



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0141400
(43) 공개일자 2017년12월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/36 (2006.01) G01R 19/165 (2006.01)
G01R 19/25 (2006.01) G01R 19/252 (2006.01)
G01R 23/167 (2006.01) G01R 27/08 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G01R 31/3662 (2013.01)
G01R 19/16528 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0074387
(22) 출원일자 2016년06월15일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
자동차부품연구원
충청남도 천안시 동남구 풍세면 풍세로 303

(72) 발명자
최재영
인천광역시 계양구 효서로 284, 3동 403호(작전동, 한신아파트)

김태훈
충청남도 천안시 동남구 통정2길 6-25, 303호(신방동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인
특허법인지명

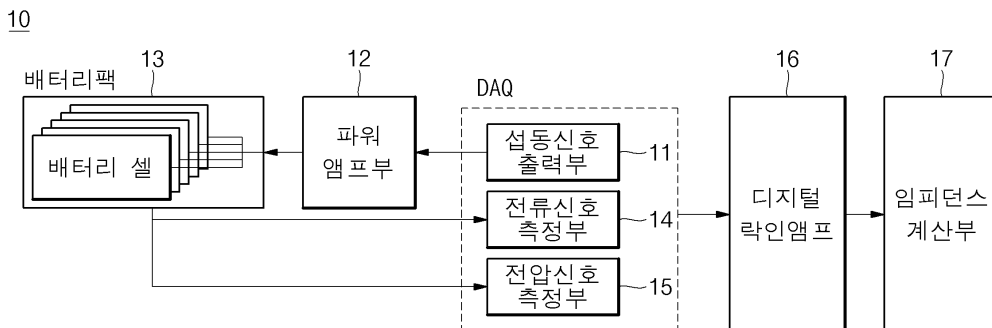
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 고전압 배터리 팩의 임피던스 측정 장치

(57) 요약

본 발명에 따른 고전압 배터리 팩의 임피던스 측정 장치는, 섭동신호 출력부, 전류 및 전압 측정부, 전류 및 전압 측정부에서 측정된 전류 및 전압 신호에서 측정하려는 주파수 이외의 노이즈 성분을 제거하고 주파수 성분을 검출하며, 배터리 셀에서 출력된 전류 및 전압의 위상 및 크기에 따른 실수부 및 허수부 성분을 계산하기 위한 디지털 신호처리부 및 락인앰프부에서 계산한 전류 및 전압의 실수부 성분 및 허수부 성분을 이용하여, 배터리 팩에서의 임피던스 실수부, 임피던스 허수부, 임피던스 위상 및 임피던스 크기를 계산하여 출력하기 위한 임피던스 계산부를 포함한다.

대표도 - 도1



- (52) CPC특허분류
G01R 19/16542 (2013.01)
G01R 19/2509 (2013.01)
G01R 19/252 (2013.01)
G01R 23/167 (2013.01)
G01R 27/08 (2013.01)
G01R 31/3655 (2013.01)

송현식

전라북도 익산시 선화로10길 17, 113동 1603호(모현동1가, 익산e편한세상)

신승민

경상남도 창원시 의창구 우곡로3번길 77 (명서동)

이홍중

충청남도 천안시 동남구 일봉로 20, 208동 1601호(신방동, 성지새마을아파트)

- (72) 발명자

이백행

경기도 수원시 영통구 효원로 363, 114동 602호(매탄동, 매탄 위브 하늘채)

신동현

충청남도 천안시 동남구 용곡4길 20, 105동 701호(용곡동, 현대아이파크아파트)

정진범

충청남도 천안시 동남구 풍세로 769-28, 211동 1003호(용곡동, 용곡마을세광2차엔리치타워아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10043799
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
연구사업명	소재부품기술개발사업
연구과제명	중소형 선박용 친환경 200kW급 전기추진모듈 및 SW기반 제어기술개발
기여율	1/1
주관기관	우리산업(주)
연구기간	2012.11.01 ~ 2016.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

일정 크기의 주기를 갖는 주파수 신호를 생성하여 배터리 팩으로 인가하기 위한 섭동신호 출력부;

상기 섭동신호 출력부에서 출력되어 상기 배터리 팩으로 인가된 후, 상기 배터리 팩에서의 상기 인가된 주파수 신호에 응답하여 출력되는 전류 및 전압을 측정하기 위한 전류 및 전압 측정부;

상기 전류 및 전압 측정부에서 측정된 전류 및 전압 신호에서 측정하려는 상기 주파수 이외의 노이즈 성분을 제거하고 상기 주파수 성분을 검출하며, 상기 배터리 팩에서 출력된 전류 및 전압의 위상 및 크기에 따른 실수부 및 허수부 성분을 계산하기 위한 디지털 신호처리부; 및

상기 디지털 신호처리부에서 계산한 전류 및 전압의 실수부 성분 및 허수부 성분을 이용하여, 상기 배터리 팩에서의 임피던스 실수부, 임피던스 허수부, 임피던스 위상 및 임피던스 크기를 계산하여 상기 주파수에 따른 임피던스를 출력하기 위한 임피던스 계산부;를

포함하는 것을 특징으로 하는 고전압 배터리 팩의 임피던스 측정 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 디지털 신호처리부는,

