



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년04월16일
(11) 등록번호 10-1386344
(24) 등록일자 2014년04월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 27/08 (2006.01) G01R 27/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0053377
(22) 출원일자 2013년05월10일
심사청구일자 2013년05월10일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020000002003 A
KR100347056 B1
JP2013029412 A
KR1020040072249 A

(73) 특허권자
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)
(72) 발명자
장병용
부산 해운대구 청사포로 12, 102동 1905호 (좌동,
SK-VIEW아파트)
(74) 대리인
정인규

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 오경환

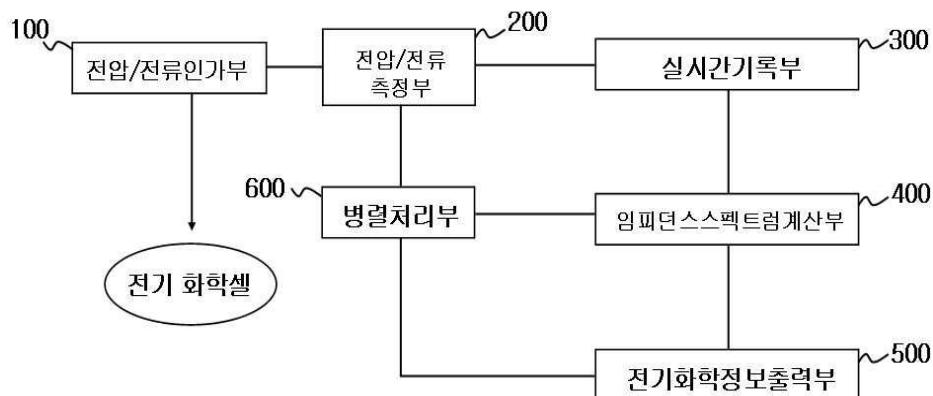
(54) 발명의 명칭 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 푸리에 변환을 이용한 전기화학적 임피던스 측정법(이하, FTEIS)을 실시간으로 측정 및 연산하는 모니터링장치를 제공하여 전지와 같은 전기화학 발전 장치의 특성 및 성능, 안전성을 모니터링하는데 응용할 수 있는 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링장치 및 방법에 관한 것이다.

본 발명에 의하면, 푸리에 변환을 이용한 전기화학적 임피던스 측정법(이하, FTEIS)을 실시간으로 측정 및 연산하는 모니터링장치를 제공하여 전지와 같은 전기화학 발전 장치의 특성 및 성능, 안전성을 실시간으로 모니터링할 수 있는 효과를 제공하게 된다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

푸리에 변환 전기화학 임피던스의 모니터링장치에 있어서,
 계단 파형의 전압 또는 전류를 전기화학 셀에 인가하는 전압/전류인가부(100);
 인가된 전압/전류에 의해 형성된 전류/전압을 각각 측정하는 전압/전류측정부(200);
 상기 전압/전류측정부에 의해 측정된 측정값을 실시간으로 리코딩하기 위한 실시간기록부(300);
 상기 실시간기록부에 기록된 전압과 전류를 미분하며, 미분된 값을 푸리에 변환을 통해 주파수 영역의 함수로 변환하며, 다시 옴의 법칙을 이용하여 임피던스 스펙트럼을 계산하기 위한 임피던스스펙트럼계산부(400);
 상기 임피던스스펙트럼계산부에 의해 계산된 임피던스 스펙트럼을 획득하여 전기화학 정보로 출력하기 위한 전기화학정보출력부(500);
 상기 전압/전류측정부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부의 동작을 각각 독립적으로 반복 수행하도록 명령 신호를 각각의 전압/전류측정부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부에 송출하는 병렬처리부(600);를 포함하는 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링장치.

청구항 2

푸리에 변환 전기화학 임피던스의 모니터링장치에 있어서,
 계단 파형의 전압 또는 전류를 전기화학 셀에 인가하는 전압/전류인가부(100);
 인가된 전압/전류에 의해 형성된 전류/전압을 각각 측정하는 전압/전류측정부(200);
 상기 전압/전류측정부에 의해 측정된 측정값을 실시간으로 리코딩하기 위한 실시간기록부(300);
 상기 실시간기록부에 기록된 전압과 전류를 미분하며, 미분된 값을 푸리에 변환을 통해 주파수 영역의 함수로 변환하며, 다시 옴의 법칙을 이용하여 임피던스 스펙트럼을 계산하기 위한 임피던스스펙트럼계산부(400);
 상기 임피던스스펙트럼계산부에 의해 계산된 임피던스 스펙트럼을 획득하여 전기화학 정보로 출력하기 위한 전기화학정보출력부(500);
 상기 전압/전류측정부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부의 동작을 각각 독립적으로 반복 수행하도록 명령 신호를 각각의 전압/전류측정부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부에 송출하는 병렬처리부(600);를 포함하여 구성하는 것을 특징으로 하며,

상기 병렬처리부(600)는,

전압/전류인가부, 전압/전류측정부, 실시간기록부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부의 각각의 처리를 동시에 시간의 지연없이 수행하여 실시간 임피던스 모니터링을 수행할 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링장치.

청구항 3

푸리에 변환 전기화학 임피던스의 모니터링장치에 있어서,
 계단 파형의 전압 또는 전류를 전기화학 셀에 인가하는 전압/전류인가부(100);
 인가된 전압/전류에 의해 형성된 전류/전압을 각각 측정하는 전압/전류측정부(200);
 상기 전압/전류측정부에 의해 측정된 측정값을 실시간으로 리코딩하기 위한 실시간기록부(300);
 상기 실시간기록부에 기록된 전압과 전류를 미분하며, 미분된 값을 푸리에 변환을 통해 주파수 영역의 함수로

변환하며, 다시 옴의 법칙을 이용하여 임피던스 스펙트럼을 계산하기 위한 임피던스스펙트럼계산부(400);

상기 임피던스스펙트럼계산부에 의해 계산된 임피던스 스펙트럼을 획득하여 전기화학 정보로 출력하기 위한 전기화학정보출력부(500);

상기 전압/전류측정부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부의 동작을 각각 독립적으로 반복 수행하도록 명령 신호를 각각의 전압/전류측정부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부에 송출하는 병렬처리부(600);를 포함하여 구성되되,

상기 임피던스스펙트럼계산부(400)는,

병렬처리부의 동작에 의해 전압/전류측정부 및 전기화학정보출력부가 동작하여도 실시간으로 임피던스 스펙트럼을 계산하는 것을 특징으로 하는 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링장치.

