따른 운영비용 값을 산출할 수 있다.
- [0014] 일 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치에서, 상기 비용산출부는 상기 에너지 저장장치의 교체 비용을 상기 사이클 수로 나누어 상기 방전심도에 따른 사용비용 값을 산출할 수 있다.
- [0015] 일 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치에서, 상기 방전심도의 최적점은 상기 운영비용 값 및 상기 사용비용 값의 합이 최소가 되는 방점심도 값에 의해 결정될 수 있다.
- [0016] 상기된 실시예에서 상기 운영비용 값은 방전심도 값과 반비례하고, 상기 사용비용 값은 방전심도 값과 비례하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0017] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 전력망(Grid)과 연결되어 부하 측(Load)에 전력을 공급하는 에너지 저장장치(energy storage device)의 충방전 스케줄링 방법은 상기 전력망 또는 상기 부하 측으로부터 수요반응 신호(Demand Response Event Signal)를 수신하는 단계; 상기 전력망으로부터 시간에 따른 전력 요금 정보를 입력받고, 상기 부하 측으로부터 부하 프로파일 데이터(load profile data)를 입력받고, 상기 에너지 저장장치로부터 에너지 저장장치의 교체 비용 및 방전심도(Depth of Discharge, DoD)에 따른 사이클 수(cycle life)를 입력받는 단계; 상기 수요반응 신호 및 상기 전력 요금 정보를 이용하여 방전심도에 따른 운영비용 값(running cost)을 산출하고, 상기 에너지 저장장치의 교체 비용 및 상기 사이클 수를 이용하여 방전심도에 따른 에너지 저장장치의 사용비용 값(lifetime cost)을 산출하는 단계; 상기 운영비용 값 및 상기 에너지 저장장치의 사용비용 값에 따라 방전심도의 최적점(optimal DoD point)을 도출하는 단계; 및 상기 방전심도의 최적점을 기초로 에너지 저장장치의 충방전 경로를 생성하는 단계;를 포함한다.
- [0018] 다른 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 방법에서 상기 전력 요금 정보는 일정한 주기 동안의 시간당 전력망의 사용 요금, 구매 요금 및 분산전원의 사용 요금을 포함하고, 상기 부하 프로파일 데이터는 상기 부하 측을 구성하는 어플리케이션의 사용 특성을 반영한 통계적 예측자료인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0019] 다른 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 방법에서 상기 방전심도에 따른 운영비용 값은 상기 수요반응 신호 값이 수신되는지 여부에 따라 전력망의 사용 요금 또는 분산전원의 사용 요금 중에서 하나를 선택적용하여 산출될 수 있다.
- [0020] 다른 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 방법에서 상기 방전심도에 따른 운영비용 값은 특정 시점(k)에서 목표 시점까지의 필요한 전력량(E)을 공급하는데 드는 비용 함수 $U(k,E)$ 에 대하여 임의로 방전심도 값을 달리하여 에너지 저장장치가 충전된 시점($t=0$)부터 방전하여 운영이 종료되는 시점($t=T$)까지 동적 프로그래밍 알고리즘(Dynamic Programming)을 적용하여 산출할 수 있다.
- [0021] 다른 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 방법에서 상기 방전심도에 따른 사용비용 값은 상기 에너지 저장장치의 교체 비용을 상기 사이클 수로 나누어 산출할 수 있다.
- [0022] 다른 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 방법에서 상기 방전심도의 최적점은 상기 운영비용 값 및 상기 사용비용 값의 합이 최소가 되는 방점심도 값에 의해 결정될 수 있다.
- [0023] 상기된 실시예에서 상기 운영비용 값은 방전심도 값과 반비례하고, 상기 사용비용 값은 방전심도 값과 비례하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0024] 한편, 이하에서는 상기 기재된 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 방법들을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공한다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명의 실시예들에 따르면, 부하 측에는 전력을 공급하기 위하여 전력망의 운영비용 및 에너지 저장장치 그

자체의 사용비용을 반영한 에너지 저장장치의 충방전을 통해 전체 전력 공급 비용을 최소화할 수 있다. 나아가, 최적화된 방전심도 값을 이용함으로써 에너지 저장장치의 수명 대비 효율적인 반복사용을 도모할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026]

도 1은 전력망(Grid), 에너지 저장장치(energy storage device) 및 부하(Load)가 연결된 일반적인 상황도이다.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치를 나타낸 블록도이다.
 도 3a, 도 3b 및 도 3c는 전력망에 대한 3 종류의 요금제(TOU, CPP, RTP)를 시간에 따른 요금 그래프로 나타낸 것이다.
 도 4는 특정 에너지 저장장치의 방전심도에 따른 수명특성을 나타낸 표이다.
 도 5는 방전심도 값이 20%인 경우에 적합 함수(Fitting Function)에 의한 충방전 횟수(Cycle Life)를 추정한 그래프이다.
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치에 따라 산출된 방전심도 값에 따른 사용비용 값과 운영비용 값을 나타낸 그래프이다.
 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치가 에너지 저장장치의 충방전 경로를 산출하기 위한 알고리즘을 나타낸 의사코드이다.
 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 방법을 나타낸 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027]

본 발명에 관한 구체적인 내용의 설명에 앞서 이해의 편의를 위해 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안의 개요 혹은 기술적 사상의 핵심을 우선 제시한다.

