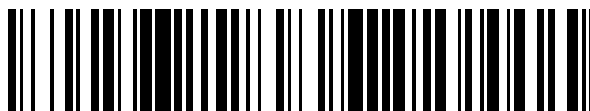


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 735**

51 Int. Cl.:

G01R 31/36 (2009.01)

G01R 31/367 (2009.01)

G01R 31/389 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2012** **E 12178352 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2019** **EP 2551690**

54 Título: **Dispositivo de monitorización de batería**

30 Prioridad:

29.07.2011 JP 2011166595

13.10.2011 JP 2011225925

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

14.07.2020

73 Titular/es:

YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION (100.0%)

9-32, Naka-cho 2-chome, Musashino-shi

Tokyo 180-8750, JP

72 Inventor/es:

OKADA, SYUHEI y

YOSHITAKE, SATOSHI

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 773 735 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de monitorización de batería

Antecedentes

Campo técnico

5 Las realizaciones descritas en este documento se refieren a un dispositivo de monitorización de batería. Más específicamente, las realizaciones descritas en este documento se refieren a un dispositivo de monitorización de batería que puede medir y monitorizar el estado de una batería en tiempo real en el sitio, tal como un vehículo, una planta o similar, donde la batería se usa realmente mientras se controla carga real de la batería a un estado de carga deseado.

10 Técnica relacionada

Las baterías secundarias que se cargan repetidamente se han usado ampliamente como fuente de potencia de accionamiento para un motor de accionamiento de un vehículo híbrido, un vehículo eléctrico o similar. Además, las baterías secundarias también se han utilizado ampliamente en campos industriales, instituciones públicas, hogares en general o similares desde el punto de vista de que la batería secundaria puede almacenar energía que se obtiene de la generación de potencia solar, generación de potencia eólica o similares con una pequeña carga ambiental, sin depender del combustible fósil.

En general, estas baterías secundarias están configuradas como un módulo de batería en el que un número predeterminado de celdas de batería a partir de las cuales se obtiene un voltaje de salida deseado están conectadas en serie, o como un paquete de batería en el que un número predeterminado de módulos de batería del cual se obtiene un voltaje de salida deseado se conectan en paralelo para obtener una capacidad de corriente (AH) deseada.

Sin embargo, desde un aspecto conveniente de un tiempo de carga, distancia de viaje y similares, actualmente, se cree que la batería de iones de litio se convertirá en la corriente principal para baterías secundarias que se montan en vehículos como una fuente de potencia de accionamiento para un motor de accionamiento

25 La figura 32 muestra un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de un sistema de batería que usa la batería secundaria en la técnica relacionada. En la figura 32, un módulo 10 de batería está configurado de tal manera que una pluralidad de celdas 11_1 a 11_n de batería y un sensor 12 de corriente están conectados en serie, y el módulo 10 de batería está conectado a una carga L en serie.

Un dispositivo 20 de monitorización de batería incluye una pluralidad de convertidores A/D potencia 21_1 a 21_{n+1} que se proporcionan para corresponder independientemente con la pluralidad de celdas 11_1 a 11_n de batería y el sensor 12 de corriente que conforman el módulo 10 de batería, y un dispositivo 23 de procesamiento al que se ingresan datos de salida de los convertidores 21_1 to 21_{n+1} A/D a través de un bus 22 interno.

Un voltaje de salida de cada una de las celdas 11_1 a 11_n de batería del módulo 10 de batería y una señal de detección del sensor 12 de corriente del módulo 10 de batería se introducen en los correspondientes convertidores 21_1 a 21_{n+1} A/D y son convertidos a señales digitales, y los datos de salida de los convertidores 21_1 a 21_{n+1} A/D se introducen en el dispositivo 23 de procesamiento a través del bus 22 interno.

El dispositivo 23 de procesamiento obtiene, por ejemplo, un valor de resistencia interna de cada una de las celdas 11_1 a 11_n de batería con base en los datos de salida de los convertidores 21_1 a 21_{n+1} A/D, estima un valor correspondiente a la caída de voltaje a el momento de extraer una corriente deseada del valor de resistencia interna, y transmite estos datos a un controlador 40 del sistema de batería del servidor a través de un bus 30 externo.

40 El controlador 40 del sistema de batería controla el módulo 10 de batería y el dispositivo L de carga para accionar de manera estable el dispositivo L de carga por un voltaje de salida de corriente del módulo 10 de batería con base en la entrada de datos desde el dispositivo 20 de monitorización de batería.

Como un índice de evaluación del rendimiento de la batería secundaria que forma el módulo 10 de batería, una característica de impedancia interna mostrada en las figuras 33 y 34 pueden ejemplificarse. La figura 33 muestra un diagrama que ilustra un ejemplo de característica de impedancia en un caso en el que se deja una batería completamente cargada como en un estado de alta temperatura, y la figura 34 muestra un diagrama que ilustra un ejemplo de característica de impedancia en el caso de carga y descarga repetidas en un estado de alta temperatura. Además, en las figuras 33 y 34, el dibujo del lado izquierdo ilustran un diagrama de Cole-Cole en el que la impedancia compleja con base en un resultado de medición de impedancia de AC se traza en coordenadas complejas, y el dibujo del lado derecho ilustra un diagrama de Bode que muestra una característica de frecuencia de impedancia.

El dibujo del lado izquierdo de la figura 33 muestra un proceso en el que el período restante aumenta, por ejemplo, durante un año, durante dos años, ..., aumenta la impedancia de AC. El dibujo del lado izquierdo de la figura 34 muestra un proceso en el que a medida que se repiten la carga y la descarga, por ejemplo, 50 veces, 100 veces, ..., la impedancia de AC aumenta.