청구항 4

푸리에 변환 전기화학 임피던스의 모니터링장치에 있어서,

계단 파형의 전압 또는 전류를 전기화학 셀에 인가하는 전압/전류인가부(100);

인가된 전압/전류에 의해 형성된 전류/전압을 각각 측정하는 전압/전류측정부(200);

상기 전압/전류측정부에 의해 측정된 측정값을 실시간으로 리코딩하기 위한 실시간기록부(300);

상기 실시간기록부에 기록된 전압과 전류를 미분하며, 미분된 값을 푸리에 변환을 통해 주파수 영역의 함수로 변환하며, 다시 옴의 법칙을 이용하여 임피던스 스펙트럼을 계산하기 위한 임피던스스펙트럼계산부(400);

상기 임피던스스펙트럼계산부에 의해 계산된 임피던스 스펙트럼을 획득하여 전기화학 정보로 출력하기 위한 전기화학정보출력부(500);

상기 전압/전류측정부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부의 동작을 각각 독립적으로 반복 수행하도록 명령 신호를 각각의 전압/전류측정부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부에 송출하는 병렬처리부(600);를 포함하여 구성되되,

상기 전기화학정보출력부(500)는,

병렬처리부의 동작에 의해 전압/전류측정부 및 임피던스스펙트럼계산부가 동작하여도 실시간으로 전기화학 정보로 출력하는 것을 특징으로 하는 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링장치.

청구항 5

제 1항 내지 제 4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 병렬처리부(600)는,

전압/전류측정부에 의해 수집된 데이터를 실시간기록부에 전달하도록 명령 신호를 송출하는 제1단계,

상기 수집된 데이터를 임피던스스펙트럼계산부에 전달하면서 전압/전류측정부에 다음 데이터를 수집하도록 명령 신호를 송출하는 제2단계,

임피던스스펙트럼계산부에 연산 명령 신호를 송출하는 제3단계,

상기 임피던스스펙트럼계산부에 의해 연산된 임피던스 데이터를 전기화학정보출력부에 전달하면서 임피던스스펙트럼계산부에 다음 연산 명령 신호를 송출하는 제4단계,

전기화학정보출력부에 연산 명령 신호를 송출하는 제5단계를 반복 수행하는 것을 특징으로 하는 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링장치.

청구항 6

제 1항 내지 제 4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전압/전류측정부와,

임피던스스펙트럼계산부 및 전기화학정보출력부는 산출된 결과 데이터로 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링장치.

청구항 7

푸리에 변환 전기화학 임피던스의 모니터링 방법에 있어서,

전압/전류인가부(100)가 계단 파형의 전압 또는 전류를 전기화학 셀에 인가하는 전압/전류인가단계(S100);

병렬처리부(600)가 전압/전류측정부(200)에 의해 수집된 전압, 전류 측정값을 실시간기록부(300)에 전달하도록 명령 신호를 송출하는 실시간기록단계(S200);

병렬처리부(600)가 상기 수집된 전압, 전류 측정값을 임피던스스펙트럼계산부(400)에 전달하면서 전압/전류측정부(200)에 다음 데이터를 수집하도록 명령 신호를 송출하는 제1병렬처리단계(S300);

병렬처리부(600)가 임피던스스펙트럼계산부(400)에 연산 명령 신호를 송출하는 임피던스스펙트럼계산단계(S400);

병렬처리부(600)가 상기 임피던스스펙트럼계산부에 의해 연산된 임피던스 데이터를 전기화학정보출력부(500)에 전달하면서 임피던스스펙트럼계산부에 다음 연산 명령 신호를 송출하는 제2병렬처리단계(S500);

병렬처리부(600)가 전기화학정보출력부에 연산 명령 신호를 송출하는 전기화학정보출력단계(S600);를 포함하는 것을 특징으로 하는 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 전압/전류측정부와,

임피던스스펙트럼계산부 및 전기화학정보출력부는 산출된 결과 데이터로 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링 방법.

청구항 9

제 7항에 있어서,

상기 실시간기록단계(S200)에서,

전압/전류측정부(200)는 임피던스스펙트럼계산부와 전기화학정보출력부의 연산 처리와 관계없이 실시간으로 전압, 전류를 측정하는 것을 특징으로 하는 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링 방법.

청구항 10

제 7항에 있어서,

상기 임피던스스펙트럼계산단계(S400)에서,

임피던스스펙트럼계산부(400)는 전기화학정보출력부의 연산 처리와 관계없이 실시간으로 수집된 전압, 전류 측정값을 가지고 임피던스 스펙트럼을 계산하는 것을 특징으로 하는 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링 방법.

청구항 11

제 7항에 있어서,

상기 전기화학정보출력단계(S600)에서,

전기화학정보출력부(500)는 임피던스스펙트럼계산부의 연산 처리와 관계없이 실시간으로 임피던스 스펙트럼을 획득하여 전기화학 정보로 출력하는 것을 특징으로 하는 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 푸리에 변환을 이용한 전기화학적 임피던스 측정법(이하, FTEIS)을 실시간으로 측정 및 연산하는 모니터링장치를 제공하여 전지와 같은 전기화학 발전 장치의 특성 및 성능, 안전성을 모니터링하는데 응용할 수 있는 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [0002] FTEIS 측정법은 전압 또는 전류를 계단 파형으로 전기화학 셀에 가하여 실시간으로 형성되는 전류 또는 전압을 측정하여 임피던스로 나타내는 방법이다.
- [0003] 고속으로 측정된 다량의 신호로부터 임피던스를 계산하는 과정은 복잡한 수학 처리 과정을 포함하고 있어, 신호의 측정과 임피던스의 계산 과정이 동시에 수행하는 것은 불가능하였다.
- [0004] 따라서 FTEIS 실험은 측정이 완료된 후 또 다른 과정을 통해 임피던스를 계산하여 그 결과를 보여주므로, 실시간 모니터링 장치를 구축하는 것은 불가능하였다.
- [0005] 그리고, 전기화학적 측정법은 화학적 변화를 전기 신호로 직접 변환시키므로 화학적 변화를 측정하는 편리한 플랫폼을 제공한다.
- [0006] 일반적으로 화학 측정 장치는 화학적 과정에 수반되는 화학 에너지의 변화를 전기 신호로 바꾸기 위해 추가적인 변환 장치를 사용한다.
- [0007] 예를 들면, 화학 결합 또는 반응 등과 관계된 흡광 분광 스펙트럼은 광자 검파기를 통해 측정된다.
- [0008] 여기서, 광자 검파기는 변환기로서 작동하여 광자의 수를 세어 화학적 정보를 전기 신호로 바꾸는 것이다.
- [0009] 하지만, 전기화학에서는 화학 반응이 전극의 계면에서 일어나므로 화학적 변화가 부가적인 변환기 없이 전기 신호로 감지되어 측정기의 디스플레이로 결과를 내보낸다.
- [0010] 따라서, 전기화학 측정법은 측정 기기를 단순화시켜 복잡성을 제거하고, 성능과 휴대성을 향상시킬 수 있게 된다.
- [0011] 화학적 현상을 관찰하는 전기화학 측정법은 많이 존재한다. 일정 또는 주사형 전압 측정법은 매우 빈번히 사용되며, 이 방법들은 단순히 전압과 전류의 관계로부터도 유용한 정보를 제공한다.
- [0012] 화학적 현상이 복잡해지는 경우 더 높은 분해능을 요구하게 되며, 대표적인 것이 전기화학 임피던스 분광법(EIS)이다.
- [0013] EIS의 기본 원리는 다양한 주파수의 교류를 가지는 신호를 이용한다는 것이다.
- [0014] 전극-전해질 계면에서의 전기화학적 과정은 복잡하게 구성되어 있어서 단순히 전압-전류의 관계로부터 이해하기란 어렵다.
- [0015] 하지만, 각 과정들이 주파수에 따라 서로 다르게 반응하는 것을 이용하면 그 해결법을 찾을 수 있다.