상기 측정된 전류 신호 및 전압 신호에 서로 다른 위상을 갖는 레퍼런스 신호를 각각 곱한 후 노이즈 신호를 필터링하고 직류성분을 통과시켜 상기 전류 및 전압 성분의 실수 및 허수 성분을 계산하는, 디지털 락인앰프인 것을 특징으로 하는 고전압 배터리 팩의 임피던스 측정 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 레퍼런스 신호는 각각 소정 기준 위상을 갖는 제1 레퍼런스 신호와 상기 제1 레퍼런스의 위상과 90도 위상 차이를 갖는 제2 레퍼런스 신호인 것을 특징으로 하는 고전압 배터리 팩의 임피던스 측정 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 디지털 락인앰프는,

상기 전류 및 전압 신호 각각에 상기 제1 레퍼런스 신호를 곱하여 출력하기 위한 제1 레퍼런스 신호 곱셈부;

상기 전류 및 전압 신호 각각에 상기 제2 레퍼런스 신호를 곱하여 출력하기 위한 제2 레퍼런스 신호 곱셈부;

상기 제1 레퍼런스 신호 곱셈부에서 출력되는 신호 중 노이즈 신호를 필터링하고 직류 성분만 통과시켜 상기 전류 및 전압의 실수부를 계산하기 위한 제1 저주파 통과 필터부;

상기 제2 레퍼런스 신호 곱셈부에서 출력되는 신호 중 노이즈 신호를 필터링하고 직류 성분만 저주파 대역만 통과시켜 상기 전류 및 전압의 허수부를 계산하기 위한 제2 저주파 통과 필터부; 및

상기 제1 저주파 통과 필터부와 상기 제2 저주파 통과 필터부에서 구한 상기 전류 및 전압의 실수부 및 허수부 값을 통해 전류 및 전압의 크기 및 위상을 계산하는 전류/전압 계산부;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 고전압 배터리 팩의 임피던스 측정 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

전류 및 전압 측정부는,

상기 배터리 팩에서 출력되는 전류 신호를 디지털 신호로 변환하기 위한 전류 신호 ADC부;

상기 배터리 팩에서 출력되는 전압 신호를 디지털 신호로 변환하기 위한 전압 신호 ADC부; 및

상기 전류 신호 ADC부와 상기 전압 신호 ADC부에서 출력되는 디지털 전류 및 전압 신호를 샘플링하기 위한 샘플링부;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 고전압 배터리 팩의 임피던스 측정 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 섭동신호 출력부에서 출력되는 신호를 증폭하여 상기 배터리 팩으로 전달하기 위한 파워 앰프부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고전압 배터리 팩의 임피던스 측정 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 섭동신호 출력부에서 생성되는 신호는 정현파, 구형파 혹은 일정한 주기를 가지는 파형 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 고전압 배터리 팩의 임피던스 측정 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 섭동신호 출력부에서 생성되는 신호는 1kHz에서 부터 10mHz까지의 주파수 대역을 갖는 것을 특징으로 하는 고전압 배터리 팩의 임피던스 측정 장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 섭동신호 출력부 및 상기 전류 및 전압 측정부는 24비트 DAQ로 구현되는 것을 특징으로 하는 고전압 배터리 팩의 임피던스 측정 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고전압 배터리 팩의 임피던스 측정 장치에 관한 것이다. 구체적으로는 고전압 배터리 팩에 신호를 인가하여 배터리 팩에서 출력되는 신호를 바탕으로 배터리 팩의 임피던스를 측정하기 위한 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전기 자동차(EV; Electrical Vehicle) 또는 하이브리드 전기 자동차(HEV; Hybrid Electrical Vehicle)에 적용되는 수백 V 이상의 고전압 리튬 배터리팩은 사용 중 온도 변화 및 반복되는 충/방전 동작을 통해 열화가 진행된다. 이와 같은 배터리 팩의 열화를 통해 용량이 감소하게 되고, 초기 용량 대비 특정 용량 이하로 감소되면 배터리를 교체할 필요가 생긴다.

[0003] 차량의 안정적인 주행을 위해서는 성능이 저하된 배터리 팩의 주기적인 성능검사를 통해 교체 시기를 결정해야 하지만 매번 용량시험을 통해 이를 검사할 수는 없기 때문에 배터리의 내부 임피던스를 측정하여 수명과 용량, 충전상태 등의 주요인자들을 추정하는 방법을 사용한다.

[0004] 한국 공개특허 10-2014-0013760호에서는 자동차 배터리팩을 구성하는 모듈들에 구비된 각 셀의 임피던스를 측정하고 저장 및 모니터링하는 배터리 시스템을 관리하며, 셀의 수명을 측정하기 위해 전기화학임피던스 분광법을 이용하여 내부 임피던스를 측정하고, 초기 측정치 대비 현재 측정값을 비교하여 배터리의 수명을 측정 및 향후

수명을 예측하는 방법이 개시하고 있다.