A medida que aumenta la impedancia, la caída de voltaje de una batería aumenta cuando se produce una corriente, y por lo tanto no se puede obtener un voltaje de salida suficiente. Una porción de baja frecuencia del dibujo del lado derecho corresponde a un caso en el que el acelerador de un vehículo se presiona continuamente durante mucho tiempo. A partir de estos datos, dado que la impedancia aumenta en la porción de baja frecuencia, se puede suponer que la caída de voltaje aumenta gradualmente. Es decir, una característica de salida varía de acuerdo con el deterioro de la batería y, por lo tanto, es posible que no se produzca una salida suficiente.

La figura 35 muestra un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de un circuito de medición que mide la impedancia de AC de la batería secundaria en la técnica relacionada, y en la figura 35, los mismos números de referencia están unidos a las mismas partes que la figura 32. En la figura 35, un generador 50 de señal de barrido está conectado a ambos extremos de un circuito en serie de la batería 10 y el sensor 12 de corriente. Este generador 50 de señal de barrido emite una señal de AC en la que la frecuencia de salida varía en una manera de barrido dentro de un rango que incluye una región característica de frecuencia que se muestra en el dibujo del lado derecho de las figuras 33 y 34 al circuito en serie de la batería 10 y el sensor 12 de corriente.

Un monitor 60 de voltaje AC mide el voltaje AC de ambos extremos de la batería 10 e ingresa este voltaje AC a una calculadora 80 de impedancia. Un monitor 70 de corriente AC mide una corriente AC que fluye al sensor 12 de corriente e ingresa esta corriente AC a la calculadora 80 de impedancia.

La calculadora 80 de impedancia calcula la impedancia compleja de la batería 10, que es una relación entre un voltaje medido del monitor 60 de voltaje AC en cada frecuencia de la señal de salida del generador 50 de señal de barrido y una corriente medida del monitor 70 de corriente AC. La impedancia compleja calculada se traza en el plano complejo, obteniendo así el diagrama de Cole-Cole que se muestra en las figuras 33 y 34.

A partir del diagrama de Cole-Cole que se crea de esta manera, por ejemplo, se puede estimar cada parámetro de un circuito equivalente de la batería 10 como se muestra en la figura 36. Además, en el circuito equivalente de la figura 36, una fuente E de potencia de DC, una resistencia R1, un circuito paralelo de una resistencia R2 y un condensador C2, un circuito paralelo de una resistencia R3 y un condensador C3, y un circuito paralelo de una resistencia R4 y una inductancia L4 están conectados en serie. El documento JP-A-2003-4780 divulga en detalle la medición de la impedancia mediante un método de corriente alterna junto con un método de medición automática.

Por otro lado, se ha desarrollado (y puesto en uso práctico) un controlador como se divulga en el documento 1 no patentado para controlar el estado de una batería de iones de litio montada en un vehículo y suministrar información a un sistema de nivel superior para la máxima utilización del rendimiento de la batería, así como para detener el sistema si se produce una anomalía que ponga al usuario en peligro.

[Documentos de la técnica anterior]

[documentos de patente]

[Documento 1 de patente] JP-A-2003-4780

[Documentos no patentados]

[Documento 1 no patentado] Shinjiro Hioki y otras cinco personas, "Development of Lithium Ion Battery Controller", Calsonic Kansei Technical Review, Calsonic Kansei Corporation, vol. 7, 2010, pp. 6-10.

Como se describió anteriormente, dado que se pueden obtener diversos tipos de información de una batería mediante la medición de la característica de impedancia interna de la batería, cuando la característica de impedancia interna de la batería se puede medir en el sitio, tal como un vehículo, una planta de potencia, un sistema de almacenamiento de potencia doméstica y similares que realmente usan la batería, se puede determinar un estado actual de la batería con base en la información, y la batería se puede controlar para que se use de manera efectiva al máximo dependiendo del estado actual de la batería.

Sin embargo, en la configuración del sistema en la técnica relacionada mostrada en la figura 32, se puede obtener el valor de resistencia interna de cada una de las celdas 11_1 a 11_n de batería, pero dado que la comunicación de datos entre el dispositivo 23 de procesamiento y el controlador 40 del sistema de batería se realiza de manera intermitente, los datos de voltaje de cada una de las celdas 11_1 a 11_n de batería se convierten en datos discretos de los cuales un período es, por ejemplo, 100 ms o más.

Como resultado de esto, solo se puede detectar un estado de cada una de las celdas 11_1 a 11_n de batería con referencia a una tabla que incluye un voltaje, una corriente, una temperatura y similares que son instantáneos u obtenidos por integración promediando durante un tiempo prescrito, y la característica de impedancia interna de cada una de las celdas 11_1 a 11_n de batería en la que muchos elementos de información están contenidos colectivamente no pueden medirse.

Además, de acuerdo con el circuito de medición en la técnica relacionada como se muestra en la figura 35, el generador 50 de señal de barrido es necesario, y es difícil montar el circuito de medición como se muestra en la figura 35 en cada una de las celdas del sitio en términos de coste y espacio.

5 El documento EP 1 088 240 B1 divulga un método para medir la capacidad de la batería usando parámetros obtenidos a partir de una señal de respuesta de voltaje de una forma de onda de corriente o un espectro de impedancia generado de la misma.

El documento US 2002/196025 A1 divulga un método y un aparato para medir las características de impedancia y voltaje de celdas de dispositivos electroquímicos de celdas múltiples, por ejemplo, una batería o una pila de celdas de combustible.