[0028]

도 1은 전력망(Grid), 에너지 저장장치(energy storage device) 및 부하(Load)가 연결된 일반적인 상황도이다. 점선으로 표시된 화살표는 전력인 에너지의 흐름 방향을 의미하며 각각 시간에 따른 함수로 정의할 수 있다. 부하 측에 필요한 전력을 전력망 및 에너지 저장장치를 통해 공급하는 관계를 시간단위 t 를 파라미터로 하는 함수로 정의하면 다음과 같다. 전력망의 전력을 $P_G(t)$, 부하 측의 필요한 전력을 $P_L(t)$, 에너지 저장장치의 출력 전력을 $P_B(t)$ 라고 정의할 수 있고, 이들의 관계는 수학적 식 1과 같이 수식화하여 표현할 수 있다.

수학적 식 1

[0029]

$$P_L(t) = P_G(t) + P_B(t)$$

[0030]

도 1과 같은 상황에서 종래의 부하 측에 필요한 전력을 공급하기 위하여 전력망에 대하여 보조적으로 에너지 저장장치를 사용하는 경우, 전력망의 시간대별 요금에 따라 에너지 저장장치의 충방전이 결정되는 것이 일반적이다.

[0031]

그러나 에너지 저장장치는 2차 화학 전지로서 제조될 때 총 충방전할 수 있는 횟수 즉 사이클 수(cycle life)가 정해진다. 사이클 수는 에너지 저장장치의 종류에 따라 다르며 에너지 저장장치를 사용하는 중에는 방전심도에 따라 앞으로 충방전할 수 있는 횟수가 달라진다.

[0032]

에너지 저장장치의 방전심도(Depth of Discharge, DoD)는 전체 정격용량의 몇 %를 사용하는지를 나타내는 지표이다. 아래 수학적 식 2와 같이 정의되며, 예를 들어 설명하면 에너지 저장장치의 전체 정격용량이 1000mAh이며, 1000mAh가 충전되어 있는 상태라고 하였을 때, 1000mAh를 모두 소진한다면 방전심도 값은 100%가 된다.

수학식 2

$$DoD = \frac{\text{방전량}}{\text{정격용량}} \times 100(\%)$$

[0033]

[0034]

방전심도 값이 클수록 에너지 저장장치의 사이클 수는 감소하고 반대로 방전심도 값이 작을수록 사이클 수는 증가하게 된다. 에너지 저장장치는 2차 전지로서 화학적 특성에 따라 제조될 때 충전 및 방전횟수가 결정되어 있기 때문에 사이클 수는 방전심도 값에 따라 달라지는 것이다. 따라서 방전심도 값을 반영하여 에너지 저장장치의 충방전을 계획한다면, 에너지 저장장치 자체의 비용 효율적일 수 있고, 나아가 전력망과 연결되어 부하 측에 전력을 공급하는 총 비용 측면에서도 효율적인 에너지 저장장치의 사용을 도모할 수 있을 것이다.

[0035]

따라서 본 발명은 방전심도 값에 따른 운영비용 값과 방전심도 값에 따른 에너지 저장장치의 사용비용 값을 함께 고려하여 방전심도의 최적점을 도출함으로써 상기 최적점을 기초로 에너지 저장장치의 충방전을 스케줄링하는 장치를 제안한다.

[0036]

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치(1)를 나타낸 블록도로서 신호수신부(10), 입력부(20), 비용산출부(30), 분석부(40) 및 경로생성부(50)를 포함한다.

[0037]

신호수신부(10)는 수요반응 신호(Demand Response Event Signal)를 수신한다. 수요반응이란, 도매전력가격이 높게 형성되거나 계통 신뢰도가 위험해진 시간대에 전기 사용량을 줄이도록 유도하기 위하여 설계되었으며 소비자들이 인센티브 또는 시간대별 전기요금의 변동에 반응하여 전력소비패턴을 변화시키는 것으로 정의한다. 따라서 에너지 저장장치가 분산전원의 일부로서 사용되는 경우 수요반응 신호에 대응하여 전력의 공급을 조절할 필요가 있다. 신호수신부(10)는 수요반응 신호를 수신하여 비용산출부(30)에 인가함으로써 수요반응 신호 여부에 따라 운영비용의 산출에 영향을 줄 수 있다.