- [0005] 그러나 이 선행기술의 경우에는 배터리를 구성하는 셀의 경우 최소 수십 개에서 많게는 수백 개 이상의 셀들이 사용되는데 이러한 수많은 셀의 임피던스를 각각 측정할 경우 별도의 측정방법을 언급하지 않는 이상 기존의 방법으로 임피던스를 측정하게 되면 시스템의 복잡성으로 인해 비용증가가 발생되고 부피 또한 커지게 됨으로 실제 차량에서 사용이 어려운 문제점이 있다.
- [0006] 또한, 한국 공개특허 10-2015-0121526호에서는 전기 자동차의 운행 중 배터리 수명을 측정하는 방법을 개시하고 있으며, 이 선행기술에서는 차량을 운행 중에 전압과 전류 값을 측정하여 차량이 일반적인 운행을 정상상태라고 판단하고 급감속 또는 급가속을 과도상태로 판단하여 과도 상태일 때 전압 강하 값과 전류 강하 값을 이용하여 배터리 시스템의 내부 저항 값을 계산하여 수명을 예측한다.
- [0007] 이 선행기술의 경우 엔진을 이용하여 구동하는 차량의 경우 시동 모터의 크랭킹 동작에서 발생하는 전압 강하 값을 이용하여 내부 저항을 측정할 수 있지만 전기 자동차에서는 크랭킹 동작이 없기 때문에 시동시에 전압강하가 일어나지 않으며, 전기차량의 주행 중 전압 강하 현상은 사용자의 운전 패턴에 따라 발생 여부가 상이하기 때문에 주기적인 배터리 관리에 어려움이 있는 문제점이 있다.
- [0008] 이와 같이, 주요 인자를 통해 배터리 상태를 추정하기 위해서는 내부 임피던스를 측정해야 하고, 내부 임피던스 측정을 위해서는 주파수에 따라 섭동을 발생시키는 장치와 측정 방법이 필요하지만, 수백볼트 이상의 고전압 배터리 팩에 대한 적절한 측정 장치와 방법은 아직 개발되지 않고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 한국 공개특허 10-2014-0013760
- (특허문헌 0002) 한국 공개특허 10-2015-0121526
- (특허문헌 0003) 한국 공개특허 10-2006-0107473
- (특허문헌 0004) 한국 공개특허 10-2014-0085802
- (특허문헌 0005) 한국 공개특허 10-2008-0018217

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 고전압 배터리 팩에서도 측정 및 이용이 가능한 배터리 팩의 임피던스 측정 장치를 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 위와 같은 목적을 달성하기 위해, 본 발명에 따른 고전압 배터리 팩의 임피던스 측정 장치는, 일정 크기의 주기를 갖는 주파수 신호를 생성하여 배터리 팩으로의 각 배터리 셀로 인가하기 위한 섭동신호 출력부, 상기 섭동신호 출력부에서 출력되어 상기 배터리 팩으로 셀로 인가된 후, 상기 배터리 팩셀에서의 상기 인가된 주파수 신호에 응답하여 출력되는 전류 및 전압을 측정하기 위한 전류 및 전압 측정부, 상기 전류 및 전압 측정부에서 측정된 전류 및 전압 신호에서 측정하려는 상기 주파수 이외의 노이즈 성분을 제거하고 상기 주파수 성분을 검출하며, 상기 배터리 팩셀에서 출력된 전류 및 전압의 위상 및 크기에 따른 실수부 및 허수부 성분을 계산하기 위한 디지털 신호처리부 노이즈 제거부 및 상기 디지털 신호처리부 노이즈 제거부에서 계산한 전류 및 전압의 실수부 성분 및 허수부 성분을 이용하여, 상기 배터리 팩셀에서의 임피던스 실수부, 임피던스 허수부, 임피던스 위상 및 임피던스 크기를 계산하여 상기 주파수에 따른 임피던스를 출력하기 위한 임피던스 계산부를 포함한다.
- [0012] 일 실시예에서, 상기 디지털 신호처리부는 노이즈 제거부는, 상기 측정된 전류 신호 및 전압 신호에 서로 다른 위상을 갖는 레퍼런스 신호를 각각 곱한 후 노이즈 신호 및 교류 성분을 제거하고 직류 성분을 통과시켜 노이즈 신호를 필터링하고 저주파 신호를 통과시켜 상기 전류 및 전압 성분의 실수 및 허수 성분을 계산하는, 디지털

락인앰프이다.