- [0016] 예를 들면 전자 전달, 물질 이동, 전기 이중층의 형성 등 중에 하나의 과정에 대해 연구를 한다면 다른 것들이 반응하지 않고 오직 연구의 대상만이 반응하는 주파수 영역의 교류 신호를 이용하여 연구를 진행할 수 있다.
- [0017] 또는 주파수에 따른 화학 반응의 변화를 관찰하여 연구를 할 수 있게 된다.
- [0018] 예를 들어 임피던스의 허수부는 주파수의 역수에 비례하여 물질의 확산을 알려주며, 위상의 변화는 전기 이중층의 커패시턴스를 알려준다.
- [0019] 하지만 EIS는 더 많은 것을 보여준다.
- [0020] EIS는 복잡한 전기화학 현상을 동등 회로로 표현할 수 있다.
- [0021] 동등 회로는 가능한 전기화학적 과정들로부터 구성되며 전체적인 그림을 그려낼 수 있다.
- [0022] 즉, EIS로부터 얻어지는 정보는 특정한 하나의 정보에 국한되지 않고 패러데이, 비페러데이 과정 등을 포함하는 복잡한 현상의 전체적인 정보를 제공한다.
- [0023] 그러한 확장된 분석은 비선형-곡선-핏팅(non-linear-curve-fitting, NLCF) 기술로부터 가능하게 된다.
- [0024] 가능한 동등 회로가 제안이 되면 EIS 스펙트럼을 NLCF를 통해 핏팅하여 동등 회로를 구성하는 인자들의 값을 구하는 것이다.
- [0025] 여기서 구성 인자들은 전기화학적 과정들과 유사성을 가지며, 이 인자들의 값으로부터 열역학이나 동역학 정보를 알아낼 수 있다.
- [0026] NLCF은 널리 사용되는 방법이며 상업적으로도 활용되고 있다.
- [0027] 하지만 NLCF은 주어진 매우 혹독한 수학적 연산 자원을 요구하므로 실질적인 응용 범위는 조건에 따라 제한되어 있다.
- [0028] 임피던스 측정법의 경우, 측정과 연산이 따로 진행되어 실제로 임피던스 결과를 즉각적으로 모니터링하는 것은 불가능하였다.
- [0029] 이에 대한 또 다른 문제점은 임피던스는 변화가 진행되는 동안에는 측정이 불가능하다는 것이다.
- [0030] 임피던스 실험을 위해 원하는 전압이 전기화학 셀에 가해지면, 전기화학 반응이 일어나고, 일정한 시간이 지나 전류가 안정화되면 임피던스의 측정이 가능해진다.
- [0031] 이 조건에서 교류파를 가해 변화되는 교류 전류를 측정함으로써 임피던스를 구하게 된다.
- [0032] 여기서 가해지는 전압과 측정을 하는 교류파가 동기화되지 못하는 단점이 있다.
- [0033] 따라서, 실시간 임피던스 측정을 원천적으로 불가능한 방법이 되는 것이다.
- [0034] 이러한 문제점을 해결하고자 직류파를 이용한 교류 임피던스를 측정하는 방법을 개발하였다.
- [0035] 이 방법에 따르면, 교류파의 사용이 필요없고, 단지 원하는 전압을 가해주어 전류를 측정하는 것만으로도 임피던스를 얻을 수 있게 된다.
- [0036] 즉, 가해지는 전압과 측정되는 임피던스가 동기화되어 실시간 임피던스가 가능하게 된다는 것이다
- [0037] 단순히 실시간으로 측정되는 전압-전류의 관계로부터 얻을 수 있는 정보가 한정되어 있으므로 실시간 임피던스 측정법에 대한 요구는 지속적으로 존재해 왔다.
- [0038] 그럼에도 불구하고 위에서 언급한 문제점들로 인해 실시간 임피던스 모니터링 장치를 개발되지 못 해왔다.
- [0039] 특히, 전기 자동차 또는 하이브리드 자동차의 개발이 활성화되고 있고 수많은 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다.
- [0040] 따라서, 이와 관련된 가장 큰 시장은 전기 또는 하이브리드 자동차의 동력원인 이차전지와 연료 전지와 같은 전기화학적 발전 장치이다.
- [0041] 이차전지를 이용한 자동차의 경우, 이차 전지의 효율과 안전성을 지속적으로 확인하기 위해 실시간으로 전기화학적 임피던스를 모니터링할 필요성이 있다.
- [0042] 또한, 연료 전지를 이용한 발전 장치도 안정적인 전기의 생산과 안전 사고를 대비하는 실시간 모니터링이 필요

하다.

[0043] 결국, 이러한 전기화학적 발전 장치에 대해서 실시간 임피던스 모니터링 장치를 구축하여 자동차, 발전기, 화학 산업체 등과 연계될 수 있는 기술이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0044] (특허문헌 0001) 없음.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0045] 본 발명인, 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링장치 및 방법은 아래와 같은 목적을 갖는다.