10 El documento US 2004/076872 A1 divulga un aparato de batería y un método para monitorizar el estado de la batería.

Resumen de la invención

Es un aspecto ilustrativo de la invención proporcionar un dispositivo de monitorización de batería que pueda medir una característica de impedancia interna de una batería y monitorizar su estado en tiempo real en el sitio tal como un vehículo, una planta de potencia, un sistema de almacenamiento de potencia doméstica, o similar, donde la batería se usa realmente mientras se controla la carga real de la batería a un estado de carga deseado.

Por consiguiente, se proporciona un dispositivo de monitorización de batería como se establece en la reivindicación 1 independiente. Desarrollos ventajosos se definen en las reivindicaciones dependientes.

20 De acuerdo con la invención, se proporciona un dispositivo de monitorización de batería que puede medir una característica de impedancia interna de una batería y monitorizar su estado en tiempo real en el sitio, tal como un vehículo, una planta de potencia, un sistema de almacenamiento de potencia doméstica, o similares donde la batería se usa realmente mientras se controla la carga real de la batería a un estado de carga deseado.

Otros aspectos y ventajas de la presente invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción, los dibujos y las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

25 La figura 1 muestra un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo específico de un dispositivo de monitorización de batería de acuerdo con una realización de la invención;

La figura 2 muestra un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo específico de una calculadora 24 de potencia e impedancia;

30 La figura 3 muestra un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo específico de una unidad 24c de medición de parámetros de circuito equivalente de la figura 2;

Las figuras 4A a 4D muestran diagramas de un ejemplo de característica de impedancia de una batería;

Las figuras 5A y 5B muestran diagramas de un ejemplo de característica de impedancia de estimación constante con respecto a un circuito equivalente de la figura 36;

35 La figura 6 muestra un diagrama de bloques que ilustra otro ejemplo de una unidad 24c de medición de parámetros de circuito equivalente de la figura 2;

La figura 7 muestra un gráfico de un coeficiente de correlación $\text{Corr}(i)$ donde a es 4;

La figura 8 muestra un diagrama de un ejemplo de característica de impedancia de muestra;

La figura 9A muestra un gráfico de otro coeficiente de corrección y la figura 9B muestra un diagrama de otro ejemplo de característica de impedancia de muestra;

40 Las figuras 10A y 10B muestran diagramas del otro ejemplo de característica de impedancia de muestra;

La figura 11 muestra un diagrama de un ejemplo de característica de pulso $f(t)$ de onda rectangular;

La figura 12 muestra un diagrama de un ejemplo específico de ponderación;

Las figuras 13A y 13B muestran dibujos que ilustran resultados de ejemplo de estimación de constantes realizada con el pesaje;

45 La figura 14 muestra un diagrama de bloques que ilustra otro ejemplo de una unidad 24c de medición de parámetros de circuito equivalente de la figura 2;

Las figuras 15A y 15B muestran dibujos que ilustran el ejemplo de respuesta medida a un pulso de corriente constante;

La figura 16 muestra un dibujo que ilustra el ejemplo de diagramas de Nyquist;

5 La figura 17 muestra un dibujo que ilustra los resultados de medición de las constantes de circuito respectivas del modelo de circuito equivalente de la figura 36 y una curva característica de impedancia para el ajuste derivada del resultado de medición;

Las figuras 18A a 18C muestran dibujos que ilustran el ejemplo de comparación de la impedancia de muestra obtenida con y sin detección de picos;

La figura 19 muestra un diagrama de bloques que ilustra otro ejemplo de una unidad 24c de medición de parámetros de circuito equivalente de la figura 2;

10 La figura 20 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso para corregir componentes de inductancia L;

Las figuras 21A y 21B muestran dibujos que ilustran el ejemplo de resultado del ajuste de circuito equivalente que se realizó utilizando datos de forma de onda con picos corregidos de acuerdo con el proceso de la figura 20;

La figura 22 muestra un diagrama de bloques que ilustra otro ejemplo de una calculadora 24 de potencia e impedancia;

La figura 23 muestra un diagrama de bloques que ilustra otra realización de la invención.

15 La figura 24 muestra un diagrama de bloques que ilustra la otra realización de la invención.

La figura 25 muestra un diagrama de bloques que ilustra otro ejemplo de una unidad 24c de medición de parámetros de circuito equivalente de la figura 2;

La figura 26 muestra un diagrama de un ejemplo de característica de impedancia de una batería.

La figura 27 muestra un diagrama de un ejemplo de circuito equivalente de la batería en la figura 26;

20 La figura 28 muestra un diagrama de un intervalo de objeto de ajuste largo;

La figura 29 muestra un dibujo de un ejemplo de característica de impedancia derivado de constantes de circuito que se estimaron;

La figura 30 muestra un diagrama de un intervalo de objeto de ajuste corto;

25 La figura 31 muestra un dibujo de un ejemplo de característica de impedancia derivado de constantes de circuito que se volvieron a estimar;

La figura 32 muestra un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de un sistema de batería que usa una batería secundaria en la técnica relacionada.

La figura 33 muestra un diagrama que ilustra un ejemplo de característica de impedancia en un caso en el que una batería completamente cargada se deja en un estado de alta temperatura;

30 La figura 34 muestra un diagrama que ilustra un ejemplo de característica de impedancia en el caso de carga y descarga repetidas en un estado de alta temperatura;

La figura 35 muestra un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de un circuito de medición que mide la impedancia de AC de la batería secundaria en la técnica relacionada.

La figura 36 muestra un diagrama de un ejemplo de circuito equivalente de una batería; y

35 La figura 37 es un diagrama esquemático que muestra una configuración de hardware del dispositivo de monitorización de batería de acuerdo con la realización.