- [0013] 바람직하게는, 상기 레퍼런스 신호는 각각 소정 기준 위상을 갖는 제1 레퍼런스 신호와 상기 제1 레퍼런스의 위상과 90도 위상 차이를 갖는 제2 레퍼런스 신호이다.
- [0014] 일 실시예에서, 상기 디지털 락인앰프는, 상기 전류 및 전압 신호 각각에 상기 제1 레퍼런스 신호를 곱하여 출력하기 위한 제1 레퍼런스 신호 곱셈부, 상기 전류 및 전압 신호 각각에 상기 제2 레퍼런스 신호를 곱하여 출력하기 위한 제2 레퍼런스 신호 곱셈부, 상기 제1 레퍼런스 신호 곱셈부에서 출력되는 신호 중 노이즈 신호를 필터링하고 직류 성분만저주파 대역만 통과시켜 상기 전류 및 전압의 실수부를 계산하기 위한 제1 저주파 통과 필터부, 상기 제2 레퍼런스 신호 곱셈부에서 출력되는 신호 중 노이즈 신호를 필터링하고 직류 성분만저주파 대역만 통과시켜 상기 전류 및 전압의 허수부를 계산하기 위한 제2 저주파 통과 필터부 및 상기 제1 저주파 통과 필터부와 상기 제2 저주파 통과 필터부에서 구한 상기 전류 및 전압의 실수부 및 허수부 값을 통해 전류 및 전압의 크기 및 위상을 계산하는 전류/전압 계산부를 포함한다.
- [0015] 일 실시예에서, 전류 및 전압 측정부는, 상기 배터리 팩에서 출력되는 전류 신호를 디지털 신호로 변환하기 위한 전류 신호 ADC부, 상기 배터리 팩에서 출력되는 전압 신호를 디지털 신호로 변환하기 위한 전압 신호 ADC부 및 상기 전류 신호 ADC부와 상기 전압 신호 ADC부에서 출력되는 디지털 전류 및 전압 신호를 샘플링하기 위한 샘플링부를 포함한다.
- [0016] 바람직하게는, 상기 섭동신호 출력부에서 생성되는 신호는 정현파, 구형파 혹은 일정한 주기를 가지는 파형을 정현파 또는 구형파 중 적어도 하나를 포함하며, 상기 섭동신호 출력부에서 생성되는 신호는 1kHz에서 부터 내지 10mHz까지의 의 주파수 대역율을 갖는다.
- [0017] 일 실시예에서, 상기 섭동신호 출력부 및 상기 전류 및 전압 측정부는 24비트 DAQ로 구현된다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명에 따른 고전압 배터리 팩의 임피던스 측정 장치는 기존 측정방법과 비슷한 수준의 신뢰성을 가지면서도 고전압 배터리 팩에서도 적용할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명에 따른 임피던스 측정 장치를 나타낸 구성도이다.
- 도 2는 섭동신호 출력부의 일 예에 따른 구성도를 나타낸다.
- 도 3은 전류 및 전압 신호 측정부의 일 예에 따른 구성도를 나타낸다.
- 도 4는 본 발명의 디지털 락인앰프의 일 예에 따른 구성도를 나타낸다.
- 도 5 및 도 6은 본 발명에 따른 락인앰프의 레퍼런스 신호 곱셈부와 저주파 통과 필터의 동작을 설명하기 위한 개념도이다.
- 도 7은 본 발명의 배터리 팩의 등가 임피던스 모델을 나타낸다.
- 도 8은 본 발명에 따른 임피던스 측정 장치를 이용한 실제 측정값과 모델링 값을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 본 발명의 목적과 기술적 구성 및 그에 따른 작용 효과에 관한 자세한 사항은 본 발명의 명세서에 첨부된 도면에 의거한 이하의 상세한 설명에 의해 보다 명확하게 이해될 것이다. 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시예를 상세하게 설명한다.
- [0021] 본 명세서에서 개시되는 실시예들은 본 발명의 범위를 한정하는 것으로 해석되거나 이용되지 않아야 할 것이다. 이 분야의 통상의 기술자에게 본 명세서의 실시예를 포함한 설명은 다양한 응용을 갖는다는 것이 당연하다. 따라서 본 발명의 상세한 설명에 기재된 임의의 실시예들은 본 발명을 보다 잘 설명하기 위한 예시적인 것이며 본 발명의 범위가 실시예들로 한정되는 것을 의도하지 않는다.
- [0022] 도면에 표시되고 아래에 설명되는 기능 블록들은 가능한 구현의 예들일 뿐이다. 다른 구현들에서는 상세한 설명의 사상 및 범위를 벗어나지 않는 범위에서 다른 기능 블록들이 사용될 수 있다. 또한, 본 발명의 하나 이상의 기능 블록이 개별 블록들로 표시되지만, 본 발명의 기능 블록들 중 하나 이상은 동일 기능을 실행하는 다양한

하드웨어 및 소프트웨어 구성들의 조합일 수 있다.