[0046] 즉, 본 발명의 제 1 목적은 푸리에 변환을 이용한 전기화학적 임피던스 측정법(이하, FTEIS)을 실시간으로 측정 및 연산하는 모니터링장치를 제공하여 전지와 같은 전기화학 발전 장치의 특성 및 성능, 안전성을 실시간으로 모니터링할 수 있도록 하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0047] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 해결 수단은 다음과 같다.

[0048] 즉, 계단 파형의 전압 또는 전류를 전기화학 셀에 인가하는 전압/전류인가부(100);

[0049] 인가된 전압/전류에 의해 형성된 전류/전압을 각각 측정하는 전압/전류측정부(200);

[0050] 상기 전압/전류측정부에 의해 측정된 측정값을 실시간으로 리코딩하기 위한 실시간기록부(300);

[0051] 상기 실시간기록부에 기록된 전압과 전류를 미분하며, 미분된 값을 푸리에 변환을 통해 주파수 영역의 함수로 변환하며, 다시 옴의 법칙을 이용하여 임피던스 스펙트럼을 계산하기 위한 임피던스스펙트럼계산부(400);

[0052] 상기 임피던스스펙트럼계산부에 의해 계산된 임피던스 스펙트럼을 획득하여 전기화학 정보로 출력하기 위한 전기화학정보출력부(500);

[0053] 상기 전압/전류측정부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부의 동작을 각각 독립적으로 반복 수행하도록 명령 신호를 각각의 전압/전류측정부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부에 송출하는 병렬처리부(600);를 포함한다.

발명의 효과

[0054] 본 발명에 따른 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링장치 및 방법은,

[0055] 푸리에 변환을 이용한 전기화학적 임피던스 측정법(이하, FTEIS)을 실시간으로 측정 및 연산하는 모니터링장치를 제공하여 전지와 같은 전기화학 발전 장치의 특성 및 성능, 안전성을 실시간으로 모니터링할 수 있는 효과를 제공하게 된다.

도면의 간단한 설명

[0056] 도 1a는 전압/전류측정부, 실시간기록부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부가 순차적으로 수행할 경우를 그래픽으로 보여주는 예시도.

도 1b는 전압/전류측정부, 실시간기록부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부가 병렬처리부에 의해 병렬로 처리되어 각각의 처리 과정을 독립적으로 수행하는 그래픽을 보여주는 예시도.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링장치의 전체 구성도.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링 방법의 흐름도.

도 4a 내지 도 4c는 병렬 처리를 사용한 경우와 그렇지 않은 경우의 실험 결과 예시도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0057] 이하, 도면을 인용하며, 본 발명의 바람직한 실시예를 구체적으로 설명한다.
- [0058] 다만, 이러한 실시예에 본 발명의 권리 범위가 한정되는 것은 아니며, 당업자 수준에서 용이하게 변형가능한 발명으로서, 기술적 사상이 동일하다면 모두 본 발명의 권리범위에 속함을 밝혀 둔다.
- [0059] 본 발명에서는 실시간 임피던스를 측정할 수 있는 장치를 제공하게 되며, 본 장치는 기존의 푸리에 변환 임피던스 측정법을 개선하여 측정과 연산이 동시에 수행되도록 하여 지속적인 임피던스의 측정과 결과의 표현이 이루어져 실시간 모니터링이 가능하게 되는 것이다.
- [0060] 본 발명의 구성요소 및 동작원리를 설명하기에 앞서 실험 과정을 설명하도록 하겠다.
- [0061] 즉, 고속 신호를 높은 정밀도로 수행할 수 있는 일정전위기를 컴퓨터에 설치되어 있는 NI PCI-4461(National Instruments, Austin, TX) 카드에 연결한다.
- [0062] 이 카드는 유동 신호 분석기(dynamic signal analyzer, DSA)로서 임의 파형 함수를 만들어 출력하고 동시에 입력신호를 받아 디지털값으로 변환시키는 기능을 한다.
- [0063] 이 실험에서는 DSA 보드가 연속된 계단형 전압 함수를 만들어 고속으로 일정전위기에 제공하고, 일정전위기는 연결된 실험 셀에 받은 전압 신호를 전달한다.(모니터링 장치의 작동을 시연하기 위해 실제 전기화학 셀이 대신 커패시터(10 μ F) 와 두 개의 저항(1 k Ω)이 각각 직렬과 병렬로 이루어진 더미 셀을 사용하였다.)
- [0064] 실험 셀은 제공받은 전압에 의해 전류를 형성하고, 가해진 전압 신호와 형성된 전류 신호는 DSA 보드를 통해 초당 204.8 k 샘플수의 속도로 측정된다.
- [0065] 임피던스 연산과 비선형-곡선-핏팅은 기능을 수행하는 서브유닛으로 구성된 Labview 프로그램을 통해 자동화되어 이루어진다.
- [0066] 본 발명의 장치에서 제시되는 실시간 측정을 증명을 위해 두 개의 Labview 프로그램이 사용되었다.
- [0067] 하나는 기능을 수행하는 서브유닛이 직렬로, 다른 하나는 병렬로 실행되도록하여 실험이 수행되었다.
- [0068] 여기서, 사용되는 주요 서브유닛은 파형함수 생성기, 신호 수집기, 푸리에 변환을 이용한 임피던스 연산기, NLCF을 이용한 분석기이다.
- [0069] 여기서, 임피던스 연산기는 직류 신호를 교류 임피던스로 변환하는 역할을 하며 이와 관련된 알고리즘은 당업자에게 널리 알려진 기술이다.
- [0070] 간략히 설명하면, 시간 영역에서 측정된 전류와 전압은 시간에 대해 미분된 후 $[I(t), E(t) \rightarrow \Delta I(t) \text{ and } \Delta E(t)]$, 푸리에 변환을 통해 주파수 영역의 함수로 변환된다. $[\Delta I(t) \text{ and } \Delta E(t) \rightarrow \Delta I(w) \text{ and } \Delta E(w)]$.
- [0071] 두 신호는 옴의 법칙에 임피던스로 연산 된다. $[Z(w)=\Delta V(w)/\Delta I(w)]$
- [0072] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링장치의 전체 구성도이다.
- [0073] 도 2에 도시한 바와 같이, 본 발명의 장치는,
- [0074] 계단 파형의 전압 또는 전류를 전기화학 셀에 인가하는 전압/전류인가부(100);
- [0075] 인가된 전압/전류에 의해 형성된 전류/전압을 각각 측정하는 전압/전류측정부(200);
- [0076] 상기 전압/전류측정부에 의해 측정된 측정값을 실시간으로 리코딩하기 위한 실시간기록부(300);
- [0077] 상기 실시간기록부에 기록된 전압과 전류를 미분하며, 미분된 값을 푸리에 변환을 통해 주파수 영역의 함수로

