

배터리 진단 및 균등 제어 기술

신재생에너지변환 연구실

1. 주요 연구분야

- 배터리 관리 시스템 (BMS, Battery Management System) 중심 연구
- 미래형 연료전지 및 전기자동차 (FCV, PHEV, NEV)에 관한 연구
- 연료전지 시스템의 BOP(Balance of Plant), 제어 및 전력 변환기 연구
- 전력 변환기 (DC/DC Converter 및 DC/AC Inverter)의 설계 및 제어
- 신재생 에너지를 이용하는 분산 전원과 계통연계
- Fuel Cell, Supercapacitor, Battery 등 전기화학적 에너지원의 모델링 및 응용
- 전기기기 및 전기화학적 에너지 기기의 진단 장치 및 알고리즘
- 에너지 저장장치의 SOC, SOH 및 SOF 추정 알고리즘 연구
- 전기자동차용 충전기 및 ISS(Idle Stop Start) 시스템용 전력변환장치 연구
- 배터리 및 슈퍼 커패시터 생산용 충/방전 시험기 연구

1. EIS 기술을 이용한 배터리 진단 및 모니터링

- 전기화학적 임피던스 분광법(EIS) 방식을 이용하여 배터리 상태 진단
- 디지털 록인앰프를 이용한 SW 방식
- 배터리 팩(모듈) 단위 진단 가능

2. 확산칼만 필터를 이용한 SOC, SOH 추정

- 확산 칼만 필터를 이용한 배터리 SOC, SOH 추정 기술
- 단순한 알고리즘, 높은 정확도의 기술

3. 배터리 셀 전압 균등 제어

- 복수개의 배터리 셀 간의 전압을 균등하게 제어하는 기술
- 능동 제어 방식으로 적은 수의 부품을 사용하여 구현 소모 비용 및 시간 절감

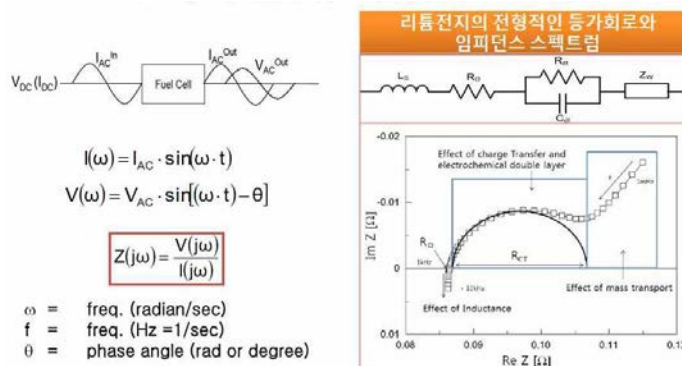


특허 정보

- 디지털 록인 앰프를 이용한 대용량 전기화학기기의 임피던스 측정 방법 및 측정 장치(등록 제 10-1065180호)
- 2차 전지의 충전상태 기준 정보 생성 방법 및 충전 상태 기준 정보를 이용한 2차 전지의 충전 상태 측정 방법 (등록 제 10-1166077호)
- 슈퍼 커패시터 성능 평가 방법 및 슈퍼 커패시터 성능 평가를 위한 파라미터 측정 장치 (등록 제 10-1051017호)
- 실시간 원격 배터리 점검 시스템 및 점검 방법 (등록 제 10-1244342호)
- 배터리 진단 기능을 가진 충전기 및 그 제어방법 (등록 제 10-1511655호)

기술 개요

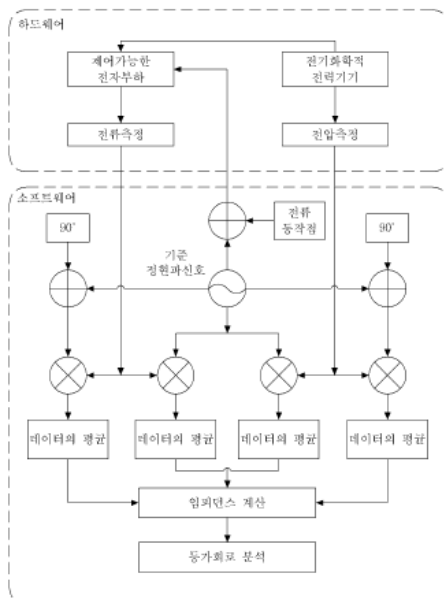
- 전기화학적 임피던스 분광법(EIS) 방식을 이용한 배터리의 상태 진단 및 모니터링 장치 및 방법 (등록 제 10-1065180호)
 - 측정 대상의 임피던스 등가회로의 파라미터를 추출한 후 추출된 파라미터를 새 배터리의 파라미터와 비교하여 전기화학기기의 화학반응 활성도 및 노화를 평가
 - 배터리, 연료전지, 커패시터와 같은 전기화학적 에너지저장장치의 상태 진단 용도
 - 임피던스 측정을 위한 하드웨어 장치 대신 디지털 록인 앰프를 이용하여 측정
 - 디지털 록인 앰프는 DAQ보드에서 출력된 주파수별 디지털 전압 및 전류 값의 임피던스 스펙트럼을 계산하는 역할을 함
 - 기존의 위상 감지기와 같은 하드웨어 대신 디지털 록인 앰프를 이용한 소프트웨어 사용
- ❖ 전기화학적 임피던스 분광법(Electrochemical Impedance Spectroscopy)
: 측정 대상에 섭동 신호를 가하여 응답 신호를 측정한 후 주파수에 따른 임피던스를 계산하여 측정 대상의 임피던스 스펙트럼을 산출하는 방법



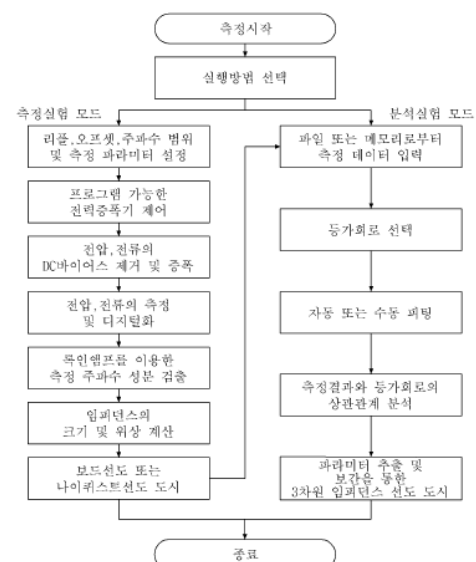
[본 기술에 적용된 전기화학적 임피던스 분광법 방식]

기술 특장점

- **신호 측정 기술을 디지털 록인 앰프(Digital Lock-in Amplifier)를 이용한 SW로 대체하여 측정 대상의 주파수별 임피던스 산출 방식**
 - 스펙트럼 측정을 위한 신호 발생기 및 위상 감지기 등 복잡한 하드웨어 장치 대체하여 장치를 경량화 하며, 퓨리에 변환을 이용한 방식에 비해 계산량을 단순화함
 - 등가회로를 이용한 커브피팅으로, 연속재생기능을 이용한 실시간 수동피팅 기능을 제공하여 등가회로의 파라미터가 나이퀴스트 평면의 궤적에 미치는 영향을 쉽게 파악할 수 있게 함
- **셀 단위에서 2개 이상 연결된 배터리 모듈 단위로 측정 가능**
 - 종래 배터리 진단은 셀 단위로 이뤄져 소모 시간과 비용이 크고, 모듈 혹은 팩 단위로 이뤄진 상용 제품에 적용 한계 존재함
 - 대용량 소자의 측정에 있어서 부스터나 전압분배회로를 사용하지 않고 직접 임피던스의 스펙트럼을 측정 하기 때문에 대용량 배터리를 모듈 단위로 측정할 수 있음
- **종래 배터리 진단 제품 대비 경제적이고 실용적인 제품 구현 가능**
 - 하드웨어 대신 소프트웨어를 이용한 방식으로 하드웨어의 크기 최소화, 제품 경량화, 시스템 단순화, 저가격화 실현 가능
 - 소프트웨어 형태 특징 상 다양한 전자 제품 및 시스템에 적용 용이



[본 기술을 적용한 장치의 동작 상태도]



[본 기술을 적용한 장치의 흐름도]

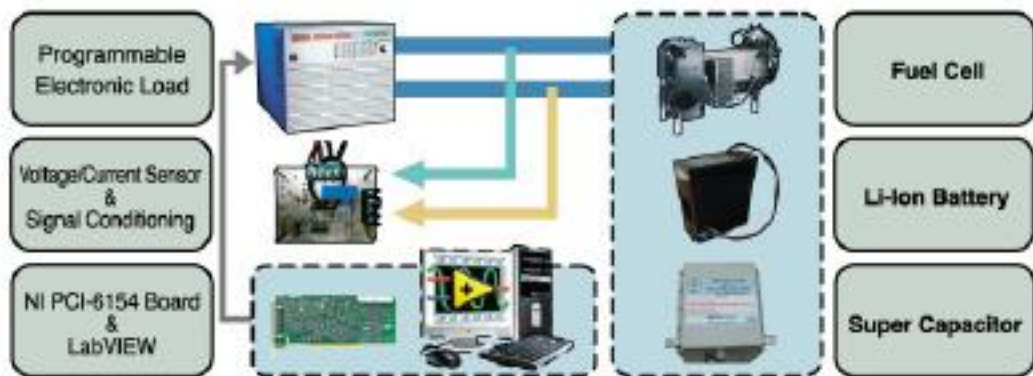
기술개발 현황

■ 배터리 진단 및 모니터링 기술 개발 완료 후 응용 제품 개발

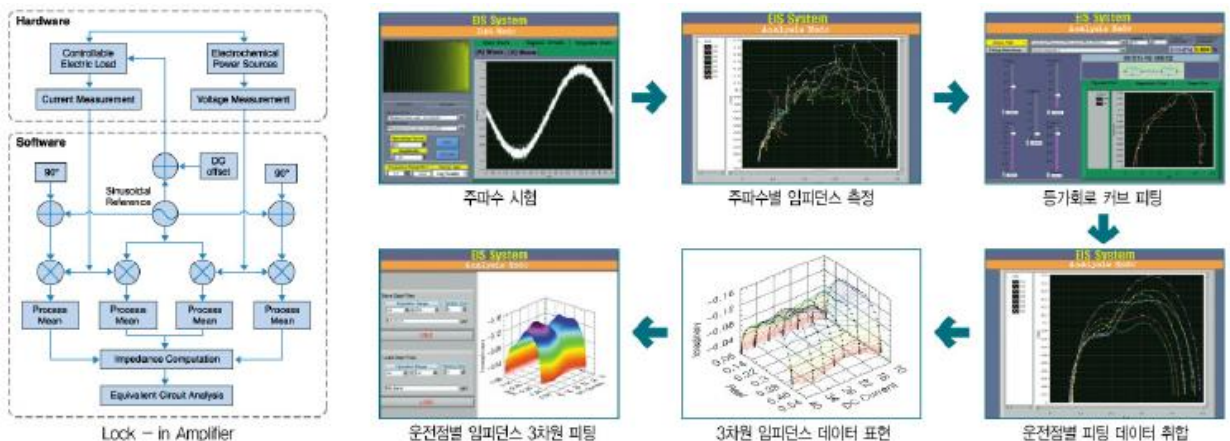
- 저가형 EIS 장치 -> 배터리 원격 모니터링 장치 -> 배터리 진단 기능을 지닌 충전기

■ 저가형 전기화학전 임피던스 분광 시스템(EIS) 장치 개발

- NI PCI-6154 Board와 Lab VIEW 를 이용하여 상용 장비의 1/10가격으로 EIS 개발
- 에너지 저장장치의 수명, SOH, SOC 측정 장비로 사용
- 측정 대상 및 범위에 따라 센서 보드 교체를 통해 전기화학 셀에서 대용량 에너지 소스에 이르기까지 넓은 범위의 측정 가능
- 소프트웨어로 구성된 Lock-in Amp.를 이용하여 하드웨어를 대폭 간소화 하였으며, 노이즈에 대한 내성 이강함



[개발된 저가형 EIS 장비의 구성]

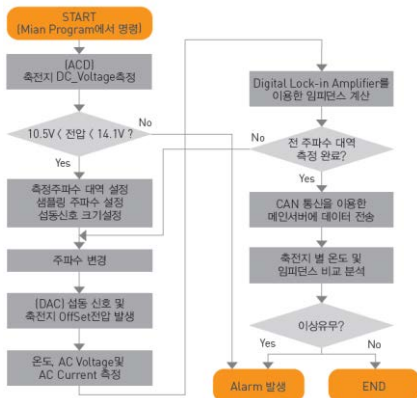


[시스템 알고리즘의 블록도(Lock-in Amplifier) 및 분석 소프트웨어]

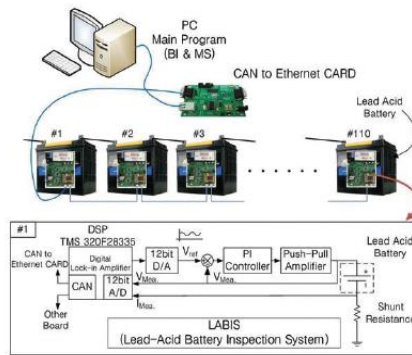
기술개발 현황

■ 배터리 원격 모니터링 제품 및 시스템 개발 (등록 제10-1244342호)

- 종래 수동적으로 이뤄진 축전지의 점검 및 관리를 실시간으로 원격에서 모니터링 하는 기술
- 납축 전지의 충/방전 없이 이상 유무 감지 가능
- 원격 제어를 통해 정확한 임피던스 데이터 수집 및 통계 처리 가능
- 정기적인 축전지의 전량 교체로 인한 과다 비용 지출의 감소, 중금속과 같은 환경 오염물질 양산 최소화, 사고 발생으로 인한 손실 및 복구 비용 감소
- 최대 11대의 축전지까지 동시 모니터링 가능, 웹을 이용한 원격 모니터링 및 제어 가능



[원격 배터리 진단 시스템의 흐름도]

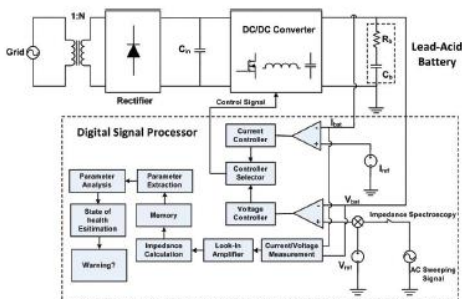


[원격 배터리 진단 시스템의 구성도 및 SW]

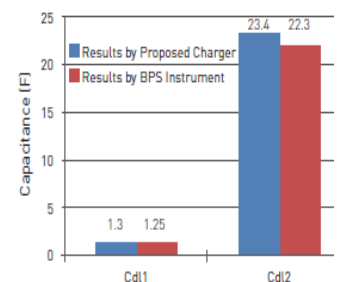
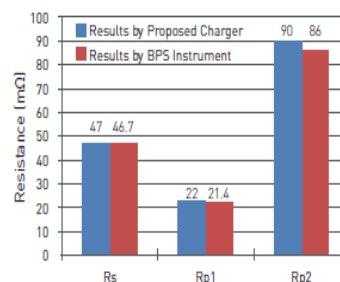


■ 배터리 진단 기능을 지닌 충전기 개발 (등록 제10-1703122호)

- 배터리의 수명 및 이상 상태를 진단할 수 있는 기능을 포함한 충전기
- 양방향 전력 전달이 가능한 충전기를 이용하여 배터리에 섭동 전압을 인가하고 이에 따른 응답 전류를 기초하여 배터리 수명을 진단하는 알고리즘으로 간단하고 정확하게 배터리 수명 진단 가능
- 충전기에 포함되는 복수의 스위치를 영 전압 스위칭에 의해 동작 시킴으로써 스위치 손실의 감소에 따른 충전기 전체 손실을 감소시킬 수 있음
- 동기 정류를 수행하는 정류 회로를 통해 충전기 전도 손실 감소



[배터리 진단 기능을 지닌 충전기 블록 다이어그램도]



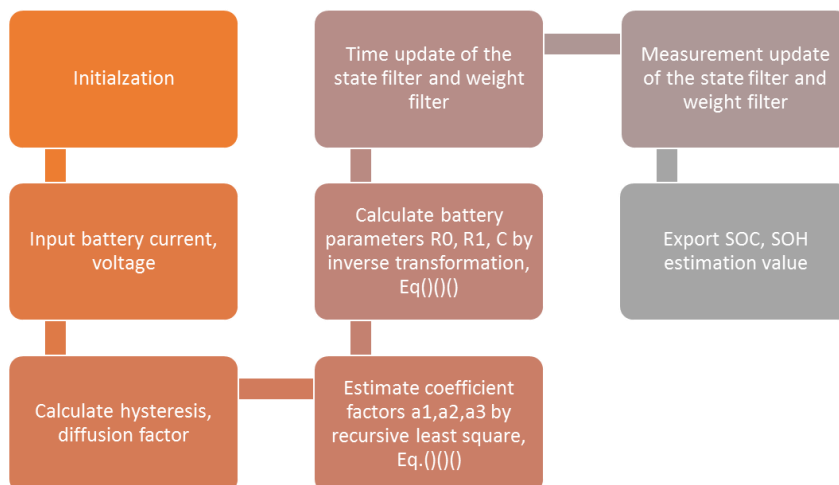
[상용 장비에 의한 측정 결과와의 비교]

특허 정보

- 확장칼만필터를 이용한 배터리 상태 추정 방법, 시스템 및 이를 수행하기 위한 기록 매체 (출원 제 10-2014-0182709호)
- 듀얼 확산칼만필터를 이용한 배터리 상태 추정 방법, 시스템 및 이를 수행하기 위한 기록 매체 (등록 제 10-1661578호)
- 배터리 상태 추정 장치 및 방법, 이를 수행하기 위한 기록 매체 (등록 제 10-1792537호)

기술 개요

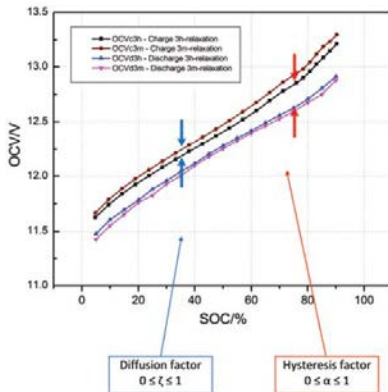
- 확산칼만필터를 이용한 배터리의 SOC(State Of Charge), SOH(State Of Health) 를 추정하는 배터리 상태 추정 방법 (등록 제10-1661578호)
 - 확산 현상과 히스테리시스 현상을 고려하여 산출된 OCV 모델로부터 파라미터를 추출하고, 추출된 파라미터를 확산 칼만 필터에 적용하여 SOH 및 SOC를 추정하는 확산칼만필터를 이용한 방법
 - 배터리 등가 회로 모델링에서 주요 요소인 SOC-OCV 관계는 1:1 매핑이 아니라 히스테리시스 현상을 보이므로, 동일한 SOC에서 충전 및 방전 히스토리에 따라 다른 OCV 값을 가질 수 있음
 - 본 시스템은 SOC를 추정하기 위한 상태 필터와 SOH를 추정하기 위한 웨이트 필터로 구성된 듀얼확산칼만 필터를 적용할 수도 있음
- * SOC(State Of Charge): 배터리의 충전 상태, 완전 충전 상태를 100%, 완전 방전 상태를 0%라고 함
- ** SOH(State Of Health): 배터리의 예상 수명, 새 배터리의 경우 100%, 수명이 다한 배터리가 0%



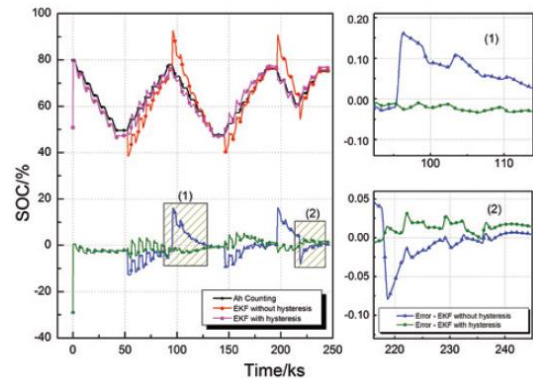
[배터리 상태 추정 시스템의 제어 흐름도]

기술 특징점

- 배터리의 온도, 전류 레벨 및 충·방전 상태에 따른 파라미터의 변동을 측정하고 모델링하여 시스템에 반영 가능
- 납축 전지의 히스테리시스 현상의 모델링을 통한 추정 정확도 향상(오차: 5% <)
- Diffusion 현상의 모델링과 간단한 배터리 등가회로 모델 사용에 의한 알고리즘 단순화 가능
- 납축전지 상태에 대한 정확한 추정을 통해 안정적인 시스템 동작 가능



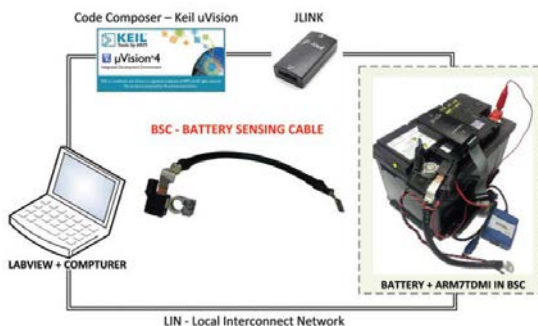
[Diffusion 및 Hysteresis를 고려한 SOC-OCV 모델링]



[납축전지의 SOC 추정 결과(오차<5%)]