- [0023] 또한, 어떤 구성요소들을 포함한다는 표현은 개방형의 표현으로서 해당 구성요소들이 존재하는 것을 단순히 지칭할 뿐이며, 추가적인 구성요소들을 배제하는 것으로 이해되어서는 안 된다.
- [0024] 나아가 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 연결되어 있다거나 접속되어 있다고 언급될 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 한다.
- [0025] 또한 '제1, 제2' 등과 같은 표현은 복수의 구성들을 구분하기 위한 용도로만 사용된 표현으로써, 구성들 사이의 순서나 기타 특징들을 한정하지 않는다.
- [0026] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 고전압 배터리팩의 임피던스 측정 장치에 대하여 설명하도록 한다.
- [0027] 배터리팩의 임피던스를 측정하는 방법 중 하나로 전기화학임피던스 분광법이 있다. 전기화학임피던스 분광법은 주파수가 다른 미소한 교류 신호를 배터리에 인가하여 배터리 내부 임피던스를 측정하는 방법이다.
- [0028] 임피던스를 측정하기 위해서는 크게 교류 섭동 신호 출력부, 전압 검출부, 전류 검출부 및 임피던스 계산부로 나뉘지고 교류 섭동 신호 출력부에서 섭동을 배터리 쪽으로 인가하게 되면 전압 검출부와 전류 검출부에서 각각 신호를 읽어오게 되고, 읽어온 신호는 임피던스 계산부에서 계산되어 분석할 수 있도록 나이퀴스트 플롯으로 임피던스 결과가 출력된다.
- [0029] 도 1은 본 발명에 따른 임피던스 측정 장치를 나타낸 구성도이다.
- [0030] 도 1을 참조하면, 임피던스 측정 장치(10)는 섭동신호 출력부(11), 파워 앰프부(12), 전류 신호 측정부(14), 전압 신호 측정부(15), 디지털 락인앰프(16) 및 임피던스 계산부(17)를 포함한다.
- [0031] 섭동신호 출력부(11)는 소정 크기의 진폭을 갖는 주파수 신호를 생성하여 배터리 팩(13)에 상기 생성된 신호를 인가하는 기능을 한다. 섭동신호 출력부(11)에서 생성되는 신호는 정현파, 구형파 또는 일정한 주기를 갖기만 하면 어떠한 신호여도 무관하다.
- [0032] 도 2는 섭동신호 출력부의 일 예에 따른 구성도를 나타낸다.
- [0033] 도 2를 참조하면, 섭동신호 출력부(11)는 주파수 신호 발생부(21) 및 출력신호 DAC부(22)를 포함한다. 주파수 신호 발생부(21)는 1kHz 에서부터 10mHz 범위까지의 일정 주기를 갖는 주파수를 생성한다. 생성되는 주파수는 정현파, 구형파 혹은 일정한 주기를 가지는 파형이다. 그리고 이 신호는 출력신호 DAC부(22)에서 아날로그 신호로 변환되어 배터리 팩으로 전달된다. 한편, 주파수 신호 발생부(21)와 출력신호 DAC부(22)는 DAQ (data acquisition) 장치로 구현될 수 있다.
- [0034] 다시 도 1을 참조하면, 섭동신호 출력부(11)에서 생성된 신호는 파워 앰프부(12)에서 증폭되어 배터리 팩(13)으로 인가된다.
- [0035] 이렇게 배터리 팩(13)으로 일정 주기의 주파수 신호가 인가되면 배터리 팩에서 인가된 신호에 따른 신호가 응답될 것이다. 이렇게 배터리 팩(13)에서 출력되는 신호는 전류 신호 측정부(14)와 전압 신호 측정부(15)에서 전류 및 전압 신호를 각각 측정하게 된다. 한편, 전류 신호 측정부(14)와 전압 신호 측정부(15)는 하나의 장치로 구현될 수도 있다.
- [0036] 도 3은 전류 및 전압 신호 측정부의 일 예에 따른 구성도를 나타낸다.
- [0037] 도 3을 참조하면 일 실시예에 따른 전류/전압 측정부는 전류신호 ADC부(31), 전압신호 ADC부(32) 및 샘플링부(33)를 포함한다.
- [0038] 전류신호 ADC부(아날로그/디지털 변환부; 31)는 배터리 팩(13)에서 출력되는 아날로그 전류 신호를 디지털 신호로 변환하는 기능을 하며, 전압신호 ADC부(32)는 배터리 팩(13)에서 출력되는 아날로그 전압 신호를 디지털 신호로 변환하는 기능을 한다. 그리고 샘플링부(33)는 전류 신호 ADC부(31) 및 전압 신호 ADC부(32)에서 각 출력되는 디지털 전류 신호 및 디지털 전압 신호를 샘플링한다. 한편 샘플링부(33)는 상기 전류 신호와 전압 신호를 위상차 없이 동시 샘플링 한다.
- [0039] 이때 전류 신호 ADC부(아날로그/디지털 변환부; 31), 전압 신호 ADC부(32) 및 샘플링부(33)도 DAQ 장치로 구현될 수 있으며, 주파수 신호 발생부(21)와 출력신호 DAC부(22)를 구현하는 DAQ 장치와 하나의 장치로 구현될 수

있다.

[0040] 이렇게 측정된 전류 및 전압 신호는 도 1의 디지털 락인앰프(16)로 전달된다. 디지털 락인앰프(16)는 전류 및 전압 측정부(14, 15)에서 측정된 전류 및 전압 신호에서 측정하려는 주파수 이외의 노이즈 성분 및 교류성분을 제거하여 직류성분을 통과시키며, 배터리 팩(13)에서 출력된 전류 및 전압의 위상 및 크기에 따른 실수부 및 허수부 성분을 계산하기 위한 장치로 일종의 디지털 신호처리부에 해당한다.

[0041] 디지털 락인앰프(16)는 측정된 전류 신호 및 전압 신호에 서로 다른 위상을 갖는 레퍼런스를 각각 곱한 후 고주파 신호를 필터링하고 저주파 신호를 통과시켜 전류 및 전압 성분의 실수 및 허수 성분을 계산하는 기능을 한다. 본 발명의 일 실시예에서 레퍼런스 신호는 각각 소정 기준 위상을 갖는 제1 레퍼런스 신호와 상기 제1 레퍼런스의 위상과 90도 위상 차이를 갖는 제2 레퍼런스 신호일 수 있으며, 예를 들어 제1 레퍼런스 신호는 0도 위상을 갖고, 제2 레퍼런스 신호는 90도 위상을 갖는다.

