(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0056847
(43) 공개일자 2009년06월03일

(51) Int. Cl.
G01R 27/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0117456
(22) 출원일자 2008년11월25일
심사청구일자 2008년11월25일
(30) 우선권주장
1020070123087 2007년11월29일 대한민국(KR)

(71) 출원인
주식회사 파워트론
서울 강남구 일원1동 639번지
(72) 발명자
김득수
서울 강남구 압구정2동 513 한양아파트 51동 803호
김래영
서울특별시 용산구 이촌동 418 동부센트레빌아파트 103-1803호
(74) 대리인
특허법인화우

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 축전지 등가회로의 요소별 내부 저항 또는 등가 캐패시터값 연산 방법, 및 이의 구현회로

(57) 요 약

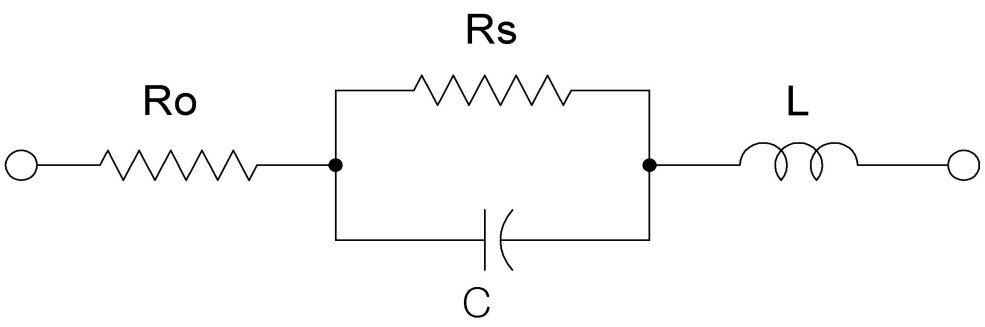
축전지의 내부 등가회로는 R-L-C 직렬회로로 표시할 수 있다. 이와 같이 표시되는 등가회로에 있어서 캐패시터 성분과 병렬로 연결된 저항 성분값(Rs)은 극판의 경년 노화(예로, 납축전지인 경우 황산염화 현상 등)에 의한 극판의 내부 저항에 해당된다. 또한 직렬로 연결된 저항 성분값(Ro)은 극판간 접합 개소에 대한 접속저항, 극주와 접합 개소간 결합저항, 및 전해액의 이온 전도성 저항에 해당된다.

본 발명은 종래의 동기검파 연산법이나 하드웨어회로를 이용한 측정방법에 의하여 측정전류신호와 임피던스 전압신호와의 위상차인 cosΘ을 측정하지 않으면서, 3가지의 각주파수(ω_1, ω_2, ω_3)를 가진 측정전류신호에 대하여 각각의 내부 임피던스 값(Z_1, Z_2, Z_3)을 측정하여 구하고, 내부 등가회로에 의한 수식적 결과에 의하여 구해진 3개의 4차 연립 방정식으로 부터 3개의 미지수항 Rs, Ro, Xc으로 표시되는 축전지 등가회로의 요소별 내부 저항 또는 캐패시터 성분값들을 구할 수 있는 연산방법을 제시한다.

또한, 종래의 동기검파 연산법이나 하드웨어회로를 이용한 측정방법에 의하여 측정전류신호와 임피던스 전압신호와의 위상차인 cosΘ을 정확하게 측정할 수 있을 경우에는, 상기와 같은 유사한 방법으로 2가지의 각주파수(ω_1, ω_2,)를 가진 측정전류신호에 대하여 각각의 내부 임피던스 값(Z_1, Z_2)을 측정하여 구하고 내부 등가회로의 수식적 결과에 의하여 구해진 4개의 2차 연립방정식으로 부터 미지수항 Rs, Ro, Xc 로 표시되는 축전지 등가회로의 요소별 내부 저항 또는 캐패시터 성분 값을 구할 수 있는 연산방법을 제시한다. 이 단계에서 필요에 따라 축전지 극판의 연결단자 부위에 형성된 인덕터 성분인 유도성 리액턴스 X_L 값을 계산할 수 있다.

또한 상기의 측정 연산방법을 구현할 수 있으며 회로가 비교적 간단한 구조를 가진 이의 측정연산회로를 제시한다.

대 표 도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

축전지 등가회로의 등가 캐패시터 성분과 병렬로 연결된 저항 성분값(Rs), 상기 캐패시터 성분과 직렬로 연결된 저항 성분값(Ro) 또는 등가 캐패시터 성분값(Xc) 중 하나 이상의 값을 구하는 방법으로서,

서로 다른 3가지의 각주파수(ω_1, ω_2, ω_3)를 가진 측정전류신호를 피측정 축전지에 흐르게 하고, 각각의 측정전류신호에 해당하는 상기 축전지의 내부 임피던스 값(Z_1, Z_2, Z_3)을 구하는 단계;

상기 내부 임피던스(Z_1, Z_2, Z_3) 값 및 축전지 등가회로의 각 요소 성분에 대한 관계식으로부터, 상기 Rs, Ro, Xc 값 중 하나 이상의 값을 계산하는 단계;

를 포함하는 축전지 등가회로의 요소 성분값 연산 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 관계식은,

$$Z_1^2 = \left[R_0 + \left\{(\frac{1}{w_1 \bullet C})^2 \times R_s\right\} / \left\{R_s^2 + (\frac{1}{w_1 \bullet C})^2\right\}\right]^2 + \left[\left\{w_1 L - (\frac{1}{w_1 \bullet C}) \times R_s^2\right\} / \left\{R_s^2 + (\frac{1}{w_1 \bullet C})^2\right\}\right]^2$$

$$Z_2^2 = \left[R_0 + \left\{(\frac{1}{kw_1 \bullet C})^2 \times R_s\right\} / \left\{R_s^2 + (\frac{1}{kw_1 \bullet C})^2\right\}\right]^2 + \left[\left\{kw_1 L - (\frac{1}{w_1 \bullet C}) \times R_s^2\right\} / \left\{R_s^2 + (\frac{1}{kw_1 \bullet C})^2\right\}\right]^2$$

$$Z_3^2 = \left[R_0 + \left\{(\frac{1}{mw_1 \bullet C})^2 \times R_s\right\} / \left\{R_s^2 + (\frac{1}{mw_1 \bullet C})^2\right\}\right]^2 + \left[\left\{mw_1 L - (\frac{1}{w_1 \bullet C}) \times R_s^2\right\} / \left\{R_s^2 + (\frac{1}{mw_1 \bullet C})^2\right\}\right]^2$$

와 같은 3개의 비선형 4차 연립 방정식으로 정의되며,

상기 방정식에서 Z_1^2, Z_2^2, Z_3^2 은 상기 각 내부 임피던스(Z_1, Z_2, Z_3)의 절대치의 제곱값, k 및 m은 양의 실수로서, 각각 $\omega_2 = k\omega_1$, $\omega_3 = m\omega_1$ 을 만족하는 값인 것을 특징으로 하는 축전지 등가회로의 요소 성분값 연산 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 연립 방정식에서, $\omega_1 L$, $k\omega_1 L$ 및 $m\omega_1 L$ 값이 0으로 근사화되도록 상기 각주파수(ω_1, ω_2, ω_3)들의 값이 산정되어 짐을 특징으로 하는 축전지 등가회로의 요소 성분값 연산 방법.

청구항 4

축전지 등가회로의 등가 캐패시터 성분과 병렬로 연결된 저항 성분값(Rs), 상기 캐패시터 성분과 직렬로 연결된 저항 성분값(Ro), 등가 캐패시터 성분값(Xc) 또는 직렬 리액턴스 값(X_L) 중 하나 이상의 값을 구하는 방법으로서,

서로 다른 2가지의 각주파수(ω_1, ω_2)를 가진 측정전류신호(I_s)를 피측정 축전지에 흐르게 하고, 각각의 측정전류신호에 해당하는 상기 축전지의 내부 임피던스 값(Z_1, Z_2)을 구하는 단계;

상기 축전지에 흐르는 측정전류신호(I_s) 와 상기 측정전류신호에 의한 내부 임피던스전압(V_{Is})의 상호 위상차 값(cosΘ 또는 sinΘ)을 구하는 단계;

상기 내부 임피던스(Z_1, Z_2) 값 및 상기 위상차 값(cosΘ 또는 sinΘ)에 대한 관계식으로부터, 상기 Rs, Ro, Xc, X_L 값 중 하나 이상의 값을 계산하는 단계;

를 포함하는 축전지 등가회로의 요소 성분값 연산 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 관계식은, $Z_1 = A_1 + jB_1$, $Z_2 = A_2 + jB_2$ 라 할 때,

$$A_1=\left[Ro+\left\{\left(\frac{1}{\omega_1 \cdot C}\right)^2 \cdot Rs\right\}/\left\{Rs^2+\left(\frac{1}{\omega_1 \cdot C}\right)^2\right\}\right]$$

$$B_1=\left\{\omega_1 L-\left(\frac{1}{\omega_1 \cdot C} \cdot Rs^2\right)\right\}/\left\{Rs^2+\left(\frac{1}{\omega_1 \cdot C}\right)^2\right\}$$

$$A_2=\left[Ro+\left\{\left(\frac{1}{k \cdot \omega_1 \cdot C}\right)^2 \cdot Rs\right\}/\left\{Rs^2+\left(\frac{1}{k \cdot \omega_1 \cdot C}\right)^2\right\}\right]$$

$$B_2=\left\{k \cdot \omega_1 L-\left(\frac{1}{k \cdot \omega_1 \cdot C} \cdot Rs^2\right)\right\}/\left\{Rs^2+\left(\frac{1}{k \cdot \omega_1 \cdot C}\right)^2\right\}$$

와 같은 4개의 2차 연립 방정식으로 정의되며,

상기 방정식에서 k는 양의 실수로서, $\omega_2 = k\omega_1$을 만족하는 값인 것을 특징으로 하는 축전지 등가회로의 요소 성분값 연산 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 상호 위상차 값(cosΘ 또는 sinΘ)은, 서로 다른 2가지 각주파수(ω_1, ω_2)의 평균값에 해당되는 각주파수의 측정전류신호(I_s)를 피측정 축전지에 흐르게 하여 구하는 것을 특징으로 하는 축전지 등가회로의 요소 성분값 연산 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 방정식에서 $\omega_1 L$ 및 $k\omega_1 L$ 값이 0 으로 근사화되도록 상기 각주파수

(ω_1, ω_2)들의 값이 산정되어 짐을 특징으로 하는 축전지 등가회로의 요소 성분값 연산 방법.