[0038]

입력부(20)는 시간에 따른 전력 요금 정보, 부하 프로파일 데이터(load profile data), 에너지 저장장치의 교체 비용 및 방전심도 값에 따른 사이클 수를 입력받는다. 각 정보를 가지고 있는 다양한 주체로부터 실시간 또는 미리 정해진 시간에 상기 정보를 입력받는다. 전력 요금 정보는 일정한 주기 동안의 시간당 전력망의 사용 요금, 구매 요금 및 분산전원의 사용 요금을 포함한다. 과거에는 전력 사용 비용을 일률적으로 책정하였으나, 부하 측에서 필요한 전력이 시간에 따라 달라지기 때문에 현재는 탄력적으로 요금을 책정하여 운영하게 되었다. 일정한 주기란 보통 24시간인 하루이고, 시간을 구간으로 구분하여 주간, 야간, 심야에 요금을 상이하게 책정하여 요금제를 결정할 수 있다. 이와 같은 시간당 사용 요금을 나타내는 요금제의 종류는 다양하며 주로 사용되는 TOU(Time Of Use) 요금제, CPP(Critical Peak Pricing) 요금제, RTP(Real-Time Pricing) 요금제는 각각 도 3a 내지 도 3c에서 시간(Hour)에 따른 요금(won/kWh) 그래프로 나타내고 있다. 상세히 설명하면, 도 3a는 24시간을 기준으로 전력 수요가 높은 시간대를 피크(Peak)로 보고 평소보다 높은 요금을 책정한 TOU 요금제를 나타낸 것이다. 도 3b는 피크 영역 중에서 위기 지점에 대하여 더 높은 요금을 책정한 CPP 요금제를 나타낸 것이다. 마지막으로 도 3c는 실시간으로 전력 수요에 정비례하는 요금을 책정한 RTP 요금제를 나타낸 그래프이다. 이와 같이

다양한 종류의 요금제를 시간에 따른 함수 $C(t)$ 로 입력받을 수 있다.

[0039]

구매 요금은 분산전원의 일부로서 에너지 저장장치를 이용하는 경우에 대하여 에너지 저장장치가 부하 측에 전력을 공급하고 남은 잉여 에너지를 다시 전력망에 되팔 때의 요금을 말한다. 또한, 분산전원의 사용 요금은 에너지 저장장치가 분산전원의 일부로 이용될 때 요금을 말한다. 수요반응에 대응하기 위하여 결정되는 것이기 때문에 운영자에 의하여 정책적으로 미리 설정될 수 있다. 구매 요금과 분산전원의 사용 요금 역시 시간에 따른 함수로 정의되어 입력받을 수 있다.

[0040]

부하 프로파일 데이터는 시간에 대한 전력량 값을 나타낸 함수로 정의될 수 있다. 부하 프로파일 데이터는 과거의 사용을 기록한 자료가 될 수 있으며, 일반적으로 부하 프로파일 데이터는 최근 3일, 5일, 10일 동안의 시간에 따른 전력 사용량에 대하여 평균값을 취해 활용한다. 전력 사용량은 계절 및 날씨에 영향을 많이 받아서 수요량이 달라진다. 즉, 여름철 땀별 더위가 이어지는 경우 냉방으로 인해 전력 소모가 급증하는 것이 그 예이다. 그렇기 때문에 특정 시점부터 목표 시점까지와 온도가 비슷한 과거의 데이터를 활용하여 부하 프로파일 데이터를 산출할 수도 있다.

[0041] 또한 부하 측의 소비 주체가 가정용 전력 소모 주체인지 산업용 전력 소모 주체인지에 따라서도 부하 프로파일 데이터가 달라질 수 있다. 가정용의 경우 아침이나 저녁, 밤 시간에 전력 소모가 주로 이루어지고 산업용의 경우 주로 오전에서 오후까지의 낮 시간대에 전력 소모가 이루어지는 것이 일반적이기 때문이다. 그러므로 필요한 전력량이 얼마인지 아는 것은 미래를 예측하는 것이고, 부하 프로파일 데이터는 부하 측을 구성하는 어플리케이션의 사용 특성을 반영한 통계적 예측자료가 될 수 있다.

[0042] 에너지 저장장치의 교체 비용 및 방전심도 값에 따른 사이클 수는 에너지 저장장치가 제조될 때 작성된 데이터 시트(data sheet)로부터 입력받는다. 데이터 시트는 특정 에너지 저장장치가 제조될 때 작성되는 것으로 화학 전지로써의 특성을 포함한 에너지 저장장치 자체의 정보를 기록한 것이다. 구체적으로 데이터 시트에는 에너지 저장장치의 최대 용량, 방전심도를 파라미터로 한 사이클 수, 에너지 저장장치 자체의 교체 비용, 최대 출력량 및 방전율에 대한 값이 포함되어 있다. 예를 들어, 에너지 저장장치 자체의 교체 비용은 100만원, 최대 출력량은 70kW, 최대 방전율은 1과 같이 결정될 수 있으며, 이 값들은 에너지 저장장치가 제조될 때 특정되어 데이터 시트에 기록되기 때문에 입력부(20)는 데이터 시트로부터 상기 정보를 입력받을 수 있다.

[0043] 비용산출부(30)는 수요반응 신호 및 전력 요금 정보를 이용하여 방전심도에 따른 운영비용 값(running cost)을 산출하고, 에너지 저장장치의 교체 비용 및 사이클 수를 이용하여 방전심도에 따른 에너지 저장장치의 사용비용 값(lifetime cost)을 산출한다.