[0042] 도 4는 본 발명의 디지털 락인앰프의 일 예에 따른 구성도를 나타낸다.

[0043] 도 4를 참조하면, 디지털 락인앰프(16)는 전류 및 전압 신호 각각에 제1 레퍼런스 신호를 곱하여 출력하기 위한 제1 레퍼런스 신호 곱셈부(제1 PSD; 41), 전류 및 전압 신호 각각에 제2 레퍼런스 신호를 곱하여 출력하기 위한 제2 레퍼런스 신호 곱셈부(제2 PSD; 42), 제1 레퍼런스 신호 곱셈부(41)에서 출력되는 신호 중 노이즈 신호를 필터링하고 직류 성분만을 통과시켜 상기 전류 및 전압의 실수부를 계산하기 위한 제1 저주파 통과 필터부(43), 제 2 레퍼런스 신호 곱셈부(42)에서 출력되는 신호 중 노이즈 신호를 필터링하고 직류 성분만을 통과시켜 상기 전류 및 전압의 허수부를 계산하기 위한 제2 저주파 통과 필터부(44), 그리고 제1 저주파 통과 필터부와 상기 제2 저주파 통과 필터부에서 구한 상기 전류 및 전압의 실수부 및 허수부 값을 통해 전류 및 전압의 크기 및 위상을 계산하는 전류/전압 계산부(45)를 포함한다.

[0044] 그리고 임피던스 계산부(17)는 전류/전압 계산부(45)에서 계산된 전류 및 전압 값을 이용하여 임피던스의 실수부, 허수부, 위상 및 크기를 계산하여 주파수에 따른 임피던스를 출력하는 기능을 한다.

[0045] 출력되는 전류 및 전압 신호가 아래 수학적식과 같이 노이즈가 포함된 식으로 표현되는 경우,

수학적식 1

[0046]
$$m(t) = A \sin(2\pi f_r t + \psi) + n(t)$$

[0047] 위상이 0인 제1 레퍼런스 신호는 아래 수학적식과 같이 표현될 수 있다.

수학적식 2

[0048]
$$r_1(t) = \sin(2\pi f_r t)$$

[0049] 그리고 위상이 90도 차이가 나는 제2 레퍼런스 신호는 아래 수학적식으로 표현될 수 있다.

수학적식 3

[0050]
$$r_2(t) = \cos(2\pi f_r t)$$

[0051] 그러면 제1 레퍼런스 신호 곱셈부(41)의 출력 신호는 아래 수학적식 4와 같다.

수학식 4

$$Real = m(t) * r_1(t) = A \cos(\psi) - A \cos(4\pi f_r t + \psi) + A \sin(2\pi f_r t) * n(t)$$

[0052]

그리고 제2 레퍼런스 신호 곱셈부(42)의 출력 신호는 아래 수학식 5와 같다.

수학식 5

$$Imagl = m(t) * r_2(t) = A \sin(\psi) + A \sin(4\pi f_r t + \psi) + A \cos(2\pi f_r t) * n(t)$$

[0054]

수학식 4 및 수학식 5에서 보이는 바와 같이 출력 신호에는 참조신호 주파수와 같은 성분만이 직류가 되고, 이것은 저역통과필터의 필터링을 통해 DC전압으로 출력되며, 이 값은 측정 신호의 실수값과 허수값이 된다. 그리고 측정 신호에서 기준신호와 동상성분과 이상성분을 계산하고, 이 값으로부터 크기와 위상을 계산한다. 같은 과정을 전압, 전류 모두에 적용하여 계산된 각각의 크기와 위상 데이터로부터 아래 수학식을 이용하면 임피던스의 크기와 위상을 구할 수 있다. 이러한 기능은 임피던스 계산부(17)에서 수행된다.

수학식 6

$$Z \angle \theta_z = \frac{V}{I} \angle (\theta_v - \theta_i)$$

[0056]