Descripción detallada

40 En lo sucesivo, las realizaciones de la invención se describirán en detalle con referencia al dibujo adjunto. La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra una realización de la invención, y los mismos números de referencia están unidos a las mismas porciones que la figura 32. En la figura 1, un dispositivo 20 de monitorización de batería incluye una pluralidad de n calculadoras 24₁ a 24_n de potencia e impedancia que se proporcionan en correspondencia con una pluralidad de n celdas 11₁ a 11_n de batería que forman un módulo 10 de batería, un administrador 26 de estado del módulo de batería al que se ingresan datos de salida de las calculadoras 24₁ a 24_n de potencia e impedancia a través de un bus 25 interno, y un monitor 27 de trabajo del acelerador que monitoriza el movimiento de un acelerador

45 L1 conforma un sistema de accionamiento de un vehículo como un dispositivo L de carga.

- En el sistema de accionamiento de un vehículo como el dispositivo L de carga, el acelerador L1, un inversor L2 y un motor L3 están sustancialmente conectados en serie. El inversor L2 y el módulo 10 de batería están conectados en serie, y la potencia de accionamiento necesaria para el accionamiento giratorio del motor L3 se suministra desde el módulo 10 de batería. Se controla una velocidad del motor L3 para que gire a la velocidad de rotación prevista del accionador mediante el control de una cantidad de potencia de accionamiento que se suministra al inversor L2 en respuesta al movimiento del acelerador L1 que es manipulado por el accionador, por ejemplo, usando un pedal.
- El movimiento del acelerador L1 en respuesta a la manipulación del pedal por parte del accionador es continuamente monitorizado y detectado por el monitor 27 de trabajo del acelerador, y una señal de detección del mismo es ingresada a las calculadoras 24₁ a 24_n de potencia e impedancia a través del administrador 26 de estado del módulo de batería y el bus 25 interno.
- Una señal de voltaje de cada una de las celdas 11₁ a 11_n de batería correspondientes y una señal de corriente del sensor 12 de corriente se introducen en las calculadoras 24₁ a 24_n de potencia e impedancia.
- Aquí, el movimiento del acelerador L1 en respuesta a la manipulación del pedal por el accionador provoca una variación tal como subir y bajar como una onda de escalera que incluye componentes de frecuencia de banda ancha con respecto a una forma de onda de voltaje de salida de cada una de las celdas 11₁ a 11_n de batería y una forma de onda de corriente de salida del sensor 12 de corriente.
- En la realización de la invención, las calculadoras 24₁ a 24_n de potencia e impedancia realizan una transformación discreta de Fourier (DFT) o una transformación rápida de Fourier (FFT) con respecto a los datos de forma de onda que incluyen los componentes de frecuencia de banda ancha, y estiman una constante de circuito equivalente en un dominio de frecuencia deseado de este resultado. La característica de impedancia interna de la batería se puede medir en el sitio, tal como un vehículo y una planta que realmente usan la batería, y el estado de la batería se puede monitorizar en tiempo real.
- El administrador 26 de estado del módulo de batería busca información de potencia instantánea e información de impedancia interna, que se mide por cada una de las calculadoras 24₁ a 24_n de potencia e impedancia, de las celdas 11₁ a 11_n de batería respectivas que forman el módulo 10 de batería, y transmite los datos a un controlador 40 de sistema de batería del servidor a través del bus 30 externo.
- El controlador 40 del sistema de batería controla el módulo 10 de batería y el dispositivo L de carga con base en los datos que se introducen desde el dispositivo 20 de monitorización de batería para operar de manera estable el dispositivo L de carga con un voltaje de salida de corriente del módulo 10 de batería, determina una situación de transición en el rendimiento de cada una de las celdas 11₁ a 11_n de batería con base en una tendencia de variación de una cantidad de potencia instantánea de cada una de las celdas 11₁ a 11_n de batería, una tendencia de variación de la información de impedancia interna, o similar, envía una alarma que insta a realizar la carga o genera datos de predicción del tiempo de reemplazo sobre el módulo 10 de batería, o similares, analizando la tendencia de deterioro del rendimiento.
- La figura 2 muestra un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo específico de la calculadora 24 de potencia e impedancia. En la figura 2, una señal V de voltaje de cada una de las celdas 11₁ a 11_n de batería se introduce en un convertidor 24b A/D a través de un filtro 24a antisolapamiento, y los datos de salida del convertidor 24b A/D se introducen en una unidad 24c de medición de parámetros de circuito equivalente.
- Una señal I de corriente del sensor 12 de corriente se introduce en un convertidor 24e A/D a través de un filtro 24d antisolapamiento, y los datos de salida del convertidor 24e A/D se introducen en la unidad 24c de medición de parámetros de circuito equivalente.
- Los convertidores 24b y 24e A/D son operados por un sistema de reloj variable compuesto por el administrador 26 de estado del módulo de batería, un detector 24f de cantidad de variación del acelerador, un controlador 24g de reloj y un generador 24h de reloj variable, y que se crea con base en una señal de variación del acelerador que es detectada por el monitor 27 de trabajo del acelerador y se emite a partir de ella. Debido a esto, se genera un reloj con base en el trabajo del acelerador del accionador, tal como arranque, aceleración, desplazamiento a alta velocidad, desplazamiento a baja velocidad, desaceleración, parada, retracción y una velocidad del mismo, y la señal V de voltaje y la señal I de corriente en cada estado se convierte en datos digitales.
- Además, una frecuencia de reloj de muestreo de los convertidores 24b y 24e A/D puede cambiarse en respuesta a una banda de frecuencia en la que se desea medir la impedancia interna de cada una de las celdas 11₁ a 11_n de batería. Por ejemplo, en el caso de medir la impedancia interna de hasta 1 kHz, la frecuencia del reloj de muestreo se establece en 2K muestreo/s, y una banda de paso bajo de los filtros 24a y 24d antisolapamiento se establece en 1 kHz o menos.
- Una unidad 24i de almacenamiento de información de circuito equivalente, que almacena información de circuito equivalente tal como un patrón de circuito equivalente de cada una de las celdas 11₁ a 11_n de batería que se desea medir, está conectada a la unidad 24c de medición de parámetro de circuito equivalente. Cada parámetro del circuito

equivalente, que se mide en la unidad 24c de medición de parámetros del circuito equivalente, se obtiene al administrador 26 de estado del módulo de batería a través del bus 25 interno.