변환하며, 다시 옴의 법칙을 이용하여 임피던스 스펙트럼을 계산하기 위한 임피던스스펙트럼계산부(400);

- [0078] 상기 임피던스스펙트럼계산부에 의해 계산된 임피던스 스펙트럼을 획득하여 전기화학 정보로 출력하기 위한 전기화학정보출력부(500);
- [0079] 상기 전압/전류측정부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부의 동작을 각각 독립적으로 반복 수행하도록 명령 신호를 각각의 전압/전류측정부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부에 송출하는 병렬처리부(600);를 포함하여 구성된다.
- [0080] 즉, 전압/전류인가부(100)는 계단 파형의 전압 또는 전류를 전기화학 셀에 인가하는 것이다.
- [0081] 이때, 상기 전압/전류측정부(200)는 인가된 전압/전류에 의해 형성된 전류/전압을 각각 측정하게 된다.
- [0082] 그리고, 상기 실시간기록부(300)는 전압/전류측정부에 의해 측정된 측정값을 실시간으로 리코딩하게 되는 것이다.
- [0083] 또한, 임피던스스펙트럼계산부(400)는 실시간기록부에 기록된 전압과 전류를 미분하며, 미분된 값을 푸리에 변환을 통해 주파수 영역의 함수로 변환하며, 다시 옴의 법칙을 이용하여 임피던스 스펙트럼을 계산하게 되는 것이다.
- [0084] 그리고, 상기 전기화학정보출력부(500)는 임피던스스펙트럼계산부에 의해 계산된 임피던스 스펙트럼을 획득하여 전기화학 정보로 출력하게 되는 것이다.
- [0085] 즉, 임피던스 결과는 전기화학 셀을 표현하는 동등 회로에 대해 비선형-곡선-핏팅을 통해 분석되어 원하는 전기화학 정보를 출력하게 되는 것이다.
- [0086] 여기서, 상기 전압/전류인가부와 전압/전류측정부 및 실시간기록부는 전압과 전류의 실시간 측정을 수행하지만, 임피던스스펙트럼계산부와 전기화학정보출력부는 주연산 및 데이터 이동 속도에 영향을 줄 정도로 과도한 자원을 소모하게 되므로 전압/전류인가부와 전압/전류측정부 및 실시간기록부는 전압과 전류의 실시간 측정을 수행한 후에 기능하게 되어 실시간 수행이 불가능하다.
- [0087] 즉, 임피던스스펙트럼계산부와 전기화학정보출력부의 처리 과정은 전압/전류인가부와 전압/전류측정부 및 실시간기록부에서 처리한 후 수행되어야 한다.
- [0088] 그리고 실시간 임피던스 모니터링을 하기 위해서는 상기 전압/전류인가부, 전압/전류측정부, 실시간기록부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부의 각각의 처리를 동시에 시간의 지연없이 정확히 이루어져 한다.
- [0089] 하지만 현대의 첨단 전자공학 기술로도 순차적인 처리로는 위의 처리 과정을 실시간으로 모두 수행할 수는 없다.
- [0090] 하지만, 최근의 컴퓨팅 시스템이 다중-CPU를 이용한 다중-작업 플랫폼을 지원하도록 발전하고 있어 이를 활용하게 된다면 위에서 언급한 과정들을 시간의 지체없이 실시간으로 수행할 수 있을 것이다.
- [0091] 여기서, 중요한 점은 FTEIS 수행을 위한 서버유닛(100~500)들이 병렬처리부(600)를 통해 동시적으로 기능을 수행한다는 것이다.
- [0092] 상기 전압/전류인가부, 전압/전류측정부를 동작시키고 여기서 측정된 데이터는 실시간기록부에 저장시킨 후 연속적으로 전압/전류인가부와 전압/전류측정부를 동작시키게 된다.
- [0093] 상기 실시간기록부에 저장된 데이터는 임피던스스펙트럼계산부에서 처리되는데 이때 임피던스스펙트럼계산부는 전압/전류인가부와 전압/전류측정부와 병렬적인 관계를 가지므로 전압/전류인가부와 전압/전류측정부와는 무관하게 기능을 수행하며, 그 역도 성립한다.
- [0094] 즉, 임피던스스펙트럼계산부에서 임피던스 스펙트럼을 계산하는 동안에 전압/전류인가부와 전압/전류측정부는 시간 지체없이 지속적으로 동작하며, 실시간기록부는 전압과 전류를 실시간으로 리코딩하게 된다.
- [0095] 여기서, 데이터가 임시저장소로 전달되는 속도는 데이터를 수집하는 시간보다 훨씬 짧기 때문에 오류가 나타나지 않고, 임피던스스펙트럼계산부는 전압/전류인가부와 전압/전류측정부 및 실시간기록부에 간섭을 받지 않으며 혼란한 계산을 문제없이 수행한다.
- [0096] 푸리에 변환은 긴 시간과 CPU의 전부하를 요구하지만, 최근의 CPU가 다중 코어로 다중 작업을 수행하므로 전체 작업에는 영향을 미치지 않는다.