고전압 배터리 팩의 임피던스를 측정하기 위해서는 수백 볼트(V)를 입력으로 받을 수 있으며, 수 밀리볼트(mV)를 정확히 측정해 낼 수 있는 고해상도의 넓은 전압범위를 갖는 아날로그/디지털 변환기가 필요하다. 또한, 입력받은 데이터를 통해 임피던스를 연산하기 위한 절차 또한 필요하다. 본 발명에서는 고전압 배터리 팩의 임피던스 측정을 위해 500V까지 측정할 수 있는 24비트 DAQ를 사용하였다. 그러나 24비트 해상도를 갖는 DAQ가 이론 상으로는 500V의 범위에서 수 mV의 전압을 정확히 측정할 수는 있지만, 데이터의 신뢰성이 보장되는 최소값은 1.4V 정도이다. 500V 범위의 24비트 해상도로 계산하면 $500 / 2^{24} = 300\mu V$ 라는 계산이 나오지만 실제로는 DAQ 스펙상 입력노이즈에 따른 오차 발생으로 수 mV 전압만이 정확히 측정될 수 있고 신뢰성이 보장되는 최소값은 이보다도 더 큰 1.4V 정도가 되는 것이다. 그렇기 때문에 수백 V이상에서 수 mV의 전압을 정확히 측정하기는 어렵다. 이런 문제를 해결하기 위해 본 발명에 따른 디지털 락인앰프(16)를 적용하면 데이터 신뢰성 문제를 해결할 수 있게 된다. 즉, 본 발명에 따른 디지털 락인앰프(16)는 밴드패스필터와 기능이 유사하지만 밴드패스필터의 경우 중심주파수에서 대역폭을 좁히는 데 한계가 있고 고정신호를 측정하는 부분에서 적합하지 않은 문제가 있다. 이에 비해 본 발명에 따른 디지털 락인앰프(16)는 밴드패스필터에 비해 100배 정도 대역폭이 좁아 원하는 신호 이외의 노이즈 성분을 제거하는 데 효과가 좋고 측정 신호를 추정할 수 있어 주파수가 계속 변화되는 시스템에 적용하기 좋다. 또한 아날로그의 경우 입력전압의 한계 때문에 고전압 신호 처리에 한계가 있지만, 디지털의 경우 이러한 한계가 없다는 장점이 존재한다.

[0058]

도 5 및 도 6은 본 발명에 따른 락인앰프의 레퍼런스 신호 곱셈부와 저주파 통과 필터의 동작을 설명하기 위한 개념도이다.

[0059]

도 5 및 도 6을 참조하면, 곱셈용 신호인 제1 레퍼런스 신호와 제2 레퍼런스 신호는 외부에서 입력되며, 락인앰프(16)는 참조신호와 같은 주파수 성분을 검출한다. 측정신호에 포함된 각 종 신호 중에서 참조신호 주파수와 같은 성분만이 직류가 되어 저주파 통과필터를 통과할 수 있다. 다른 성분은 주파수 ≠ 0Hz의 교류신호로 변환되기 때문에 LPF에서 제거된다. 주파수 영역은 도 6에 도시된다.

[0060]

본 발명에 따른 락인앰프(16)의 잡음제거 능력은 도 6의 저주파 통과필터(LPF)의 컷오프주파수로 결정된다. 예를 들어 10kHz를 측정할 때 1mHz의 LPF를 이용하면 등가적으로는 10kHz ± 1mHz의 밴드패스필터를 사용할 때와 잡음제거능력이 동일진다. 이를 Q로 환산하면 5 x 10⁶에 해당한다. 이 정도로 높은 Q를 보유한 밴드패스필터

(BPF)는 제작이 불가능하나 락인앰프(16)는 손쉽게 실현 가능한 효과의 차이점이 존재한다. 앞에서 설명한 바와 같이 협대역 밴드패스필터(BPF)는 중심주파수와 측정신호 주파수가 어긋나면 측정오차가 발생하여 최악의 경우에는 측정신호 그 자체도 제거해 버리는 문제가 있다. 이에 비해 락인앰프(16)는 로패스필터(LPF)의 컷오프주파수에 다소 문제가 있더라도 직류만 통과한다면 측정결과에 큰 영향을 미치지 않는다. 밴드패스필터에 비하여 협대역 로패스필터는 실현하기가 쉽고 얼마든지 협대역화가 가능하게된다. 이와 같이 본 발명에 따른 락인앰프(16)는 잡음 속에 묻힌 신호 검출에 탁월한 효과가 있는 것이다.

[0061] 도 7은 본 발명의 배터리 팩의 등가 임피던스 모델을 나타낸다.

[0062] 본 발명에 따른 고전압 팩의 임피던스 측정 장치(10)의 효과를 검증하기 위해 도 7과 같은 등가회로를 모델링 하였고, 아래 표 1과 같은 모델 파라미터 값을 사용하여 시뮬레이션 하였다.

표 1

모델 파라미터	값
L[H]	300n
Rs[Ω]	11m
Rct[Ω]	25m
Resr[Ω]	11m
Cd1[F]	25m

[0064] 시뮬레이션은 1kHz부터 0.1Hz까지의 주파수를 인가하여 AC 임피던스를 측정하였고, 등가회로를 제작하여 같은 방법으로 본 발명에 따른 고전압 팩의 임피던스 측정 장치를 사용하여 임피던스를 측정하였다.

[0065] 도 8은 본 발명에 따른 임피던스 측정 장치를 이용한 실제 측정값과 모델링 값을 나타낸 그래프이다.

[0066] 측정결과는 도 8과 같다. 1kHz에서는 시뮬레이션 값이 19.7mΩ, 실제 측정 값이 19.5mΩ으로 시뮬레이션 값 대비 측정값이 0.2mΩ정도의 오차가 발생했고, 1Hz에서는 35.8mΩ으로 같게 나타났다. 그리고 전체적으로 고주파 영역에서는 약 1% 이내의 매우 정확한 값을 보이는 것으로 확인했다.