Los datos de salida de los convertidores 24b y 24e A/D también se introducen en una unidad 24j de medición de potencia. Debido a esto, la unidad 24j de medición de potencia mide la potencia instantánea de cada una de las celdas 11₁ a 11_n de batería, y almacena el resultado medido en una unidad 24k de almacenamiento de información de potencia. La información de potencia almacenada en la unidad 24k de almacenamiento de información de potencia se obtiene al administrador 26 de estado del módulo de batería a través del bus 25 interno.

La figura 3 muestra un diagrama de bloques que ilustra una realización de la invención, que tiene una función de estimación de impedancia en una frecuencia arbitraria, y muestra un ejemplo específico de la unidad 24c de medición de parámetros de circuito equivalente que constituye la calculadora 24 de potencia e impedancia de la figura 2. Los datos de salida de los convertidores 24b y 24e A/D se almacenan secuencialmente en una unidad c1 de almacenamiento de datos de forma de onda.

Una calculadora c2 DFT realiza una transformación discreta de Fourier con respecto a los datos de forma de onda de la señal de voltaje y la señal de corriente que se almacenan secuencialmente en la unidad c1 de almacenamiento de datos de forma de onda, calcula la impedancia dividiendo un resultado de transformación de Fourier discreto de la señal de voltaje por un resultado discreto de transformación de Fourier de la señal de corriente, y almacena los datos de impedancia calculados en una unidad c3 de almacenamiento de datos de impedancia. Además, dependiendo de un tipo de datos de forma de onda, se puede realizar un proceso de cálculo a alta velocidad utilizando una calculadora FFT en lugar de la calculadora c2 DFT.

Un estimador c4 constante de circuito realiza un ajuste constante en un modelo de circuito equivalente, que se designa de antemano, con base en los datos de impedancia que se almacenan en la unidad c3 de almacenamiento de datos de impedancia. Con respecto a una constante de circuito, que se estima y calcula mediante el estimador c4 de constante de circuito, por ejemplo, en el caso de un circuito equivalente que se muestra en la figura 14, R4 y L4 se almacenan en una unidad c5 de almacenamiento constante de circuito no variable, y R1, R2, C2, R3 y C3 se almacenan en una unidad c6 de almacenamiento constante de circuito.

Un estimador c7 de impedancia emite impedancia a una frecuencia arbitraria. Con respecto a un dominio de frecuencia en el que están presentes los datos de impedancia, los datos de impedancia que se almacenan en la unidad c3 de almacenamiento de datos de impedancia se emiten tal cual. Con respecto a un dominio de frecuencia en el que los datos de impedancia no están presentes, la impedancia se estima y calcula con base en una constante de circuito que se almacena en la unidad c5 de almacenamiento de constante de circuito no variable y la unidad c6 de almacenamiento de constante de circuito, y el resultado del cálculo se emite.

Una condición de análisis desde el exterior se almacena en una unidad c8 de almacenamiento de condiciones de análisis. La condición de análisis representa principalmente una condición de cálculo en cada calculadora, pero también incluye información sobre la medición de referencia o la medición al momento de ser montado en un sistema.

En los últimos años, se ha realizado una investigación activa para determinar el estado de una batería. En esta investigación, se obtiene una característica de impedancia aplicando una onda de señal con un voltaje constante o una corriente constante con respecto a la batería, y una característica de temperatura de carga y descarga, una cantidad restante de carga, un grado de deterioro del rendimiento o se estima lo mismo.

En un estado de cuerpo único antes de que se monte una batería en un sistema tal como un vehículo, la medición de impedancia se puede realizar en un entorno de medición preparado, pero cuando la batería se monta en un sistema, la medición de impedancia puede no realizarse suficientemente debido a restricciones en el sistema o similares. Particularmente, cuando la batería se monta como una fuente de potencia de accionamiento del vehículo, una tasa de muestra en el lado del sistema es insuficiente y, por lo tanto, se supone que no se puede muestrear un dominio de alta frecuencia. En este caso, la comparación en correspondencia con un rango de medición que se mide por adelantado puede ser imposible.

Las figuras 4A a 4D muestra un dibujo de un ejemplo de característica de impedancia de la batería, en el que la figura 4A muestra un resultado que se mide mientras se barre una onda sinusoidal en un rango de frecuencia de 1 Hz a 2.5 kHz y se asegura una tasa de muestra suficiente en cada punto de frecuencia de medición. Luego, la figura 4A se establece como una característica de referencia.

La figura 4B muestra un resultado que se obtiene sacando un rango de frecuencia de 1 a 50 Hz a partir de la característica de referencia de la figura 4A. Esto supone un caso en el que un dominio de alta frecuencia puede no medirse debido a la restricción cuando la batería está montada, por ejemplo, en un sistema de vehículo. Un lado positivo (una media porción inferior de un gráfico) de un eje imaginario que se muestra en la figura 4A es una región que incluye información L (inductancia) de la batería, pero en la figura 4B, esta porción se omite por completo.