[0044] 특정 시점(k)에서 목표 시점까지의 필요한 전력량(E)을 공급하는데 드는 비용 함수 U(k,E)에 대하여 수요반응 신호 값이 수신되는지 여부에 따라 전력망의 사용 요금과 분산전원의 사용 요금을 선택하여 방전심도에 따른 운영비용 값을 산출한다. 아래 수학적 식 3은 이와 같은 수요반응 신호를 반영하여 비용을 산출하는 관계식이다.

수학적 식 3

$$U(k,E)=\sum_{t=k}^T[P_G(t)C(t)1_{\{P_G(t)\geq 0\}}+P_G(t)D(t)1_{\{P_G(t)<0\}}]$$

[0045] 조건문 $1_{\{\cdot\}}$ 은 표시 함수(indicator function)으로써 괄호 안의 조건이 참이면 1, 거짓이면 0 값을 갖는다. 수학적 식 3에서

$P_G(t) \geq 0$ 의 경우는 부하 측에서 요구하는 전력량이 에너지 저장장치가 공급가능한 전력량 이상인 경우를 말하고, 전력망의 비용($C(t)$)에 따라 운영비용이 산출된다. $P_G(t) < 0$ 의 경우는 부하 측에서 요구하는 전력량이 에너지 저장장치가 공급가능한 전력량 미만인 경우를 말하고, 이 경우는 분산전원의 요금($D(t)$)에 따라 운영비용이 산출된다. 즉, 수요반응 신호가 수신된 경우가 후자에 해당하고, 수요반응 신호에 대응하여 분산전원으로 전력을 공급하게 되는 것을 의미한다.

[0047] 또한, 비용산출부(30)는 비용 함수 U(k,E)를 계산하기 위하여 동적 프로그래밍 알고리즘(Dynamic Programming)을 적용할 수 있다. 아래 수학적 식 4 및 5는 이를 구체화한 연산이다.

수학적 식 4

$$U(k,E)=\min_{E(k+1)}\{\Delta U(E,E(k+1))+U(k+1,E(k+1))\}$$

[0048]

수학식 5

$$\begin{aligned} \Delta U(E(k), E(k+1)) = & P_G(k)C(k)1_{\{P_G(k) \geq 0\}}\Delta t \\ & + P_G(k)D(k)1_{\{P_G(k) < 0\}}\Delta t \\ & + \eta C_B(E(k), E(k+1)) \end{aligned}$$

[0049]

[0050]

동적 프로그래밍 알고리즘은 부분의 해를 통해 전체의 최적 해를 구하는 프로그래밍 기법으로써, 정점과 가중치가 부여된 간선의 집합에서 최단 경로를 찾는 알고리즘인 벨만 방정식(Bellman equation)과 플로이드-워셜 알고리즘(Floyd-Warshall algorithm) 등의 정형화된 알고리즘이 널리 활용되고 있다. 본 발명에 따른 실시예들은 수학식 4와 같이 벨만 방정식을 이용하여 비용 함수 U 를 연산하였지만, 구현에 따라서 다른 동적 프로그래밍 알고리즘을 이용할 수 있을 것이다.

[0051]

수학식 5를 보면, $P_G(t)$ 의 범위 조건에 따라 충분히 작은 시간단위 Δt 에 따른 에너지 변화가 일어날 때 발생하는 비용 ΔU 을 연산할 수 있다. C_B 는 에너지 저장장치의 교체비용이고, η 는 가중치 변수이다. 에너지 저장장치의 교체 비용은 운영자가 에너지 저장장치를 사용하고자 하는 지의 정도인 가중치 요소

(weighting factor, η)에 따라 가변적이다. 이는 에너지 저장장치가 사용하는 방전심도 수치에 직접적인 영향을 미치기 때문이며, 방전심도가 높다면 많이 사용하는 것이기 때문에 그만큼 에너지 저장장치의 사용비용은 증가(배터리 수명이 단축되기 때문에 교체비용이 증가)하고, 방전심도가 낮다면 그 반대의 경우이기 때문에 사용비용이 감소(배터리 수명이 연장되기 때문에 교체비용이 감소)하게 된다. 전력요금에 저렴할 때에 에너지 저장장치가 전력을 저장하고, 전력요금에 비쌀 때 전력을 방전함으로써 얻는 이익과 더불어 에너지 저장장치의 방전심도 변화에 따른 감가상각까지 수식화하여 종합적으로 최적화 문제를 해결하는 것이다.

[0052]

수학식 4 및 5에 의해 연산된 비용 함수를 각기 다른 방전심도의 경우에 모두 적용시켜 (즉, 방전심도를 백분율로 표현하는 경우 0 ~ 100 %의 범위) 결과를 산출하면 방전심도 값을 가로축(x)을, 비용을 세로축(y)으로 하는 운영 비용 그래프를 구할 수 있다. 즉, 임의로 방전심도 값을 달리하여 에너지 저장장치가 충전된 시점($t=0$)부터 완전히 방전하여 운영이 종료되는 시점($t=T$)까지 벨만 방정식을 적용하여 최소 운영비용을 산출함으로써 궁극적으로 방전심도에 따른 운영비용 값을 산출한다. 구체적으로 특정 시점 k 에서 $k+1$ 로 변화 시, 에너지 저장장치의 감가상각 비용을 산출하는 관계식은 수학식 6과 같다.