기술개발 현황

- 배터리 SOC, SOH 및 SOF 추정을 위한 실험 장비 구축 완료
- 본 기술을 이용해 전기차의 납축 전지에 사용 가능한 배터리 센싱 케이블 제작
 - 차량에 전원 ON/OFF, 크랭킹 횟수 증가 등은 납축 전지에 스트레스를 가하며, 정확한 상태 추정은 안정적인 시스템 구현을 가능하게 함
- 납축 전지 외 다양한 에너지 저장장치에 적용 가능하도록 추가 연구 중



[ARM7TDMI 마이크로프로세서를 이용해
개발된 배터리 센싱 케이블]



[ARM7TDMI 마이크로프로세서를 이용해
개발된 배터리 센싱 케이블]

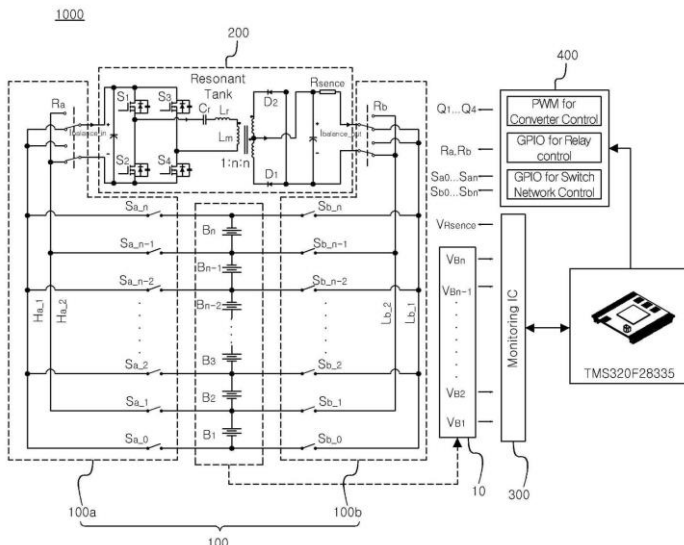
SOLITE AGM70L-DIN
Capacity: 70Ah
Nominal voltage: 12V
Cold cranking: : 760CCA
Reserve Capacity: 120RCMIN

특허 정보

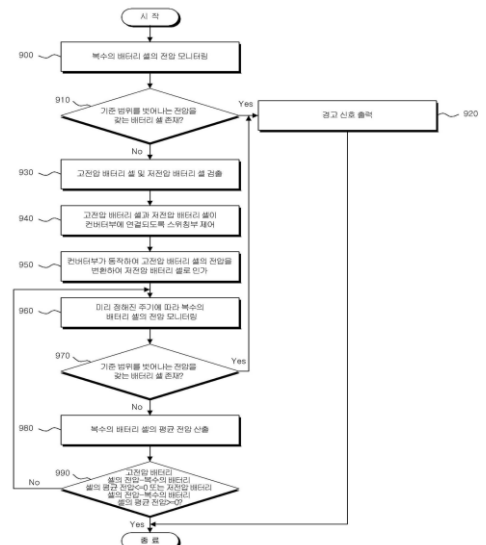
- 배터리 셀 전압 균등 제어장치 및 제어방법(등록 제 10-1720027호)

기술 개요

- **배터리 팩을 구성하는 복수의 배터리 셀 전압을 균등하게 제어하는 장치 및 방법**
 - 컨버터를 이용하여 과 충전된 셀의 에너지를 낮은 전압의 셀에 보충하는 능동 cell-to cell 방식의 배터리 셀 전압 균등 제어 장치 및 제어방법(셀 밸런싱 기술)
 - 복수의 셀들이 병렬 또는 직렬로 연결된 형태인 배터리 팩에서, 셀 성능의 저하와 배터리 팩 수명 단축의 원인이 되는 셀 전압의 불균형 문제 해결
 - 배터리는 각 고유 내부 저항이 다르기 때문에 장시간 사용 시 셀간 충전량(SOC)의 차이가 생기며 이로 인해 특정 셀의 과 충전 및 과 방전이 진행되기 때문에 셀 밸런싱이 필요함
- **컨버터부, 제1 스위칭부, 제 2 스위칭부, 모니터링부, 제어부로 구성**
 - 컨버터부: 입력 전압을 변화하여 출력하는 부분
 - 스위칭부: 컨버터의 입력단과 복수의 배터리 셀 사이에 위치하는 제 1 스위칭부와 컨버터의 출력단과 복수의 배터리 셀 사이에 위치한 제 2 스위칭부로 구성
 - 모니터링부: 배터리 셀의 전압을 모니터링하는 부분
 - 제어부: 모니터링 결과에 따라 고전압 배터리 셀과 저전압 배터리 셀을 검출하고 각각 입력단과 출력단에 연결되도록 스위칭부를 제어한 뒤 컨버터를 구동시키는 역할



[배터리 셀 전압 균등 제어장치 도면]



[배터리 셀 전압 균등 제어방법 순서도]

기술 특장점

- 스위칭 네트워크와 하나의 풀브릿지 LLC 컨버터를 이용한 Cell-to-Cell 방식
- 다수의 커패시터 및 인덕터를 포함하는 방식에 비해 장치 구성이 단순하고 구현에 적은 비용이 소모됨.
- 과 충전의 폭발/화재 위험, 과 방전 방지로 배터리 수명(SOH)단축을 예방 할 수 있음

[타 방식과 개발 기술의 성능 비교]

	Pack-to-cell [7]	Cell-to-pack [12]	Cell-to-pack-to-cell method [14]	Next-to-next cell method [19]	Center cell-to-cell [22]	Single switch capacitor [26]	Proposed method
Switch	$(2N+2+2m)$	$m(N-2)$	$2(N+1)$	$2(N+1)$	N	$(2N+2+m)$	$2(N+1)$
Diode	$m+1$	$m(N-2)$	$2m$	0	N	0	0
Inductor	0	0	0	$2N$	$N+1$	0	0
Capacitor	m	0	2	0	0	1	0
Transformer	$m+1$	m	2	0	0	0	1
Power MOSFET	0	0	2^*	0	0	8	4
Cost	High	High	Medium	High	Low	Medium	Medium
Balancing speed	Low	Low	Medium	Medium	Low	Low	Fast
Approx. efficiency	Low	Medium	Medium	High	Low	Low	High
Balancing control	Medium	Complex	Simple	Simple	Complex	Simple	Simple

N: number of cell; m: number of module, * high voltage stress

기술개발 현황

- 종래 셀 간 전압 제어 방법의 단점을 개선한 방법 개발 완성 후 시제품 제작 중
 - 수동 셀 밸런싱 방법(Passive Balancing): 저항을 이용하여 과 충전된 셀을 방전시키는 방법,
 - 장점: 설치가 용이하고 가격이 저렴함
 - 단점: 방전된 에너지가 열로 소멸되어 에너지 손실 발생, 충전시간이 길어질 수 있음
 - 능동 셀 밸런싱 방법(Active Balancing): 컨버터를 이용하여 과 충전된 셀의 에너지를 낮은 전압의 셀에 보충하는 방법.
 - 장점: 충전시간 제약 無, 에너지 손실 無, 사용 안전성 높음
 - 단점: 회로가 복잡하고 단가가 높음, 고장 가능성 높음

기술 활용 전망

■ 배터리 혹은 배터리 팩의 적용 제품 시장 성장을 통한 시장 수요 증가

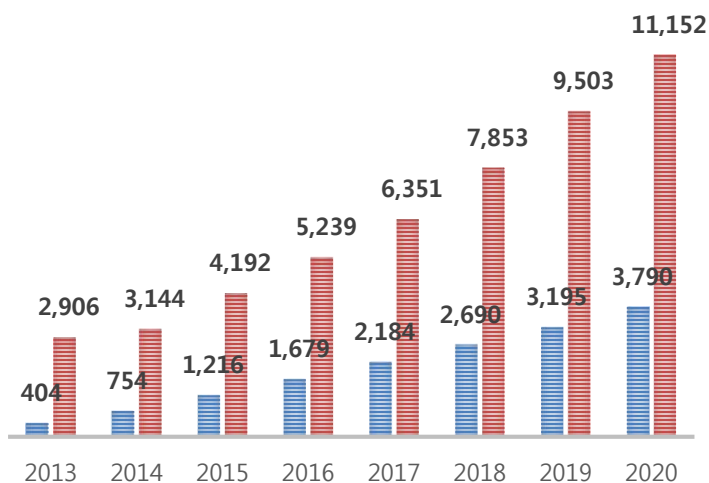
- 노트북, 비디오 카메라, 핸드폰 등과 같은 휴대용 전자제품부터 전기자동차, ESS, 로봇 등 까지 제품 개발이 본격화 되면서 배터리 수요 시장 규모 증가
- 국내 에너지 관리 시스템(EMS) 시장: 2020년까지 14,942억 원으로 성장 전망
- 국내 무정전 전원장치(UPS) 시장: 2016년 기준 약 4500억원 규모 추정

■ 배터리 진단 및 제어의 필요성 증가

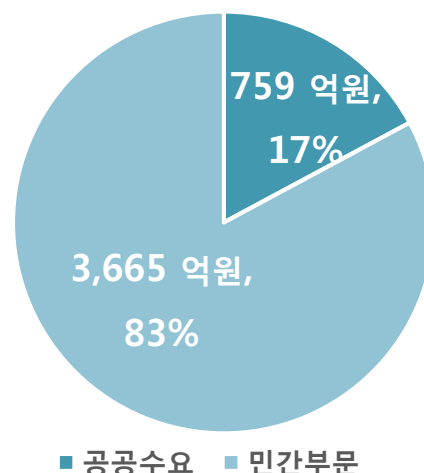
- 배터리의 SOC/SOH에 따라 제품의 성능 및 사용 잔량이 변함에 따라 정확하고 지속적인 배터리 상태 진단 기술이 필요로 되고 있음
- 폐 배터리를 이용한 배터리 팩 사업에서 각 배터리의 잔류 용량의 측정과 복수의 폐 배터리 간의 전압 제어 기술의 중요성이 부각되고 있음
- UPS 백업 전원 모니터링 시장에서 원격에서 실시간으로 배터리 상태를 진단 및 모니터링 하는 것에 대한 시장 수요 증가

(단위: 억원)

■ FEMS ■ BEMS



(단위: 억원)



* 자료: 산업부

* 자료: 동아경제(2016)

[국내 에너지 관리 시스템(EMS) 시장 전망]

[국내 무정전 전원장치(UPS) 시장 규모]

보유 특허

No	국가	출원(등록)번호	명칭
1	한국	10-1065180	디지털 록인 앰프를 이용한 대용량 전기화학기기의 임피던스 측정 방법 및 측정 장치
2	한국	10-2009-0084352	외부 가습장치가 없는 소형 고분자 전해질 연료전지 시스템의 제어 방법 및 장치
3	한국	10-1051017	슈퍼 커패시터 성능 평가 방법 및 슈퍼 커패시터 성능 평가를 위한 파라미터 측정 장치
4	한국	10-1244342	실시간 원격 배터리 점검 시스템 및 점검 방법
5	한국	10-1511655	배터리 진단 기능을 가진 충전기 및 그 제어방법
6	한국	10-1516419	연료전지용 전력변환장치 및 그 제어방법
7	한국	10-2014-0182709	확장칼만필터를 이용한 배터리 상태 추정 방법, 시스템 및 이를 수행하기 위한 기록매체
8	한국	10-1792537	배터리 상태 추정 장치 및 방법, 이를 수행하기 위한 기록매체
9	한국	10-1720027	배터리 셀 전압 균등 제어장치 및 제어방법

배터리 진단/모니터링/컨버터/전기 전원 장치 관련 특허 30건 보유

보유 논문(수행연구과제 대체 가능)

No	논문명	게재년도	게재지
1	SOC Estimation of Multiple Lithium-Ion Battery Cells in a Module Using a Nonlinear State Observer	2018	MDPI
2	Optimal Charge Pattern for the High Performance Multi-Stage CC Charge Method for the Li-ion	2018	IEEE Transactions on Energy Conversion
3	A Novel Hybrid Converter with Wide Range of Soft-Switching and No	2017	J Electr Eng Technol
4	Implementation of the Constant Current and Constant Voltage Charge of Inductive Power Transfer Syste	2017	IEEE Transactions on Power Electronics
5	Design of a High-Efficiency Wireless Power Transfer System With Intermediate Coils for the On-Board	2017	IEEE Transactions on Power Electronics
6	A Novel Dual Full-Bridge LLC Resonant Converter for CC and CV Charges of Batteries for Electric Vehi	2017	IEEE Transactions on Industrial Electronics
7	State of Charge and State of Health Estimation of AGM VRLA Batteries	2017	Energies

배터리 진단/모니터링/컨버터/변환기 관련 120건 게재



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년07월23일
(11) 등록번호 10-1166077
(24) 등록일자 2012년07월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/36 (2006.01) H01M 10/48 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0104147
(22) 출원일자 2009년10월30일
심사청구일자 2009년10월30일
(65) 공개번호 10-2011-0047497
(43) 공개일자 2011년05월09일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020040072249 A
KR100462661 B1
KR100264515 B1
US5717336 A

(73) 특허권자
승실대학교산학협력단
서울특별시 동작구 상도로 369 (상도동)
(72) 발명자
최우진
서울특별시 동작구 상도1동 승실대학교 산학협력단
이종학
서울특별시 동작구 상도1동 승실대학교 산학협력단
(74) 대리인
특허법인 신성

전체 청구항 수 : 총 8 항

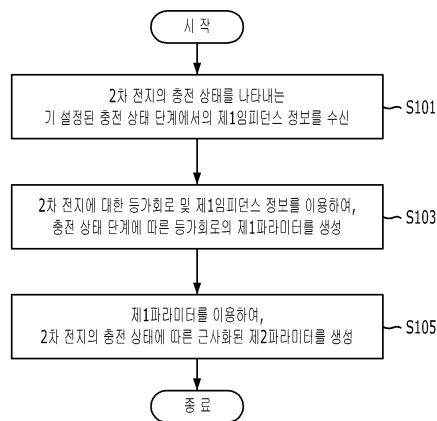
심사관 : 오응기

(54) 발명의 명칭 2차 전지의 충전 상태 기준 정보 생성 방법 및 충전 상태 기준 정보를 이용한 2차 전지의 충전 상태 측정 방법.

(57) 요약

2차 전지의 충전 상태 측정을 위한 기준 정보 생성 방법 및 충전 상태 기준 정보를 이용한 2차 전지의 충전 상태 측정 방법에 관한 기술이 개시된다. 이러한 기술에 따르면, 2차 전지의 기 설정된 충전 상태 단계 각각에서의 제1임피던스 정보를 입력받는 단계; 상기 2차 전지에 대한 등가회로 및 상기 제1임피던스 정보를 이용하여, 상기 충전 상태 단계 각각에 따른 상기 등가회로의 제1파라미터를 생성하는 단계; 및 상기 제1파라미터를 이용하여, 상기 2차 전지의 충전 상태에 따른 근사화된 제2파라미터를 생성하는 단계를 포함하는 2차 전지의 충전 상태 측정을 위한 기준 정보 생성 방법이 제공된다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

2차 전지의 특정 충전 상태에서의 임피던스 정보를 입력받는 단계;

상기 2차 전지에 대한 등가 회로 및 상기 임피던스 정보를 이용하여, 상기 특정 충전 상태 값에 대응하는 상기 등가 회로의 파라미터를 생성하는 단계; 및

2 이상의 상기 파라미터를 이용하여, 상기 2차 전지의 전체 충전 상태에 따른 2차 전지의 충전 상태 기준 정보를 생성하는 단계

를 포함하는 2차 전지의 충전 상태 기준 정보 생성 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 임피던스 정보는

전기화학적 임피던스 분광법에 의해 생성되며, 기 설정된 주파수 범위 내의 임피던스 정보인

2차 전지의 충전 상태 기준 정보 생성 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 임피던스 정보는

기 설정된 주파수 범위 중 2개 이상의 주파수에 대한 임피던스 정보이며,

상기 등가 회로의 파라미터를 생성하는 단계는

상기 2차 전지의 임피던스 스펙트럼의 반원 특성 및 상기 임피던스 정보를 이용하여, 상기 파라미터를 생성하는

2차 전지의 충전 상태 기준 정보 생성 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 등가회로는

상기 2차 전지에 대한 랜들 회로이며,

상기 등가 회로의 파라미터를 생성하는 단계는

원의 방정식을 이용하여 상기 파라미터를 생성하는 단계를 포함하는

2차 전지의 충전 상태 기준 정보 생성 방법.

청구항 5

제2항 또는 제3항에 있어서,

상기 파라미터 또는 상기 충전 상태 기준 정보는

시정수 값 또는 저항 값 또는 커패시턴스 값 중 적어도 하나를 포함하는

2차 전지의 충전 상태 기준 정보 생성 방법.

청구항 6

청구항 6은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제1항에 있어서,

상기 2차 전지는

리튬 폴리머 전지인

2차 전지의 충전 상태 기준 정보 생성 방법.

청구항 7

2차 전지의 충전 상태 기준 정보 및 측정하고자 하는 상기 2차 전지에 대한 등가회로의 제1파라미터를 입력받는 단계; 및

상기 충전 상태 기준 정보 및 상기 제1파라미터를 비교하여, 상기 2차 전지의 충전 상태를 측정하는 단계를 포함하며,

상기 충전 상태 기준 정보는

상기 2차 전지의 2 이상의 특정 충전 상태에서의 임피던스 정보 및 상기 2차 전지에 대한 등가회로를 통해 생성되며, 상기 2차 전지의 전체 충전 상태에 따른 상기 등가회로의 파라미터인

충전 상태 기준 정보를 이용한 2차 전지의 충전 상태 측정 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 제1파라미터에 대응하는 충전 상태 값이 복수 개인 경우,

소정시간 경과 후 상기 2차 전지에 대한 등가 회로의 제2파라미터를 측정하는 단계;

상기 제1파라미터에 대응하는 충전 상태 값과, 상기 제2파라미터에 대응하는 충전 상태 값의 증감을 비교하는 단계; 및

상기 비교 결과에 따라, 상기 제1파라미터에 대응하는 복수 개의 충전 상태 값 중 하나를 상기 제1파라미터에 대응하는 충전 상태 값으로 결정하는 단계를 포함하는

충전 상태 기준 정보를 이용한 2차 전지의 충전 상태 측정 방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 제1파라미터, 상기 제2파라미터 또는 상기 충전 상태 기준 정보는

시정수 값 또는 저항 값 또는 커패시턴스 값 중 적어도 하나를 포함하는

충전 상태 기준 정보를 이용한 2차 전지의 충전 상태 측정 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 2차 전지의 충전 상태 기준 정보 생성 방법 및 충전 상태 기준 정보를 이용한 2차 전지의 충전 상태 측정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 휴대기기 기능의 다양화와 디지털 컨버전스의 추세가 진행됨에 따라 친환경 및 초경량, 고성능 에너지인

리튬 이온 전지(Lithium ion Battery) 및 리튬 폴리머 전지(Lithium Polymer Battery) 등 2차 전지가 폭넓게 사용되고 있으며, 특히 고용량 전지는 전기 자동차용으로 높은 수요가 예측되고 있다.

[0003] 이러한 2차 전지가 전자기기에 사용될 경우, 사용 가능 시간을 계산할 필요가 있으며, 2차 전지가 중요시설이나 전산망에 전력을 공급하는 경우, 2차 전지의 방전에 의한 갑작스런 셧다운이 발생하지 않도록 할 필요가 있다. 또한, 전기 자동차용으로 사용되는 대용량의 리튬 폴리머 전지는 크랭킹(cranking)이 불가능할 정도로 방전이 되지 않을 필요가 있으며, 리튬 폴리머 전지를 통한 운행 가능 거리가 정확히 계산되어 신뢰성이 보장될 필요가 있다.

[0004] 2차 전지의 충전 상태(state of charge)는 직접 측정이 불가능하므로 주로 단자전압이나 전류를 이용한 간접적인 방법에 의해 측정된다. 그러나 2차 전지의 비선형성으로 인해 단자 전압만으로 2차 전지의 충전상태를 정확히 측정하기는 어려우며, 특히 리튬 폴리머 전지의 경우, 충전상태 측정에 관해 정립된 방법이 많지 않다. 2차 전지의 충전 상태 측정을 위해 사용하는 대표적인 방법에는 쿨롱 카운팅(Coulomb Counting), Kalman Filter, Fuzzy Logic, Neural Network 등이 있다.

[0005] 쿨롱 카운팅 방법은 2차 전지의 방전 전하량을 계산하는 것으로, 정확한 전류센서가 사용되면 매우 정확하고 신뢰성있는 충전 상태 정보를 얻을 수 있으나, 충/방전 전류가 매우 짧은 시간동안 교차하는 시스템은 오차가 누적될 수 있어 적용이 어렵다. Kalman Filter는 알고리즘 자체가 복잡하고 정확한 시스템 모델링이 수반되어야 하며, 정확한 추정을 위해서는 상태변수를 많이 잡아야 하는 문제가 있어 사용에 어려움이 있다. 또한 Fuzzy Logic 및 Neural Network의 방법은 경험적인 요소가 많아 정확한 측정이 불가능하고 계산량이 많으며, 신뢰성의 문제가 있어 거의 사용되지 않고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로서, 보다 신속하고 용이하게 2차 전지의 충전 상태 측정을 위한 2차 전지의 충전 상태 기준 정보 생성 방법 및 충전 상태 기준 정보를 이용한 2차 전지의 충전 상태 측정 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0007] 본 발명의 다른 목적 및 장점은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 특허청구범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제 해결수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 2차 전지의 기 설정된 충전 상태 단계 각각에서의 제1임피던스 정보를 입력받는 단계; 상기 2차 전지에 대한 등가회로 및 상기 제1임피던스 정보를 이용하여, 상기 충전 상태 단계 각각에 따른 상기 등가회로의 파라미터를 생성하는 단계; 및 상기 파라미터를 이용하여, 상기 2차 전지의 충전 상태에 따른 근사화된 파라미터를 생성하는 단계를 포함하는 2차 전지의 충전 상태 측정을 위한 기준 정보 생성 방법을 제공한다.