- [0097] 이러한 병렬처리부(600)의 병렬 처리 및 다중 작업은 전기화학정보출력부의 전기화학 정보로 출력 과정에서도 똑같이 적용시킬 수 있다.
- [0098] 요약하자면, 본 발명의 임피던스 실시간 모니터링 장치는 병렬처리부에 의해 자료 수집, 연산, 분석의 수행 단계들이 단지 데이터 전달에 의한 병렬적 관계에서 독립적 수행을 기반으로 하여 실현될 수 있는 것이다.
- [0099] 즉, 병렬처리부(600)는 전압/전류측정부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부의 동작을 각각 독립적으로 반복 수행하도록 명령 신호를 각각의 전압/전류측정부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부에 송출하는 기능을 수행하게 된다.
- [0100] 도 1a는 전압/전류측정부, 실시간기록부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부가 순차적으로 수행할 경우((1) -> (2) -> (3) -> (4))를 그래픽으로 보여주고 있다.
- [0101] 도 1b는 전압/전류측정부, 실시간기록부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부가 병렬처리부에 의해 병렬로 처리되어 각각의 처리 과정을 독립적으로 수행하는 그래픽을 보여주고 있다.
- [0102] 특히, 서브유닛(전압/전류측정부, 실시간기록부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부를 서브유닛으로 정의한다.)들끼리 단지 데이터의 이동에 의해서만 연결되어 있다는 것이다.
- [0103] 병렬 처리 과정이 없게 되면, 자료 수집 단계부터 연산이 순차적으로 진행되므로 이전 단계가 완료되어야 비로소 다음 단계로 넘어갈 수 있다.
- [0104] 예를 들어, 첫번째의 자료 수집이 완료되면 두번째의 자료 수집이 실행되기 위해서는 이전 자료에 대한 연산이 모두 완료되어야 하며, 이러한 과정 중에 첫번째와 두번째 자료 수집 과정 중에 시간의 지체가 발생하게 되어 정확한 임피던스의 실시간 측정이 이루어지기 힘들어지게 된다.
- [0105] 반면에, 본 발명과 같이 병렬 처리 과정이 있는 경우에는 단지 데이터가 전달되지만 하면 서브유닛은 다른 단계와 관계없이 자신의 기능을 반복되어 수행할 수 있는 것이다.
- [0106] 예를 들어, 도 1b에서 전압/전류측정부에 의해 첫번째 자료 수집이 이루어지면, 실시간기록부는 데이터를 저장(A)한 후 병렬처리부의 처리에 의해 임피던스스펙트럼계산부에 전달(3)하여 전압/전류측정부는 두번째 자료 수집을 진행하고, 임피던스스펙트럼계산부는 첫번째 데이터에 대한 연산을 진행한다.
- [0107] 이때, 전압/전류측정부는 임피던스스펙트럼계산부와 관계없이 지속적으로 시간의 지체없이 자신의 기능을 수행하게 된다.
- [0108] 마찬가지로 임피던스스펙트럼계산부에서 임피던스 연산이 완료되면 임피던스 데이터는 전기화학정보출력부로 넘어가게 되고, 임피던스스펙트럼계산부는 다시 전압/전류측정부에서 받은 두번째 데이터를 연산하면서 전기화학정보출력부는 동등 회로에 대한 비선형-고선-핏팅을 독립적으로 수행(4)하여 최종 결과를 출력한다.
- [0109] 결과적으로 측정과 결과의 출력이 동시에 이루어지게 되는 것이다.
- [0110] 이러한 과정들을 수행하면서 데이터의 임시 저장 및 전달은 종래보다 훨씬 빠르게 이루어지므로 데이터의 전달이 FTEIS를 수행하는데 영향을 미치지 못한다.
- [0111] 한편, 병렬처리부에서 설명하고 있는 각각 독립적으로 반복 수행하도록 하는 것은 전압/전류측정부와 임피던스스펙트럼계산부 및 전기화학정보출력부는 산출된 결과 데이터로만 연결되어 있는 것을 의미하는 것이다.
- [0112] 즉, 병렬처리부(600)는,
- [0113] 전압/전류측정부에 의해 수집된 데이터를 실시간기록부에 전달하도록 명령 신호를 송출하는 제1단계,
- [0114] 상기 수집된 데이터를 임피던스스펙트럼계산부에 전달하면서 전압/전류측정부에 다음 데이터를 수집하도록 명령 신호를 송출하는 제2단계,
- [0115] 임피던스스펙트럼계산부에 연산 명령 신호를 송출하는 제3단계,
- [0116] 상기 임피던스스펙트럼계산부에 의해 연산된 임피던스 데이터를 전기화학정보출력부에 전달하면서 임피던스스펙트럼계산부에 다음 연산 명령 신호를 송출하는 제4단계,
- [0117] 전기화학정보출력부에 연산 명령 신호를 송출하는 제5단계를 반복 수행하도록 하는 것이다.
- [0118] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링 방법의 흐름도이다.