La inductancia de la batería es una característica estructural, y se considera que no varía con el paso del tiempo debido al deterioro de un electrodo o una solución electrolítica. Con base en esta consideración, se obtiene de antemano una constante de circuito equivalente a partir de la característica de referencia de la figura 4A, y esta

constante puede usarse con respecto a una constante que no varía con el paso del tiempo, incluso después de que la batería esté montada en un sistema.

La figura 4C muestra una curva característica de impedancia que se deriva de R1, R2, R3, C2, C3, L4 y R4, y que se obtiene realizando el ajuste constante de la característica de referencia de la figura 4A con base en modelo de circuito equivalente de la figura 14. El ajuste se puede realizar con base en una expresión aritmética conocida.

La figura 4D muestra una curva característica de impedancia que se deriva de un resultado obtenido realizando el ajuste constante con base en el modelo de circuito equivalente de la figura 14 usando constantes de circuito R1, R2, R3, C2 y C3 que se estiman en la figura 4B, y L4 y R4 que se adquieren de antemano. La curva característica de impedancia de la figura 4D es aproximadamente igual a la curva característica de impedancia de la figura 4C. Es decir, la característica de impedancia en un dominio de frecuencia correspondiente a la característica de referencia de la figura 4A puede estimarse usando las constantes de circuito R1, R2, R3, C2 y C3 estimadas que se estiman en la figura 4B, y L4 y R4 que se adquieren de antemano.

Además, en la realización de la figura 3, la estimación de la impedancia se realiza aplicando la constante de circuito no variable al modelo de circuito equivalente. Sin embargo, en lugar de aplicar la constante de circuito no variable al circuito equivalente, se pueden crear datos de series de tiempo a partir de la constante de circuito no variable, esto se puede complementar con datos de series de tiempo que se miden, y luego se puede obtener otra constante de circuito estimado.

Además, en la realización de la figura 3, la estimación constante se realiza suponiendo que el componente L no tiene un efecto en el dominio de baja frecuencia. Por lo tanto, las constantes L4 y R4 de circuito no variable no se incluyen en el modelo de circuito equivalente durante la estimación constante, y las constantes L4 y R4 de circuito no variable se usan solo durante la estimación de impedancia. Sin embargo, existe la probabilidad de que el componente L pueda tener un efecto en el dominio de baja frecuencia de acuerdo con una característica de la batería. En este caso, la estimación constante puede realizarse después de que las constantes L4 y R4 de circuito no variable se incluyan en el circuito equivalente durante la estimación constante.

Sin embargo, en el momento de seleccionar el modelo de circuito equivalente de la batería, en un caso en el que se selecciona un modelo de circuito equivalente apropiado después de una característica inherente a una batería que es un objeto a medir o un rango de frecuencia de medición no es reconocido de antemano, como se muestra en los diagramas de un ejemplo de característica de impedancia de las figuras 5A y 5B, se puede obtener un resultado de estimación constante que es diferente de un valor real.

Las figuras 5A y 5B muestran los resultados obtenidos al extraer datos de diferentes rangos de frecuencia de los mismos datos de impedancia, respectivamente, y al realizar una estimación constante en el circuito equivalente de la figura 14. La figura 5A es un resultado que se obtiene al extraer 0.1 Hz o más, en el que una curva característica de impedancia derivada por un ajuste constante y una característica de impedancia real son consistentes entre sí.

Por el contrario, la figura 5B es un resultado que se obtiene extrayendo 1,0 Hz o más, en el que una característica de impedancia real se desvía en gran medida de una curva característica de impedancia derivada por un ajuste constante. Se supone que esto se debe a que, aunque un producto real se proporciona con un elemento Warburg, una característica del mismo no se refleja significativamente en los datos y, por lo tanto, puede ser localmente deficiente. De esta manera, incluso en el mismo modelo de circuito equivalente, cuando los rangos de frecuencia de impedancia que se utilizan en la estimación constante son diferentes entre sí, se pueden obtener resultados que son completamente diferentes entre sí.

Este problema puede evitarse seleccionando un modelo de circuito equivalente óptimo con base en una característica de datos de impedancia usando una unidad que esté configurada como se muestra en la figura 6 como la unidad 24c de medición de parámetros de circuito equivalente, y la precisión de la estimación de la constante de circuito puede ser mejorada.

La figura 6 muestra un diagrama de bloques que ilustra otra realización de la unidad 24c de medición de parámetros de circuito equivalente, y los mismos números de referencia están unidos a las mismas porciones que la figura 3. En la figura 6, un selector c9 de modelo de circuito selecciona un modelo de circuito equivalente óptimo con base en la característica de datos de impedancia que se estima en la calculadora c2 DFT y se almacena en la unidad c3 de almacenamiento de datos de impedancia. El estimador c4 de constante de circuito realiza la estimación y el cálculo de cada constante de circuito con base en los datos de impedancia almacenados en el unidad c3 de almacenamiento de datos de impedancia y el modelo de circuito equivalente óptimo que se selecciona en el selector c9 de modelo de circuito.

Un modelo de circuito equivalente de batería que se usa generalmente incluye un circuito paralelo RC de n etapas, un circuito paralelo LR de una etapa y un elemento Warburg. Por lo tanto, el selector c9 de modelo de circuito determina secuencialmente una configuración específica del modelo de circuito equivalente en el siguiente orden.