[0009] 또한 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 2차 전지의 충전 상태 측정을 위한 충전 상태 기준 정보 및 상기 2차 전지에 대한 등가회로의 제1파라미터를 입력받는 단계; 및 상기 충전 상태 기준 정보 및 상기 제1파라미터를 비교하여, 상기 2차 전지의 충전 상태를 측정하는 단계를 포함하며, 상기 충전 상태 기준 정보는 상기 2차 전지의 기 설정된 충전 상태 단계 각각에서의 임피던스 정보 및 상기 2차 전지에 대한 등가회로를 통해 생성된, 상기 2차 전지의 충전 상태에 따른 상기 등가회로의 근사화된 파라미터인 충전 상태 기준 정보를 이용한 2차 전지의 충전 상태 측정 방법을 제공한다.

효 과

[0010] 본 발명에 따르면, 2차 전지의 임피던스 정보를 이용하여 2차 전지의 등가회로에 대한 파라미터를 추출하고,

추출된 파라미터를 이용하여 충전 상태 기준 정보를 생성함으로써 신속하고 용이하게 2차 전지의 충전 상태 기준 정보를 생성할 수 있으며, 충전 상태 기준 정보를 이용하여 2차 전지의 충전 상태를 측정할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0011] 먼저 본 발명에 따른 2차 전지의 충전 상태 기준 정보 생성 방법에 대한 개념을 설명하면 다음과 같다.
- [0012] 2차 전지의 임피던스 정보는 2차 전지의 내부 상태를 나타낸다. 즉, 2차 전지의 충전 상태에 따라 2차 전지의 임피던스 정보는 가변된다. 본 발명은 2차 전지의 충전 상태에 따라 가변되는 임피던스 정보를 이용함으로써, 2차 전지의 충전 상태 측정을 위한 충전 상태 기준 정보 생성하고, 생성된 충전 상태 기준 정보를 이용함으로써 2차 전지의 충전 상태를 측정할 수 있다. 이 때, 본 발명에 따른 2차 전지의 충전 상태 기준 정보 생성 방법은 2차 전지의 기 설정된 충전 상태 단계 각각에서의 임피던스 정보를 이용하여 2차 전지의 충전 상태에 따른 충전 상태 기준 정보를 생성함으로써, 2차 전지의 모든 충전 상태에 따른 임피던스를 측정할 필요없이 보다 신속하고 용이하게 충전 상태 기준 정보를 생성할 수 있다.
- [0013] 보다 구체적으로, 본 발명에 따르면, 2차 전지의 기 설정된 충전 상태 단계 각각에서의 임피던스 정보 및 2차 전지에 대한 등가회로를 이용하여, 등가회로의 파라미터를 계산한다. 예를 들어, 2차 전지의 충전 상태 단계는 2차 전지의 0%에서 100%의 충전 상태를 20%씩 나눈 단계일 수 있으며, 기 설정된 충전 상태 단계 각각에서의 임피던스 정보는 20%, 40%, 60%, 80% 및 100%의 충전 상태에서의 임피던스 정보일 수 있다. 그리고 본 발명에 따르면, 충전 상태 단계 각각에서의 파라미터를 근사화하여 2차 전지 충전 상태에 따른 즉, 0%에서 100% 충전 상태에 따른 파라미터를 추출한다.
- [0014] 파라미터는 등가회로의 저항 값 또는 시정수 값일 수 있으며, 전술된 바와 같이, 2차 전지의 충전 상태에 따라 임피던스 정보는 가변되기 때문에 파라미터 역시 가변된다. 여기서, 충전 상태 기준 정보는 파라미터가 된다.
- [0015] 이하 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명하기 위하여, 본 발명의 가장 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참조하여 설명하기로 한다. 상술한 목적, 특징 및 장점은 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이며, 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.
- [0016] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 2차 전지의 충전 상태 기준 정보 생성 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0017] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 2차 전지의 충전 상태 기준 정보 생성 방법은 단계 S101로부터 시작된다.
- [0018] 단계 S101에서 충전 상태 기준 정보 생성 장치는 2차 전지의 기 설정된 충전 상태 단계 각각에서의 제1임피던스 정보를 수신 즉, 입력받는다.
- [0019] 전술된 바와 같이, 기 설정된 충전 상태 단계는 일실시예로서, 0%에서 100%의 충전 상태를 20%씩 나눈 단계일 수 있다. 그리고 제1임피던스 정보는 전기화학적 임피던스 분광법에 의해 생성된 기 설정된 주파수 범위 내의 임피던스 정보이거나, 기 설정된 주파수 범위 중 2개 이상의 주파수에 대한 임피던스 정보일 수 있다.
- [0020] 단계 S103에서 충전 상태 기준 정보 생성 장치는 2차 전지에 대한 등가회로 및 제1임피던스 정보를 이용하여, 충전 상태 단계 각각에 따른 등가회로의 파라미터를 생성한다. 일반적으로 2차 전지에 대한 등가회로는 저항과 커패시터로 표현되며, 임피던스는 저항 값과 주파수에 따른 커패시턴스 값을 포함하므로, 제1임피던스 정보를 이용하여 등가회로의 파라미터를 구할 수 있다. 충전 상태 기준 정보 생성 장치는 예를 들어, 커브 피팅(curve fitting)을 수행하여 충전 상태 단계 각각에 따른 등가회로의 파라미터를 생성할 수 있다. 등가회로의 파라미터는 등가회로의 저항 값, 커패시턴스 값 또는 시정수 값일 수 있다.
- [0021] 단계 S105에서 충전 상태 기준 정보 생성 장치는 충전 상태 단계 각각에 따른 등가회로의 파라미터를 이용하여, 2차 전지의 충전 상태에 따른 근사화된 파라미터를 생성한다. 즉, 충전 상태 기준 정보 생성 장치는 기 설정된 충전 상태 단계 각각에 따른 파라미터가 아닌, 0%에서 100%까지의 충전 상태에 따른 근사화된 파라미

터, 즉 2차 전지의 충전 상태 측정을 위한 충전 상태 기준 정보를 생성한다.

- [0022] 충전 상태 기준 정보 생성 장치는 충전 상태 단계 각각에 따른 등가회로의 파라미터를 예를 들어, 3차 방정식의 형태로 근사화하여 근사화된 파라미터를 생성할 수 있다. 그리고 기 설정된 충전 상태 단계가 20%보다 적은 퍼센트로 나눈 단계일수록 근사화된 파라미터는 보다 정확해질 수 있다.
- [0023] 일반적으로 임피던스 정보는 기 설정된 주파수 범위, 예를 들어 10mHz ~ 1kHz의 범위에서 측정되므로 임피던스 측정에 상당한 시간이 소요되는데, 본 발명에 따르면, 기 설정된 충전 상태 단계 각각에서 측정된 파라미터를 이용하여, 0%에서 100%까지의 충전 상태에 따른 파라미터를 생성할 수 있으므로 기준 정보 생성에 따른 시간이 감소될 수 있다. 그리고 충전 상태가 알려지지 않은 2차 전지의 파라미터와 충전 상태 기준 정보를 비교함으로써, 충전 상태가 알려지지 않은 2차 전지의 충전 상태를 측정할 수 있다.
- [0024] 2차 전지가 전기 자동차 등에 사용될 경우, 전기 자동차에서 본 발명에 따른 충전 상태 기준 정보 생성 방법이 이용되어, 신속하고 용이하게 충전 상태 기준 정보가 생성될 수 있으며, 충전 상태 기준 정보가 이용되어 2차 전지의 충전 상태가 용이하게 측정될 수 있다.
- [0025] 도 2 내지 도 4는 본 발명의 구체적인 제1실시예에 따른 충전 상태 기준 정보 생성 방법을 설명하기 위한 도면으로서, 도 2 내지 도 4에서는 2차 전지가 리튬 폴리머 전지인 경우가 일실시예로서 설명된다.
- [0026] 도 2는 BNK, Aenergy, SONY 각각에서 생산된 상용 리튬 폴리머 전지의 기 설정된 충전 상태 단계 각각에 대한 제1임피던스 정보를 나타내는 도면으로서, 임피던스 스펙트럼을 나타내는 나이키스트 임피던스 플롯이다. 그리고 BNK, Aenergy, SONY 각각의 전지의 용량은 1600mAh, 1800mAh, 1350mAh이다.
- [0027] 2차 전지의 충전 상태 단계는 충방전 실험을 통해 설정될 수 있다. 본 발명의 일실시예에서, 2차 전지의 충전은 1C의 정전류로 2차 전지가 충전되며, 2차 전지의 충전 최대 전압 4.2V가 될 때에는 정전압 모드로 바뀌어 충전이 되는 CC-CV(정전류-정전압) 충전법이 사용될 수 있다. 그리고 2차 전지의 방전은 IEC 61960규정에 따라 0.2C의 전류로 방전이 되고, 방전 종지전압 3.0V까지의 전류량이 더해져 정격 용량이 산출될 수 있다.
- [0028] 산출된 정격 용량으로부터 전하량에 따라 2차 전지의 충전 상태 단계가 설정될 수 있으며, 충전 상태 단계별로 전기화학적 임피던스 분광법을 통한 제1임피던스 정보가 생성될 수 있다. 전기화학적 임피던스 분광법을 통해 10mHz~1kHz의 주파수 범위에서, 100% 충전 상태를 20% 단위로 나눈 충전 상태 단계마다 임피던스가 측정된 결과가 도 2에 도시되어 있다.
- [0029] 본 발명에 따르면, 도 2에 도시된 제1임피던스 정보 및 도 3에 도시된 등가회로를 이용하여 도 3의 등가회로의 파라미터를 구할 수 있다. 보다 구체적으로, 전기화학적 임피던스 분광법을 통한 제1임피던스 정보를 도 3의 등가회로에 커브피팅함으로써 등가회로의 파라미터를 추출할 수 있다. 추출된 파라미터를 근사화하여 2차 전지의 0%에서 100% 충전 상태에 따른 파라미터를 생성할 수 있으며, 근사화된 파라미터, 즉 충전 상태 기준 정보가 도 4에 도시된다.
- [0030] 도 4는 본 발명에 따른 충전 상태 기준 정보를 나타내는 도면으로서, 도 4에서 네모와 세모는 각각 기 설정된 충전 상태 단계 각각에서의 시정수 값과 저항 값을 나타내며, (a), (b) 및 (c) 도면 각각은 BNK, Aenergy, SONY 각각의 충전 상태 기준 정보를 나타낸다. 즉, 도 4에는, 기 설정된 충전 상태 단계 각각의 시정수 값과 저항 값을 이용한, 2차 전지의 0%에서 100%의 충전 상태에 따른 파라미터가 도시되어 있다.
- [0031] 본 발명에 따르면, 충전 상태 측정 대상인 2차 전지의 파라미터, 예를 들어 시정수 값 또는 저항 값을 알고 있을 경우, 충전 상태 기준 정보를 이용하여 충전 상태 측정 대상인 2차 전지의 충전 상태를 측정할 수 있다. 다만, 도 4에 도시된 바와 같이, 임의의 시정수 값 또는 저항 값에 대해 동일한 충전 상태가 있을 수 있는데, 이에 대해서는 도 8에서 보다 자세히 설명하기로 한다.
- [0032] 한편, 도 2 내지 도 4에서는 BNK, Aenergy, SONY 각각의 리튬 폴리머 전지가 일실시예로서 설명되었으나, 다른 2차 전지 역시 리튬 폴리머 전지와 유사한 임피던스 특성을 나타내므로, 본 발명은 다른 2차 전지에도 적용될 수 있다.
- [0033] 도 5 및 도 6은 본 발명의 구체적인 제2실시예에 따른 충전 상태 기준 정보 생성 방법을 설명하기 위한 도면으로서, 도 2 내지 도 4와 같이 2차 전지가 리튬 폴리머 전지인 경우가 일실시예로서 설명된다.

- [0034] 도 5 및 도 6은 도 1의 단계 S103을 보다 자세히 설명하기 위한 도면이다.
- [0035] 단계 S103에서 충전 상태 기준 정보 생성 장치는 2차 전지의 임피던스 스펙트럼의 반원 특성 및 제1임피던스 정보를 이용하여, 충전 상태 단계 각각에 따른 등가회로의 파라미터를 생성할 수 있다. 여기서, 제1임피던스 정보는 기 설정된 주파수 범위 중 2개 이상의 주파수에 대한 임피던스 정보일 수 있다.
- [0036] 도 2에 도시된 임피던스 스펙트럼을 살펴보면, 2차 전지의 임피던스 정보는 저주파 영역에서 큰 반원으로 표시되는 특성을 갖는다. 이러한 2차 전지의 임피던스 특성을 이용하면, 충전 상태 단계 각각에 따른 등가회로의 파라미터를 근사화하여 생성할 수 있다. 보다 구체적으로, 저주파 영역에서 큰 반원으로 표시되는 임피던스 특성은 도 5에 도시된 2차 전지의 랜들 회로(Randle's Circuit)에 따른 임피던스 특성이며, 원의 방정식을 이용하여 근사화된 파라미터를 생성할 수 있다.
- [0037] 여기서, 도 3의 등가회로와 도 5의 랜들 회로에 따른 임피던스 특성을 설명하면 다음과 같다.
- [0038] 전술된 바와 같이, 도 3은 2차 전지에 대한 일반적인 등가회로를 나타내는 도면이다. R_0 은 전해질, 전극, 단자대의 저항성분 등 2차 전지의 전극과 내부를 연결하는 전체 저항을 나타내며, 도 3에서 실수축과 그래프가 교차하는 지점이다. R_f 및 Q_f (Constant Phase Element, CPE)는 음극 표면에 생성되는 부동화막(Passivation Film)의 성분을 나타내며, 도 3에서 고주파 영역의 작원 반원을 나타낸다. R_{ct} (Charge Transfer Resistance, 전하전송저항) 및 C_{dl} (Double Layer Capacitance, 전기이중층 커패시턴스)는 2차 전지의 전극(양극과 음극)과 전해질 사이의 계면사이의 전자 이동 반응을 나타내며, 도 3에서 저주파 영역의 큰 반원을 나타낸다. Z_w (Warburg 임피던스)는 확산으로 인해 질량운반이 전하전송을 막는 특성을 나타낸다.
- [0039] 따라서 저주파 영역에서 큰 반원으로 표시되는 임피던스 특성은 도 3에 도시된 등가회로에서, R_0 , R_{ct} 및 C_{dl} 의 특성으로 근사화될 수 있으며, 도 3의 R_0 , R_{ct} 및 C_{dl} 는 도 5의 랜들 회로의 R_s , R_p 및 C_p 와 대응된다.
- [0040] 그리고 임피던스 특성이 반원으로 나타나기 때문에 원의 방정식을 이용하여 근사화된 파라미터를 생성할 수 있다. 원의 방정식이 이용되기 때문에 기 설정된 주파수 범위 중 2개 이상의 주파수에 대한 임피던스 정보인 제1임피던스 정보를 이용하면 기 설정된 주파수 범위의 근사화된 파라미터를 생성할 수 있다. 즉, 본 발명에 따르면, 예를 들어 10mHz~1kHz의 주파수 범위에서 2개 이상의 주파수만을 선택하여 파라미터를 생성할 수 있다. 이 때 선택되는 주파수는 임피던스 특성이 반원으로 나타나는 주파수 영역에서 선택됨이 바람직하다.
- [0041] 저주파의 특성상, 저주파 영역에서 임피던스 측정에는 상당한 시간이 필요하나, 본 발명에 따르면 기 설정된 주파수 범위 전체에서 임피던스를 측정하지 않고 기 설정된 주파수 범위의 임피던스 정보만을 이용하여 파라미터를 생성할 수 있으므로 보다 신속하게 충전 상태 기준 정보를 생성할 수 있다.
- [0042] 도 6에서 도시된 바와 같이, 저주파 영역에서 2차 전지의 임피던스 특성은 반원 형태를 나타내며, 도 6에서는 2개의 주파수에 대한 임피던스 정보가 이용되는 경우가 일실시예로서 설명된다.
- [0043] 도 6에서는 나이퀴스트 임피던스 플롯의 절점 주파수(cut-off frequency)로부터 좌우에 위치하는 1.48Hz, 0.32Hz가 샘플 주파수로서 이용되는 경우가 일실시예로서 설명된다. 도 6에서 1.474Hz ~ 24.54Hz 및 0.126Hz ~ 0.325Hz는 도 3의 (a), (b) 및 (c)에서 공통적으로 반원의 특성이 유지되는 샘플 주파수 선택을 위한 주파수 범위이며, 도 6에서 선택된 1.48Hz, 0.32Hz는 상기 주파수 범위 내에 포함된다. 도 6에서는 도 3의 (a), (b) 및 (c)에서 공통적으로 반원의 특성이 유지되는 주파수 범위에서 샘플 주파수가 선택되었으나, 리튬 폴리머 전지 각각에 대해 반원 특성이 나타나는 주파수 범위에서 샘플 주파수가 선택될 수 있다.
- [0044] 샘플 주파수에서 측정된 두 개의 임피던스 정보, 즉 제1임피던스 정보를 (ReZ_1 , ImZ_1)과 (ReZ_2 , ImZ_2)로 나뉠 경우, 제1임피던스 정보를 원의 방정식인 [수학식 1]에 대입하여 등가회로의 파라미터를 얻을 수 있다.

수학식 1

$$(Re Z - x_1)^2 + Im Z^2 = r^2$$

[0045]

[0046] [수학식 1]은 중심이 $(x_1, 0)$, 반경이 r 인 원의 방정식이며, [수학식 1]로부터 얻어진 x_1 과 r 의 값을 [수학식 2]에 대입하여 랜들 회로의 R_s 및 R_p 파라미터를 구할 수 있다.

수학식 2

$$R_s = x_1 - r, \quad R_p = 2r$$

[0047]

[0048] 랜들 회로의 임피던스는 [수학식 3]과 같이 나타낼 수 있으며, [수학식 1] 및 [수학식 2]로부터 얻어진 R_s , R_p 와, 주파수 및 임피던스 값을 [수학식 3]에 대입하여 C_p 의 값을 계산할 수 있다. 구해진 R_p 와 C_p 의 곱은 회로의 시정수 값을 나타낸다. 여기서, [수학식 3]에 대입되는 주파수는 샘플 주파수 중 하나일 수 있으며, [수학식 3]에 대입되는 임피던스는 [수학식 3]에 대입되는 주파수에 대한 임피던스일 수 있다.

수학식 3

$$Z(j\omega) = R_s + \frac{R_p}{1 + j\omega R_p C_p}$$

[0049]

[0050] 도 7은 기 설정된 주파수 범위 내의 임피던스를 이용하여 구한 시정수 값과, 도 5 및 도 6에서 설명된 방법에 따른 시정수 값을 비교한 결과를 나타내는 도면이다.

[0051] 도 7에는 기 설정된 충전 상태 단계 각각의 파라미터가 표시되어 있으며, 최소자승법을 통해 분석한 결과 BNK 98.8%, Aenergy 99.01%, Sony 93.6%의 정확도를 얻을 수 있었다. 즉, 본 발명에 따르면, 기 설정된 주파수 범위 내의 임피던스를 모두 측정하지 않고, 파라미터를 구할 수 있으므로 신속하고 용이하게 충전 상태 기준 정보를 생성할 수 있으며, 정확도도 우수함을 알 수 있다.

[0052] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 충전 상태 기준 정보를 이용한 2차 전지의 충전 상태 측정 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0053] 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 2차 전지의 충전 상태 측정 방법은 단계 S801로부터 시작된다.

[0054] 단계 S801에서 충전 상태 측정 장치는 2차 전지의 충전 상태 측정을 위한 충전 상태 기준 정보 및 2차 전지에 대한 등가회로의 제1파라미터를 수신 즉, 입력받는다. 충전 상태 측정 장치는 전술된 기준 정보 생성 장치로부터 충전 상태 기준 정보를 수신할 수 있다. 즉, 충전 상태 기준 정보는 전술된 기준 정보 생성 장치에 의해 생성되는 정보로서, 2차 전지의 기 설정된 충전 상태 단계 각각에서의 임피던스 정보 및 2차 전지에 대한 등가회로를 통해 생성된, 2차 전지의 충전 상태에 따른 등가회로의 근사화된 제2파라미터이다. 제1파라미터는 전기화학적 임피던스 분광법에 의해 생성되어 충전 상태 측정 장치로 입력될 수 있으며, 파라미터는 등가회로의 시정수 값 또는 저항 값일 수 있다.

[0055] 단계 S803에서 충전 상태 측정 장치는 충전 상태 기준 정보 및 제1파라미터를 비교하여, 2차 전지의 충전 상태를 측정한다. 즉, 충전 상태 기준 정보는 2차 전지의 충전 상태에 따른 파라미터를 나타내는 정보이기 때문에, 측정 대상이 되는 2차 전지의 파라미터와 충전 상태 기준 정보를 비교함으로써, 2차 전지의 충전 상태를 측정할 수 있다.

[0056] 한편, 전술된 바와 같이, 도 4에서 임의의 시정수 값 또는 저항 값에 대해 동일한 충전 상태가 있을 수 있다. 예를 들어 도 4의 (a)의 경우, 충전 상태 단계 80%를 중심으로 충전 상태 단계 60%와 충전 상태 단계 80%의 파라미터는 충전 상태 단계 80%에서 100%사이의 파라미터와 대칭적인 구조이며 이 경우, 동일한 시정수 값 또는 저항 값에 대해 동일한 충전 상태가 나타날 수 있다.