- [0119] 도 3에 도시한 바와 같이, 푸리에 변환 전기화학 임피던스의 실시간 모니터링 방법은,
- [0120] 전압/전류인가부(100)가 계단 파형의 전압 또는 전류를 전기화학 셀에 인가하는 전압/전류인가단계(S100);
- [0121] 병렬처리부(600)가 전압/전류측정부(200)에 의해 수집된 전압, 전류 측정값을 실시간기록부(300)에 전달하도록 명령 신호를 송출하는 실시간기록단계(S200);
- [0122] 병렬처리부(600)가 상기 수집된 전압, 전류 측정값을 임피던스스펙트럼계산부(400)에 전달하면서 전압/전류측정부(200)에 다음 데이터를 수집하도록 명령 신호를 송출하는 제1병렬처리단계(S300);
- [0123] 병렬처리부(600)가 임피던스스펙트럼계산부(400)에 연산 명령 신호를 송출하는 임피던스스펙트럼계산단계(S400);
- [0124] 병렬처리부(600)가 상기 임피던스스펙트럼계산부에 의해 연산된 임피던스 데이터를 전기화학정보출력부(500)에 전달하면서 임피던스스펙트럼계산부에 다음 연산 명령 신호를 송출하는 제2병렬처리단계(S500);
- [0125] 병렬처리부(600)가 전기화학정보출력부에 연산 명령 신호를 송출하는 전기화학정보출력단계(S600);를 포함하게 된다.
- [0126] 이때, 상기 전압/전류측정부와 임피던스스펙트럼계산부 및 전기화학정보출력부는 산출된 결과 데이터로 연결되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0127] 상기의 산출된 결과 데이터로 연결되어 있다는 의미는,
- [0128] 실시간기록단계(S200)에서, 전압/전류측정부(200)는 임피던스스펙트럼계산부와 전기화학정보출력부의 연산 처리와 관계없이 실시간으로 전압, 전류를 측정하는 것이며, 상기 임피던스스펙트럼계산단계(S400)에서, 임피던스스펙트럼계산부(400)는 전기화학정보출력부의 연산 처리와 관계없이 실시간으로 수집된 전압, 전류 측정값을 가지고 임피던스 스펙트럼을 계산하는 것이며,
- [0129] 상기 전기화학정보출력단계(S600)에서, 전기화학정보출력부(500)는 임피던스스펙트럼계산부의 연산 처리와 관계없이 실시간으로 임피던스 스펙트럼을 획득하여 전기화학 정보로 출력하는 것을 의미하는 것이다.
- [0130] 간략하게 정리하자면, 전압/전류측정부(200)와 임피던스스펙트럼계산부(400) 및 전기화학정보출력부(500)는 병렬처리부의 처리에 의해 처리 과정에서 서로 간의 간섭없이 독립적으로 본래 기능을 수행할 수 있는 것이다.
- [0131] 종래에는 전압/전류측정부의 처리 과정은 임피던스스펙트럼계산부와 전기화학정보출력부의 처리 과정이 완료되어야만 전압 및 전류를 측정할 수 있지만, 본 발명의 경우에는 임피던스 스펙트럼 계산 및 전기화학 정보 출력과 관계없이 전압 및 전류 측정을 지속적으로 수행할 수 있는 것이다.
- [0132] 도 4a 내지 도 4c는 병렬 처리를 사용한 경우와 그렇지 않은 경우의 실험 결과를 보여주고 있다.
- [0133] 도 4a는 병렬 처리없이 전류를 같은 속도와 간격으로 인가되는 계단 전압에 대해 측정한 것인데, 시간이 지날수록 전류가 뒤로 밀려서 측정이 되어 실제로 인가 전압과 동기화된 신호를 얻을 수는 없었다.
- [0134] 즉, 병렬 처리없이 실시간 측정을 하게 되면 데이터의 손실 또는 지체가 일어나게 되는 것이며, 이는 실시간 측정이 불가능함을 나타낸 것이다.
- [0135] 푸리에 변환의 시간 축에 대한 의존성을 염두하면, 하나의 데이터가 손실/지체되더라도 전체 임피던스 스펙트럼을 왜곡시킬 수 있다는 것을 예측할 수 있다.
- [0136] 하지만, 도 4b와 같이, 병렬 처리를 이용한 경우에는 실시간으로 전압 및 전류를 측정하더라도 데이터의 손실 또는 지체가 전혀 나타나지 않았다.
- [0137] 즉, 병렬처리부를 구성하여 인가 전압과 완벽하게 동기화된 전류를 실시간으로 측정하여 임피던스 결과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.
- [0138] 도 4c는 두 경우에 대한 임피던스 결과를 보여주는데, 도 4a(여기서, (a)로 명기)의 경우에는 왜곡된 결과를, 도 4b(여기서, (b)로 명기)의 경우에는 왜곡없는 정확한 결과를 보여주고 있다.
- [0139] 결론적으로 전기화학 임피던스 분광법은 전기화학적 측정법 중에 가장 민감한 측정법으로 여러 현상이 복합적으로 나타나는 경우도 분해할 수 있는 민감도를 가지고 있다.
- [0140] 그러한 장점에 대한 단점으로는 긴 측정 시간과 자료 분석에 대한 어려움을 들 수 있다.

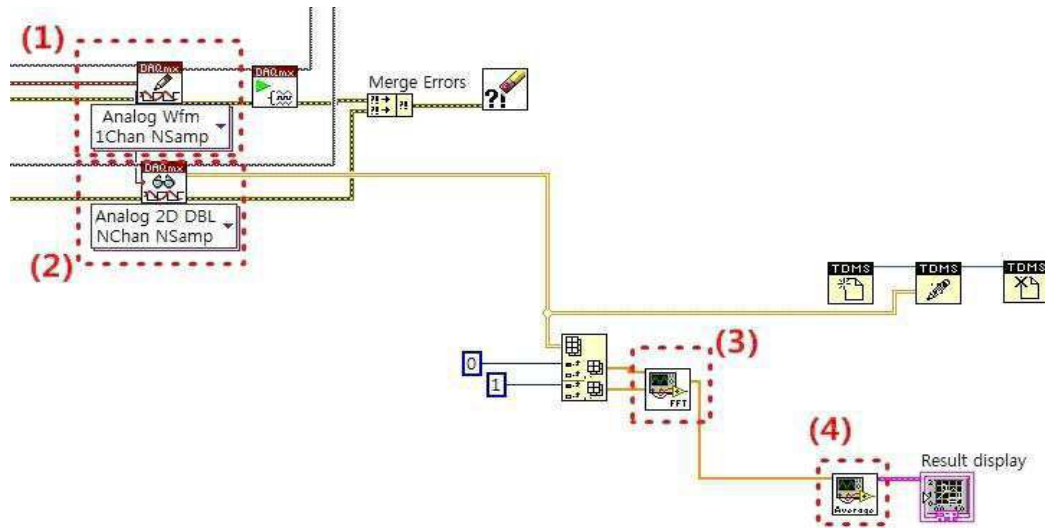
- [0141] 시간에 대한 문제점은 푸리에 변환 방법을 이용한 FTEIS를 통해 해결할 수 있었다.
- [0142] 인가되는 직류 전압에 의해 형성되는 직류 전류를 시간에 대한 함수로 측정하여 다시 주파수의 함수로 변환함으로써 인가되는 전압과 동기화된 임피던스를 구할 수 있다.
- [0143] 여기서, 측정되는 전류가 인가되는 전압에 대해 동기화되어 실시간으로 측정되어 임피던스는 전기화학 반응에 대한 실시간 정보를 제공할 수 있지만, 임피던스 결과는 실험이 완료된 후 복잡한 계산을 통해 얻어지므로 실시간으로 보여지는 것은 불가능하였다.
- [0144] 본 발명에서는 상기한 문제점을 해결하고 실시간 측정하는 모니터링 장치를 제공하고 있다.
- [0145] 종래의 일련의 순차적인 처리과정을 병렬로 재배치하여 처리함으로써 자료 수집 및 연산, 결과 출력 등의 과정이 서로 간의 간섭없이 수행되어 실시간으로 측정되는 전류로부터 실시간으로 임피던스 결과를 보여줄 수 있게 되었다.
- [0146] 일단 하나의 서브유닛(전압/전류측정부, 임피던스스펙트럼계산부, 전기화학정보출력부 중 어느 하나)에서 데이터가 다른 서브유닛으로 전달되면, 처리와 동시에 또 다른 서브유닛으로 데이터가 전달된다.
- [0147] 즉, 각 과정에 해당하는 서브유닛들은 시간의 지체없이 동시에 작동하여 최종적으로 측정되는 임피던스의 결과를 실시간으로 지켜볼 수 있게 된다.
- [0148] 따라서, 전기 자동차 또는 연료 전지 발전기 등에 사용될 전기화학적 발전 장치에 대한 모니터링 장치에 적용할 수 있게 되는 것이다.
- [0149] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구 범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