- 1) Si el elemento Warburg está presente o no
- 2) Si el circuito paralelo LR está presente o no
- 3) El número de etapas del circuito paralelo RC

5 1) Primero, con respecto al elemento Warburg, se determina si el elemento Warburg está presente o no mediante el uso de un coeficiente de correlación del eje real de impedancia y el eje imaginario en un lado de baja frecuencia. Por ejemplo, en el caso de $\text{Corr} < 0,99$, se determina que Warburg está presente. El coeficiente de correlación se calcula mediante la siguiente expresión.

$$\text{Corr}(i) = \frac{\sum_{j=1-a}^{i+a} (Z_{\text{real},j} - \overline{Z_{\text{real}}}_{i-a}^{i+a}) (Z_{\text{img},j} - \overline{Z_{\text{img}}}_{i-a}^{i+a})}{\sqrt{\sum_{j=1-a}^{i+a} (Z_{\text{real},j} - \overline{Z_{\text{real}}}_{i-a}^{i+a})^2} \sqrt{\sum_{j=1-a}^{i+a} (Z_{\text{img},j} - \overline{Z_{\text{img}}}_{i-a}^{i+a})^2}} \quad \dots(1)$$

10 Aquí, $\text{Corr}(i)$ representa un coeficiente de correlación en la periferia de los datos de impedancia i^{th} , $Z_{\text{real},j}$ y $Z_{\text{img},j}$ representan una parte real y una parte imaginaria de datos de impedancia j^{th} , respectivamente.

$$\overline{Z_{\text{real}}}_{i-a}^{i+a} \quad \dots(2)$$

$$\overline{Z_{\text{img}}}_{i-a}^{i+a} \quad \dots(3)$$

15 Las expresiones anteriores (2) y (3) representan valores promedio de la parte real y la parte imaginaria de los datos de impedancia $i-a^{\text{th}}$ a $i+a^{\text{th}}$, respectivamente. Además, se supone que los datos de impedancia están dispuestos en orden ascendente de una frecuencia.

La figura 7 muestra un gráfico del coeficiente de correlación $\text{Corr}(i)$ en el que a es cuatro. En estos datos de muestra de corriente, se determina que Warburg está "presente".

20 2) A continuación, se determina si el circuito paralelo LR está presente o no. Cuando el eje imaginario de impedancia en un lado de alta frecuencia muestra un valor positivo, se determina que el circuito paralelo LR es necesario. En el caso de un diagrama de característica de impedancia de muestreo de la figura 8, se determina que el circuito paralelo LR está "presente".

25 3) Finalmente, se determina el número de etapas del circuito paralelo RC. Esta determinación se realiza con el número de veces que el coeficiente de correlación excede $\text{Corr}(i)$ de -0.95 en una dirección de lo negativo a lo positivo en los datos completos. Sin embargo, un caso en el que el eje imaginario de la impedancia excede el $\text{Corr}(i)$ de 0.95 en un dominio positivo se considera una característica LR y, por lo tanto, el caso no se cuenta. En los datos de muestreo que se muestran en la figura 9A, el coeficiente de correlación excede -0.95 en tres puntos de a , b , y c , pero como se muestra en la figura 9B, ya que el punto c excede -0.95 en un dominio positivo en el que el eje de impedancia imaginaria excede 320 Hz, este caso no se cuenta y el circuito paralelo RC se determina como dos etapas.

30 Debido a esta determinación, se mejora la precisión de estimación de cada constante de circuito que se estima y calcula en el estimador c4 de constante de circuito.

Cuando se pueden adquirir datos de voltaje y corriente en un entorno de medición suficiente, se puede extraer la característica de impedancia. Sin embargo, por ejemplo, en un estado en el que la batería está montada en el vehículo, debido a un efecto tal como el ruido, es difícil decir que siempre se obtiene un resultado de medición preferible.

35 En este caso, la estimación y el cálculo constantes pueden realizarse en paralelo después de seleccionar una pluralidad de candidatos de modelo de circuito equivalente, y un modelo de circuito equivalente en el que un error con datos de impedancia de objeto es el mínimo puede determinarse como una salida final.

40 Además, puede proporcionarse una función de calcular un error con datos de impedancia de objeto en cualquier momento durante el cálculo repetitivo, de detener el cálculo con respecto a un modelo que no satisface un valor de referencia o un modelo que no converge claramente, y de seleccionar otro modelo.

En el proceso en el que el estimador c4 de constantes de circuito estima las constantes de circuito, la precisión de la estimación de constantes de circuito puede aumentarse ponderando datos individuales de acuerdo con condiciones tales como un rango de frecuencia y precisión de medición.

Cuando la característica de impedancia se adquiere mediante un barrido de ondas sinusoidales puras, se puede establecer una amplitud para cada frecuencia teniendo en cuenta la resolución de conversión A/D de los convertidores A/D. En contraste, cuando se usa una forma de onda tal como un pulso que incluye componentes de frecuencia plurales, la amplitud de cada componente de frecuencia no se puede controlar. En este caso, puede ocurrir un evento en el que en un determinado componente de frecuencia la resolución de conversión A/D es demasiado baja para producir un valor de impedancia correcto. Si las constantes de circuito de un modelo de circuito equivalente se estiman utilizando los datos resultantes, un resultado de estimación puede tener grandes errores.

Los datos de muestreo mostrados en la figura 10A son los mismos que los datos de muestreo mostrados en la figura 4C que corresponden al circuito equivalente de la figura 36. La figura 10A muestra datos de impedancia obtenidos de respuestas de onda sinusoidal y una curva característica de impedancia obtenida a través del ajuste constante. Las mediciones se realizaron de tal manera que se realizó un barrido de onda sinusoidal en un rango de frecuencia de 1 Hz a 2.5 kHz y se aseguró una tasa de muestreo suficientemente alta en cada frecuencia de medición. Se supone que estas constantes de circuito son verdaderas.