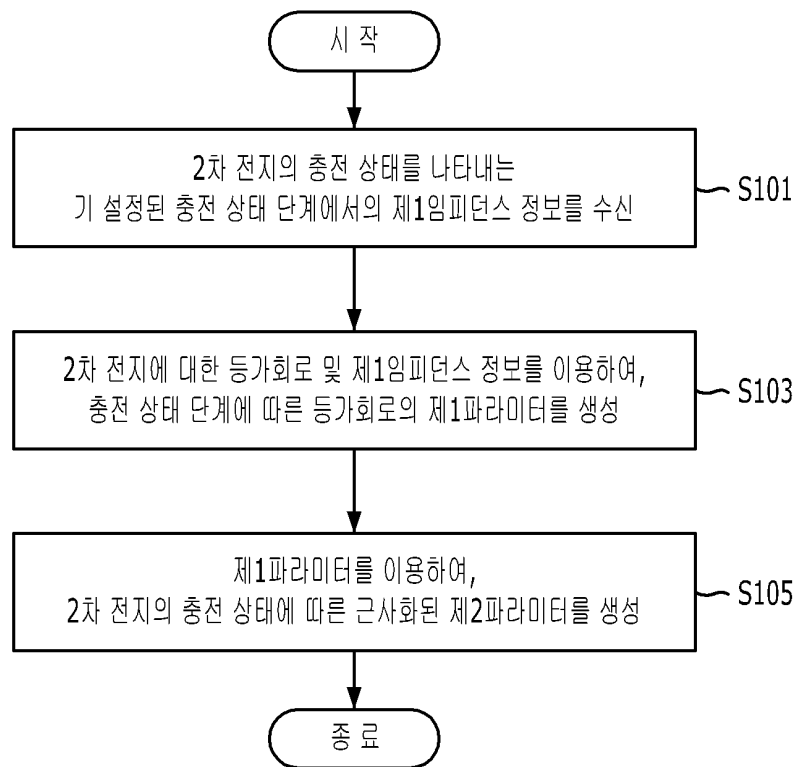
- [0057] 이 경우, 단계 S803에서 충전 상태 측정 장치는 추가 측정 결과와의 충전 상태 변화를 이용하여 동일 충전 상태 중 하나를 결정함으로써 2차 전지의 충전 상태를 측정할 수 있다. 예를 들어, 도 4에서 제1측정 결과, 제1 파라미터가 0.12이고 충전 상태가 70%와 90%로 측정되며, 시간이 지난 후 추가 측정 결과 제1파라미터가 0.15인 경우, 2차 전지가 사용중이었다면 2차 전지의 전하량은 감소하므로 제1측정 결과 충전 상태는 90%가 아닌 70%임을 알 수 있다. 즉, 도 4에서 현재 측정된 충전 상태와 이전에 측정된 충전 상태의 증감을 계산하고, 충전 상태와 제1파라미터의 기울기를 이용함으로써 충전 상태를 정확하게 측정할 수 있다.
- [0058] 이상은 본 발명이 프로세스적 관점에 의해 설명되었으나, 본 발명에 따른 2차 전지의 충전 상태 측정을 위한 기준 정보 생성 방법 및 충전 상태 기준 정보를 이용한 2차 전지의 충전 상태 측정 방법을 구성하는 각 단계는 장치적 관점에서 용이하게 파악될 수 있다. 따라서 본 발명에 따른 2차 전지의 충전 상태 측정을 위한 기준 정보 생성 방법 및 충전 상태 기준 정보를 이용한 2차 전지의 충전 상태 측정 방법에 포함된 각 단계는 2차 전지의 충전 상태 측정을 위한 기준 정보 생성 장치 및 충전 상태 기준 정보를 이용한 2차 전지의 충전 상태 측정 장치에 포함된 구성 요소로 이해될 수 있다.
- [0059] 한편, 전술한 바와 같은 본 발명에 따른 2차 전지의 충전 상태 측정을 위한 기준 정보 생성 방법 및 충전 상태 기준 정보를 이용한 2차 전지의 충전 상태 측정 방법은 컴퓨터 프로그램으로 작성이 가능하다. 그리고 상기 프로그램을 구성하는 코드 및 코드 세그먼트는 당해 분야의 컴퓨터 프로그래머에 의하여 용이하게 추론될 수 있다. 또한, 상기 작성된 프로그램은 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체(정보저장매체)에 저장되고, 컴퓨터에 의하여 판독되고 실행됨으로써 본 발명의 방법을 구현한다. 그리고 상기 기록매체는 컴퓨터가 판독할 수 있는 모든 형태의 기록매체(CD, DVD와 같은 유형적 매체뿐만 아니라 반송파와 같은 무형적 매체)를 포함한다.
- [0060] 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술사상과 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

도면의 간단한 설명

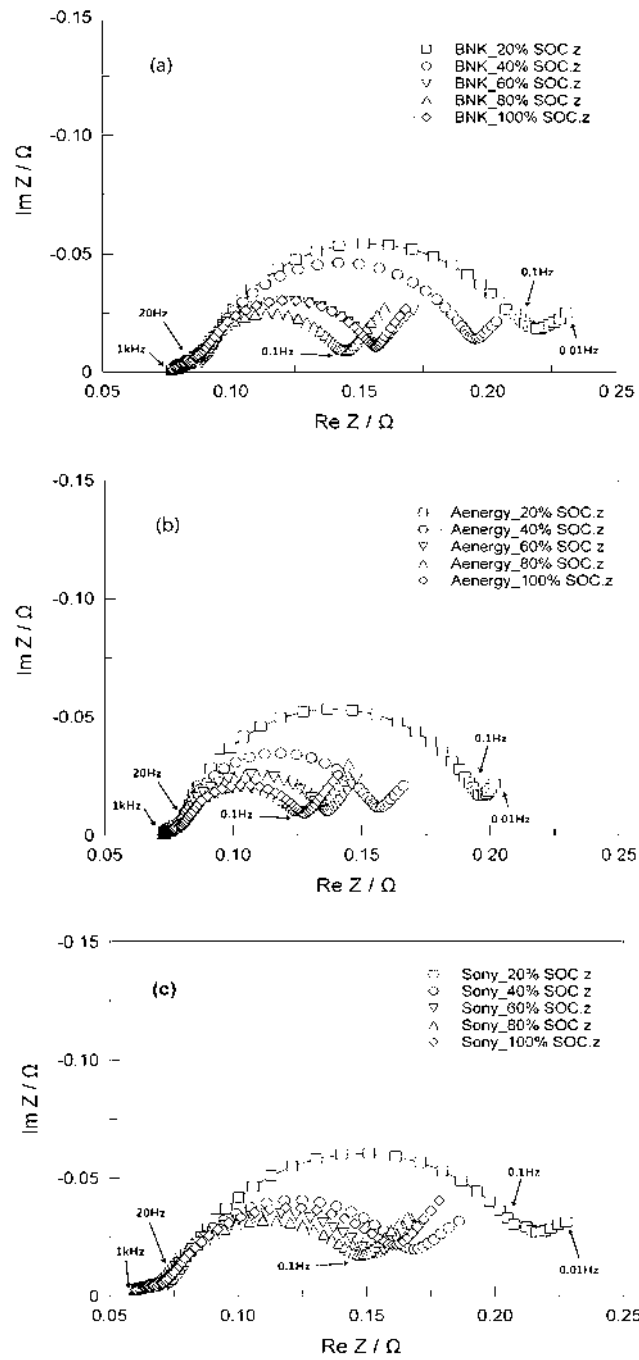
- [0061] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 2차 전지의 충전 상태 측정을 위한 기준 정보 생성 방법을 설명하기 위한 흐름도,
- [0062] 도 2 내지 도 4는 본 발명의 구체적 실시예에 따른 기준 2차 전지의 충전 상태 측정을 위한 기준 정보 생성 방법을 설명하기 위한 도면,
- [0063] 도 5 및 도 6은 도 1의 단계 S103을 보다 자세히 설명하기 위한 도면,
- [0064] 도 7은 기 설정된 주파수 범위 내의 임피던스를 이용하여 구한 시정수 값과, 도 5 및 도 6에서 설명된 방법에 따른 시정수 값을 비교한 결과를 나타내는 도면,
- [0065] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 충전 상태 기준 정보를 이용한 2차 전지의 충전 상태 측정 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도면

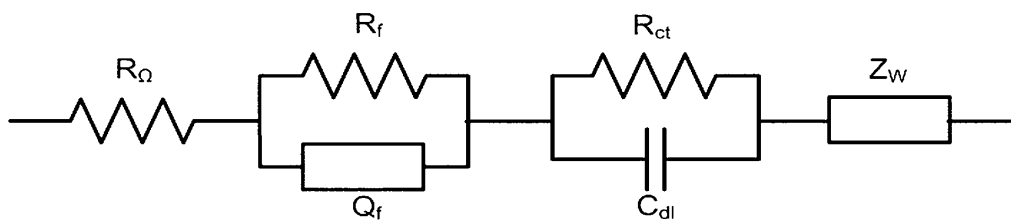
도면1



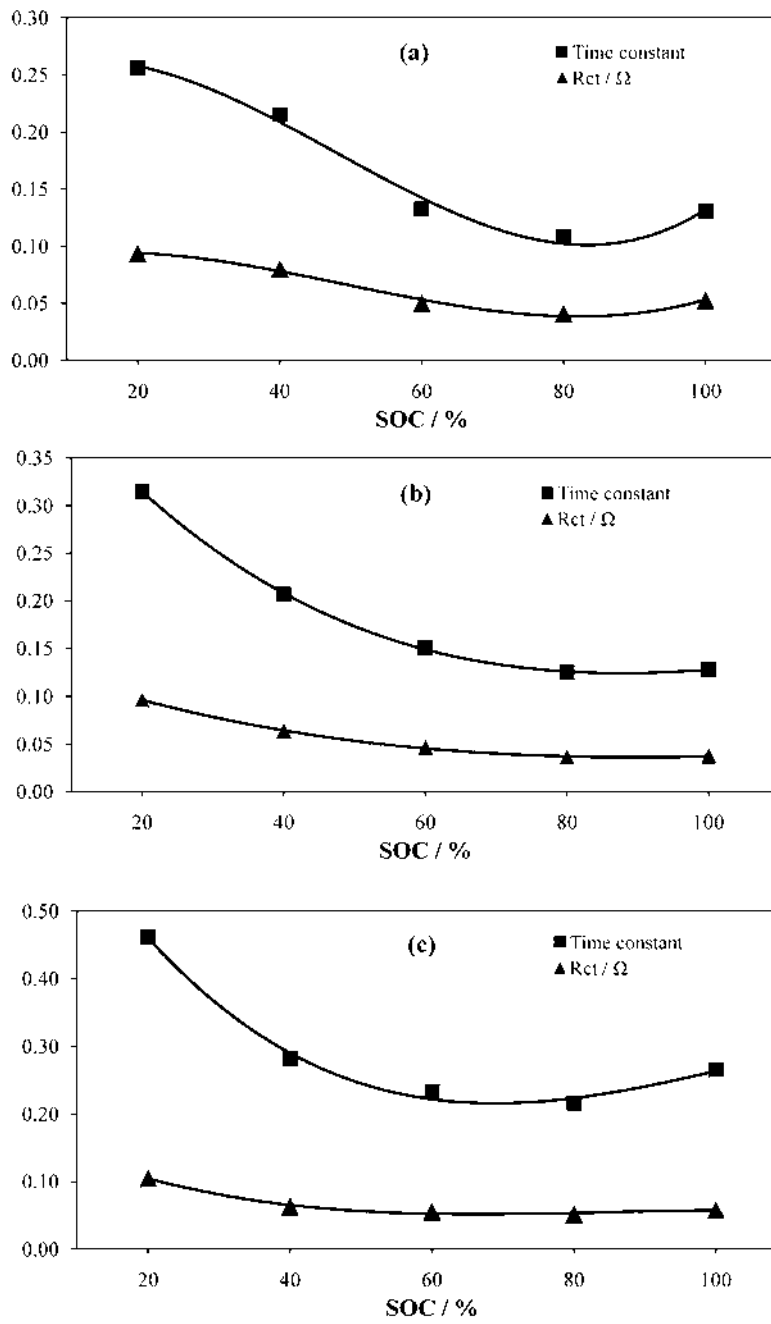
도면2



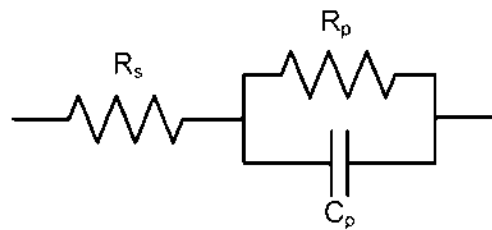
도면3



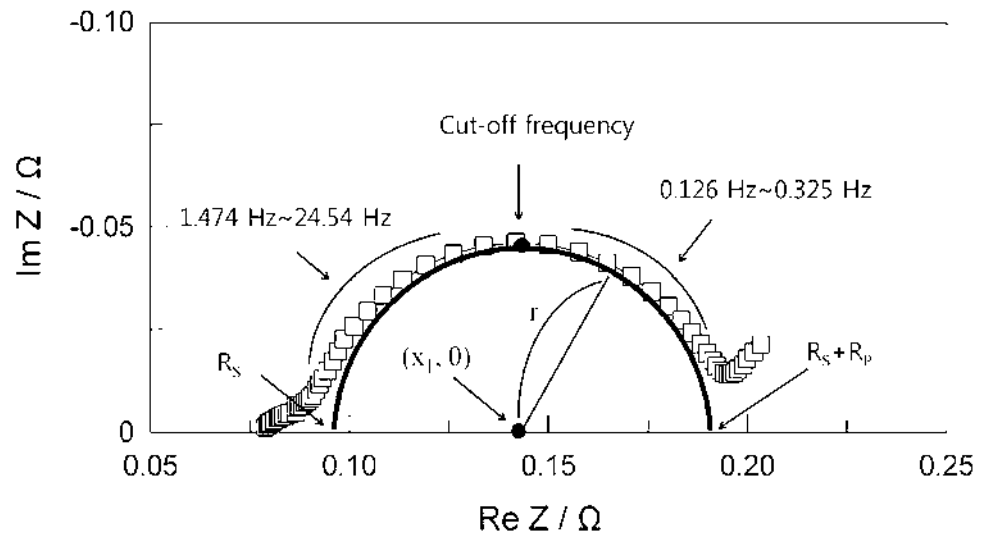
도면4



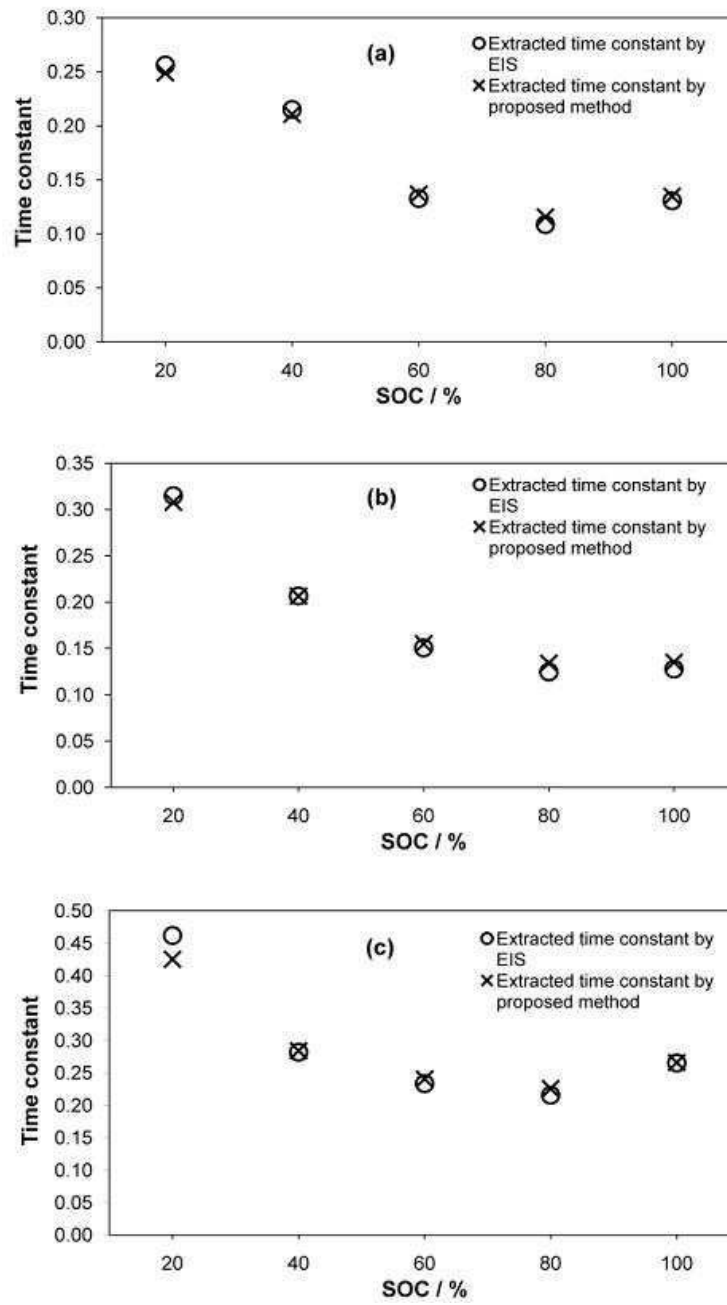
도면5



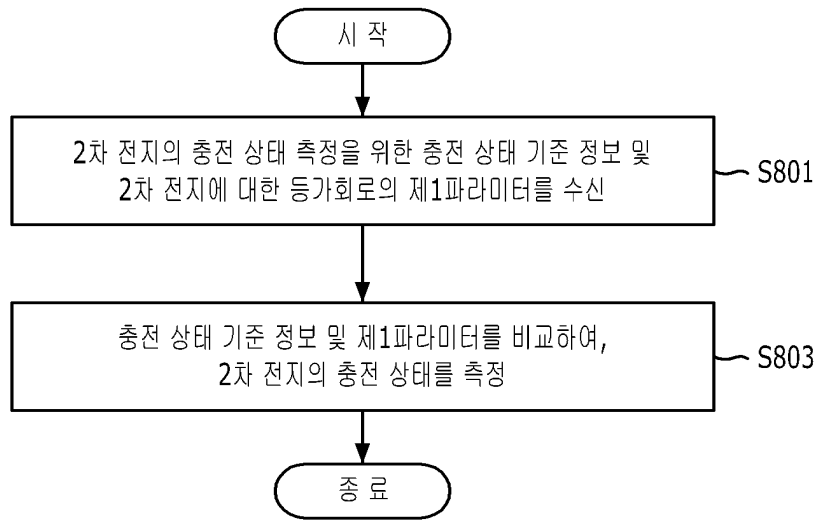
도면6



도면7



도면8





(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년04월13일

(11) 등록번호 10-1511655

(24) 등록일자 2015년04월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02J 7/04 (2006.01) H02J 7/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0104127

(22) 출원일자 2013년08월30일

심사청구일자 2013년08월30일

(65) 공개번호 10-2015-0025932

(43) 공개일자 2015년03월11일

(56) 선행기술조사문헌

JP2004264076 A*

JP2010281588 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

승실대학교산학협력단

서울특별시 동작구 상도로 369 (상도동)

(72) 발명자

최우진

서울 서초구 신반포로 9, 97동 103호 (반포동, 주공아파트)

(74) 대리인

윤귀상

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 강병욱

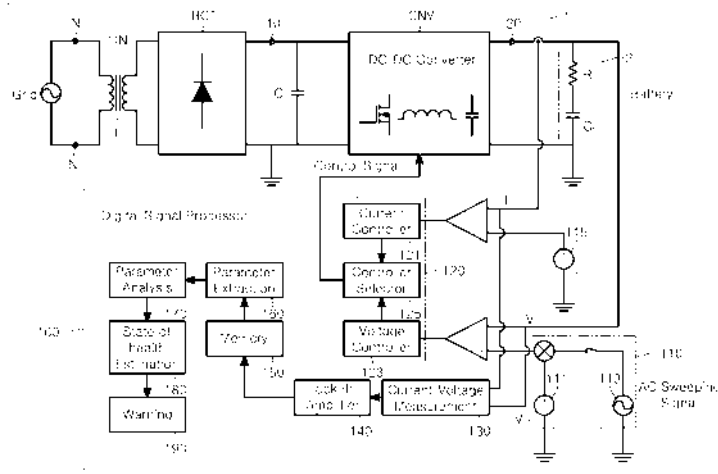
(54) 발명의 명칭 배터리 진단 기능을 가진 충전기 및 그 제어방법

(57) 요약

배터리의 충전 시 배터리의 수명을 진단할 수 있는 충전기 및 그 제어방법을 개시한다.

충전기는 배터리에 섭동전압 또는 섭동전류를 인가하는 컨버터 및 컨버터로 직류 신호에 교류 신호를 부가시킨 섭동 신호를 전달하고, 배터리의 출력 응답을 측정하며, 배터리의 출력 응답에 따라 임피던스 스펙트럼을 산출하며, 임피던스 스펙트럼에 따라 등가회로를 선정하여 임피던스 파라미터를 산출하며, 배터리의 산출된 임피던스 파라미터와 미리 정해진 기준배터리의 임피던스 파라미터를 비교하여 배터리의 수명을 추정하는 디지털 신호 프로세서를 포함하므로, 배터리의 수명을 미리 진단하여 갑작스런 고장 징조 등을 사전에 감지할 수 있고, 배터리의 고장으로 인한 사후 처리 및 관리 비용을 감소시킬 수 있다.