청구항 8

축전지 등가회로의 합성 내부저항 값(Rint) 또는 캐패시터 값(Xc') 중 하나 이상의 값을 구하는 방법으로서,

서로 다른 2가지의 각주파수(ω_{11}, ω_{12})를 가진 측정전류신호를 상기 피측정 축전지에 흐르게 하고, 각각의 측정전류신호에 해당하는 상기 축전지의 내부 임피던스 값(Z_{11}, Z_{12})을 구하는 단계;

상기 내부 임피던스(Z_{11}, Z_{12}) 값 및 상기 축전지 등가회로의 합성 내부저항 값과 캐패시터 값에 대한 관계식으로부터, 상기 Rint 또는 Xc' 중 하나 이상의 값을 계산하는 단계;

를 포함하는 축전지 등가회로의 요소 성분값 연산 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 관계식은,

$$Z_{11}^2 = R_{int}^2 + (\omega_{11}L - \frac{1}{\omega_{11} \cdot C})^2$$

$$Z_{12}^2 = R_{int}^2 + (k\omega_{11}L - \frac{1}{k\omega_{11} \cdot C})^2$$

와 같은 2개의 비선형 2차 연립 방정식으로 정의되며,

상기 방정식에서 k는 양의 실수로서, $\omega_{12} = k\omega_{11}$을 만족하는 값인 것을 특징으로 하는 축전지 등가회로의 요소 성분값 연산 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 방정식에서 $\omega_{11}L$, $k\omega_{11}L$ 값이 0으로 근사화되도록 상기 각주파수(ω_{11}, ω_{12})들의 값이 산정되어 짐을 특징으로 하는 축전지 등가회로의 요소 성분값 연산 방법.

청구항 11

제1항, 제4항 또는 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 축전지의 내부 임피던스 값은,

상기 측정전류신호에 의해 유기된 임피던스전압의 실효치 제곱값을 상기 측정전류신호의 실효치 제곱값으로 나눈 결과에 제곱근을 취하여 연산됨을 특징으로 하는 축전지 등가회로의 요소 성분값 연산 방법.

청구항 12

축전지 등가회로의 각 성분 요소를 측정 연산하는 회로에 있어서.

피측정 축전지에 흐르는 측정전류신호(I_s)를 평균치로 변환하는 제 1 실효치 평균치 변환수단;

상기 측정전류신호에 따른 내부 임피던스 전압신호(V_{Is})를 평균치로 변환하는 제 2 실효치 평균치 변환수단;

상기 제 1 실효치 평균치 변환수단 및 제 2 실효치 평균치 변환수단을 통하여 평균치로 변환된 상기 측정전류신호(I_s) 및 내부 임피던스 전압신호(V_{Is})를 디지털값으로 변환하는 ADC 변환회로; 및

상기 ADC 변환회로에서 출력된 측정전류신호(I_s) 및 내부 임피던스 전압신호(V_{Is})로부터 축전지 등가회로 성분을 연산하는 중앙처리장치;

를 포함하는 축전지 등가회로 요소 성분의 측정 연산 회로.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 일반적으로 2차 전지인 축전지 셀의 교류전류에 대한 등가회로는 저항, 인덕턴스, 캐패시턴스(R-L-C)성분의 직렬회로로 등가화될 수 있음이 입증되어 있다.

<2> IEEE 1188-1996/2005 STD 에서는 밀폐형 축전지의 노화(건전유무)상태 진단을 하기 위하여 축전지의 내부 임피던스 성분중 사용년도에 따라 열화가 진행되는 극판의 격자체 부식 또는 전해액의 감소의 요소에 가장 상관관계가 높다고 생각되는 내부 저항 성분만을 측정하여 이를 토대로 축전지의 노화(건전유무)상태를 진단할 수 있다고 권장하고 있으며, 니켈-카드늄 축전지의 제조회사에서도 니켈-카드늄의 내부 저항값은 이의 노화(건전유무)상태 또는 충전상태(SOC)와 상관관계가 있음을 알려주고 있다.

<3> 또한, 근래 개인용 PDA, 노트북 PC의 보급이 확대되고 하이브리드 자동차나 전기차의 상용화 보급 추세에 따라, 종래의 납축전지에 비해 전기 집적도가 매우 높은 니켈수소 전지 또는 리튬이온(폴리머) 계열의 다양한 2차 전지들이 다수 채택되고 있으며, 이러한 2차 전지(축전지)의 경우에도 내부 등가회로 각 요소 성분의 변화는 노화(건전유무)상태 또는 충전상태(SOC)와 상관관계를 가진다는 내용의 논문들이 다수 발표되고 있다.

<4> 연축전지의 경우 R-L-C 직렬회로로 표시되는 내부 등가회로에 있어서, 캐패시터 성분과 병렬로 연결된 저항 성분값(Rs)은 극판의 극판의 황산염(sulfate, SO_4)화에 따른 극판의 내부 저항을 표시하며 이는 전체 저항치의 약 40%에 해당된다. 또한 이와 직렬로 연결된 저항 성분값(Ro)은 극판간 접합 개소에 대한 접속저항, 극주와 접합 개소간 결합저항 및 전해액의 이온 전도성 저항에 해당되는 합성저항을 의미한다. 여기서 전해액의 이온 전도성 저항은 측정신호 주파수에 따라 약간 달라질 수 있다.

<5> 등가 캐패시터 성분(Xc)에 의한 용량성 리액턴스는 전기장의 변화와 관계가 있는 것으로 절연물을 매개로 하는 2장의 분리된 극판사이에서 생긴다. 극판으로 구성된 캐패시터 성분은 근본적으로 두 도체판 사이에 걸리는 전압, 혹은 전위차가 변화할 때 그것을 막는 경향을 가진다. 그러므로 캐패시터 성분이 전기회로 내에 존재하면 교류 전압이 교류 전류에 비해 지연되는 결과를 초래한다.

<6> 또한, 유도성 리액턴스 성분(X_L)은 축전지 극판의 연결단자 부위에 형성된 인덕터 성분이며 극판 및 극판간 연결부속의 구조, 주위 매질에 따라 달라지게 되다. 유도성 리액턴스 X_L 은 직류성분의 전류에는 영향을 미치지 않으나 측정시 흐르게 되는 교류전류가 인덕터 성분에 의해 지연되어 상기 등가 캐패시터 성분(Xc)에 합산되어 영향을 미치게 된다.

<7> 일반적으로 축전지는 화학적 에너지를 전기적 에너지로 바꾸어주는 방전과 전기적 에너지를 화학적 에너지로 바꾸어 주는 충전의 사이클을 통해 그 기능을 하게 되는 데, 이러한 충방전 사이클의 횟수가 많을수록 극판의 노화가 진행되어 수명을 다하게 된다.

<8> 연(납)축전지의 경우에는 방전 시 황산염(sulfate,SO_4)이 극판과 결합하여 물(H_2O)이 생성되어 비중이 낮아지고, 충전 시에는 결합된 황산염이 다시 전해액으로 돌아와 비중이 높아지게 된다. 그러나 오랜 기간 동안의 충/방전 사이클을 거치는 동안 방전(자가방전포함)시 달라붙어 있던 황산염이 충전 시에 이탈되지 아니하고 그대로 극판에 달라붙어 있는 경우가 발생하는데 이것을 황산염화 현상 (Sulfation)이라 한다.

<9> 즉 상기 황산염(SO_4)은 활물질 층에서 극판과의 결합 및 SO_4끼리 결합을 형성하여 피막형태로 극판을 덮어싸고 절연막을 형성하여 화학 전기 반응이 일어나는 통로를 차단하게 되며, 이와 같이 황산화 현상이 일어나면 축전지의 전압 용량 및 비중을 떨어뜨림은 물론, 축전지의 황분자를 전해질로부터 없어지게 하여 축전지내의 전해질을 비효율적으로 만들게 된다.

<10> 이러한 현상들은 축전지가 많이 방전될수록, 충/방전 사이클의 횟수가 많을수록 심해지며 이러한 현상의 반복으로 축전지는 수명을 다하게 되어 약80% 이상이 되면 기전력을 잃게 된다.

<11> 또한, 등가 캐패시터 성분(Xc)은, 극판간에 생기는 용량성 리액턴스 성분으로 드라이 아우트(전해액의 고갈상태)정도에 따라 변화되는 상관 요소이며 상기 등가 캐패시터 성분값을 등가 내부저항 성분값(직렬 저항성분값(Ro) 및 병렬 저항 성분값(Rs))과 비교분석하여 축전지 전해액의 고갈(Dry out) 여부를 파악할 수 있다.

<12> 일반적으로 축전지가 부동 상태 또는 100% 재결합 모드에서 동작하고 있으면, 외형적으로 어떠한 화학적인 반응도 없고, 모든 과충전 에너지는 열로 변환되어 분산되므로 과열급등 문제가 발생하지 않는다. 그러나 재결합 반응으로 발생되는 열 발생이 열의 분산비율을 초과하는 비율이 되면, 축전지의 온도는 올라가게 되고, 부동전압을 유지하기 위하여 더 큰 전류가 필요하게 된다. 더 큰 전류는 더 많은 재결합과 발열을 일으키게 되므로, 축전지의 온도를 더욱 가열하게 되어 전해액의 증발을 촉진하고 결과적으로 축전지의 전해액 고갈(즉, 드라이 아우트)을 가져오게 된다.