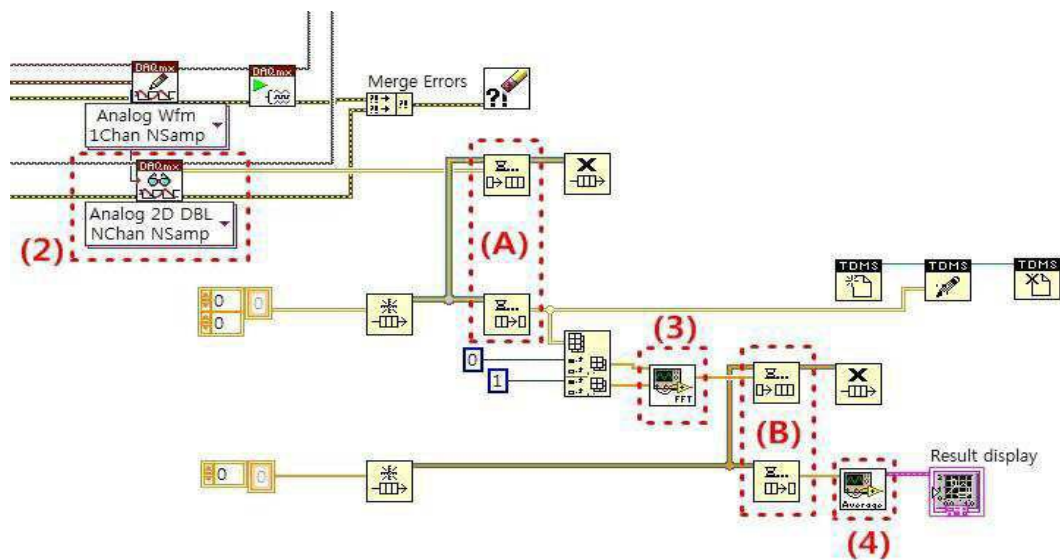
- [0150] 100 : 전압/전류인가부
- 200 : 전압/전류측정부
- 300 : 실시간기록부
- 400 : 임피던스스펙트럼계산부
- 500 : 전기화학정보출력부
- 600 : 병렬처리부

도면

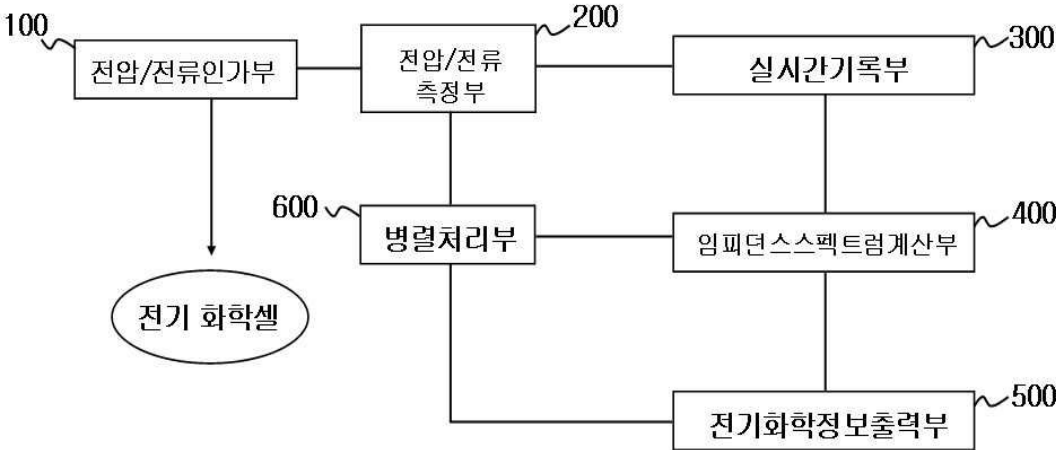
도면1a



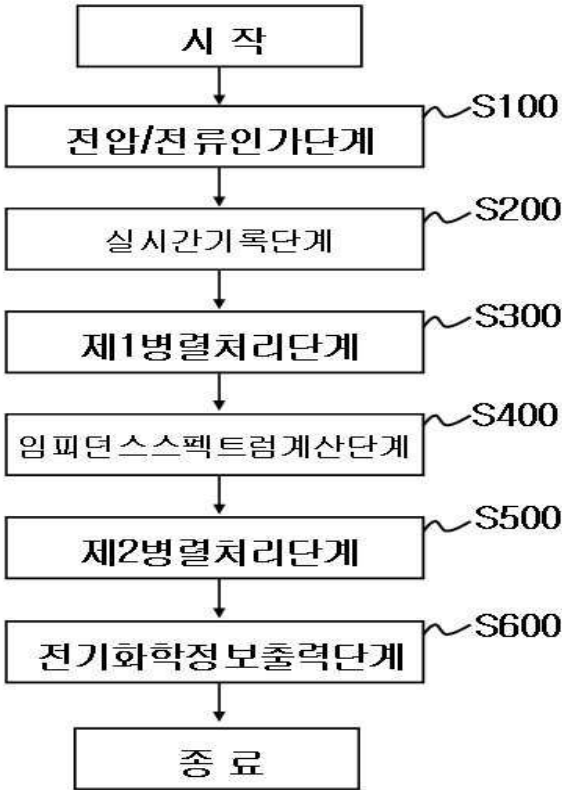
도면1b



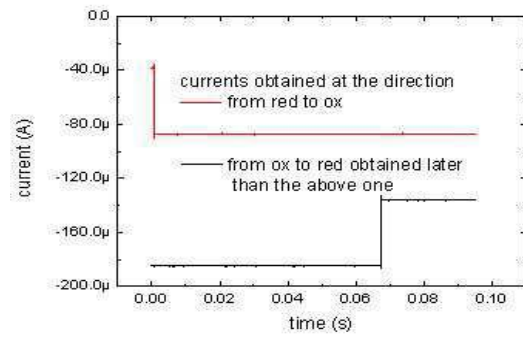
도면2



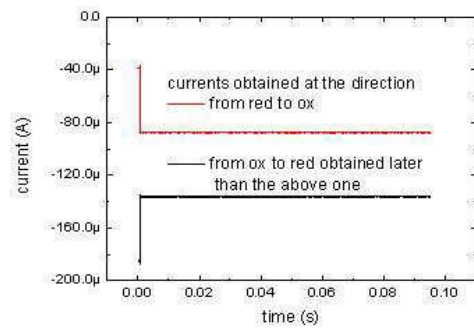
도면3



도면4a



도면4b



도면4c