대표도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 M000028423_00194965

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 한국산업기술진흥원

연구사업명 전략인력양성사업

연구과제명 고성능 연료전지 엔진설계 및 제어 핵심기술 인력양성사업-대응자금(5차년도)

기 여 율 1/1

주관기관 숭실대학교 산학협력단

연구기간 2012.05.01 ~ 2013.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

배터리에 섭동전압 또는 섭동전류를 인가하는 컨버터; 및

상기 컨버터로 직류 신호에 교류 신호를 부가시킨 섭동 신호를 전달하고, 상기 배터리의 출력 응답을 측정하며, 내부에 마련된 디지털 록인 애플을 이용하여 상기 배터리의 출력 응답에 따라 임피던스 스펙트럼을 산출하며, 상기 임피던스 스펙트럼에 따라 등가회로를 선정하여 임피던스 파라미터를 산출하며,

상기 배터리의 산출된 임피던스 파라미터와 미리 정해진 기준배터리의 임피던스 파라미터를 비교하여 상기 배터리의 수명을 추정하는 디지털 신호 프로세서를 포함하는 충전기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 디지털 신호 프로세서는 상기 직류 신호를 출력하는 기준직류발생기와, 상기 교류 신호를 출력하는 교류 신호 발생기를 포함하며,

상기 기준직류발생기는 기준전압발생기 또는 기준전류발생기 중 어느 하나인 충전기.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 컨버터는 상기배터리의 충전이 완료되면 상기 섭동전압을 상기배터리에 인가하여 상기 디지털 신호 프로세서에서 출력 응답을 측정하도록 유도하는 충전기.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 컨버터는 상기배터리 충전 시 정전류/정전압 모드로 충전할 수 있고,

상기 정전압 모드에서 정전류 모드로 전환되는 시점에서 상기배터리에 상기 섭동 전류를 인가하는 충전기.

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 디지털 신호 프로세서는 파라미터 추출부를 포함하며,

상기 파라미터 추출부는 상기 디지털 록인 애플에 의해 추출된 임피던스 스펙트럼에 따른 상기배터리의 등가회로 모델을 선정하고,

상기 등가회로 모델의 파라미터를 추출하는 방식으로 상기 임피던스 파라미터를 추출하는 것인 충전기.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 디지털 신호 프로세서는 파라미터 분석부를 포함하며,

상기 파라미터 분석부는 상기배터리로부터 추출된 임피던스 파라미터와 미리 정해진 기준 파라미터를 비교하여 분석하는 충전기.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 디지털 신호 프로세서는 수명 추정부를 더 포함하며,

상기 수명 추정부는 상기 임피던스 파라미터와 상기 기준 파라미터의 크기의 차이에 비례하여 상기배터리의 수명의 낮은 것으로 판단하는 충전기.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기배터리의 수명에 따라 경고 신호를 출력하는 경고부를 더 포함하고,

상기 경고부는 상기배터리의 수명이 미리 정해진 기준치 이하이면 경고 신호를 출력하는 충전기.

청구항 10

배터리의 충전이 완료된 후 섭동전압을 인가하거나, 상기 배터리의 충전 모드가 정전류 모드에서 정전압 모드로 넘어가는 경계 시점에서 섭동전류를 인가하고,

상기 배터리로부터 출력되는 응답을 측정하여 임피던스 스펙트럼을 산출하고,

상기 임피던스 스펙트럼에 따라 등가회로를 선정하여 임피던스 파라미터를 추출하며,

상기 임피던스 파라미터를 미리 저장된 기준배터리의 임피던스 파라미터와 비교하여 상기 배터리의 수명을 추정하는 충전기의 제어방법

청구항 11

삭제

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기배터리의 임피던스 파라미터와 미리 저장된 기준배터리의 임피던스 파라미터의 차이에 비례하여 상기배터리의 수명이 낮은 것으로 추정하는 충전기의 제어방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기배터리의 수명이 미리 정해진 기준 수명 이하이면 경고 신호를 출력하는 것을 더 포함하는 충전기의 제어방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 배터리의 수명 및 이상 상태를 진단할 수 있는 충전기 및 그 제어방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 배터리는 화학적 에너지를 전기적으로 바꿔주는 방전과, 전기적 에너지를 화학적 에너지로 바꿔주는 충전의 사이클을 거친다. 가장 보편적인 배터리는 갈바니 전지의 응용인 납축전지로서 진한 황산 수용액에 납(Pb)과 이산화납(PbO₂)의 전극으로 구성되어 있으며, 오랜 기간 충전 및 방전 사이클을 거치는 동안 내부 활물질의 변화 및 자가 방전을 포함한 여러 가지 형태 노화현상으로 인해 배터리의 수명이 단축된다.

[0003] 한편, 상술한 배터리는 충전기를 통해 주기적으로 전력을 충전한다. 이러한 충전기는 일반적으로 배터리의 충전 기능 외에 배터리의 상태를 진단할 수 있는 기능을 구비하지 않는다. 이에 따라, 사용자가 배터리 이용 시 배터리의 수명을 알 수 없어 갑작스럽게 배터리의 수명이 다하는 것에 의해 발생하는 시스템의 동작 불능 상태나 고장 징조 등을 사전에 감지할 수 없어 시스템의 신뢰성이 낮아지게 된다.

선행기술문헌

특허문헌

- (특허문헌 0001) 일본공개특허 제2010-281588호
- (특허문헌 0002) 일본공개특허 제2004-264076호
- (특허문헌 0003) 한국공개특허 제2011-0124204호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 일측면은 배터리의 충전 시 배터리의 수명을 진단하여 사용자에게 알릴 수 있는 충전기 및 그 제어방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0005] 이를 위한 본 발명의 일실시예에 의한 충전기는 배터리에 섭동전압 또는 섭동전류를 인가하는 컨버터; 및 상기 컨버터로 직류 신호에 교류 신호를 부가시킨 섭동 신호를 전달하고, 상기 배터리의 출력 응답을 측정하며, 상기 배터리의 출력 응답에 따라 임피던스 스펙트럼을 산출하며, 상기 임피던스 스펙트럼에 따라 등가회로를 선정하여 임피던스 파라미터를 산출하며, 상기배터리의 산출된 임피던스 파라미터와 미리 정해진 기준배터리의 임피던스 파라미터를 비교하여 상기배터리의 수명을 추정하는 디지털 신호 프로세서를 포함할 수 있다.
- [0006] 상기 디지털 신호 프로세서는 상기 직류 신호를 출력하는 기준직류발생기와, 상기 교류 신호를 출력하는 교류 신호 발생기를 포함하며, 상기 기준직류발생기는 기준전압발생기 또는 기준전류발생기 중 어느 하나일 수 있다.
- [0007] 상기 컨버터는 상기배터리의 충전이 완료되면 상기 섭동전압을 상기배터리에 인가하여 상기 디지털 신호 프로세서에서 출력 응답을 측정하도록 유도할 수 있다.
- [0008] 상기 컨버터는 상기배터리 충전 시 정전류/정전압 모드로 충전할 수 있고, 상기 정전압 모드에서 정전류 모드로 전환되는 시점에서 상기배터리에 상기 섭동 전류를 인가할 수 있다.
- [0009] 상기 디지털 신호 프로세서는 디지털 록인 앰프를 포함하며, 상기 디지털 록인 앰프는 상기배터리의 출력 응답으로 임피던스 스펙트럼을 산출할 수 있다.
- [0010] 상기 디지털 신호 프로세서는 파라미터 추출부를 포함하며, 상기 파라미터 추출부는 상기 디지털 록인 앰프에 의해 추출된 임피던스 스펙트럼에 따른 상기배터리의 등가회로 모델을 선정하고, 상기 등가회로 모델의 파라미터를 추출하는 방식으로 상기 임피던스 파라미터를 추출할 수 있다.
- [0011] 상기 디지털 신호 프로세서는 파라미터 분석부를 포함하며, 상기 파라미터 분석부는 상기배터리로부터 추출된 임피던스 파라미터와 미리 정해진 기준 파라미터를 비교하여 분석할 수 있다.
- [0012] 상기 디지털 신호 프로세서는 수명 추정부를 더 포함하며, 상기 수명 추정부는 상기 임피던스 파라미터와 상기 기준 파라미터의 크기의 차이에 비례하여 상기배터리의 수명의 낮은 것으로 판단할 수 있다.
- [0013] 상기배터리의 수명에 따라 경고 신호를 출력하는 경고부를 더 포함하고, 상기 경고부는 상기배터리의 수명이 미리 정해진 기준치 이하이면 경고 신호를 출력할 수 있다.
- [0014] 그리고, 본 발명의 일실시예에 의한 충전기의 제어방법은배터리에 섭동전압 또는 섭동전류를 인가하고, 상기배

터리로부터 출력되는 응답을 측정하여 임피던스 스펙트럼을 산출하고, 상기 임피던스 스펙트럼에 따라 등가회로를 선정하여 임피던스 파라미터를 추출하며, 상기 임피던스 파라미터를 미리 저장된 기준배터리의 임피던스 파라미터와 비교하여 상기배터리의 수명을 추정할 수 있다.

[0015] 상기배터리에 섭동전압 또는 섭동전류를 인가하는 것은, 상기배터리의 충전이 완료된 후 상기 섭동전압을 인가하거나, 상기배터리의 충전 모드가 정전류 모드에서 정전압 모드로 넘어가는 경계 시점에서 상기 섭동 전류를 인가할 수 있다.

[0016] 상기배터리의 임피던스 파라미터와 미리 저장된 기준배터리의 임피던스 파라미터의 차이에 비례하여 상기배터리의 수명이 낮은 것으로 추정할 수 있다.

[0017] 상기배터리의 수명이 미리 정해진 기준 수명 이하이면 경고 신호를 출력하는 것을 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 상술한 본 발명의 일측면에 의하면, 배터리의 수명을 미리 진단하여 갑작스런 고장 정조 등을 사전에 감지할 수 있고, 배터리의 고장으로 인한 사후 처리 및 관리 비용을 감소시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1a는 본 발명의 일실시예에 의한 충전기의 개략적인 제어 블록도

도 1b는 본 발명의 다른 실시예에 의한 충전기의 개략적인 제어 블록도

도 2a는 배터리에 섭동 전압을 인가하여 전류응답을 출력하는 것을 표현하기 위한 개념도

도 2b는 배터리에 섭동 전류를 인가하여 전압 응답을 출력하는 것을 표현하기 위한 개념도

도 3은 본 발명의 일실시예에 의한 충전기의 충전 방식을 설명하기 위한 도면

도 4a 및 도 4b는 본 발명의 일실시예에 의한 충전기의 충전 완료 후 또는 충전 중 임피던스 분광학에 의해 배터리의 수명을 추정하는 단계를 설명하기 위한 도면

도 5는 본 발명의 일실시예에 의한 충전기의 배터리의 등가회로를 도시한 도면

도 6은 본 발명의 일실시예에 의한 충전기의 제어흐름도

도 7은 본 발명의 일실시예에 의한 충전기의 제어흐름도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 사용하기로 한다.

[0021] 도 1a는 본 발명의 일실시예에 의한 충전기의 개략적인 제어 블록도이며, 도 1b는 본 발명의 다른 실시예에 의한 충전기의 개략적인 제어 블록도며, 도 2a는 배터리에 섭동 전압을 인가하여 전류응답을 출력하는 것을 표현하기 위한 개념도이며, 도 2b는 배터리에 섭동 전류를 인가하여 전압 응답을 출력하는 것을 표현하기 위한 개념도이며, 도 3은 본 발명의 일실시예에 의한 충전기의 충전 방식을 설명하기 위한 도면이며, 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 일실시예에 의한 충전기의 충전 완료 후 또는 충전 중 임피던스 분광학에 의해 배터리의 수명을 추정하는 단계를 설명하기 위한 도면이며, 도 5는 본 발명의 일실시예에 의한 충전기의 배터리의 등가회로를 도시한 도면이다.

[0022] 도 1a를 참조하면, 충전기(1)는 변압기(T), 정류기(RCT), 컨버터(CNV) 및 디지털 신호 프로세서(DSP)를 포함하며, 배터리(2)가 결합되어 충전될 수 있다.

[0023] 변압기(T)의 제1코일은 제1터미널(N1)과 제2터미널(N2) 사이에 연결되어 있는데, 그 사이에 예를 들면, 230V의 콘센트 전압(Grid)이 연결될 수 있다. 변압기(T)의 제2코일은 상대적으로 낮은 AC전압을 정류기(RCT)에 공급할

수 있다.

[0024] 정류기(RCT)는 입력 터미널(10)과 컨버터(CNV)의 레퍼런스 터미널(GND) 양단에 입력 전압을 공급한다. 입력 전압을 평활(smoothing)하게 하기 위한 평활 커패시터는(C_{in})는 입력 터미널(10)과 레퍼런스 터미널(GND) 사이에 연결된다.

[0025] 컨버터(CNV)는 디지털 신호 프로세서(100)의 제어에 의해 작동할 수 있는 적어도 하나의 스위칭 수단을 구비할 수 있다. 컨버터(CNV)는 후술하는 디지털 신호 프로세서(100)의 제어 신호에 따라 배터리(2)에 충전 전압 또는 충전 전류를 인가하거나, 섭동 전압(Perturbation Voltage) 또는 섭동 전류(Perturbation Current)를 인가하여 배터리(2)의 출력 응답을 유도할 수 있다.

[0026] 배터리(2)는 내부 저항(R_b) 및 내부커패시터(C_b)를 가지며, 출력 터미널(20)과 레퍼런스 터미널(GND) 사이에 위치할 수 있다. 배터리(2)는 Pb-납 어큐플레이터, NiCd-니켈-카드뮴-어큐플레이터, NiH2-니켈-수소-어큐플레이터, NiMH-니켈-메탈하이브리드-어큐플레이터, Li-이온-Li-리튬-이온-어큐플레이터, LiPo-리튬-폴리머-어큐플레이터, LiFe-리튬-메탈-어큐플레이터, Li-Mn-리튬-망간-어큐플레이터, LiFePO4-리튬-철-포스페이트-어큐플레이터, LiTi-리튬-티타네이트-어큐플레이터, RAM-재충전 알칼리 망간, Ni-Fe-니켈-철-어큐플레이터, Na/NiCl-나트륨-니켈클로라이드-고온배터리(2)-배터리(2), SCiB-슈퍼 차지 이온 배터리(2)(Super Charge Ion Battery), 은-아연-어큐플레이터, 실리콘-어큐플레이터, 바나듐-Redox-어큐플레이터 및/또는 아연-브롬-어큐플레이터 타입의 배터리(2) 셀이 사용될 수 있다. 특히, 납/산, 니켈-카드뮴, 니켈-메탈-하이브리드 및/또는 나트륨/나트륨니켈클로라이드-셀 타입의 배터리(2) 셀이 사용될 수 있다. 다만, Pb-납 어큐플레이터 타입의 배터리(2) 셀이 사용되는 것이 바람직하며, 상술한 배터리 타입 외에 모든 타입의 배터리가 본 발명의 실시예에 적용될 수 있음은 물론이다.

[0027] 디지털 신호 프로세서(100)는 섭동신호 발생부(110), 제어기(120), 전류/전압 검출부(130), 디지털 록인 앰프(140), 메모리(150), 파라미터 추출부(160), 파라미터 분석부(170), 수명 추정부(180) 및 경고부(190)를 포함할 수 있다.

[0028] 섭동 신호 발생부(110)는 기준직류발생기(111)와, 교류 신호 발생기(113)를 포함할 수 있다. 기준직류발생기(111)를 통해 출력되는 직류 신호에 교류 신호 발생기(113)를 통해 발생되는 사인파 형태의 신호가 더해져 섭동 신호로 컨버터(CNV)에 인가되고, 컨버터(CNV)는 섭동 신호에 따라 섭동 전압을 배터리(2)에 인가한다. 컨버터(CNV)는 섭동 전압(Voltage Perturbation) 즉, DC에 섭동 성분이 중첩된 섭동 전압을 배터리(2)에 인가하여, 배터리(2)의 전류 응답 출력을 유도할 수 있다. 도 2a를 참조하면, 섭동신호 발생부(110)의 섭동 신호에 따라 컨버터(CNV)를 통해 인가된 섭동 전압($V(f)$)과 응답 전류($I(f)$)에 따라 주파수 f 에서 임피던스는 다음 수식 1과 같이 결정된다.

[0029] 수식 1

$$Z(f) = \frac{V(f)}{I(f)}$$

[0030]

[0031] 제어기(120)는 전류 제어기(121), 전압 제어기(123) 및 제어기 선택부(125)를 포함할 수 있다.

[0032] 전류 제어기(121)는 정전류 충전 시 배터리(2)에 허용범위를 초과하는 입력전류가 공급되지 않도록 전류 컨트롤 신호를 생성한다. 전압 제어기(123)는 정전압 충전 시 배터리(2)에 허용범위를 초과하는 입력전압이 공급되지 않도록 전압 컨트롤 신호를 생성한다.

[0033] 제어기 선택부(125)는 정전류 충전 시 전류 제어기(121)를 선택하여 컨버터(CNV)에 전류 컨트롤 신호가 입력될 수 있도록 하며, 정전압 충전 시 전압 제어기(123)를 선택하여 전압 컨트롤 신호가 입력될 수 있도록 한다. 도 3을 참조하면, 본 발명의 일측면에 의한 충전기(1)는 정전류/정전압(CC/CV) 충전 방식을 사용하여 충전을 진행하게 된다. 정전류/정전압(CC/CV) 충전 방식은 일정한 전류로 충전을 하여 배터리(2) 전압이 일정 수치에 도달하면, 정전압으로 충전하면서 충전 전류가 서서히 줄어들어 미세전류가 될 때 완전 충전으로 되는 충전 방식이

다. 제어기 선택부(125)는 충전 방식에 따라 전류 제어기(121)와 전압 제어기(123)를 선택하여 배터리(2)를 충전시킬 수 있다.

한편, 배터리(2)의 임피던스 측정이 진행되는 동안 섭동 전압이 왜곡되지 않도록 하기 위해 크로스오버 주파수의 선택이 매우 중요하다. 배터리(2)의 임피던스의 측정은 주파수 범위 $\leq 100 \text{ Hz}$, $\leq 10 \text{ Hz}$, $\leq 1 \text{ Hz}$ 에 걸쳐 기록될 수 있으며, 본 발명의 실시예에서는 $0.1\text{Hz} \sim 1 \text{ kHz}$ 사이에서 측정되는 것이 바람직하다. 이에 따라, 충전기(1)의 페루프 시스템의 대역폭은 가장 높은 측정 주파수보다 10배 이상 높게 설정될 수 있다. 도 1의 전달함수는 다음 수식 2 및 수식 3과 같다. 수식 2는 배터리(2)단의 출력 전압의 전달함수이며, 수식 3은 인덕터를 통해 배터리(2)에 입력되는 전류의 전달함수이다.

수식 2

$$G_{vd} = \frac{V_{bus} \times (R_b C_b s + 1)}{s^3 L R_b C_b C_{out} + s^2 L (C_b + C_{out}) + s R_b C_b + 1}$$

수식 3

$$G_{id} = \frac{V_{bus} \times [C_{out} C_b R_b s^2 + (C_b + C_{out}) s]}{s^3 L R_b C_b C_{out} + s^2 L (C_b + C_{out}) + s C_b R_b + 1}$$

상술한 수식 2의 관점에서, 전압 루프의 대역폭은 10 kHz 로 선택될 수 있다. 그리고, 전류 제어기(121)의 관점에서, 페루프 시스템의 대역폭은 일예로 스위칭 주파수의 $1/20$ 인 3 kHz 가 선택될 수 있다.

전압 제어기(123)의 전달함수와 전류 제어기(121)의 전달함수는 예를 들어, 다음과 같은 한정에 의해 수식 4와 같이 설정될 수 있다.

$$V_{bus} = 30.0[\text{V}], D = 0.48, L = 160.0[\mu\text{H}], C_{out} = 10.0[\mu\text{F}], C_b = 90000.0 [\text{F}], R_b = 30.0[\text{m}\Omega]$$

다만, 다음 수식 4는 일예를 나타낸 것이며, 본 발명의 실시예를 제한하는 것은 아니다.

수식 4

$$G_{pi_c}(s) = \frac{0.129s + 650.6}{s} \text{ and } G_{pi_v}(s) = \frac{12.73s + 214400}{s}$$

전류/전압 검출부(130)는 배터리(2)의 전압 및 전류를 검출할 수 있다. 전류/전압 검출부(130)는 컨버터(CNV)가 디지털 신호 프로세서(100)에 의한 신호에 의해 배터리(2)로부터 유도한 주파수별 전류 및 전압을 검출할 수 있다.

[0046] 디지털 록인 앰프(140)는 전류/전압 검출부(130)에 의해 검출된 주파수별 전류 및 전압값의 임피던스 스펙트럼을 산출할 수 있다. 디지털 록인 앰프(140)가 수신한 ac 신호는 다음 수식 5와 같이 나타낼 수 있다.

[0047] 수식 5

$$X[n] = A \sin\left(2\pi \frac{f}{f_s} n + \theta\right) + \sum A_{ne} \sin\left(2\pi \frac{f_{ne}}{f_s} n + \theta_{ne}\right)$$

[0048]

[0049] 디지털 록인 앰프(140)는 탐지된 신호 $X[n]$ 에 동상(in-phase) 신호(C_n)와, 직각위상(quadrature-phase) 신호(S_n)를 곱하여 다음 수식 6 및 수식 7과 같은 결과를 얻을 수 있다.