<13> 또한 공지된 바와 같이, 축전지에 교류전압을 인가하거나 축전지를 방전하여 소정의 주파수를 가진 측정전류(교류전류)신호를 흐르게 할 경우, 교류전류에 대한 축전지의 내부회로는 저항, 인덕턴스, 캐패시턴스(R-L-C)성분의 직렬회로로 등가화될 수 있으므로 축전지의 극주 단자간에 발생하는 교류전압신호(임피던스전압) 파형은 주파수가 높을수록 L성분에 의하여 전압신호의 위상이 전류신호의 위상보다 빠르고 주파수가 낮을수록 C성분에 의하여 전압의 위상이 전류의 위상보다 지연되는 경향이 있다.

<14> 또한 밀폐형 연축전지에 교류의 측정전류를 흐르게 하여 축전지의 단자간에 발생하는 교류전압을 측정 주파수를

변해가며 파형을 관찰하여 보면 위상이 거의 일치할 수 있는 공진점 $f=1/(2\pi\sqrt{LC})$ 은 100Hz 부근에 있으며 이의 특성을 이용하여 주파수 범위(10~1000Hz)의 정현파 전류를 축전지 셀에 흐르게 함으로써 인덕턴스, 커패시턴스 성분을 제외한 내부저항 성분 (컨덕턴스값의 역수)만에 의한 교류전압 신호만이 측정될 수 있도록 하는 방안도 소개되어 있다.

<15> 축전지 셀의 노화정도와 상관되는 등가 내부 임피던스 값을 측정하기 위한 기술로는 교류전류 측정방식 (AC current method)과 순간부하 방전방식 (Mementary Load Test, DC Measurement)을 주로 사용하고 있다.

<16> 상기 교류전류 측정방식은 일반적으로 정현파 형상의 측정전류신호(교류전류) I_S를 축전지와 같은 피측정물에 흐르게 하여 단자 양 단에서 얻어지는 내부 임피던스에 의한 전압강하 성분(이하 내부 임피던스 전압(V_{IS}) 신호)을 측정하고 이들을 기초로 하여 내부 임피던스 값을 연산하는 방식이다. 즉, 정전류원 또는 전압원에서 측정전류신호(I_S)를 생성하여 피측정 축전지 셀의 단자양단에 교류 4단자망을 통해 흐르게 하면, 상기 축전지 단자에서 셀전압(V_{DC})위에 정현파 형상의 임피던스 전압신호(V_{IS})가 중첩되어 측정된다. 상기 임피던스 전압(V_{IS}) 신호는 콘덴서로써 커플링되고 연산증폭기를 통해 순수 교류신호로 변환 증폭되어, 측정전류신호(I_S)는 전류센서(분류기나 직류변환기)를 통해 전압신호로 변환된다. 상기 두 값이 A/D컨버터 및 CPU로 구성된 디지털 측정회로(인베디드 시스템)로 입력되고, 상기 디지털 측정회로에 탑재되어 지는 연산프로그램에 의해, 축전지의 합성 내부 저항값은 $V_{IS,RMS} \div I_{S,RMS} \cdot \cos(\theta)$ 의 수식원리에 따라 계산된다.

<17> 여기서, $V_{IS,RMS}$는 임피던스 전압(V_{IS})의 실효치이며 $I_{S,RMS}$는 정현파 측정전류신호(I_S)의 실효치이며, cos(Θ)은 이들 사이의 위상차 값이다.

<18> 한편, 축전지 셀의 특성을 부동충전(즉, 정상 부동 충전상태에서 충전기와 부하에 연결된 상태)중에 측정코자 할 때에는 축전지의 충전전류에 포함된 고조파 리플 전류 성분에 의해 축전지 단자전압에는 고주파 리플전압이 발생된다.

<19> 따라서, 충전시에 충전리플전류에 의해 발생되는 고주파 리플전압과 측정회로의 기생 임피던스에 의한 노이즈 잡음에 대한 영향을 배제시켜야 정확한 측정값을 얻어야 낼 수 있는 기술적 어려움을 가지며, 이를 해결하기 위하여 측정연산 시스템이 복잡하여 지고 고가로 되는 단점이 있다.

<20> 본 발명인이 출원한 대한민국 특허 출원번호 10-2003 -0028521호 및 10-2004 -0007050호 에서는 이러한 충전 리플전압의 영향을 배제할 수 있는 방안들이 제시되고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<21> 종래에는 축전지와 같은 피측정물의 등가 내부저항에 해당되는 합성 저항값을 동기검파 연산법에 의해 구하거나, 또는 소정의 연산 과정에 의해 구하여진 임피던스 전압 실효치(V_s)와 교류 측정전류 실효치(I_s)로써 [수학식 1] 으로 부터 내부 임피던스(Z)를 구한 다음, 하드웨어를 통해 구해진 위상차 Θ를 이용하여 아래의 [수학식 1] 및 [수학식 2] 과 같이 합성 내부 저항 성분값(R) 또는 리액턴스 성분(X)을 연산함으로써 구할 수 있었다.

수학식 1

<22> $$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \frac{V_s}{I_s}$$

수학식 2

<23> $X/R = \tan^{-1}\theta$ 또는 $R = Z \cdot \cos(\theta)$

<24> 상기에서와 같이 내부 임피던스 값(Z)에 위상차 값 cosΘ를 곱하여 임피던스 유효성분(저항성분)을 구하는 방법 특히 위상각도 Θ를 정확히 구하는 방법에 있어서는, 측정회로의 잡음이나 충전시 리플전류에 의해 내부 임피던스 전압 또는 측정신호전류 파형이 왜곡되거나 잡음이 내포되게 되고 이를 영향을 줄이기 위해 매우 정밀한 하드웨어를 채택하여 위상각도 Θ을 비교적 정확하게 측정하더라도 위상각도 Θ를 연산하게 되면 이의 오차가 상승하게 되었다.

<25> 더구나, 대용량 Flooded 형과 같은 축전지를 매우 높은 주파수 전류신호을 이용하여 측정할 시에는 측정전류신호와 임피던스전압 신호의 위상차가 90° 에 근접하게 되므로, 이러한 경우에는 종래의 동기검파법과 같은 수식원리를 이용하거나 매우 정밀한 하드웨어를 채택하여 위상각도 Θ을 측정하는 방안을 택하더라도 위상차 값 cosΘ는 거의 영(0)에 근접한 수치가 되므로, 위상각도 Θ각이 0.5% 정도의 정확한 값이 측정되는 경우에도 위상차 값 cosΘ는 상대적으로 매우 큰 오차를 가지게 된다.

<26> 따라서, $V_{IS,RMS} \div I_{S,RMS} \cdot \cos(\theta)$ 수식에 의해 위상차 값 cosΘ를 곱하여 내부 저항값을 연산시에는 오차가 증가되는 단점이 있는 것이다.

<27> 또한, 축전지 등가회로의 상기 내부 합성 저항치은 노화상태(SOH)와 절대적인 비례관계를 가지지 못하므로, 비상전원 축전지의 노화에 따른 교체시기를 적절히 판단하기 위해 축전지의 노화상태(SOH)를 더욱 종합적으로 분석하여 할 필요가 있으며, 따라서 축전지 등가회로의 합성 내부 저항치 (Internal Ohmic Measuring) 뿐만 아니라 축전지의 등가회로 요소 성분중 극판간 접합 개소에 대한 접속저항과 극주와 접합 개소간의 결합저항을 포함하는 직렬 저항 성분값(Ro) 또는 등가 캐패시터 성분값 및 이와 병렬 연결되는 병렬 내부 저항(Rs)값 등을 구하고 이들의 결과를 종합적으로 분석하여 축전지의 노화상태를 정확히 판단하고 어떤 요인에서 축전지가 노화되었는 지를 판단해야 할 필요성이 대두되고 있다.

과제 해결수단

<28> 본 발명은 축전지의 요소별 각 내부 저항 성분 및 또는 등가 캐패시터 성분에 해당된 값을 연산하여 얻고 자 하는 목적으로 안출된 것으로, 종래의 내부 저항 연산방법에서 사용하는 $V_{IS,RMS} \div I_{S,RMS} \cdot \cos(\theta)$ 의 수식 관계의 위상각 Θ을 필수적으로 구하지 않으면서, 3가지의 주파수를 가지는 측정전류신호에 대하여 이에 해당된 내부 임피던스 값(Z)을 측정하여 구하고, 상기 피측정 축전지에 대한 등가회로의 수식적 결과에 의하여 얻어진 각각의 내부 임피던스 값을 가지는 3개의 4차 연립 방정식에서 3개의 미지수 항인 내부 저항 요소성분에 해당되는 Rs, Ro 값 또는 등가 캐패시터 성분에 해당되는 Xc의 값을 구할 수 있다.

<29> 또한, 또 다른 실시 예로, 동기검파 연산법이나 하드웨어회로를 이용한 측정방법에 의하여 측정전류신호와 임피던스 전압신호와의 위상차 값 cosΘ이 산출되어 지면, 2가지의 각주파수(ω_1, ω_2)를 가진 측정전류신호에 대하여 각각의 내부 임피던스값(Z_1, Z_2)을 측정하여 구하고 상기 피측정 축전지에 대한 등가회로의 수식적 결과에 의하여 구해진 4개의 2차 연립방정식으로 부터 축전지 등가회로 성분 요소인 3개 미지수항인 Rs, Ro, 또는 Xc 값을 연산할 수 있고, 추가적으로 필요할 시는 유도성 리액턴스 성분인 직렬 리액턴스 X_L 값도 연산할 수 있다.

<30> 또한, 또 다른 실시 예로, 이와 유사한 방법으로 2가지의 주파수를 가지는 측정전류신호에 대하여 각각의 내부 임피던스 값을 얻고 이에 대한 등가회로의 수식적 결과에 의하여 각각의 임피던스 값을 가지는 2개의 2차 연립 방정식으로 부터 축전지셀의 합성 내부 저항(Rint, Internal Ohmic Resistance) 요소와 등가 캐패시터 성분(Xc')를 구할 수 있다.

<31> 또한, 본 발명은 상기 연산방법에 의하여 필요되는 CPU의 연산량을 감소시키기 위해 실효치 평균치 변환수단을 통해 교류(AC)신호를 직류(DC)신호로 변환하여 CPU에 입력하므로써 등가회로 요소 성분을 용이하게 연산할 수 있는 경제적이고 구성이 간단한 측정 연산회로를 제시한다.