수학식 6

$$C_B(E(k), E(k+1)) = \left| \frac{E(k) - E(k+1)}{\Delta E} \right| \times \frac{C_B}{2NL}$$

[0053]

[0054]

수학식 6의 변수의 설명은 다음과 같다. C_B 는 수학식 5와 같이 에너지 저장장치 자체의 비용이고, ΔE 는 에너지 저장장치의 에너지 양자화 단위(Energy quantization unit)를 나타내고, N 은 ΔE 의 개수를 나타내며, L 은 사이클 수를 나타낸다. 방전심도 값에 따라 사이클 수가 달라지기 때문에 방전심도의 변화에 따른 L 을 반영함으로써 방전심도 값에 따른 비용을 산출하게 된다.

- [0055] 나아가 비용산출부(30)는 에너지 저장장치의 교체 비용을 사이클 수로 나누어 방전심도에 따른 사용비용 값을 산출한다. 방전심도 값에 따른 사이클 수는 특정 에너지 저장장치마다 달라지기 때문에 해당 에너지 저장장치의 데이터 시트로부터 알 수 있다. 방전심도 값이 크다는 것은 그만큼 에너지 저장장치를 많이 사용한 것이기 때문에 사이클 수가 줄어들고, 에너지 저장장치의 교체 시기가 앞당겨 지기 때문에 사용비용은 커지게 된다. 반면에 방전심도 값이 작다는 것은 에너지 저장장치를 적게 사용하여 교체 시기가 늦춰져 사용비용은 작아지게 된다. 방전심도를 백분율로 표현하는 경우 0 %부터 100 %의 범위에 대하여 사용비용 값을 모두 산출하면 방전심도 값을 가로축(x)을, 비용을 세로축(y)으로 하는 사용비용 그래프를 구할 수 있다.
- [0056] 또한, 데이터 시트로부터 모든 방전심도에 따른 사이클 수를 알 수 없는 경우, 적합 함수(fitting function)를 이용하여 사이클 수를 추정할 수 있다. 도 4는 방전심도에 따른 수명특성을 나타낸 표이다. 도 4에서 방전심도 값이 20%인 경우에 적합 함수(Fitting Function)에 의한 사이클 수를 추정한 그래프가 도 5과 같다. 이 경우 정격용량의 80% 이하로 떨어지는 부분까지의 사이클 수가 약 11,500 횟수로서 데이터와 실제 적합 함수의 그래프 수치가 일치함을 알 수 있다.
- [0057] 비용산출부(30)에 의하여 산출된 사용비용 값과 운영비용 값을 나타낸 그래프는 도 6과 같다. 도 6을 참조하면, 운영 비용 값은 방전심도 값과 반비례 관계를 갖고, 사용비용 값은 방전심도 값과 비례 관계의 그래프 형태를 갖는다.
- [0058] 이는 운영비용이 높은 경우 전력망으로 인한 전력공급이 큰 것을 의미하고 반대로 에너지 저장장치에 의한 전력공급이 적어 교체 비용이 줄어드는 것을 나타낸다. 사용비용이 높은 경우는 이와 반대로 에너지 저장장치로 인한 전력공급이 잦아 교체 시기가 앞당겨짐에 따라 비용이 증가하는 것을 의미한다.
- [0059] 분석부(40)는 운영비용 값 및 에너지 저장장치의 사용비용 값에 따라 방전심도의 최적점(optimal DoD point)을 도출한다. 도 6에서 운영비용 값과 에너지 저장장치의 사용비용 값의 합을 볼록 그래프(convex)로 나타내고 있다. 상기 볼록 그래프의 꼭지점이 비용이 최소일 때의 방전심도 값을 나타낸다. 따라서 방전심도의 최적점은 운영비용 값과 에너지 저장장치의 사용비용 값의 합이 최소가 되는 방전심도 값에 따라 결정될 수 있다. 도 6은 예시적인 그래프이고, 운영자가 가중치 요소를 반영할 때는 그에 따라 그래프가 변할 수 있다. 에너지 저장장치의 개수나 자체 비용 혹은 부하 측의 특성에 따라 전력의 공급의 예측 정확도가 높은 경우 등 다양한 요인으로 인해 운영자는 가중치 요소를 설정할 수 있다.
- [0060] 경로생성부(50)는 방전심도의 최적점을 기초로 동적 프로그래밍 기법을 이용하여 에너지 저장장치의 충방전 경로를 생성한다. 충방전 경로는 시간에 따라 에너지 저장장치의 용량 변화를 나타내는 그래프로써 표현될 수 있으며, 용량이 증가하는 경우 에너지 저장장치의 충전을 의미하고 용량이 감소하는 경우 에너지 저장장치의 방전을 의미한다.
- [0061] 방전심도 값을 최적점으로 특정되면 에너지 저장장치의 에너지 변화에 따른 비용이 결정되고, 전력망의 비용과 함께 에너지 저장장치의 비용을 함께 고려하여 비용이 최소가 되도록 동적 프로그래밍 기법을 적용하여 시간에 따른 에너지 저장장치의 충방전 경로를 생성한다. 방전심도의 최적점을 기초로 충전 또는 방전을 선택하게 되기 때문에 화학적 특성을 반영한 에너지 저장장치의 사용 스케줄링이 가능해진다.
- [0062] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치가 에너지 저장장치의 충방전 경로를 산출하기 위한 알고리즘을 나타낸 의사코드이다. 도 7의 알고리즘은 본 발명의 일 실시예에 의한 충방전 스케줄링 장치가 동작하는 개념적인 원리에 관한 것으로 최종 산출물은 시간에 따른 에너지 저장장치의 충방전 경로가 되며, 알고리즘의 각 단계는 도 2의 충방전 스케줄링 장치의 각 구성요소들이 수행하는 기능들과 대응되어 있다.
- [0063] 도 7의 충방전 스케줄링 알고리즘에서 사용되는 변수의 정의는 다음 표 1과 같으며, 아래 알고리즘에 대한 설명에서 대괄호 안에 숫자를 기재한 것은 알고리즘의 각각의 줄 번호를 지칭한다.