[0050] 수식 6

$$\begin{aligned} I[n] &= [X(n) \times C_n] \\ &= \left[A \sin\left(2\pi \frac{f}{f_s} n + \theta\right) + \sum A_{ne} \sin\left(2\pi \frac{f_{ne}}{f_s} n + \theta_{ne}\right) \right] \times \cos\left(2\pi \frac{f}{f_s} n\right) \\ &= \frac{A}{2} \cos(\theta) + AC \text{ component} \end{aligned}$$

[0051]

[0052] 수식 7

$$\begin{aligned} Q[n] &= [X(n) \times S_n] \\ &= \left[A \sin\left(2\pi \frac{f}{f_s} n + \theta\right) + \sum A_{ne} \sin\left(2\pi \frac{f_{ne}}{f_s} n + \theta_{ne}\right) \right] \times \sin\left(2\pi \frac{f}{f_s} n\right) \\ &= \frac{A}{2} \sin(\theta) + AC \text{ component} \end{aligned}$$

[0053]

[0054] 디지털 록인 앰프(140)는 수식 6 및 수식 7의 AC 성분을 필터링함에 의해, 수식 8 및 수식 9와 같이 진폭(Magnitude) 및 위상(Phase)을 구할 수 있다.

[0055] 수식 8

$$x = 2 \times I[n] \approx A \cos(\theta) ; \quad y = 2 \times Q[n] \approx A \sin(\theta)$$

[0056]

[0057] 수식 9

$$M = \sqrt{x^2 + y^2} = A ; \quad Ph = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) = \theta$$

[0059] 메모리(150)는 디지털 록인 앰프(140)에 의해 산출된 임피던스 스펙트럼을 저장한다.

[0060] 파라미터 추출부(160)는 디지털 록인 앰프(140)에 의해 추출된 임피던스 스펙트럼에 따른 배터리(2)의 등가회로 모델을 선정한다. 등가회로 모델은 공지된 랜들 등가 회로(Randles equivalent circuit)에 의해 모델링될 수 있다. 도 3을 참조하면, 등가회로는 2개의 저항(R_s , R_p)과 1개의 커패시터(C_{dl})로 구성될 수 있다. 파라미터 추출부(160)는 배터리(2) 등가회로의 임피던스를 다음 수식으로 계산할 수 있다.

[0061] 수식 10

$$Z(\omega) = \left[\frac{R_s \left\{ 1 + (\omega C_{dl} R_p)^2 \right\} + R_p}{1 + (\omega C_{dl} R_p)^2} \right] + j \left[\frac{-\omega C_{dl} (R_p)^2}{1 + (\omega C_{dl} R_p)^2} \right]$$

[0063] 파라미터 추출부(160)는 공지된 복소 비선형 최소 자승 피팅법(The complex nonlinear least-squares fitting)을 사용하여 배터리(2)의 파라미터를 산출할 수 있다.

[0064] 파라미터 추출부(160)는 복소 임피던스 Z 를 수식 11처럼 각주파수 함수로 변환할 수 있다.

[0065] 수식 11

$$\bar{Z} = f(\omega ; \theta_i); \quad \theta_i = R_s, R_p, C_{dl}$$

[0067] 파라미터 R_s , R_p , C_{dl} 는 다음과 같은 함수 ' Φ '를 최소화함에 의해 산출될 수 있다.

[0068] 수식 12

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \left[\text{Re}(y_i - Z_i)^2 + \text{Im}(y_i - Z_i)^2 \right]$$

[0070] 여기서, y_i 는 실제 측정 데이터이고, $Z(\omega)$ 는 등가모델에 의해 계산된 임피던스이다. 함수 ' Φ '는 수식 13처럼

셋팅함에 의해 최소화될 수 있다.

수식 13

$$\partial \Phi / \partial \theta_i = 0; \quad \theta_i = R_s, R_p, C_{dl}$$

이 때, 산출된 함수가 변화($\Delta \theta$)를 가진다면, 임피던스의 새로운 값은 수식 14와 같은 테일러 시리즈(Taylor series expansion)에 의해 획득될 수 있다.

수식 14

$$Z(\omega)_{j+1} = Z(\omega)_j + \frac{\partial Z(\omega)_j}{\partial R_s} \Delta R_s + \frac{\partial Z(\omega)_j}{\partial R_p} \Delta R_p + \frac{\partial Z(\omega)_j}{\partial C_{dl}} \Delta C_{dl}$$

여기서, ΔR_s , ΔR_p , ΔC_{dl} 는 수식 12 및 수식 14에 의해 계산될 수 있다. 결과적으로, R_s , R_p , C_{dl} 는 ΔR_s , ΔR_p , ΔC_{dl} 에 의해 업데이트될 수 있다. 상술한 계산은 함수 'Φ' 배터리(2)의 등가 모델 파라미터의 최적의 산출값을 획득하기 위해서 일정 제한(예를 들면, 10^{-6})에 수렴할 때까지 계속 수행될 수 있다.

파라미터 분석부(170)는 상술한 과정에 의해 추출한 임피던스 파라미터와 기준 파라미터를 비교하여 분석할 수 있다. 파라미터 분석부(170)는 추출한 임피던스 파라미터와 상응하는 기준치를 비교 분석할 수 있다. 상술한 임피던스 파라미터는 R_s , R_p , C_{dl} 등이 될 수 있다.

수명 추정부(180)는 파라미터 분석부(170)에 의해 비교 분석된 임피던스 파라미터와 기준 파라미터의 비교 결과에 따라 배터리(2)의 수명을 추정할 수 있다. 수명 추정부(180)는 배터리(2)의 임피던스 파라미터와 상응하는 기준치(기준 배터리(2)의 임피던스 파라미터)의 비교에 의해 검출될 수 있다. 배터리(2)의 임피던스 파라미터가 상응하는 기준치와 편차를 나타내거나 또는 편차를 나타내지 않으면, 관련 배터리(2)에 하나의 수명 상태가 할당될 수 있다. 예컨대, 배터리(2)의 임피던스가 저주파수의 범위에서 기준치보다 높으면, 배터리(2)의 에이징 상태가 기준치를 초과하지 않는 임피던스 값을 가진 배터리(2)의 에이징 상태보다 나쁘다. 배터리(2)의 에이징 상태는 산출된 임피던스 파라미터와 기준치 사이의 편차의 크기와 상관 관계가 있다. 산출된 임피던스 파라미터와 기준치 사이의 편차의 크기가 커지면 배터리(2)의 수명이 줄어드는 상태로 판단할 수 있고, 편차가 작으면 배터리(2)의 수명이 양호한 상태인 것으로 판단할 수 있다.

경고부(190)는 수명 추정부(180)에 의해 추정된 배터리(2)의 수명이 미리 정해진 기준치 이하이면 외부로 경고 신호를 출력할 수 있다. 경고 신호는 음성 신호를 출력하거나, 외부 디스플레이로 그 상태를 표시하는 방식으로 출력될 수 있다.

도 1b를 참조하면, 충전기(1)는 변압기(T), 정류기(RCT), 컨버터(CNV) 및 디지털 신호 프로세서(100)를 포함하며, 배터리(2)가 결합되어 충전될 수 있다. 다만, 도 1a와 비교 시 디지털 신호 프로세서(100)에 포함되는 섭동 신호 발생부(110)의 차이가 있다.

도 1a의 섭동 신호 발생부(110)는 기준직류발생기(111)가 기준직류전압원으로 이루어져서 섭동신호를 전압으로 출력하는 반면에, 도 1b의 섭동 신호 발생부(110a)는 기준직류발생기(111)가 기준직류전류원으로 이루어져 섭동신호가 전류로 출력된다.

[0082] 그리고, 도 1b의 컨버터(CNV)를 통해 배터리(2)에 섭동 전류가 인가되는 시점은 CC 모드가 끝나고 CV 모드가 시작되는 경계 시점일 때이다. 도 4b를 참조하면, CC Mode와 CV Mode의 경계 시점에서 배터리(2)에 섭동 전류가 인가되어 그 출력 응답을 유도하는 것을 알 수 있다. 즉, 배터리(2)가 충전이 끝나지 않은 상태에서, 배터리(2)에 섭동 전류를 인가하여 응답 전압을 출력하여 임피던스를 산출할 수 있다. 도 2b를 참조하면, 섭동신호 발생부(110a)의 섭동 신호에 따라 컨버터(CNV)를 통해 인가된 섭동 전압(V(f))과 응답 전류(I(f))에 따라 주파수 f에서 임피던스는 다음 수식 15와 같이 결정된다.

[0083] 수식 15

$$Z(f) = \frac{V(f)}{I(f)}$$

[0084]

[0085] 한편, 상술한 것 외에 도 1b의 다른 구성은 도 1a에 설명한 구성과 그 동작이 동일하므로 그 설명은 도 1a의 설명으로 대체하기로 한다.

[0086] 그리고, 상술한 도 1a 및 도 1b의 실시예는 저주파 변압기를 이용한 충전기를 사용하였지만, 고주파 변압기를 이용한 충전기에도 본 발명의 실시예가 적용될 수 있음은 물론이다.

[0087] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 의한 충전기의 제어흐름도이다.

[0088] 충전기(1)는 배터리(2) 장착 후 소정의 조작에 따라 배터리(2) 충전 동작을 시작한다. 디지털 신호 프로세서(100)는 배터리(2) 충전이 완료되면 섭동 신호를 발생시켜 컨버터(CNV)에 전송한다.(200,210,220)

[0089] 컨버터(CNV)는 섭동 신호가 인가되면 해당 신호에 따른 섭동 전압을 배터리(2)에 인가한다. 배터리(2)는 섭동 전압에 따른 전류 응답을 출력한다.(230,240)

[0090] 디지털 록인 앰프(140)는 배터리(2)의 출력 응답에 따라 임피던스 스펙트럼을 산출한다.(250)

[0091] 파라미터 추출부(160)는 산출된 임피던스 스펙트럼에 따라 등가회로를 산출하고, 등가회로를 통해 임피던스 파라미터를 추출한다.(260)

[0092] 파라미터 분석부(170)는 추출된 임피던스 파라미터와 미리 저장된 건전한 배터리(2)의 임피던스 파라미터를 비교하여 분석한다. 수명 추정부(180)는 파라미터 분석부(170)를 통해 분석된 결과에 따라 배터리(2)의 수명을 추정한다.(270)

[0093] 경고부(190)는 배터리(2)의 수명이 미리 정해진 기준치 이하이면 경고 신호를 발생하고, 배터리(2)의 수명이 미리 정해진 기준치 이하가 아니면 동작을 종료한다. 다만, 경고부(190)는 배터리(2)의 추정 수명을 구체적으로 미도시된 디스플레이를 통해 도시할 수 있음은 물론이다.(280)

[0094] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 의한 충전기의 제어흐름도이다.

[0095] 충전기(1)는 배터리(2) 장착 후 소정의 조작에 따라 배터리(2) 충전 동작을 시작한다. 디지털 신호 프로세서(100)는 배터리(2) 충전 중 CC 모드에서 CV 모드로 전환되는 시점을 확인하고, 그 시점에 섭동 신호를 발생시켜 컨버터(CNV)에 전송할 수 있다.(300,310,320)

[0096] 컨버터(CNV)는 섭동 신호가 인가되면 해당 신호에 따른 섭동 전류를 배터리(2)에 인가한다. 배터리(2)는 섭동 전류에 따른 전압 응답을 출력한다.(330,340)

[0097] 디지털 록인 앰프(140)는 배터리(2)의 출력 응답에 따라 임피던스 스펙트럼을 산출한다.(350)

[0098] 파라미터 추출부(160)는 산출된 임피던스 스펙트럼에 따라 등가회로를 선정하고, 등가회로를 통해 임피던스 파라미터를 추출한다.(360)

[0099] 파라미터 분석부(170)는 추출된 임피던스 파라미터와 미리 저장된 건전한 배터리(2)의 임피던스 파라미터를 비

교하여 분석한다. 수명 추정부(180)는 파라미터 분석부(170)를 통해 분석된 결과에 따라 배터리(2)의 수명을 추정한다. (370)

[0100]

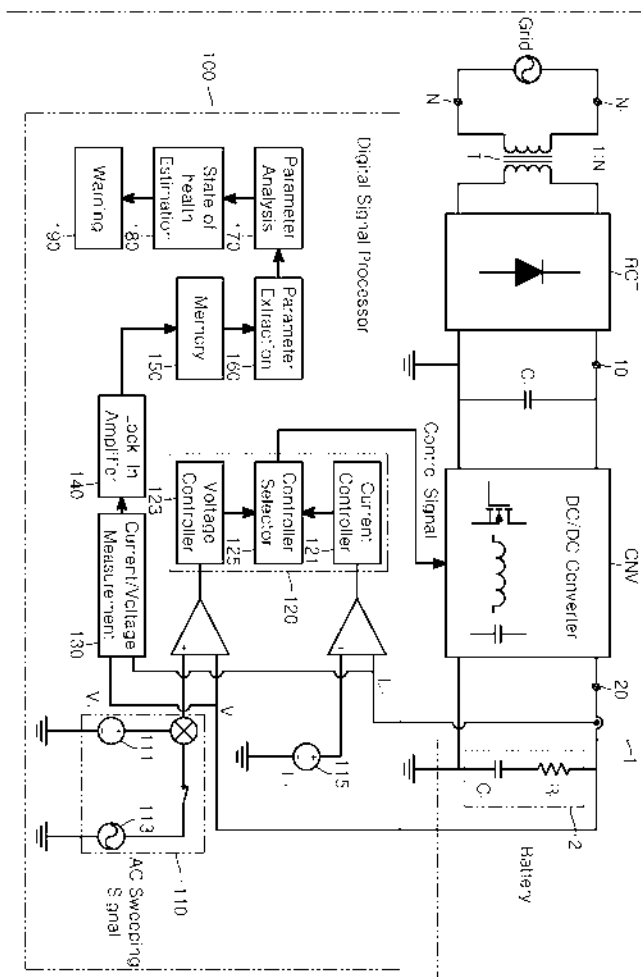
경고부(190)는 배터리(2)의 수명이 미리 정해진 기준치 이하이면 경고 신호를 발생하고, 배터리(2)의 수명이 미리 정해진 기준치 이하가 아니면 동작을 종료한다. 다만, 경고부(190)는 배터리(2)의 추정 수명을 구체적으로 미도시된 디스플레이를 통해 도시할 수 도 있음은 물론이다. (380, 390)

[0101]

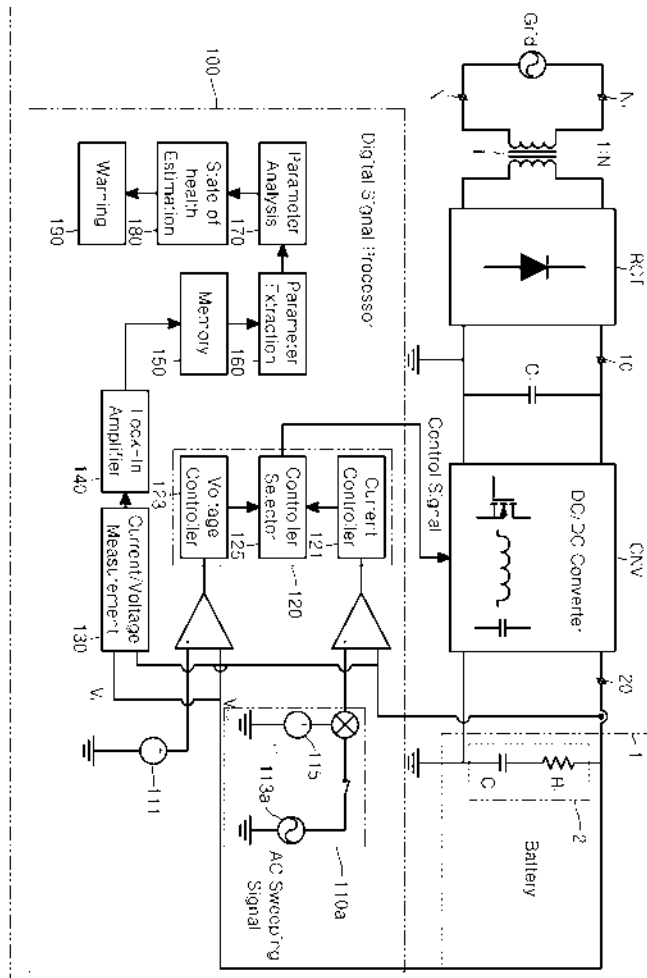
비록 본 발명이 상기에서 언급한 바람직한 실시예와 관련하여 설명되어졌지만, 본 발명의 요지와 범위로부터 벗어나지 않고 다른 다양한 수정 및 변형이 가능한 것은 당업자라면 용이하게 인식할 수 있을 것이며, 이러한 변경 및 수정은 모두 첨부된 특허청구범위의 범위에 속함은 자명하다.

도면

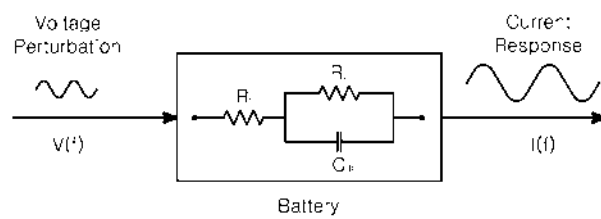
도면1a



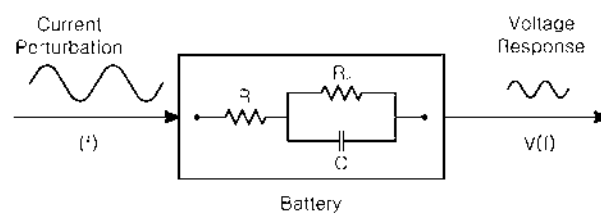
도면1b



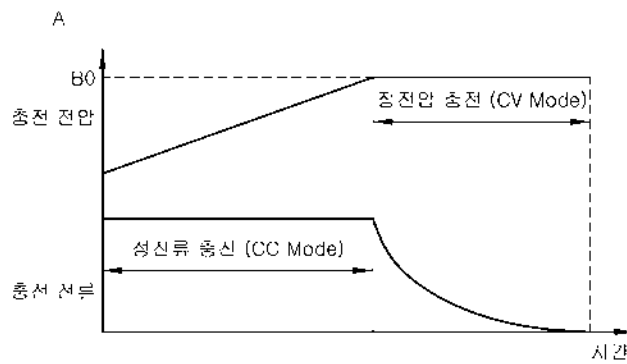
도면2a



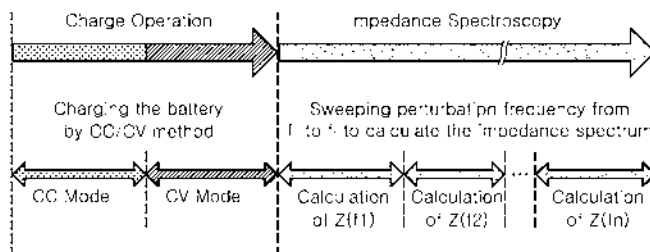
도면2b



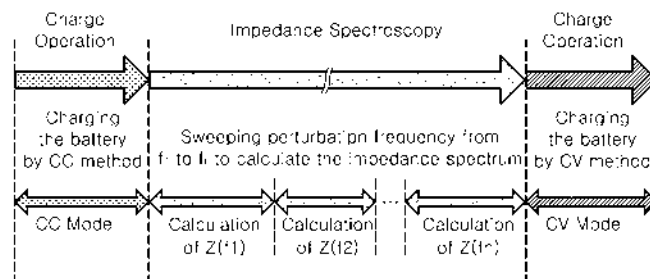
도면3



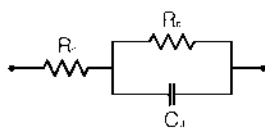
도면4a



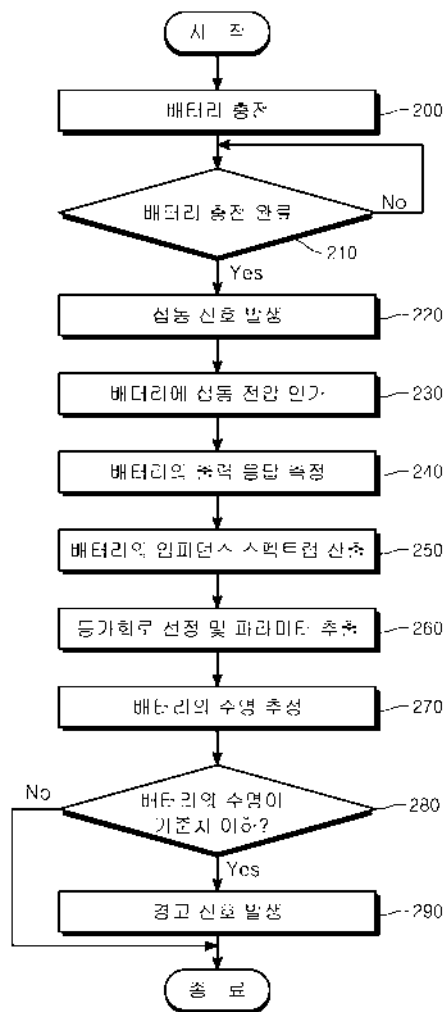
도면4b



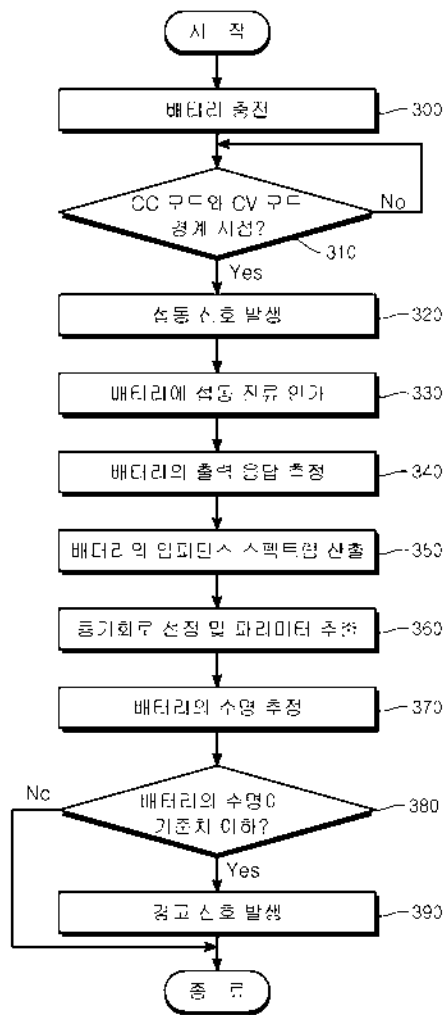
도면5



도면6



도면7





(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년07월26일
(11) 등록번호 10-1051017
(24) 등록일자 2011년07월15일

(51) Int. Cl.
G01R 31/01 (2006.01) G01R 27/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0113978
(22) 출원일자 2009년11월24일
심사청구일자 2009년11월24일
(65) 공개번호 10-2011-0047928
(43) 공개일자 2011년05월09일
(30) 우선권주장
1020090104148 2009년10월30일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
김상현 외 1명 "임피던스 분광법을 이용한 슈퍼커패시터 모듈의 동특성 모델 개발," 전력전자학회 2008년도 하계학술대회, pp. 295-297.