효 과

<32> 본 발명에서 제시된 연산 방법은, 축전지(2차전지) 등가회로의 요소 성분인 각 내부 저항 성분에 해당되는 Rs, Ro 값 및 등가 캐패시터 성분에 해당되는 Xc의 값을 3개의 4차 연립 방정식을 통하여 구하는 방법으로써, 종래의 측정연산 방법에서 위상차각 Θ를 측정 또는 연산하는 과정에서 발생되는 오차를 줄일 수 있어 측정값의 정확도를 높일 수 있다.

<33> 또한, 다른 실시 예에서 동기검파 연산법이나 하드웨어회로를 이용한 측정방법에 의하여 측정전류신호와 임피던스 전압신호와의 위상차 값 cosΘ이 산출되어 지면, 2가지의 각주파수(ω_1, ω_2,)를 가진 측정전류신호에 대하여 각각의 내부 임피던스 값(Z_1, Z_2)을 측정하여 구하고 4개의 2차 연립 방정식의 공통해에 의하여 각 내부 저항 성분에 해당되는 Rs, Ro 값 또는 등가 캐패시터 성분 Xc의 값을 구할 수 있으므로 연산속도가 제한된 인베디드 시스템을 이용하여 상기 값을 비교적 용이하게 구할 수 있다.

<34> 상기에서 연산에 의하여 구해질 수 있는 축전지 등가회로 요소 성분은 최소한 3가지이며, 여기에서 병렬 내부저항(Rs)은 연축전지의 경우 극판의 황산화(sulfation)에 상관되는 요소이고 직렬 내부 저항(Ro)은 극판간 접합개소에 대한 내부 접속저항, 극주와 접합 개소간 결합저항 및 전해액의 이온 전도성 저항 등의 합이다. 또한 등가 캐패시터 리액턴스 성분(Xc)값은 축전지의 전해액 고갈 상태(Dry out)에 따라 변화되는 상관 요소이며 상기 등가 캐패시터 성분값을 병렬 저항성분(Rs)값과 비교 분석하여 축전지 전해액의 고갈(Dry out) 여부를 판단할 수 있는 요소이다.

<35> 또한, 본 발명에서 일 실시 예로 제안된 하드웨어 구성은 상기 연산 원리나 방법을 구현할 수 있는 회로로써, 상용화된 실효치 평균치(DC) 변환수단(102 또는 103)을 채택하여 측정연산에 필요한 회로를 비교적 간략화할 수 있다. 또한 상기 실효치 평균치(DC) 변환수단(102 또는 103)을 통하여 얻어지는 측정신호는 직류성분이므로, 많은 샘플링 량이 필요치 않으며 내부 임피던스 값 연산시에 요구되는 연산값이 비교적 적게 된다. 따라서 빠른 CPU 처리속도가 필요치 아니 하여 CPU의 연산량이 대폭 감소되며 비교적 정확한 측정값을 연산할 수 있는 효과를 가지게 된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<36> 도 1은 이론적인 축전지의 등가회로를 나타 내고, 도 2는 본 발명에서 구해지는 축전지 등가회로의 각 요소별 성분을 나타내고 있다.

<37> 각주파수 ω_1, ω_2, ω_3 를 가지는 3가지의 측정전류신호를 피측정 축전지에 흐르게 하여 이에 해당되는 각각의 축전지 내부 임피던스 값(Z_1, Z_2, Z_3)을 측정하여 구할 수 있으며, 여기서 상기 각각의 주파수에 대한 해당 임피던스 값(Z_1, Z_2, Z_3)은 아래의 수학식 11 내지 수학식 13으로 표시될 수 있다.

수학식 11

<38>
$$Z_1 = R_o + j\omega_1 L + \left(\frac{-j}{\omega_1 \cdot C} \times R_s\right) / \left(\frac{-j}{\omega_1 \cdot C} + R_s\right)$$

수학식 12

<39>
$$Z_2 = R_o + j\omega_2 L + \left(\frac{-j}{\omega_2 \cdot C} \times R_s\right) / \left(\frac{-j}{\omega_2 \cdot C} + R_s\right)$$

수학식 13

<40>
$$Z_3 = R_o + j\omega_3 L + \left(\frac{-j}{\omega_3 \cdot C} \times R_s\right) / \left(\frac{-j}{\omega_3 \cdot C} + R_s\right)$$

<41> 상기 수학식 11 내지 수학식 13 에서, $\omega_2 = k * \omega_1$ 이고 $\omega_3 = m * \omega_1$ (여기서 k 및 m 은 양의 실수)을 만족하는 조건에 해당된 주파수를 선정하고 이에 해당된 주파수를 가지는 측정전류신호를 피측정 축전지에 흐르게 한 경우에는, 각각의 내부 임피던스 값 Z_1, Z_2 및 Z_3 은 실수항과 복소수항을 가지고 있는 형태로 아래와 같이 수학식 14 내지 수학식 16 으로 표시된다.

수학식 14

$$Z_1=Ro+j\omega_1 L+\left\{\left(\frac{1}{\omega_1\cdot C}\right)^2\cdot Rs+\frac{-j}{\omega_1\cdot C}\cdot Rs^2\right\}/\left\{Rs^2+\left(\frac{1}{\omega_1\cdot C}\right)^2\right\}$$

<42>

$$=\left[R_o+\left\{\left(\frac{1}{\omega_1\cdot C}\right)^2\cdot R_s\right\}/\left\{R_s^2+\left(\frac{1}{\omega_1\cdot C}\right)^2\right\}\right]+j\left[\left\{\omega_1 L-\left(\frac{1}{\omega_1\cdot C}\cdot R_s^2\right)\right\}/\left\{R_s^2+\left(\frac{1}{\omega_1\cdot C}\right)^2\right\}\right]$$

<43>

<44> 또한 아래와 같이 간략화 가능하다.

$$=\left[R_o+R_s/\{1+(\omega_1\cdot C\cdot R_s)\}^2\right]+j\left[\omega_1 L-\omega_1\cdot C\cdot R_s^2/\{1+(\omega_1\cdot C\cdot R_s)^2\}\right]$$

<45>

수학식 15

$$Z_2=Ro+jk\omega_1 L+(-j\frac{1}{k\omega_1\cdot C}\times Rs)/(-j\frac{1}{k\omega_1\cdot C}+Rs)$$

<46>

$$=\left[R_o+\left\{\left(\frac{1}{kw_1\cdot C}\right)^2\cdot R_s\right\}/\left\{R_s^2+\left(\frac{1}{kw_1\cdot C}\right)^2\right\}\right]+j\left[\left\{kw_1 L-\left(\frac{1}{kw_1\cdot C}\cdot R_s^2\right)\right\}/\left\{R_s^2+\left(\frac{1}{kw_1\cdot C}\right)^2\right\}\right]$$

<47>

<48> 또한 아래와 같이 간략화 가능하다.

$$=\left[R_o+R_s/\{1+(kw_1\cdot C\cdot R_s)\}^2\right]+j\left[kw_1 L-kw_1\cdot C\cdot R_s^2/\{1+(kw_1\cdot C\cdot R_s)^2\}\right]$$

<49>

수학식 16

$$Z_3=Ro+jm\omega_1 L+(-j\frac{1}{m\omega_1\cdot C}\times Rs)/(-j\frac{1}{m\omega_1\cdot C}+Rs)$$

<50>

$$=\left[R_o+\left\{\left(\frac{1}{mw_1\cdot C}\right)^2\cdot R_s\right\}/\left\{R_s^2+\left(\frac{1}{mw_1\cdot C}\right)^2\right\}\right]+j\left[\left\{mw_1 L-\left(\frac{1}{mw_1\cdot C}\cdot R_s^2\right)\right\}/\left\{R_s^2+\left(\frac{1}{mw_1\cdot C}\right)^2\right\}\right]$$

<51>

<52> 또한 아래와 같이 간략화 가능하다.

$$=\left[R_o+R_s/\{1+(mw_1\cdot C\cdot R_s)\}^2\right]+j\left[mw_1 L-mw_1\cdot C\cdot R_s^2/\{1+(mw_1\cdot C\cdot R_s)^2\}\right]$$

<53>

<54> 한편, 일반적으로 R-L-C 등가회로에서 합성 내부 임피던스의 절대값의 크기는 $|Z|=\sqrt{R^2+X^2}$ 와 같이 실수항 제곱과 복소수항 제곱의 합으로 표시될 수 있으므로, 각각의 내부 임피던스 제곱값은 수학식 17 내지 수학식 19 으로 표시될 수 있다.

수학식 17

$$Z_1^2=\left[R_0+\left\{(\frac{1}{w_1\cdot C})^2\times R_s\right\}/\left\{R_s^2+(\frac{1}{w_1\cdot C})^2\right\}\right]^2+\left[\left\{w_1 L-(\frac{1}{w_1\cdot C})\times R_s^2\right\}/\left\{R_s^2+(\frac{1}{w_1\cdot C})^2\right\}\right]^2$$

<55>

수학식 18

$$Z_2^2=\left[R_0+\left\{(\frac{1}{kw_1\cdot C})^2\times R_s\right\}/\left\{R_s^2+(\frac{1}{kw_1\cdot C})^2\right\}\right]^2+\left[\left\{kw_1 L-(\frac{1}{w_1\cdot C})\times R_s^2\right\}/\left\{R_s^2+(\frac{1}{kw_1\cdot C})^2\right\}\right]^2$$

<56>

수학식 19

<57> $$Z_3^2=\left[R_0+\left\{(\frac{1}{mw_1\bullet C})^2\times R_s\right\}/\left\{R_s^2+(\frac{1}{mw_1\bullet C})^2\right\}\right]^2+\left[\left\{mw_1L-(\frac{1}{w_1\bullet C})\times R_s^2\right\}/\left\{R_s^2+(\frac{1}{mw_1\bullet C})^2\right\}\right]^2$$

<58> 상기 식에서 Z^2_1, Z^2_2 및 Z^2_3 는 각주파수 ω_1, ω_2, ω_3 를 가진 측정전류신호에 대하여 내부 임피던스 값을 측정하여 구해 지는 각각의 내부 임피던스 절대치의 제곱값을 표시한다.