표 1

변수	변수 설명
$C(t)$	전력망의 전기 사용 요금
$P_L(t)$	필요 전력량

$P_G(t)$	전력망의 출력 전력(Power)
$D(t)$	분산전원의 사용 요금
C_B	에너지 저장장치 교체비용
η	가중치 변수

- [0065] 알고리즘은 [7]비용 함수(Minimum value function)를 계산하기 위하여, 수요반응 신호에 따라 전력망의 사용 요금 또는 분산전원의 사용 요금을 선택적으로 적용하고[9], 전력망의 출력 전력 범위에 따라 특정 시점 k 에서 $k+1$ 로의 에너지 변화에 대한 비용 함수 값을 산출한다[12]. 이를 이용하여, $U(0,0)$ 이 산출될 때까지 [16] 벨만 방정식을 수행한다[13].
- [0066] 방전심도 값이 0% ~ 100% 에 대하여 운영비용 값과 에너지 저장장치의 사용비용 값을 그래프화하고[17 내지 21], 방전심도의 최적점을 도출하여[23] 최적점을 이용하여 최적의 충방전 경로를 생성한다[25].
- [0067] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 방법을 나타낸 흐름도이다. 충방전 스케줄링 방법의 각 단계는 아래와 같이 도 2의 충방전 스케줄링 장치의 세부 구성과 일부 대응되는바, 구체적인 설명은 중복되어 기재하지 않고 대응관계를 기재하여 설명한다.
- [0068] S810 단계에서, 전력망 또는 상기 부하 측으로부터 수요반응 신호(Demand Response Event Signal)를 수신한다. 도 2의 신호수신부와 대응되는 구성이다.
- [0069] S820 단계에서, 전력망으로부터 시간에 따른 전력 요금 정보를 입력받고, 상기 부하 측으로부터 부하 프로파일 데이터(load profile data)를 입력받고, 상기 에너지 저장장치로부터 에너지 저장장치의 교체 비용 및 방전심도(Depth of Discharge, DoD)에 따른 사이클 수(cycle life)를 입력받는다. 전력 요금 정보는 일정한 주기 동안의 시간당 전력망의 사용 요금, 구매 요금 및 분산전원의 사용 요금을 포함하고, 부하 프로파일 데이터는 부하 측을 구성하는 어플리케이션의 사용 특성을 반영한 통계적 예측자료인 것을 특징으로 할 수 있다. 이는 도 2의 입력부와 대응되는 구성이다.
- [0070] S830 단계에서, 수요반응 신호 및 상기 전력 요금 정보를 이용하여 방전심도에 따른 운영비용 값(running cost)을 산출하고, 상기 에너지 저장장치의 교체 비용 및 사이클 수를 이용하여 방전심도에 따른 에너지 저장장치의 사용비용 값(lifetime cost)을 산출한다.
- [0071] 방전심도에 따른 운영비용 값은 수요반응 신호 값이 수신되는지 여부에 따라 전력망의 사용 요금과 분산전원의 사용 요금을 선택하여 산출된다. 또한, 방전심도에 따른 운영비용 값은 특정 시점(k)에서 목표 시점까지의 필요한 전력량(E)을 공급하는데 드는 비용 함수 $U(k,E)$ 에 대하여 임의로 방전심도 값을 달리하여 에너지 저장장치가 충전된 시점($t=0$)부터 완전히 방전하여 운영이 종료되는 시점($t=T$)까지 동적 프로그래밍 알고리즘(Dynamic Programming)을 적용하여 산출할 수 있다. 방전심도에 따른 사용비용 값은 에너지 저장장치의 교체 비용을 사이클 수로 나누어 산출할 수 있다. 이는 도 2의 비용산출부와 대응되는 구성이다.
- [0072] S840 단계에서, 운영비용 값 및 상기 에너지 저장장치의 사용비용 값에 따라 방전심도의 최적점(optimal DoD point)을 도출하며, 최적점은 운영비용 값 및 상기 사용비용 값의 합이 최소가 되는 방전심도 값에 의해 결정될 수 있다. 이는 도 2의 분석부와 대응되는 구성이다.
- [0073] S850 단계에서, 방전심도의 최적점을 기초로 에너지 저장장치의 충방전 경로를 생성한다. 생성된 충방전 경로를 통해 에너지 저장장치를 제어한다면 최적화된 방전심도 값을 이용함으로써 에너지 저장장치의 수명 대비 효율적인 반복사용을 도모할 수 있을 것이다. 이는 도 2의 경로생성부와 대응되는 구성이다.
- [0074] 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 기록장치를 포함한다.
- [0075] 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, 컴

퓨터가 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.