(73) 특허권자
승실대학교산학협력단
서울 동작구 상도동 511
(72) 발명자
최우진
서울특별시 동작구 상도1동 승실대학교 산학협력단
김상현
서울특별시 동작구 상도1동 승실대학교 산학협력단
(74) 대리인
특허법인 신성

전체 청구항 수 : 총 6 항

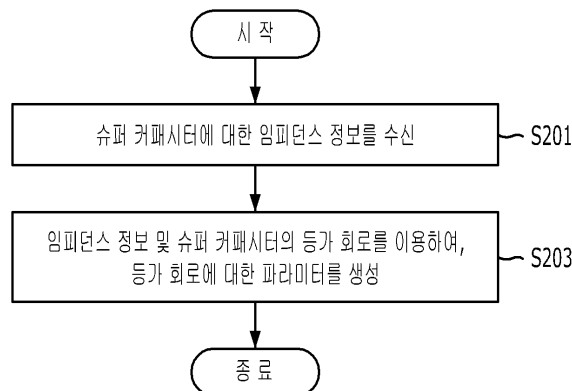
심사관 : 이재훈

(54) 슈퍼 커패시터 성능 평가 방법 및 슈퍼 커패시터 성능 평가를 위한 파라미터 측정 장치.

(57) 요약

슈퍼커패시터 성능 평가 방법 및 슈퍼커패시터 성능 평가를 위한 파라미터 측정 장치에 관한 기술이 개시된다. 이러한 기술에 따르면, 슈퍼커패시터에 대한 임피던스 정보를 입력 받는 단계; 및 상기 임피던스 정보 및 상기 슈퍼커패시터의 등가 회로를 이용하여, 상기 등가 회로에 대한 파라미터를 생성하는 단계를 포함하며, 상기 임피던스 정보는 기 설정된 복수의 주파수에서의 임피던스 값이며, 상기 파라미터는 상기 등가 회로의 등가 직렬 저항값 또는 전극 임피던스 값인 슈퍼커패시터 성능 평가 방법이 제공된다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

슈퍼커패시터에 대한 기 설정된 복수의 주파수에서의 임피던스 값을 포함하는 임피던스 정보를 입력받는 단계; 및

상기 임피던스 정보 및 상기 슈퍼커패시터의 등가 회로를 이용하여, 상기 등가 회로의 등가 직렬 저항값 또는 전극 임피던스 값을 포함하는 파라미터를 생성하는 단계를 포함하며,

상기 기 설정된 복수의 주파수는

상기 슈퍼커패시터의 특성 주파수로부터 기 설정된 범위 내에 존재하고, 상기 특성 주파수보다 높은 2개 이상의 제1샘플 주파수와, 상기 특성 주파수보다 낮은 2개 이상의 제2샘플주파수를 포함하며,

상기 파라미터를 생성하는 단계는

상기 제1샘플 주파수에 대한 임피던스 값을 이용하여 기 설정된 주파수 범위의 근사화된 제 1 임피던스 값을 생성하고, 제2샘플 주파수에 대한 임피던스 값을 이용하여 기 설정된 주파수 범위의 근사화된 제2임피던스 값을 생성하는 단계; 및

상기 제1임피던스 값을 이용하여 상기 등가 직렬 저항 값을 생성하고, 상기 제2임피던스 값을 이용하여 상기 전극 임피던스 값에 포함된 전극 저항 값을 생성하는 단계

를 포함하는 슈퍼커패시터 성능 평가 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 파라미터를 생성하는 단계는

상기 임피던스 정보를 상기 등가 회로에 커브 피팅하여 상기 파라미터를 생성하는

슈퍼커패시터 성능 평가 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 임피던스 정보는

전기 화학적 분광법에 의해 생성된 정보인

슈퍼커패시터 성능 평가 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 파라미터를 생성하는 단계는

상기 등가 직렬 저항 값, 상기 전극 저항 값 및 상기 근사화된 제2임피던스 값을 이용하여 상기 슈퍼커패시터의

정전용량을 생성하는

슈퍼커패시터 성능 평가 방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 제1 및 제2샘플 주파수에 대한 임피던스 값 각각은

중첩된 상기 제1 및 제2샘플 주파수에 대한 임피던스 값을 필터링하여 생성되는 임피던스 값인

슈퍼커패시터 성능 평가 방법.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 임피던스 정보를 입력받는 단계는

직렬로 연결된 복수의 슈퍼커패시터 각각에 대한 임피던스 정보를 입력받으며,

상기 파라미터를 생성하는 단계는

상기 복수의 슈퍼커패시터 각각에 대한 등가회로의 파라미터를 생성하는

슈퍼커패시터 성능 평가 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 슈퍼 커패시터 성능 평가 방법 및 슈퍼 커패시터 성능 평가를 위한 파라미터 측정 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 슈퍼커패시터(supercapacitor)는 전력밀도가 높고 사이클 수명이 길다. 이러한 슈퍼커패시터의 특성으로 인하여, 슈퍼커패시터는 신재생 에너지원의 동특성 보상이나 순간적인 고출력을 요구하는 응용 분야에 널리 사용되고 있다. 그리고 풍력발전, 전기자동차 및 철도, UPS 시스템과 같은 대용량의 시스템에서 슈퍼커패시터는 다수의 셀을 포함하는 모듈로 구성되어 사용된다.

[0003] 성능이 균일하지 않은 슈퍼커패시터가 모듈에 사용될 경우, 슈퍼커패시터 모듈의 성능이 최적화 될 수 없으며, 추후 슈퍼커패시터 모듈 사용 시에 슈퍼커패시터 모듈의 고장 원인이 될 수 있다. 따라서 슈퍼커패시터 생산 단계에서 불량한 슈퍼커패시터를 선별하여 배제시키고 균일한 성능을 갖는 슈퍼커패시터만을 출고하는 것이 매우 중요하다.

[0004] 슈퍼커패시터의 성능을 결정하는 대표적인 요인으로는 자연 방전률, 정전용량(capacitance) 및 등가직렬저항(ESR) 등이 있다. 슈퍼커패시터를 SOC(State of Charge) 100%까지 충전시키고, 이후 24시간정도 방치하면서 슈퍼커패시터의 단자전압을 측정하여 슈퍼커패시터의 자연 방전율을 측정할 수 있으며, IEC(International

Electrotechnical Commission) 62391-1 규정에 의거하여 SOC가 80%에서 40%가 되도록 슈퍼커패시터를 정전류 방전시키고, 정전류 방전에 인한 슈퍼커패시터의 전압변화 측정을 통해 슈퍼커패시터의 정전용량 값을 계산할 수 있다. 또한 중요한 평가요소 중 하나인 등가직렬저항의 경우, 계측기와 같은 별도의 장비를 이용함으로써 특정 주파수에서의 등가직렬저항 값을 측정할 수 있다.

[0005] 하지만 전술된 방법에 따라 슈퍼커패시터의 성능을 평가하는 경우, 평가 시간이 상당히 길고, 동시에 여러가지 성능 평가 요인을 구할 수 없기 때문에 슈퍼커패시터 생산성이 저하될 수 있는 문제가 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로서, 슈퍼커패시터 성능 측정에 대한 정확도를 유지하면서 보다 단시간에 슈퍼커패시터의 성능을 평가하기 위한 슈퍼커패시터 성능 평가 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0007] 또한 본 발명은 슈퍼커패시터 성능 평가에 따른 시간을 감소시킬 수 있는 슈퍼커패시터 성능 평가를 위한 파라미터 측정 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제 해결수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 슈퍼커패시터에 대한 임피던스 정보를 입력받는 단계; 및 상기 임피던스 정보 및 상기 슈퍼커패시터의 등가 회로를 이용하여, 상기 등가 회로에 대한 파라미터를 생성하는 단계를 포함하며, 상기 임피던스 정보는 기 설정된 복수의 주파수에서의 임피던스 값이며, 상기 파라미터는 상기 등가 회로의 등가 직렬 저항값 또는 전극 임피던스 값인 슈퍼커패시터 성능 평가 방법을 제공한다.

[0009] 또한 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 접동 전류가 유도되는 복수의 슈퍼커패시터를 이용하여, 상기 복수의 슈퍼커패시터 각각에 대한 전류 값 및 전압 값을 측정하는 측정부; 및 상기 측정된 전류 값 및 전압 값을 슈퍼커패시터 성능 평가 장치로 전송하는 전송부를 포함하며, 상기 슈퍼커패시터 성능 평가 장치는 상기 측정된 전류 값 및 전압 값을 이용하여, 복수의 슈퍼커패시터 각각에 대한 임피던스 정보를 생성하고, 상기 임피던스 정보 및 슈퍼커패시터의 등가 회로를 이용하여, 상기 등가 회로에 대한 등가 직렬 저항값 또는 전극 임피던스 값을 생성하는 슈퍼커패시터 성능 평가를 위한 파라미터 측정 장치를 제공한다.

효 과

[0010] 본 발명에 따르면, 슈퍼커패시터에 대한 임피던스 정보와 슈퍼커패시터에 대한 등가회로를 이용하여, 슈퍼커패시터 성능 측정에 대한 정확도를 유지하면서 보다 단시간에 슈퍼커패시터의 성능을 평가할 수 있다.

[0011] 또한 본 발명에 따르면, 복수의 슈퍼커패시터에 대한 전류 값 및 전압 값을 한번에 측정함으로써, 보다 단시간에 슈퍼커패시터 성능 평가에 필요한 파라미터를 측정할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0012] 이하 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명하기 위하여, 본 발명의 가장 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참조하여 설명하기로 한다. 상술한 목적, 특징 및 장점은 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이며, 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.

[0013] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 슈퍼커패시터 성능 평가 시스템(100)을 설명하기 위한 도면이다.

[0014] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 슈퍼커패시터 성능 평가 시스템(100)은 슈퍼커패시터(101), 임피던스

측정장치(103) 및 슈퍼커패시터 성능 평가장치(105)를 포함한다.

- [0015] 임피던스 측정장치(103)는 슈퍼커패시터(101)의 임피던스를 측정하는 장치로서, 예를 들어 전기화학적 임피던스 분광법(Electrochemical Impedance Spectroscopy)을 이용하여 슈퍼커패시터(101)의 임피던스를 측정할 수 있다. 전기화학적 임피던스 분광법(Electrochemical Impedance Spectroscopy)은 주파수가 다른 미소한 교류신호를 대상물질에 부여하여 임피던스를 계측하는 방법이다.
- [0016] 슈퍼커패시터 성능 평가장치(105)는 임피던스 측정장치(103)에 의해 측정된 임피던스 정보 및 슈퍼커패시터(101)의 등가회로를 이용하여 등가회로에 대한 파라미터를 생성한다.
- [0017] 슈퍼커패시터(101)의 물리적 특성을 반영하는 슈퍼커패시터(101)의 등가회로는 일반적으로 등가직렬저항과 슈퍼커패시터(101)의 전극 임피던스로 구성될 수 있다. 등가회로 및 임피던스는 슈퍼커패시터(101)의 물리적 특성을 반영하기 때문에, 슈퍼커패시터(101)의 임피던스 정보를 이용하여 등가회로의 등가직렬저항값 및 전극 임피던스값을 산출할 수 있다. 여기서, 파라미터는 등가회로의 등가직렬저항값 및 전극 임피던스값이다. 전극 임피던스는 전극의 CPE(Constant Phase Element)를 나타내는 것으로서, 등가회로의 파라미터를 통해 슈퍼커패시터(101)의 성능이 측정, 평가될 수 있다.
- [0018] 즉, 본 발명에 따른 슈퍼커패시터 성능 평가장치(105)는 슈퍼커패시터(101)의 제1임피던스 정보 및 슈퍼커패시터(101)의 등가회로를 이용하여, 슈퍼커패시터(101) 성능 측정 요인인 등가회로의 파라미터 값을 생성할 수 있다. 결국, 본 발명에 따르면, 슈퍼커패시터에 대한 충방전 및 자연방전 실험 등이 없이, 슈퍼커패시터의 성능을 평가할 수 있으므로 슈퍼커패시터 성능 측정에 소요되는 시간을 단축시킬 수 있으며, 슈퍼커패시터 생산 단계에서 불량한 슈퍼커패시터를 효과적으로 선별할 수 있음으로써 출하되는 제품의 불량률을 낮출 수 있다.
- [0019] 한편, 슈퍼커패시터 성능 평가장치(105)가 파라미터를 생성하기 위한 구체적인 방법은 도 3 내지 도 6에서 보다 자세히 설명하기로 한다.
- [0020] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 슈퍼커패시터 성능 평가 방법을 설명하기 위한 도면이다. 도 2에서는 도 1의 슈퍼커패시터 성능 평가장치(105)의 슈퍼커패시터 성능 평가방법이 일실시예로서 설명된다.
- [0021] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 슈퍼커패시터 성능 평가방법은 단계 S201로부터 시작된다.
- [0022] 단계 S201에서 슈퍼커패시터 성능 평가장치(105)는 슈퍼커패시터에 대한 임피던스 정보를 수신 즉, 입력받는다. 임피던스 정보는 기 설정된 복수의 주파수에서의 임피던스 값으로서, 도 1의 임피던스 측정장치(103)로부터 임피던스 정보를 입력받을 수 있다.
- [0023] 단계 S203에서 슈퍼 커패시터 성능 평가 장치(105)는 임피던스 정보 및 슈퍼커패시터의 등가 회로를 이용하여, 등가 회로에 대한 파라미터를 생성한다. 등가 회로에 대한 파라미터는 등가 회로의 등가 직렬 저항값 또는 전극 임피던스의 전극저항과 CPE 값으로서, 전술된 바와 같이, 등가 회로에 대한 파라미터는 슈퍼커패시터의 성능을 평가할 수 있는 요소이다.
- [0024] 본 발명에 따르면, 슈퍼커패시터 성능 평가를 위해 슈퍼커패시터를 장시간 동안 충방전시켜 정전용량을 측정하거나, 계측기를 이용하여 등가직렬저항 값을 측정하는 등의 실험없이, 슈퍼커패시터에 대한 임피던스 정보를 이용하여 등가회로의 파라미터를 추출하고 분석함으로써, 등가직렬저항에 의한 충방전 손실 및 자연 방전율을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 측정할 수 있다. 따라서 슈퍼커패시터 성능 평가에 소요되는 시간을 감소시킬 수 있다.
- [0025] 그리고 이 때, 생성되는 등가회로의 등가직렬저항 값 또는 전극 임피던스 값은 임피던스 정보와 등가회로를 이용함으로써 이하 도 3내지 도 6에서 후술되는 바와 같이, 측정 결과에 있어서 높은 정확도가 제공될 수 있다.
- [0026] 이하, 도 3 내지 도 6을 이용하여, 본 발명에 따른 구체적 실시예를 설명하기로 한다. 이하에서는 도 1의 슈퍼커패시터 성능 평가장치(105)가 2.7V 2600F 규격의 슈퍼커패시터의 성능을 평가하는 방법이 일실시예로서 설명된다.
- [0027] 먼저, 임피던스 정보는 기 설정된 복수의 주파수에서의 임피던스 값으로서, 전기 화학적 임피던스 분광법에 의해 임피던스 측정장치(103)에서 생성될 수 있다. 보다 구체적으로 측정대상인 슈퍼커패시터 양단에 Potentiostat 및 Bipolar Power Supply를 연결하여 슈퍼커패시터를 충방전하고, 슈퍼커패시터에 전압 섭동

(perturbation)을 인가할 수 있다. 이 때, 슈퍼커패시터에는 섭동 전류가 유도되며 기 설정된 복수의 주파수에서의 임피던스 값이 구해질 수 있다. 또한 이 때, 임피던스 측정장치(103)의 선형성 보장을 위해 인가된 섭동 전압의 크기는 슈퍼커패시터의 충전 전하량의 2%이하로 제한될 수 있다. Potentiostat 및 Bipolar Power Supply는 임피던스 측정장치(103)에 포함되거나 또는 별도의 장치로 구성될 수 있다.

[0028] 슈퍼커패시터 성능 평가장치(105)는 임피던스 측정장치(103)로부터 입력된 제1임피던스 정보를 도 3에 도시된 슈퍼커패시터 등가회로에 커브피팅하여 등가회로에 대한 파라미터를 생성할 수 있다. 도 3에서 R_s 는 등가직렬저항을 나타내며, Z_{pore} 는 전극 임피던스를 나타내며, 슈퍼커패시터 등가회로에 대한 전체 임피던스(Z_{SC})는 하기의 [수학식 1]과 같이 표현된다.

수학식 1

$$Z_{SC} = R_s + \sqrt{\frac{R_e}{(j\omega)^d Q_d}} \coth \sqrt{(j\omega)^d R_e Q_d}$$

[0029]

[0030] [수학식 1]에서 R_e 는 전극 임피던스(Z_{pore})에 포함된 전극 저항(R_e)이며, $1/(j\omega)^d Q_d$ 는 CPE(Constant Phase Element)이다. 여기서, 'd'는 0과 1사이의 유리수이며, 'd'에 따라 CPE는 저항과 정전용량 값을 포함할 수 있다.

[0031] 즉, 슈퍼커패시터 성능 평가장치(105)는 [수학식 1]을 사용하여 임피던스 정보를 등가회로에 커브피팅하여 등가회로에 대한 파라미터를 생성할 수 있다. 일반적으로 등가직렬저항(R_s) 값은 나이키스트 임피던스 스펙트럼에서 50Hz 근처에서 나타나며, 정전용량은 후술되는 [수학식 2]를 이용하여 각각의 주파수 별로 계산될 수 있으며, 0.01Hz 이하에서 큰 값으로 수렴한다.

[0032] 도 4 및 도 5는 종래의 슈퍼커패시터 성능 평가 방법과 본 발명에 따른 슈퍼커패시터 성능 평가 방법을 비교하기 위한 도면이다. 보다 구체적으로 도 4에서 실선은 슈퍼커패시터 충전 후 방전에 의한 자연 방전실험에 따른 결과를 나타내며, 빨간색 점선은 본 발명에 따른 평가 방법에서 얻어진 등가회로에 대한 파라미터를 이용하여 자연 방전률을 계산한 결과를 나타낸다. 그리고 도 5에서 실선은 슈퍼커패시터 충방전 실험에 따른 결과를 나타내며, 빨간색 점선은 본 발명에 따른 평가 방법에서 얻어진 등가회로에 대한 파라미터를 이용하여 얻어진 충방전 손실 결과를 나타낸다.

[0033] 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이, 실선과 빨간색 점선이 거의 일치하여 본 발명에 따른 슈퍼커패시터 성능 평가방법의 정확도가 종래 방법과 차이가 없음을 알 수 있다. 한편, 일반적인 정전류에 의한 슈퍼커패시터 방전실험은 SOC 80%~40%의 방전곡선으로 슈퍼커패시터의 정전용량을 계산하기 때문에 평균적으로 약 SOC 60%에서의 정전용량 값이 계산되게 된다. 따라서 도 4 및 도 5에서 이용된 임피던스 정보는 일실시예로서, 슈퍼커패시터의 SOC가 60%일 때 수행된 전기화학적 임피던스 분광법에 따른 임피던스 정보이다.

[0034] 전술된 바와 같이, 슈퍼커패시터 성능 평가장치(105)는 임피던스 정보를 등가회로에 커브 피팅을 통해 등가회로에 대한 파라미터를 생성할 수 있다. 이 때, 임피던스 정보 생성에 사용되는 기 설정된 주파수는 0.01Hz이하의 소정 구간의 저주파를 포함할 수 있다. 이하에서 설명되는 추가 실시예에 따르면 슈퍼커패시터의 특정 주파수로부터 기 설정된 범위내의 2개 이상의 특정 주파수에 대한 임피던스 정보만을 이용하여 기하학적인 방법으로 등가회로에 대한 파라미터를 생성한다. 저주파의 특성상 저주파 영역에서 임피던스 측정에는 상당한 시간이 필요하나 이하 설명되는 실시예는 2개 이상의 특정 주파수의 성분을 중첩시켜 한번에 인가하고 임피던스를 계산함으로써 슈퍼커패시터 성능을 평가할 수 있기 때문에 성능 평가 시간을 더욱 단축시킬 수 있다. 즉, 본 발명에 따르면, 중첩된 2개 이상의 특정 주파수의 성분을 통해 얻어진 임피던스를, 필터를 이용하여 주파수에 따라 필터링함으로써 주파수 각각에 대한 임피던스가 한번에 측정될 수 있다. 필터는 예를 들어, Digital Lock-in Amplifier가 사용될 수 있다.