<59> 상기에서 설명한 바와 같이, 3가지 각주파수 ω_1, ω_2, ω_3 에 해당된 각각의 주파수를 선정하고 이의 주파수를 가지는 측정전류신호를 흐르게 하여 측정 연산회로를 통해 각각의 내부 임피던스 제곱값 Z^2_1, Z^2_2 및 Z^2_3 을 측정 연산할 수 있다.

<60> 한편, 축전지 종류(예, 리튬이온), 제조방식, 축전지 형식, 축전기의 크기 구조와 절연체의 성질에 따라 차이가 있으나, 일반적으로 단위 축전지를 측정할 경우에는 3가지 각주파수(ω_1, ω_2, ω_3)를 1KHz 미만으로 선정하는 것이 바람직하며 이때 수학식 17 내지 수학식 19 에서 직렬 인덕턴스 항 ωL 은 무시할 정도로 작은 값(거의 영(zero))이 되게 된다.

<61> 예로써 밀폐형 납축전지인 경우에 측정전류신호의 각주파수(ω_1, ω_2, ω_3)를 약 300Hz 로 선정하면 임피던스전압 신호는 측정전류 신호를 기준하여 대략 50~70° 정도 앞서게 되며, 상기 각주파수(ω_1, ω_2, ω_3)가 약 100Hz를 기준으로 공진점 $f=1/(2\pi\sqrt{LC})$ 에 가까워져 임피던스전압 신호와 측정전류 신호의 위상이 거의 일치되게 된다.

<62> 각주파수(ω_1, ω_2, ω_3)를 100Hz 이하로 선정하면, 피측정 축전지의 등가회로 요소 성분중 직렬 인덕턴스 항인 유도성 리액턴스 성분(X_L)이 매우 작은 값(거의 영)에 근접되고 [수학식 20]의 조건이 만족될 수 있다. 따라서 상기 수학식 17 내지 수학식 19 에서 직렬 인덕턴스 항 $\omega_i L$ 을 무시할 수 있게 되므로 상기 직렬 인덕턴스 항 $\omega_i L$ 을 영(0)으로 취하여 각 요소 성분을 연산하여도 이의 연산 결과값의 정확성이 확보될 수 있게 된다.

수학식 20

<63> $$w_iL \ll (w_i \bullet C \bullet R_s^2)/1+(w_i \bullet C \bullet R_s)^2$$

<64> 이렇게 되면, 상기 수학식 17 내지 수학식 19 은 ωL에 해당되는 항이 전부 소거되어 미지수항 Rs, Ro, Xc만을 각각 가지는 3개의 4차 연립방정식에 해당되게 되므로, 공통해(근)인 미지수항 Rs, Ro, 또는 Xc의 값을 구할 수 있다.

<65> 일반적으로 상기와 같은 3개의 비선형 4차 연립방정식을 완벽히 만족하는 공통해(근)을 해석적으로 구하기 어려울 경우도 있다. 특히 연산능력이 극히 제한된 임베디드 시스템을 이용하여 이의 공통해(근)을 연산하여 구하고자 하는 경우에는 현실적으로 연산에 소요되는 시간에 제약을 가지게 되므로, 상기 공통해(근)를 구하기 쉽도록 상기 비선형 방정식의 형태를 전처리를 통해 변환하고 제한된 시간내에 신뢰할 수 있는 공통해(근)를 효율적으로 구할 수 있는 연산 알고리즘이 필요할 수 있다.

<66> 상기 연산 알고리즘으로는 비선형 방정식을 선형화를 해서 해를 구하거나, 순환식(Recursive) 방법(수치해석)을 사용할 수 있으며 종래의 뉴튼-랩슨(Newton-Rapson) 등 3~4가지 정도가 알려져 있으므로 이에 적정한 연산 알고리즘을 채택하여 효율적으로 사용할 수 있다.

<67> 뉴튼-랩슨(Newton-Rapson)을 이용한 비선형 연립 방정식를 푸는 단계를 간단히 소개하면, ① 풀고자 하는 모든 연립 방정식을 f(x)=0의 형태로 정리한다.② Newton Raphson 함수(f)을 소정의 과정과 같이 정의한다.(예로써, 소정의 과정은 3개의 연립 방정식(f1, f3, f5) 은 3개의 미지수항 α1, α2, α3 를 포함하고 있다.) ③ 상기에서 정의된 편미분 방정식을 사용하여 Jacobian maxtirx (J)를 정의하는 것이다.

<68> 또한, 상기 순환식(Recursive) 방법(수치해석)을 사용할 시에는 공통해의 수렴문제(수렴성 및 수렴속도)와 이의 정확도 문제가 예상될 수 있고, 공통해의 예상 초기값에 따라 수치해석 결과에 대한 의존도가 매우 크게 작용하게 될 수 있다.

<69> 현실적으로는 축전지 내부 임피던스 값 또는 등가회로 성분의 범위를 예상할 수 있으므로, 실제 구하고 자 하는 공통해와 비슷한 초기값을 넣어 주어 빠른 시간내에 정확한 해를 구할 수 있도록 하는 효율적인 방안을 채택할 수 있다.

<70> 또한, 실제 구하고 자 하는 공통해와 상당한 차이를 가진 초기값을 넣어주면 연산시간이 오래 걸리고 완벽하게 정확한 해를 구하지 못하는 경우도 발생할 수 있으므로, 이러한 경우를 대비하여 측정 연산결과로써 얻어지는 Z^2_1, Z^2_2 및 Z^2_3 값과 상기 수학식 17 내지 수학식 19 에 공통해의 예상 초기값을 넣어 우변의 연산 결과값의 차가 소정의 한계치(보통 측정정확도를 고려하여 ±1% 이내임)이내의 조건을 만족하는 해가 구해지는 경우이면 이를 올바른 공통해(근)로 판단해야 할 필요가 있다.

<71> 또한, 상기 각주파수(ω_1, ω_2, ω_3)의 크기를 선정함에 있어 이들 상호의 각주파수 크기의 차가 많게 선정된 경우에는 상기 연산처리결과를 통해 구해지는 공통근의 정확도에 대한 신뢰도가 높아 지게 되므로, 상기 3가지의 각주파수(ω_1, ω_2, ω_3) 크기 차(간격)를 최적화하여 선정하는 것이 필요하다.

<72> 한편, 연산능력이 극히 제한된 임베디드 시스템을 이용하여 비선형 4차 방정식의 공통해(근)을 연산하고 자 하는 상기 방법은, 연산시간이 많이 소요되어 현실적으로 시간적 제약을 받게 되어 이의 산업적 이용가치가 떨어지는 경우가 있다.

<73> 이러한 경우에는 본 발명의 또 다른 실시예로써, 종래의 동기검파 연산법이나 하드웨어회로를 이용한 측정방법에 의하여 측정전류신호와 임피던스 전압신호와의 위상차인 cosΘ을 정확하게 측정할 수 있으므로, 상기와 유사한 기술적 사상에 따라 2가지의 각주파수(ω_1, ω_2)를 가진 측정전류신호에 대하여 피측정 축전지의 내부 임피던스 값(Z_1, Z_2)을, 본 발명에서 제시되거나 종래부터 알려진 측정 연산회로를 통해 각각 측정하여 구하고, 상기 축전지의 내부 등가회로 수식적 결과로써 구해진 실수항과 복소수항으로 표시되는 4개의 2차 연립 방정식으로 부터 축전지 등가회로 성분인 3개 이상의 미지수항 Rs, Ro, 등가 캐패시터 Xc, 또는 유도성 리액턴스의 X_L 을 구할 수 있다.

<74> 이하 이의 연산 원리에 대해 구체적으로 설명한다. 상기 수학식 14 내지 수학식 15 를 살펴 보면 실수항과 복소수항의 합으로 구성되므로, 본 실시 예에 있어서 2가지의 각주파수(ω_1, ω_2)를 가진 측정전류신호에 대한 각각의 내부 임피던스 값(Z_1 및 Z_2)은 아래 수학식 21 및 수학식 22 과 같이 간략히 표시될 수 있다.

수학식 21

<75> $$Z_1 = A_1 + jB_1$$ 여기서 각주파수는 ω_1 이다.

수학식 22

<76> $$Z_2 = A_2 + jB_2$$ 여기서 각주파수는 $k \cdot \omega_1$ 이다.

<77> 또한, 동기검파 연산법이나 하드웨어회로를 이용한 측정 방법에 의하여 연산된 위상차 각(측정전류신호와 임피던스 전압신호와의 위상차)이 Θ이면, 내부 임피던스는 수학식 23 과 같이 표시된다.

수학식 23

<78> $$Z = |Z|\{\cos\theta + j\sin\theta\}$$

<79> 여기서 $|Z|$ 는 내부 임피던스의 절대값을 나타 내는 것으로, 임피던스 전압 실효치($V_{IS,RMS}$)를 측정전류신호

실효치($I_{S,RMS}$)로 나눈 값이며 측정 연산회로를 통해 용이하게 연산할 수 있다.

<80> 또한, 수학식 21 내지 수학식 23 으로 부터 $A_1 = |Z_1| * \cos\Theta$, $B_1 = |Z_1| * \sin\Theta$, $A_2 = |Z_2| * \cos\Theta$이 성립되고, $B_2 = |Z_2| * \sin\Theta$ 가 성립됨을 알 수 있다.

<81> 또한, $\cos\Theta$ 및 $\sin\Theta$ 값은 종래의 동기검파 연산법이나 하드웨어 회로를 이용한 측정 연산방법에 의하여 얻어질 수 있는 값이 되므로, 따라서 각주파수가 ω_1 일때 상수 A_1, B_1 및 각주파수가 ω_2 일때의 A_2, B_2 값들을 연산할 수 있다.

<82> 또한, 상기 수학식 14 또는 수학식 15, 및 수학식 21 또는 수학식 22 으로 부터 상기 각주파수(ω_1)에 대하여 실수항과 복소수항으로 표시된 상수 A_1, B_1, A_2, B_2 에 대한 수학식 24 내지 수학식 27 를 유도할 수 있다.