[0076]

이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0077]

따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

[0078]

1: 에너지 저장장치의 충방전 스케줄링 장치

10: 신호수신부

20: 입력부

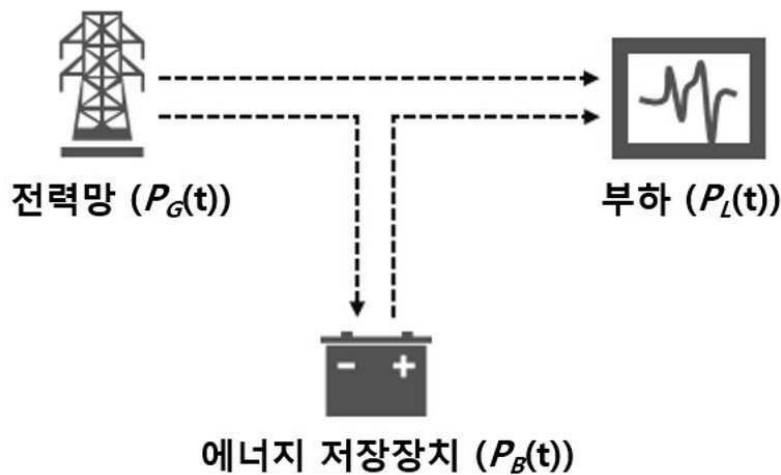
30: 비용산출부

40: 분석부

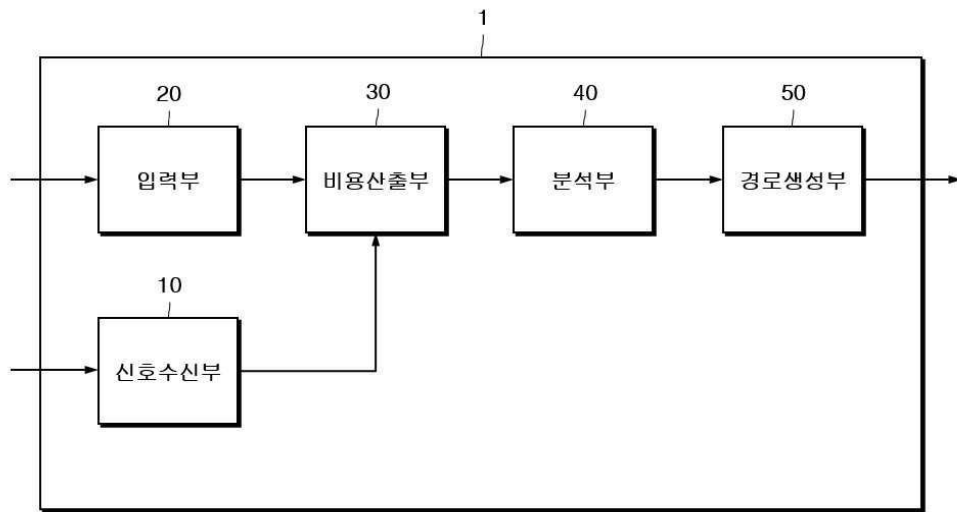
50: 경로생성부

도면

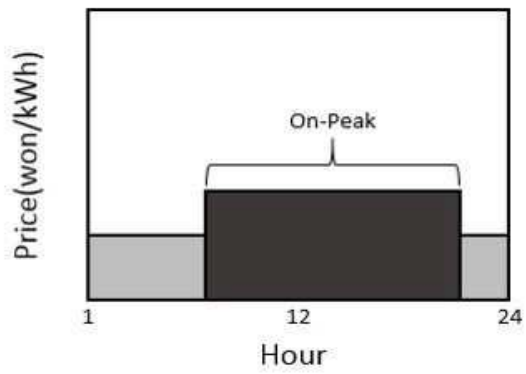
도면1



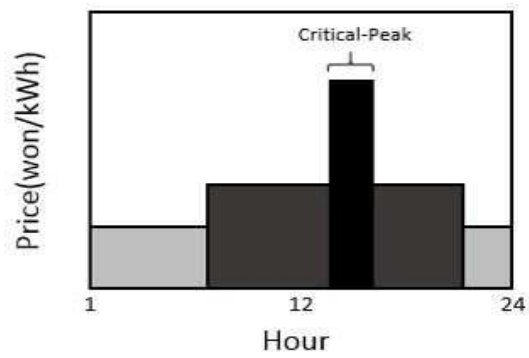
도면2



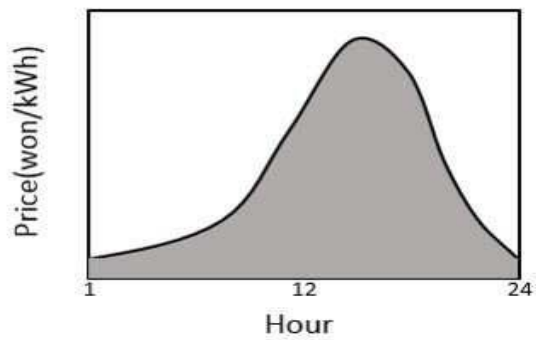
도면3a



도면3b



도면3c

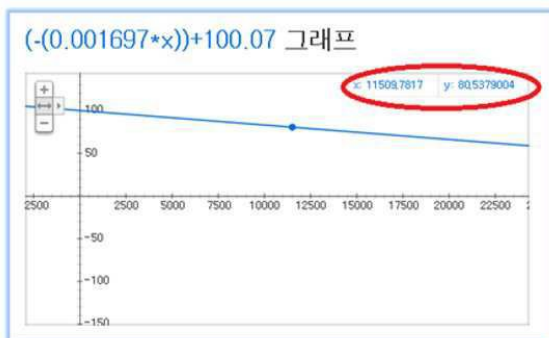


도면4

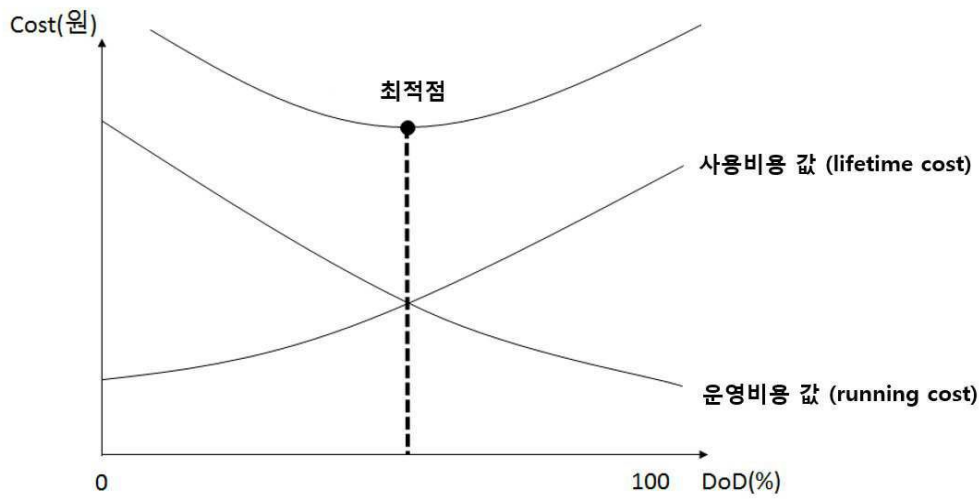
ITEMS	Criteria	Calculated Cycle Life	Description	Remarks
DOD100% ¹⁾		> 1,400 cycles	-	Base on real test
DOD80% ²⁾	Until 80% of Initial Discharge Capacity	> 2,500 cycles	Fitting function : $y = -(0.98E-7) \times 2 - (5.46E-3) \times y + 100$	Expected Cycle times
DOD20% ³⁾		> 11,500 cycles	Fitting function : $y = -(1.697E-3) \times x + 100.07$	Expected Cycle Times

1) Full Discharge 2) Partial Discharge 3) Shallow Discharge

도면5



도면6



도면7

```

(1) get