- [0035] 도 6은 추가 실시예를 설명하기 위한 도면으로서, 슈퍼커패시터의 나이키스트 임피던스 스펙트럼과 추가 실시예에 따라 구해진 빨간색 직선이 함께 도시되어 있다.
- [0036] 도 6의 임피던스 스펙트럼에 따르면, 특성 주파수(슈퍼커패시터 다공성 전극의 임피던스 특성곡선과 CPE의 특성곡선이 교차하는 곳에서의 주파수, characteristic frequency)를 중심으로 고주파 영역에서 임피던스 값은 45° 정도의 점근선에 수렴하며, 저주파 영역에서 임피던스 값은 90° 정도의 점근선에 수렴함을 알 수 있다. 따라서 도 6의 실시예에 따른 슈퍼커패시터 성능 평가장치(105)는 슈퍼 커패시터의 특성 주파수로부터 기 설정된 주파수 범위 내에 존재하며, 특성 주파수보다 높은 2개 이상의 제1샘플 주파수 및 특성 주파수보다 낮은 2개 이상의 제2샘플 주파수에 대한 임피던스 정보를 이용하여, 등가회로에 대한 파라미터를 생성할 수 있다.
- [0037] 도 6에서는 2개의 제1샘플 주파수(H1, H2)가 및 2개의 제2샘플 주파수(L1, L2) 이용되고, 측정과 연산의 정밀도를 높이기 위해 4개의 주파수 중 가장 낮은 주파수는 다른 주파수의 공배수가 되는 경우가 일실시예로서 설명된다.
- [0038] 제1샘플 주파수(H1, H2) 및 제1샘플 주파수(H1, H2)에 대한 임피던스 값으로부터 얻어진 제1직선과 실수축의 교점은 임피던스 값 중 허수값을 포함하지 않는 등가직렬저항(R_s)을 나타낸다. 여기서, 제1직선은 제1샘플 주파수에 대한 임피던스 값을 이용하여 생성되는 직선을 나타낸다. 즉, 제1직선은 제1샘플 주파수에 대한 임피던스 값만을 이용하여 생성된 기 설정된 주파수 범위의 근사화된 임피던스 값일 수 있다.
- [0039] 그리고 제2샘플 주파수(L1, L2) 및 제2샘플 주파수(L1, L2)에 대한 임피던스 값으로부터 얻어진 제2직선과 실수축의 교점은 $R_s + R_e/3$ 를 나타낸다. 상기 [수학식1]에서 $\coth$ 함수를 테일러 급수로 전개하여 2번째 항까지 취할 경우, 실수 성분은 $R_s + R_e/3$ 가 될 수 있다. 여기서, 제2직선은 제2샘플 주파수에 대한 임피던스 값을 이용하여 생성되는 직선이며, 기 설정된 주파수 범위의 근사화된 임피던스 값일 수 있다. 즉, 제2직선은 제2샘플 주파수에 대한 임피던스 값을 이용하여 생성되는 근사화된 임피던스 값을 나타내며, 기 설정된 주파수 범위의 근사화된 임피던스 값일 수 있다. 제1샘플 주파수(H1, H2)를 이용해 등가직렬저항(R_s)을 구할 수 있으므로 전극 임피던스 값에 포함된 전극 저항 값(R_e)을 구할 수 있다.
- [0040] 그리고 제2샘플 주파수(L1, L2) 및 제2샘플 주파수(L1, L2)에 대한 임피던스 값으로부터 얻어진 제2직선과 90° 점근선과의 각도로부터 [수학식 1]의 'd'를 구할 수 있다. 그리고 가장 낮은 주파수(L2)에서의 임피던스 정보와 전극 임피던스 중 정전용량을 나타내는 [수학식 2]를 이용하면, CPE(Z_{L2})를 구할 수 있다.

수학식 2

$$Z_{L2} = \frac{1}{(j\omega)^d Q_d}$$

[0041]

- [0042] 결국, 등가직렬저항(R_s), 전극 저항 값(R_e), 'd' 및 CPE(Z_{L2})를 모두 구할 수 있으므로 [수학식 1]에 의해 슈퍼커패시터의 임피던스 정보를 알 수 있으며, [수학식 3]에 의해 슈퍼커패시터의 정전용량을 구할 수 있다.

수학식 3

$$Capacitance = \frac{1}{\omega \times ImZ}$$

[0043]

- [0044] 즉, 본 발명에 따르면, 4개의 특정 주파수에 대한 임피던스 정보만을 이용하여 기하학적인 방법으로 등가회로에 대한 파라미터를 생성할 수 있다.

- [0045] 도 6에서 설명된 일실시예에 따라 도 2의 단계 S203의 슈퍼커패시터 성능 평가방법을 보다 구체적으로 정리하면

다음과 같다.

- [0046] 슈퍼커패시터 성능 평가장치(105)는 제1샘플 주파수에 대한 임피던스 값을 이용하여, 상기 기 설정된 주파수 범위의 근사화된 제1임피던스 값을 생성하고, 근사화된 제1임피던스 값을 이용하여, 등가직렬저항(R_s) 값을 생성한다. 이 때, 단계 S201의 임피던스 정보는 기 설정된 복수의 주파수에서의 임피던스 값이며, 기 설정된 복수의 주파수는 슈퍼커패시터의 특성 주파수로부터 기 설정된 주파수 범위 내에 존재하며, 특성 주파수보다 높은 2개 이상의 제1샘플 주파수를 포함한다.
- [0047] 또한 슈퍼커패시터 성능 평가장치(105)는 제2샘플 주파수에 대한 임피던스 값을 이용하여, 기 설정된 주파수 범위의 근사화된 제2임피던스 값을 생성하고, 등가직렬저항 값 및 근사화된 제2임피던스 값을 이용하여, 전극 임피던스 값에 포함된 전극 저항 값을 생성한다. 이 때, 기 설정된 복수의 주파수는 상기 슈퍼커패시터의 특성 주파수로부터 기 설정된 범위 내에 존재하며, 특성 주파수보다 낮은 2개 이상의 제2샘플 주파수를 포함한다.
- [0048] 또한 슈퍼커패시터 성능 평가장치(105)는 등가 직렬 저항 값, 상기 전극 저항 값 및 근사화된 제2임피던스 값을 이용하여 슈퍼커패시터의 정전용량을 생성한다.
- [0049] 도 7은 본 발명의 제2실시예에 따른 슈퍼커패시터 성능 평가 시스템(700)을 설명하기 위한 도면이다.
- [0050] 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 슈퍼 커패시터 성능 평가 시스템(700)은 Potentiostat 및 Bipolar Power Supply(701), 파라미터 측정장치(703) 및 슈퍼커패시터 성능 평가장치(705)를 포함한다.
- [0051] 파라미터 측정장치(703)는 섭동 전류가 유도되는 복수의 슈퍼커패시터(SC1 내지 SCn)를 이용하여, 복수의 슈퍼커패시터 각각에 대한 전류 값 및 전압 값을 측정하는 측정부 및 측정된 전류 값 및 전압 값을 슈퍼커패시터 성능 평가장치(705)로 전송하는 전송부를 포함한다. 즉, 파라미터 측정장치(703)는 Potentiostat 및 Bipolar Power Supply(701)에 의해 섭동 전류가 유도되는 복수의 슈퍼커패시터로부터 동시에 다수의 슈퍼커패시터에 대한 파라미터를 입력받을 수 있다. 따라서 후술되는 슈퍼커패시터 성능 평가장치(705)에 의해 동시에 다수의 슈퍼커패시터에 대한 성능이 측정될 수 있으므로 성능 측정 시간이 더욱 감소될 수 있다.
- [0052] 이 때, 측정부는 커패시터의 특성상, 직렬 연결된 상기 복수의 슈퍼커패시터 각각의 양단으로부터 전류 값 및 전압 값을 측정하는 것이 바람직하다. 그리고 전송부는 측정된 전류 값 및 전압 값을 샘플링하여 디지털 신호 형태로 슈퍼커패시터 성능 평가장치(705)로 전송할 수 있다.
- [0053] 슈퍼커패시터 성능 평가장치(705)는 측정된 전류 값 및 전압 값을 이용하여, 복수의 슈퍼커패시터 각각에 대한 임피던스 정보를 생성하고, 임피던스 정보 및 슈퍼커패시터의 등가 회로를 이용하여, 등가 회로에 대한 파라미터, 즉 등가 회로에 대한 등가 직렬 저항값 또는 전극 임피던스 값을 생성한다. 즉, 도 7의 슈퍼커패시터 성능 평가장치(705)는 도 1의 슈퍼커패시터 성능 평가장치(105)와 달리, 파라미터 측정장치(703)로부터 수신된 측정된 전류 값 및 전압 값을 이용하여, 복수의 슈퍼커패시터에 대한 등가회로의 파라미터를 추가적으로 생성할 수 있다. 슈퍼커패시터 성능 측정장치(705)는 Digital Lock-in Amplifier를 이용하여 시험 주파수 대역의 신호를 추출한 후에 임피던스 정보를 생성하고 임피던스 스펙트럼을 생성할 수 있다.
- [0054] 한편, 도 1의 슈퍼커패시터 성능 평가장치(105) 역시 직렬로 연결된 복수의 슈퍼커패시터 각각에 대한 임피던스 정보를 입력 받을 수 있으며, 임피던스 정보를 이용하여 복수의 슈퍼커패시터 각각에 대한 등가회로의 파라미터를 생성할 수 있다.
- [0055] 이상은 본 발명이 프로세스적 관점에 의해 설명되었으나, 본 발명에 따른 슈퍼커패시터 성능 평가 방법을 구성하는 각 단계는 장치적 관점에서 용이하게 파악될 수 있다. 따라서 본 발명에 따른 슈퍼커패시터 성능 평가 방법에 포함된 각 단계는 슈퍼커패시터 성능 평가 장치에 포함된 구성 요소로 이해될 수 있다.
- [0056] 즉, 본 발명에 따른 슈퍼커패시터 평가 장치는 슈퍼커패시터에 대한 임피던스 정보를 입력받는 정보 입력부 및 임피던스 정보 및 슈퍼커패시터의 등가 회로를 이용하여, 등가 회로에 대한 파라미터를 생성하는 정보 생성부를 포함한다. 여기서, 임피던스 정보는 기 설정된 복수의 주파수에서의 임피던스 값이며, 등가 회로에 대한 파라미터는 등가 회로의 등가 직렬 저항값 또는 전극 임피던스 값이다.

[0057] 한편, 전술한 바와 같은 본 발명에 따른 슈퍼 커패시터 성능 평가 방법은 컴퓨터 프로그램으로 작성 가능하다. 그리고 상기 프로그램을 구성하는 코드 및 코드 세그먼트는 당해 분야의 컴퓨터 프로그래머에 의하여 용이하게 추론될 수 있다. 또한, 상기 작성된 프로그램은 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체(정보저장매체)에 저장되고, 컴퓨터에 의하여 판독되고 실행됨으로써 본 발명의 방법을 구현한다. 그리고 상기 기록매체는 컴퓨터가 판독할 수 있는 모든 형태의 기록매체(CD, DVD와 같은 유형적 매체뿐만 아니라 반송파와 같은 무형적 매체)를 포함한다.

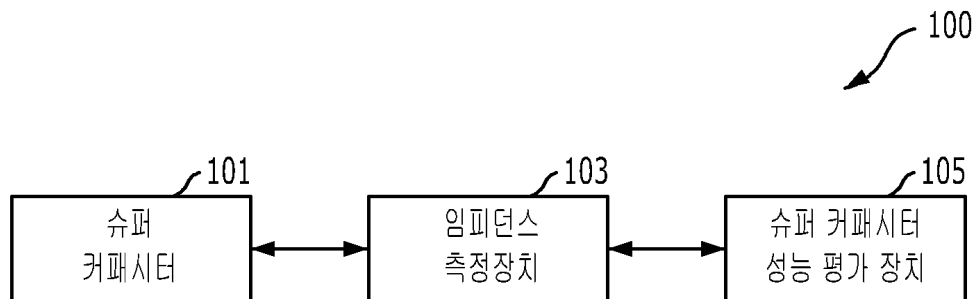
[0058] 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술사상과 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

도면의 간단한 설명

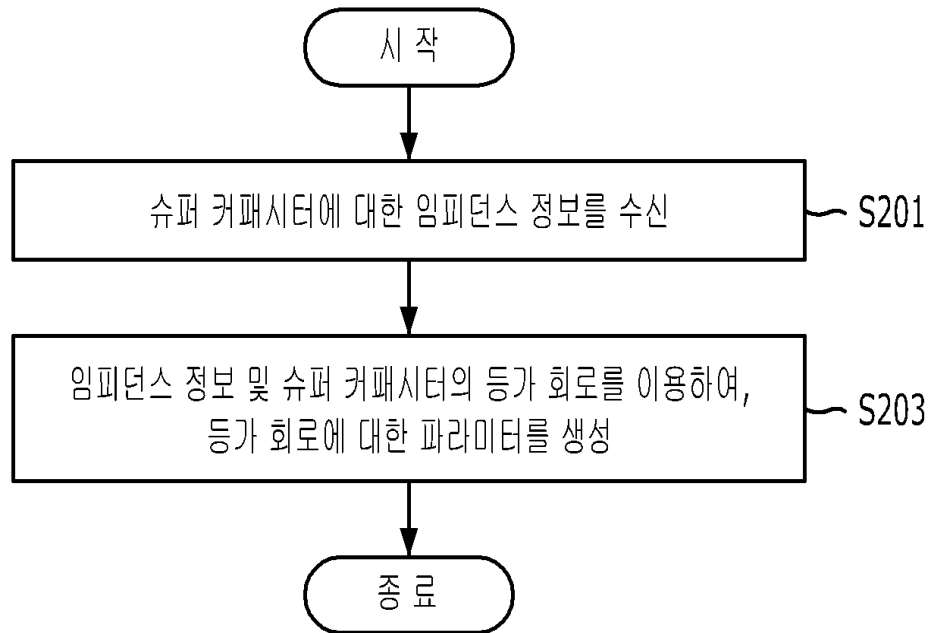
- [0059] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 슈퍼커패시터 측정 시스템을 설명하기 위한 도면,
 [0060] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 슈퍼커패시터 측정 방법을 설명하기 위한 도면,
 [0061] 도 3은 슈퍼커패시터의 등가회로를 나타내는 도면,
 [0062] 도 4 및 도 5는 종래의 슈퍼커패시터 성능 측정 방법과 본 발명에 따른 슈퍼커패시터 성능 측정 방법을 비교하기 위한 도면,
 [0063] 도 6은 슈퍼커패시터의 나이키스트 임피던스 스펙트럼과 추가 실시예에 따라 구해진 빨간색 직선이 함께 도시되어 있는 도면,
 [0064] 도 7은 본 발명의 제2실시예에 따른 슈퍼 커패시터 측정 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도면

도면1



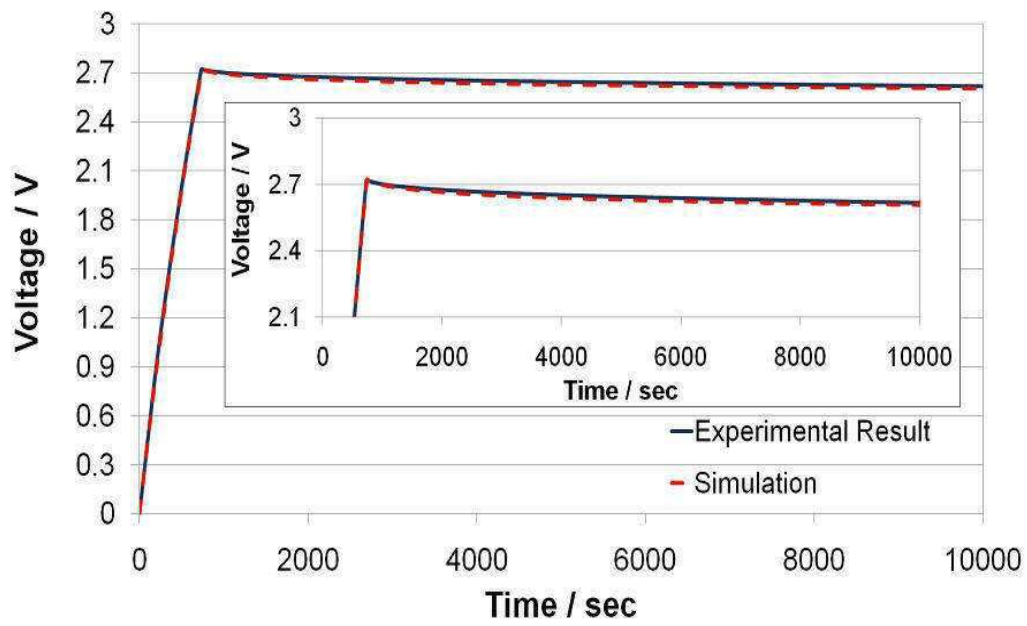
도면2



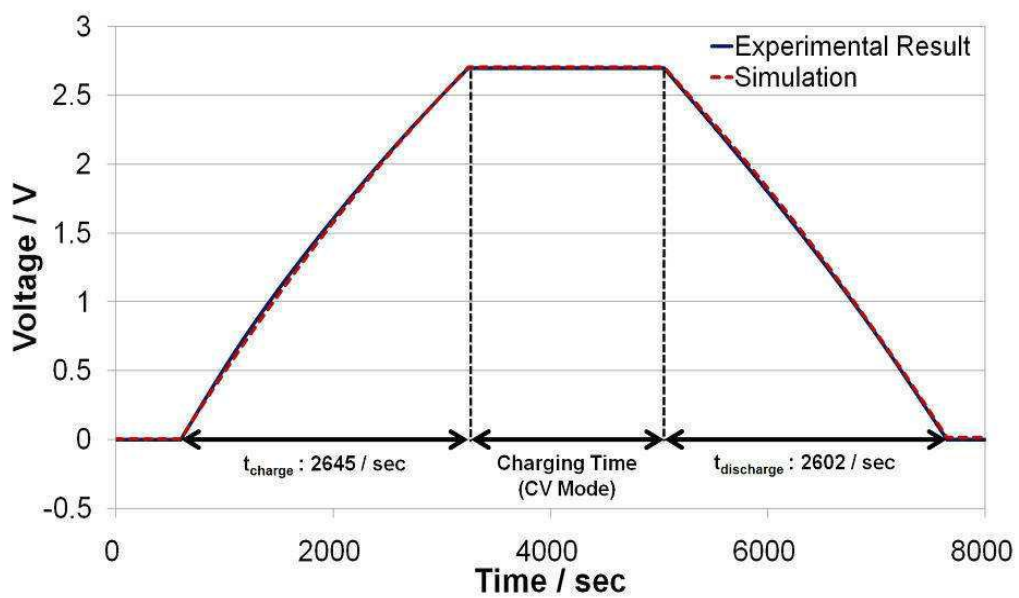
도면3



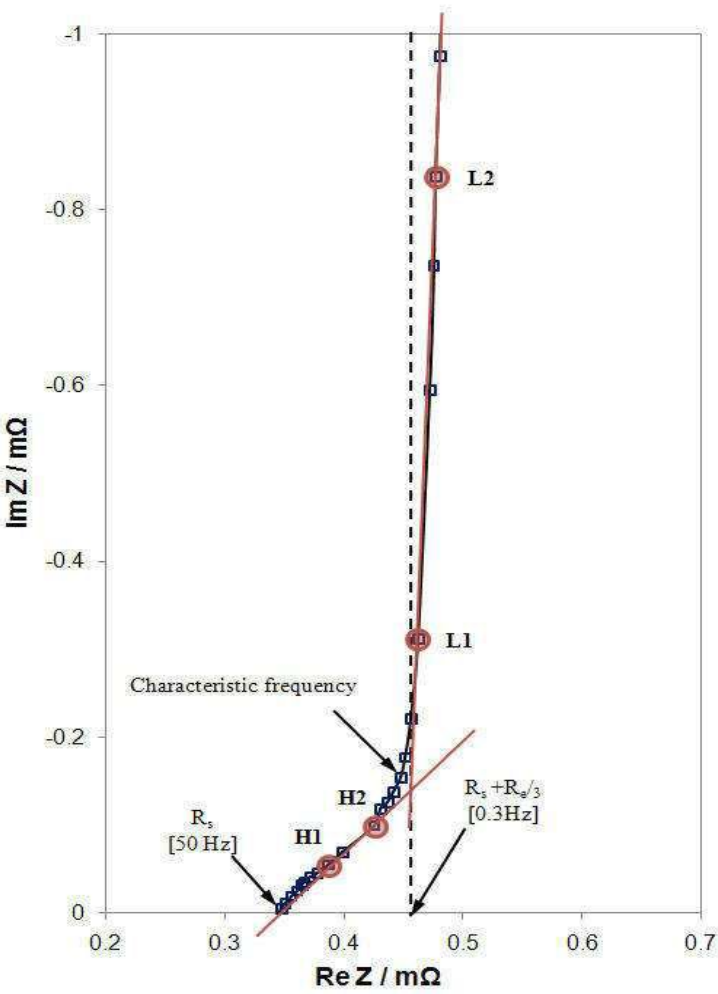
도면4



도면5



도면6



도면7