수학식 24

<83>
$$A_1=\left[Ro+\left\{\left(\frac{1}{\omega_1\cdot C}\right)^2\cdot Rs\right\}/\left\{Rs^2+\left(\frac{1}{\omega_1\cdot C}\right)^2\right\}\right]$$

수학식 25

<84>
$$B_1=\left\{\omega_1 L-\left(\frac{1}{\omega_1\cdot C}\cdot Rs^2\right)\right\}/\left\{Rs^2+\left(\frac{1}{\omega_1\cdot C}\right)^2\right\}$$

수학식 26

<85>
$$A_2=\left[Ro+\left\{\left(\frac{1}{k\cdot\omega_1\cdot C}\right)^2\cdot Rs\right\}/\left\{Rs^2+\left(\frac{1}{k\cdot\omega_1\cdot C}\right)^2\right\}\right]$$

수학식 27

<86>
$$B_2=\left\{k\cdot\omega_1 L-\left(\frac{1}{k\cdot\omega_1\cdot C}\cdot Rs^2\right)\right\}/\left\{Rs^2+\left(\frac{1}{k\cdot\omega_1\cdot C}\right)^2\right\}$$

<87> 여기서 상수 A_1, B_1, A_2, B_2, 및 k, ω_1 값은 양의 실수이며, 종래의 동기검파 연산법이나 하드웨어 회로를 이용한 측정결과로 부터 알 수 있거나 구할 수 있는 값이다.

<88> 상기 수학식 24 내지 수학식 27 은 4개의 미지수항(Rs, Ro, Xc, X_L)을 가지는 2차 연립 방정식이므로, 상기 수학식 24 내지 수학식 27 로 구성된 4개의 2차 연립 방정식으로 부터 이들의 공통해를 구하여 축전지 등가회로 요소 성분값인 미지수항인 Rs, Ro, 또는 Xc, 또는 X_L의 값을 간단히 연산할 수 있다.

<89> 전술한 바와 같이, 2가지 각주파수(ω_1, ω_2,)를 적절한 크기 이하로 선정하면 상기 $\omega_1 L$ 항은 무시할 정도로 거의 영이 되어 직렬 인덕턴스항 $\omega_1 L$을 영으로 한 후 연산하는 것이 바람직하나, 상기 수학식은 4개의 미지수를 가진 4개의 2차 연립방정식으로 구성되어 있으므로 $\omega_1 L$ 항을 미지수항으로 취급하여 계산하여도 $\omega_1 L$을 포함하여 상기 4가지의 미지수항인 Rs, Ro, 또는 Xc, 또는 X_L의 값을 구할 수 있다.

<90> 또한 전술한 바와 같이, 종래의 동기검파 연산법이나 하드웨어 회로를 이용한 측정 방법에 의하여 구해지는 $\cos\Theta$ 및 $\sin\Theta$ 값은 피측정 축전지의 측정전류신호 주파수의 크기에 따라 변화하게 되므로, 상기 2가지 각주파수(ω_1, ω_2,)의 평균값에 해당되는 측정전류신호 주파수에 의하여 구해지는 값을 취하여 축전지 등가회로 요소 성분값인 상기 4가지의 미지수항을 연산하는 것이 더 바람직하다.

<91> 도 2에 표시된 축전지 등가회로에 있어서, 전술한 바와 같은 연산과정을 통하여 상기 연립 방정식으로 부터 구해지는 등가회로의 요소 성분중, 캐패시터 성분(Xc)과 병렬로 연결된 내부 저항 성분(Rs)값은 극판의 황산화

(sulfation)에 따른 극판 내부 저항값이 되며 이 값은 대개 전체 직렬 저항치의 약 40%에 해당된다.

<92> 또한 상기 축전지 등가회로 요소 성분중, 직렬 내부 저항 성분인 Ro 값은 극판간 접합 개소에 대한 접속저항, 극주와 접합개소간 결합저항, 및 전해액의 이온 전도성 저항의 합에 해당되며 상기 전해액 이온 전도성 저항은 측정전류신호 주파수에 따라 약간 상이하게 측정될 수 있다.

<93> 또한, 상기 축전지 등가회로 요소 성분중, 상기 연립 방정식으로 부터 구해지는 등가 캐패시터 성분인 Xc값은 전해액의 고갈상태 (Dry out)정도와 상관되는 값을 표시한다. 즉, 등가 캐패시터 성분인 Xc 값이 이와 병렬로 연결된 저항 성분인 Rs 값과 비교하여 정상적인 축전지에 비해 상대적으로 차이가 있는 것으로 분석되는 경우에는, 피측정 축전지의 전해액이 고갈된 상태(Dry out)라고 판단할 수 있는 것이다.

<94> 이와 같이 도 2에 표시된 바와 같이, 축전지의 회로특성은 R-L-C로 표시되는 직/병렬회로이므로, 본 발명에 의하여 전지 내부 등가회로의 각 요소성분의 변화량을 정확히 연산하여 이의 결과로써 축전지의 노화상태와 상관된 특성변화 정도를 평가할 수 있다.

<95> 또한, 도 1에서 $R_{terminals}$ 는 극주 단자의 연결저항을 표시하고 $R_{straps\ \&\ post}$ 은 극판간 접합개소에 대한 연결저항이며 $R_{electrolyte}$ 은 전해액의 이온 전도성 저항을 표시한다. 여기서 $R_{electrolyte}$ 은 주파수에 따라 변하는 저항이다.

<96> 도 1에 표시된 내부 저항 성분들의 합($R_{terminals}$ + $R_{straps\ \&\ post}$ + $R_{electrolyte}$)은 결국 도 3 에 표시된 합성 내부저항(Internal Ohmic Resistance)으로 간략화 하여 표시될 수 있고, 수학식 11 내지 수학식 16은 실수항과 복소수항으로 구성되어 있으므로, 도 3에 표시되는 축전지의 개략적 등가회로와 상기 수학식 14 내지 수학식 16의 구성항을 상호간 비교하여 본다면, 2가지 각주파수(ω_{11}, ω_{12}) 에 해당되는 임피던스 값 Z_{11} , Z_{12} 의 실수항은 합성 내부 저항 값(Rint)을 나타 내고 복소수항은 캐패시터 값(Xc')를 나타 내고 있음을 알 수 있다.

<97> 따라서 각주파수 ω_{11}, ω_{12},와 같은 2가지 주파수 신호에 해당되는 측정전류신호를 흐르게 하여, 본 발명에서 제시되거나 종래부터 알려진 측정 연산회로를 통해 얻어 지는 임피던스 값(Z_{11} , Z_{12})과 수학식 28 및 수학식 29의 결과로 부터 얻어지는 2개의 2차 연립 방정식으로 부터, 전술한 바와 같은 기술적 사상에 의하여 측정전류신호 주파수를 100Hz 이하로 하면 $\omega_{11}L$ 값이 영에 근접하게 되므로, 미지수항인 합성 내부 저항(Rint)과 캐패시터 성분(Xc')의 값을 연산해 낼 수 있다. 여기에서 ω_{12} 는 k * ω_{11} 즉, ω_{12}= k×ω_{11} 이고 k 는 양의 실수이다.

수학식 28

<98>
$$|Z_{11}| = \left| Rint + j\left(\omega_{11}L - \frac{1}{\omega_{11} \cdot C'}\right) \right| \fallingdotseq \sqrt{Rint^2 + \left(\frac{1}{\omega_{11} \cdot C'}\right)^2}$$

<99> 따라서,
$$Z_{11}^2 = R_{int}^2 + (\omega_{11}L - \frac{1}{\omega_{11} \cdot C})^2 \fallingdotseq R_{int}^2 + (\frac{1}{\omega_{11} \cdot C})^2$$

수학식 29

<100>
$$|Z_{12}| = \left| Rint + j\left(k\omega_{11}L - \frac{1}{k\omega_{11} \cdot C'}\right) \right| \fallingdotseq \sqrt{Rint^2 + \left(\frac{1}{k\omega_{11} \cdot C'}\right)^2}$$

<101> 따라서,
$$Z_{12}^2 = R_{int}^2 + (k\omega_{11}L - \frac{1}{k\omega_{11} \cdot C})^2 \fallingdotseq R_{int}^2 + (\frac{1}{k\omega_{11} \cdot C})^2$$

<102> 또한, 상기 식에서 $|Z_{11}|$, $|Z_{12}|$ 는 상기 임피던스 값(Z_{11} , Z_{12})의 절대치를 의미하고, Z_{11}^2, Z_{12}^2 는 상기 임피던스 값(Z_{11} , Z_{12})의 제곱값을 의미한다.

<103> 또한, 상기의 수학식 14 내지 수학식 16 은 실수항과 복소수항의 합으로 구성되고 상기 수학식 28 및 수학식 29 의 결과도 실수항과 복소수항의 각각의 제곱항의 합으로 구성되므로, 합성 내부 저항값 (Rint)은 상기 수학

식에서 실수항에 해당되어 수학식 30 으로 표시될 수 있다.

수학식 30

$$\left[Ro+\left\{\left(\frac{1}{\omega_1 \cdot C}\right)^2 \cdot Rs\right\}/\left\{Rs^2+\left(\frac{1}{\omega_1 \cdot C}\right)^2\right\}\right]$$

<104>

<105> IEEE 1188-1996 STD에서는 축전지의 내부 저항성분(또는 컨덕턴스)에 해당되는 상기 합성 내부 저항(Rint) 값을 측정하여 밀폐형 납축전지의 노화(건전유무)상태를 진단토록 권장하고 있다.

<106> 이와 같은 본 발명의 실시 예들은, 축전지 등가회로의 합성 내부 저항이나 요소별 내부 저항 또는 등가 캐패시터값을 연산시에 내부 임피던스전압(V_{IS})과 측정전류신호(I_S)사이의 위상차 Θ값을 측정하거나 연산하지 아니하면서 축전지의 내부 임피던스전압(V_{IS})과 측정전류신호(I_S)의 각 실효치를 구하여 축전지의 내부 저항값을 측정할 수 있으므로 측정 연산시의 정확도를 확보할 수 있다.