(2)    $C(t)$  : Electricity Price
(3)    $P_L(t)$  : Load Profile
(4)   DR Event Signal
(5) begin
(6)   objective function  $U(0,0)$ 
(7)    $U(0,0)$  : Minimum value function
(8) compute
(9)    $U(k,B) = \sum_{t=k}^T [P_G(t)C(t)1_{[P_G(t) \geq 0]} + P_G(t)D(t)1_{[P_G(t) < 0]}]$ 
      : Running cost
(10)  for  $k=T:0$  all T time unit
(11)    assign differential cost
(12)     $\Delta U(B(k),B(k+1)) = P_G(k)C(k)1_{[P_G(k) \geq 0]}\Delta t$ 
       $+ P_G(k)D(k)1_{[P_G(k) < 0]}\Delta t + \eta C_B(B(k),B(k+1))$ 
      according to the range of  $P_G(t)$ 
(13)    compute  $U(k,B) = \min_{B(k+1)} (\Delta U(B,B(k+1)) + U(k+1,B(k+1)))$ 
(14)  end for
(15)  until
(16)     $U(0,0)$  is calculated
(17)  repeat
(18)    find the OPEX for different DoD
(19)    draw the CAPEX for different DoD (based on a data sheet)
(20)  until
(21)    maximum percentage of DoD
(22)  compute
(23)    optimal DoD point using OPEX+CAPEX
(24)  determine
(25)    optimal charging/discharging path using optimal DoD
(26) end

```

도면8