[0067] 이와 같이 본 발명에서는 고전압 배터리 팩의 임피던스를 측정하기 위해 넓은 범위의 전압 측정이 가능하도록 구성요소를 통해, 데이터를 취득하였고, 넓은 전압 범위로 인한 데이터의 신뢰성 문제를 디지털 락인앰프를 통해 개선하여 기존 측정방법과 비슷한 수준의 신뢰성을 가지면서도 고전압 배터리 팩에서도 적용할 수 있는 임피던스 측정방법을 제시할 수 있게 되었다.

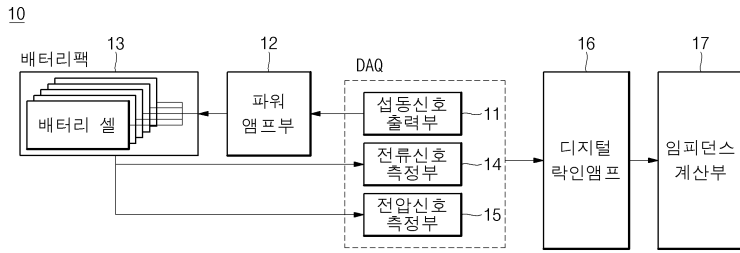
[0068] 이와 같이, 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

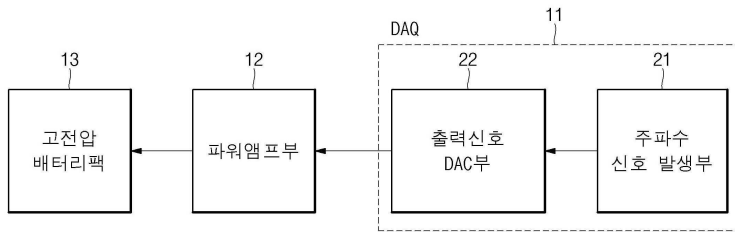
- [0069] 11 : 섭동 신호 출력부 12 : 파워 앰프부
- 13 : 배터리 팩 14 : 전류 신호 측정부
- 15 : 전압 신호 측정부 16 : 디지털 락인앰프부
- 17 : 임피던스 계산부
- 21 : 주파수 신호 발생부 22 : 출력신호 DAC부
- 31 : 전류신호 ADC부 32 : 전압신호 ADC부
- 33 : 샘플링부 41 : 제1 레퍼런스 신호 곱셈부
- 42 : 제2 레퍼런스 신호 곱셈부 43 : 제1 저주파 통과 필터부
- 44 : 제2 저주파 통과 필터부 45 : 전류/전압 계산부

도면

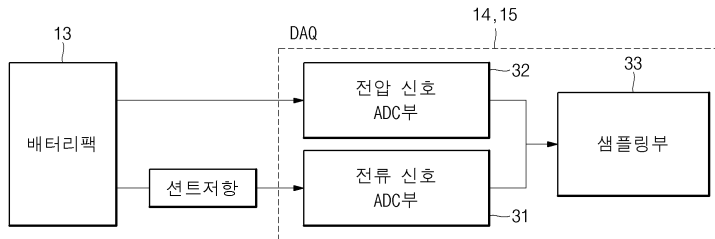
도면1



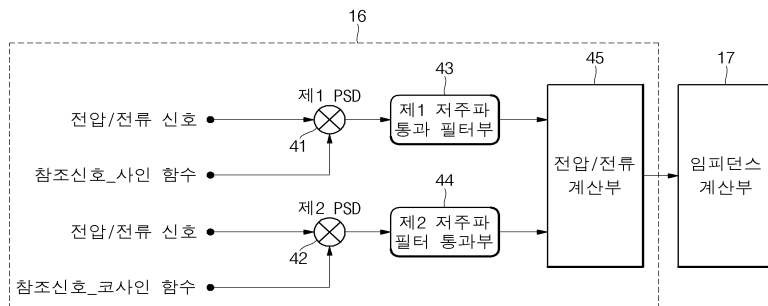
도면2



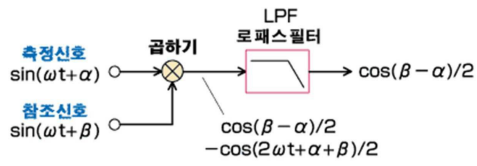
도면3



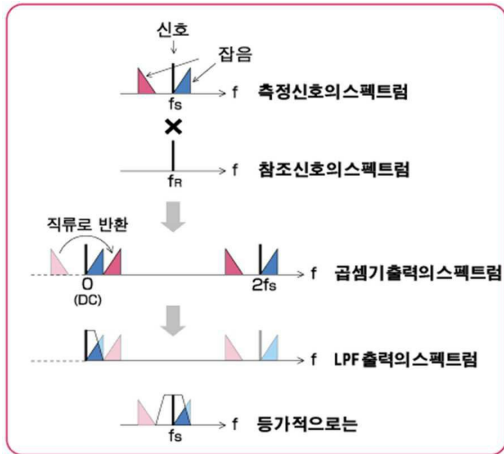
도면4



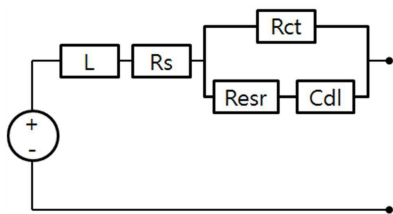
도면5



도면6



도면7



도면8