<107> 더욱 구체적인 실시 예로, MPU 로 호칭되는 수치 연산장치내의 연산 프로그램을 통해 내부 임피던스전압(Vis)과 측정전류신호(Is)의 순시치로 부터 측정 연산시 필요되는 각각의 실효치가 연산되어 지는 과정을 설명하면 아래와 같다.

<108> 임피던스 전압(Vis)과 측정전류신호(Is)의 주기가 결정되어 지게 되면, 한 주기 동안의 임피던스 전압(Vis)과 측정신호전류(Is)의 순시값을 읽고 상기 주기 동안 평균하여 이들의 평균값 (V_{avg}), (I_{avg})를 우선적으로 연산한다.

<109> 또한, 내부 임피던스 전압실효치($V_{IS,RMS}$) 및 측정전류신호(Is)의 실효치($I_{S,RMS}$)는 상기에서 계산된 한 주기 동안의 임피던스 전압의 평균치 (V_{avg}) 와 측정전류신호(Is)의 평균치 (I_{avg})와 내부 임피던스 전압의 순시치 및 측정전류신호의 순시치를 이용하여 다음 [수학식 31] 및 [수학식 32]와 같이 임피던스 전압실효치($V_{IS,RMS}$)와 측정전류신호 실효치($I_{S,RMS}$)를 연산함으로써 구할 수 있다.

수학식 31

$$V_{IS,MS}=\sqrt{\frac{\sum(v(n)-V_{avg})^2}{N}}$$

<110>

수학식 32

$$I_{S,MS}=\sqrt{\frac{\sum(i(n)-I_{avg})^2}{N}}$$

<111>

<112> 여기서, $v(n)$ 은 저장된 임피던스 전압 파형의 각 순시치를 의미하고 $i(n)$ 은 저장된 측정전류 신호 파형의 각 순시치를 의미하고 N은 전체 주기 동안의 순시치 저장 회수이다.

<113> 또한, 상기에서 설명한 바와 같이 내부 임피던스의 제곱값은 Z^2_1 , Z^2_2 Z^2_3 는 임피던스 전압실효치($V_{IS,RMS}$) 제곱값을 측정전류신호 실효치($I_{S,RMS}$) 제곱값으로 나눈 결과에 의해 연산되어 지는 데, 상기 값을 연산할 때 부동충전시의 충전전류에 의하여 리플 노이즈전압이 내부 임피던스 전압신호에 혼합되는 경우가 많으므로, 이와 같은 다량의 리플노이즈 환경속에서 충전 리플잡음 전압이 포함된 전압신호로 부터 충전전류 리플의 영향을 배제시키고 측정전류신호(Is)에 의하여 유기된 임피던스전압(Vis)의 참값만으로써 임피던스 전압실효치($V_{IS,RMS}$)의 제곱값을 얻도록 하는 방안이 필요하다.

<114> 본 방안을 실현하기 위한 일 실시 예로써, 본 출원인이 출원한 특허 (대한민국 특허출원번호;10-2003-0028521호)에서 제시된 연산 방법을 이용할 수 있다.

<115> 이를 설명하면 우선 첫 번째 구간(T1)에서는 측정전류신호(Is)를 흐르지 않은 상태로 부동충전중에 있는 축전지 셀의 충전리플에 의해 발생된 리플전압순시치(Vrp)를 측정하여 읽어 저장하고 저장된 리플전압 전압순시치(Vrp)가 최저점에 도달되는 순간의 내부 고속 타이머/카운터 값(tmin1)과 다음의 최저점에 도달된 카운터 값(tmin2)을 읽고 이 값의 차를 연산한다. 이 값이 상기 리플전압순시치(Vrp)신호의 한 싸이클주기(Trp)에 해당되는 카운터값(trp)이며 이를 정확히 측정하는 데 소요되는 기간은 최소 전술한 고조파 리플전압의 진동주기보다 한 사이클이상이 소요된다.

<116> 상기에서 저장된 전압 순시치(Vrp)는 1사이클 주기(Trp)간격으로 MPU(11)내부의 메모리에 쉬프트되어 저장되고 항상 최근의 데이터로 갱신된다. △T 시간 이후 두 번째 구간(T2)에서 측정전류신호(Is)가 흐르게 되고, 상기의 고속타이머/카운터 값(tmin1)이 입력된 후 N번째 주기(Trp)에 해당된 값(trp)으로 증가되는 순간(즉 카운터값이 tmin1+ N× trp 로 되는 순간)에 인터럽트가 걸려 인터럽트 프로그램이 수행되어, 이미 메모리에 저장된 한 사이클 리플전압신호(Vrp)값과 현재 D/A변환기를 통하여 들어오고 있는 임피던스 전압(Vis)과 리플전압(Vrp)이 포함된 순시교류전압(Vrp+ Vis)값을 상기 주기(trp)동안 읽어 상기 두 값의 차 ((Vrp+ Vis)- Vrp)로 부터 리플전압의 영향을 받지 않는 임피던스 전압(Vis)값 또는 임피던스 전압실효치($V_{IS,RMS}$)를 얻을 수 있게 된다.

<117> 상기에서는 최저점을 측정하여 주기(trp)를 연산하는 방법을 제시하고 있으나, 파형 최고점을 이용하여 주기(trp)를 연산할 수 있다. 또한 상기의 주기(trp)를 순시교류전압값(Vrp+ Vis)을 측정하여 더 용이하게 연산할 수 있다면 구간(T1)에서 측정전류신호(Is)를 흐르게 하여 순시교류전압(Vrp+ Vis)값을 읽어 저장하고 상기 구간(T2)에서 리플전압순시치(Vrp)값을 읽어 이 두 값으로 부터 상기에서 기술한 연산 방법을 통해 얻어 순수한 임피던스 전압(Vis)값 또는 임피던스 전압실효치($V_{IS,RMS}$)를 연산할 수 있다.

<118> 또한, 상기 방안을 실현하기 위한 또 다른 실시 예로, 부동 충전중에 있는 축전지 셀의 충전전류 리플에 의하여 발생되어 지는 리플전압신호가 적정한 필터수단을 통과하고 난 후에 이를 고조파 리플전압($V_{RP,FLT}$)으로 정의하면, 아래와 같은 또 다른 실시 예의 연산과정을 통해 고조파 리플전압($V_{RP,FLT}$)의 영향을 받지 않는 임피던스 전압실효치($V_{IS,RMS}$)의 제곱값을 연산할 수 있다.

<119> 먼저, 측정전류신호(Is)가 흐르지 않는 상태의 구간(T1)에서 고조파 리플전압($V_{RP,FLT}$)을 일정한 주기 간격으로 획득한다.

<120> 상기에서 첫 번째 획득시점($T_{1,RP}$)의 경우는 상기 획득된 순시치($V_{RP,FLT}$)에서 미리 계산된 기준값(V_O)을 뺀 후 제곱승하고 상기 계산된 연산 결과인 $(V_{RP,FLT}-V_O)^2_1$ 을 할당된 특정 메모리(M1)에 입력시킨다. 이후 두 번째 획득시점($T_{2,RP}$)에서 리플전압 순시치($V_{RP,FLT}$)를 획득하여 기준값 V_O를 차감하고 상기와 같이 제곱승 연산을 행한다. 이후 연산 결과인 $(V_{RP,FLT}-V_O)^2_2$ 를 메모리(M1)에 이미 저장되어 있는 리플전압 제곱값 $(V_{RP,FLT}-V_O)^2_1$ 에 더하고 이 결과를 다시 메모리(M1)에 저장하면 상기 메모리(M1)에는 $\sum_{i=1,2}(V_{RP,FLT}-V_O)_i^2$ 값이 저장된다.

<121> 이후 전술한 과정을 통해 선정된 일정 적분주기(T_D)동안 (예로써, 상용 전원 주파수의 반주기 또는 한주기동안) 일정한 주기 간격의 획득 시점마다 상기에 기술된 일련의 연산및 저장과정을 반복하면 그 결과로 지정된 메모리(M1)에는 제 1 연산합값인 $\sum_{i=1}^{n}(V_{RP,FLT}-V_O)_i^2$ 값이 저장된다.

<122> 이후 두 번째 구간(P2)에서 임피던스 전압(V_{IS})을 얻기 위하여 측정전류신호(Is)가 축전지 셀에 흐르게 되면, 노이즈 제거 회로를 통과한 후의 고조파 리플전압($V_{RP,FLT}$)과 임피던스 전압(V_{IS})이 혼합된 교류순시전압(V_{SM})이 획득된다. 상기와 유사한 방법에 의해 교류순시전압(V_{SM})를 일정한 주기 간격으로 획득하되 첫 번째 획득시점

($T_{1,SM}$)의 경우는 상기 획득된 교류순시전압(V_{SM})에서 미리 산출하여 얻어진 기준값(V_O)을 뺀 다음 이 결과값을 다시 제곱승하여 계산된 $(V_{SM}-V_O)^2_{1,SM}$ 값을 지정된 별도의 메모리(M2)에 저장한다. 두 번째 획득시점($T_{2,RP}$)에서 교류순시전압(V_{SM})을 획득하여 기준값(VO)를 차감하고 상기와 같이 제곱승 연산을 행한다.

<123> 이후 연산 결과인 $(V_{SM}-V_O)^2_{2,SM}$ 값을 이미 메모리(M2)에 저장되어 있는 $(V_{SM}-V_O)^2_{1,SM}$ 값과 더하여 이 결과를 다시 메모리(M2)에 저장한다. 따라서 상기 메모리(M2)에는 $\sum_{i=1,2}(V_{SM}-V_O)_{i,SM}^2$ 값이 저장된다.

<124> 이후 상기의 일정 적분주기(TD)동안 일정한 주기 간격의 획득시점마다 상기에 기술된 일련의 연산 및 저장과정을 반복하면 그 결과로 제 2 연산합값인 $\sum_{i=1}^{n}(V_{SM}-V_O)_{i,SM}^2$ 값이 지정된 메모리(M2)에 저장된다.

<125> 상기와 같은 일련의 단계가 끝나면 메모리(M1)에는 노이즈 제거 회로를 통과한 후의 고조파 리플전압($V_{RP,FLT}$)을 제곱하고 일정 주기동안 적분을 행하여 얻어진 결과인 $\sum_{i=1}^{n}(V_{RP,FLT}-V_O)_i^2$ 값이 저장되어 있고, 메모리(M2)에는 교류순시전압(V_{SM})을 제곱하고 일정 주기동안 적분을 행하여 얻어진 결과인 $\sum_{i=1}^{n}(V_{SM}-V_O)_{i,SM}^2$ 값이 저장되어 있다.

<126> 또한 메모리(M1)과 메모리(M2)에 저장된 상기 두 값을 감산 연산하고 상기 연산 결과를 앞서 적용된 일정 적분주기(T_D)에 대해 나눗셈 연산을 행하여 순수한 임피던스 전압(V_{IS}) 실효치의 제곱값을 얻을 수 있고 또한 그 연산결과에 제곱근($\sqrt{\ }$) 연산을 취하여 상기 측정하고자 하는 정확한 임피던스 전압(V_{IS})를 얻을 수 있게 된다.

<127> 상기에서는 본 기술의 요지를 쉽게 설명하기 위해 앞선 구간을 구간(P1)으로 표시하고 이 구간에서 측정전류신호(Is)를 흐르게 하지 않고 고조파 리플전압 ($V_{RP,FLT}$)만을 획득하는 방법으로 설명하였으나, 앞선 구간(P1)에서 측정전류신호(Is)를 흐르게 하여 교류순시전압(V_{SM})을 먼저 획득되게 하여 연산하여도 동일한 결과를 얻을 수 있다.

<128> 본 발명에서 제시된 연산원리 또는 연산방안을 실행하기 위하여, 본 출원인이 대한민국에 출원한 바 있는 특허출원번호 10-2004-0099962의 축전지 셀 전압 및 내부 임피던스 측정회로가 이용하게 채택될 수 있으며 이의 연산과정을 용이하게 실현할 수 있는 프로그램을 탑재할 수 있다.

<129> 한편, 상기의 연산방법들은 측정전류신호(Is) 및 임피던스 전압신호 파형으로 부터 이의 실효치를 CPU를 통해 연산하는 단계를 포함하는 데, 이와 같은 측정 연산회로는 비교적 간단하게 구성될 수 있으나 측정 파형의 한주기 동안에 수십번 이상에 해당되는 파형의 순시치를 읽어 이를 연산해야 하므로 연산량이 많아 지는 단점을 가지게 된다.

<130> 상기에서 본 발명의 일 실시 예들로 사용되어 지는 모든 연산 방법에서는, 임피던스 전압신호(Vis)와 측정전류신호(Is)의 실효치가 연산시 필요하게 되므로, 도 4의 본 발명의 일 실시 예와 같은 비교적 간단한 측정 연산회로를 사용함으로써 상기 2 ~ 3 가지의 주파수에 해당되는 각각의 내부 임피던스 실효치 값을 쉽게 측정 연산할 수 있다.

<131> 도 4에서 측정전류신호(Is)는 실효치 평균치(DC) 변환수단(102)에 의해 평균치로 변환되고 임피던스 전압신호(Vis) 역시 증폭 및 필터수단(101)을 거친 다음 또 다른 실효치 평균치(DC) 변환수단(103)에 의해 평균치 값으로 변환된다.

<132> 상기 실효치 평균치(DC) 변환수단(102 또는 103)은 교류(AC)신호를 직류(DC)신호로 변환하는 역할을 하며 RMS to DC 컨버터 라고 명칭된 상용화된 집적회로 소자를 사용할 수 있다.

<133> 상기 평균치 값들은 ADC 변환회로(104)를 통해 각각 디지털값으로 변환되고 중앙처리장치(CPU, 105)에서 상기 평균치 값에 의해 내부 임피던스 실효치가 연산된다.

<134> 상기에서 실효치 평균치(DC) 변환수단(102 또는 103)을 통해 변환된 평균치 값들은 직류성분 신호이므로 샘플링 속도가 다소 늦더라도 비교적 정확한 값을 연산하여 얻을 수 있으며 상기 임피던스 전압신호(Vis) 평균값과 측정전류신호(Is) 평균값의 나누기 연산에 의해 내부 임피던스 실효치를 연산할 수 있는 것이다.

<135> 상기 실효치 평균치(DC) 변환수단(102 또는 103)은 RMS to DC 컨버터라고 불리우고 있으며 예로써 상용화된 소자로는 ANALOGE DEVICE사의 AD637 모델 또는 MAXIM사의 MX536모델 또는 LINEAR TECHNOLOGY사의 LTC1966모델등이 시판되고 있다.

<136> 이상에서 설명한 본 발명의 바람직한 실시예 들은, 단지 예시의 목적을 위해 개시된 것으로써, 본 발명의 기술적 사상이나 기술적 과제의 해결 방안들은 모든 2차 전지(축전지)에 대하여 적용이 가능하며, 본 발명의 기술적 사상을 그대로 이용하면서 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러가지 치환, 변형 및 변경이 가능할 것이며, 이러한 치환, 변경 등은 이하 본 발명의 청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

<137> 도 1은 축전지의 내부 구성 요소를 나타내는 전기적 등가회로.

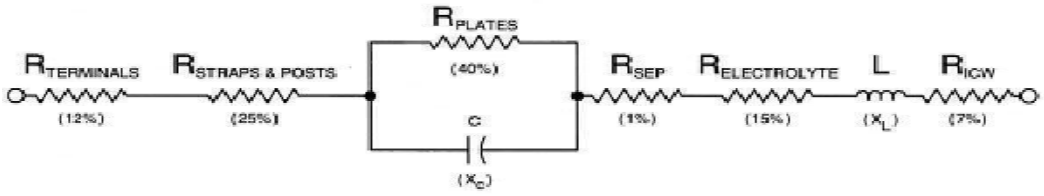
<138> 도 2는 축전지의 각 직렬 등가 저항, 직렬 연결 저항과 전해액의 이온 전도성 저항의 합, 병렬 연결 저항, 및 등가 캐패시터 요소 성분으로 표시된 등가회로.

<139> 도 3은 축전지의 합성 내부 저항 및 등가 캐패시터 요소 성분로 표시되는 개략적 등가회로.

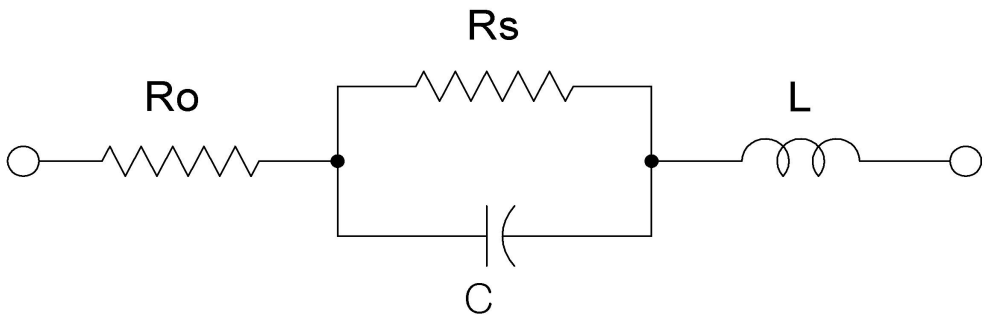
<140> 도 4는 본 발명의 측정 연산 방법을 구현하기 위한 측정연산 회로의 일 실시 예.

도면

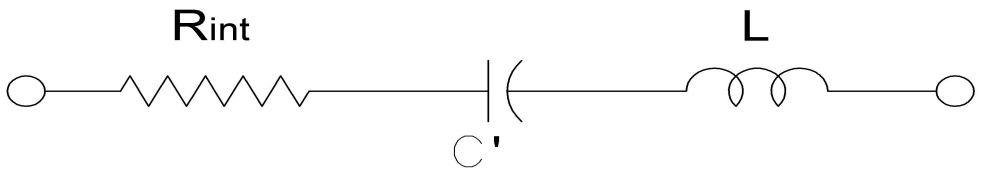
도면1



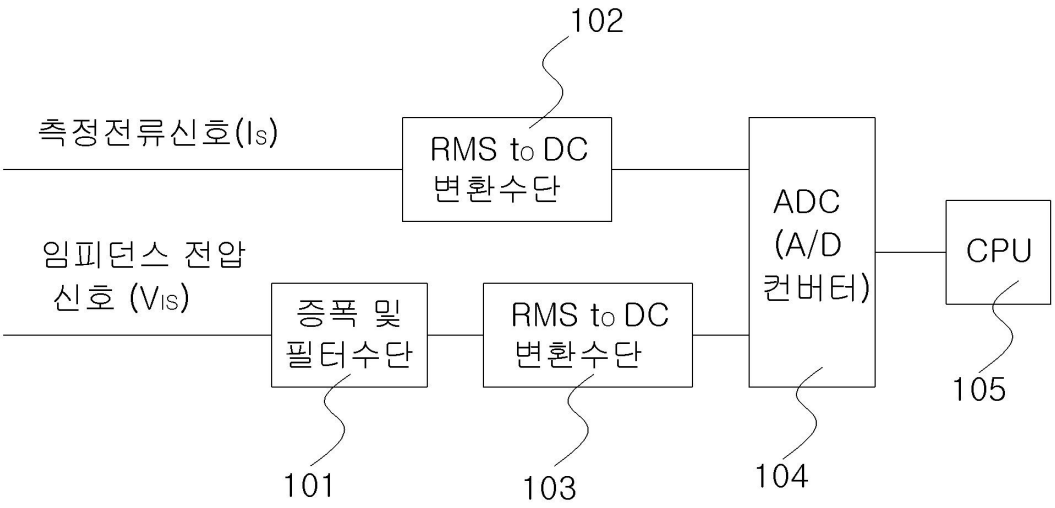
도면2



도면3


Rint
L
C'

도면4


102
측정전류신호(Is)
RMS to DC
변환수단
ADC
(A/D
컨버터)
CPU
임피던스 전압
신호 (Vis)
증폭 및
필터수단
RMS to DC
변환수단
105
101
103
104