La figura 10B muestra los resultados obtenidos de las respuestas de pulso. Las constantes R4 y L4 reciben los valores obtenidos de las respuestas de onda sinusoidal. Las mediciones se realizaron utilizando una tasa de muestreo de 1 kHz y se realizó una transformación discreta de Fourier en un rango de frecuencia de 1 a 450 Hz. Debido a la baja tasa de muestreo, no se capturaron los componentes de inductancia que deberían aparecer en el lado de alta frecuencia. Los resultados de la medición varían en mayor alcance a medida que aumenta la frecuencia, lo que se debería a una distribución de amplitud de los componentes de frecuencia individuales de un pulso y la resolución de conversión A/D de los convertidores A/D.

Ahora, se considerarán los componentes de frecuencia de un pulso $f(t)$ de onda rectangular desarrollando una serie de Fourier. El pulso $f(t)$ de onda rectangular se expresa de la siguiente manera (véase figura 11):

$$f(t) = \sum_{m=0}^N a_m \sin m \frac{2\pi}{T} t$$

$$a_m = \frac{2AW}{T} \sin c\left(\frac{\pi m W}{T}\right)$$

donde W es el ancho del pulso, T es el período y m es un número entero mayor o igual a 0.

Como se ve en las ecuaciones anteriores, la amplitud a_m se vuelve muy pequeña a ciertas frecuencias y los resultados de conversión A/D pueden tener una gran variación alrededor de esas frecuencias.

La precisión de la estimación de constantes de circuito equivalentes puede reducirse por dicha variación. Cierta ponderación se considera efectiva para suprimir la influencia de tal variación.

Un caso de uso de un método de Gauss-Newton para la estimación de constantes de circuito se describirá a continuación como un ejemplo específico. Las desviaciones de las constantes del circuito de los valores AR2, ΔC2, ΔR3 y ΔC3 verdaderos, se expresan de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} \Delta R2 \\ \Delta C2 \\ \Delta R3 \\ \Delta C3 \end{bmatrix} = (J^T J)^{-1} J^T \begin{bmatrix} \Delta z_{j=1} \\ \Delta z_{j=2} \\ \dots \\ \Delta z_{j=n} \end{bmatrix}$$

donde Δz_n es la diferencia entre una enésima impedancia medida y un valor de impedancia calculado a la misma frecuencia sobre la base de las constantes del circuito de corriente, J es el Jacobiano y T significa transposición

matricial. El cálculo anterior se realiza repetidamente hasta que las constantes del circuito convergen. Las constantes de circuito se estiman (calculan) de acuerdo con la siguiente ecuación introduciendo los pesos $p(j)$:

$$\begin{bmatrix} \Delta R2 \\ \Delta C2 \\ \Delta R3 \\ \Delta C3 \end{bmatrix} = (J^T J)^{-1} J^T \begin{bmatrix} p(1)\Delta z_1 \\ p(2)\Delta z_2 \\ \dots \\ p(n)\Delta z_n \end{bmatrix}$$

5 Se espera un efecto de suprimir la influencia de una variación al establecer pesos grandes en un rango de frecuencia de amplitudes pequeñas y pesos pequeños en un rango de frecuencia de amplitudes grandes.

Donde la respuesta a una entrada tiene una forma cercana a un pulso, la siguiente ponderación (véase figura 12), por ejemplo, se considera efectiva debido a las propiedades de una serie de Fourier:

$$p(j) = \begin{cases} 0 & \text{cuando } f_j / f_0 = (T/W)k \\ 10 & \text{cuando } f_j / f_0 = (T/W)(k-1/2) \\ 0.1 & \text{también} \end{cases}$$

10 donde, k es un número entero mayor o igual a 0, f_0 es una frecuencia correspondiente a un intervalo de cálculo DFT como un período, f_j es la frecuencia j para f_0 .

15 Las figuras 13A y 13B ilustran resultados de ejemplo de estimación de constantes de circuito realizadas de la manera descrita anteriormente. La figura 13A muestra una característica de impedancia de ejemplo y la figura 13B muestra desviaciones de conjuntos de constantes de circuito estimadas con y sin la ponderación de los valores verdaderos. Todas las constantes del circuito que se estimaron con la ponderación están más cerca de los valores verdaderos que sin la ponderación.

20 La figura 14 es un diagrama de bloques que muestra otro ejemplo específico de la unidad 24c de medición de parámetros de circuito equivalente. Los componentes que tienen los mismos o unos correspondientes en la figura 3 o 6 reciben los mismos símbolos de referencia que este último. Un estimador c4 de constantes de circuito que se muestra en la figura 14 realiza un cálculo de ponderación de datos, etc., sobre la base de los datos de impedancia almacenados en la unidad c3 de almacenamiento de datos de impedancia y una función de ponderación, un rango de frecuencia, etc., que se configuran a través de la unidad c8 de almacenamiento de condiciones de análisis.

Con las medidas anteriores, como se describió anteriormente, se puede aumentar la precisión de la estimación de las constantes del circuito.

25 Un voltaje (corriente) en forma de pico se produce cuando una corriente (voltaje) en forma de pulso que tiene un fuerte aumento se aplica a una batería que tiene un componente de inductancia grande en tal caso, si la tasa de muestreo de los convertidores A/D no es lo suficientemente alta, si la porción de pico se muestrea o no es incierta, es decir, depende del tiempo de muestreo (véanse las figuras 15A y 15B).

30 Las figuras 15A y 15B muestran ejemplos de respuestas medidas a un pulso de corriente constante. La figura 15A muestra un caso en el que se muestrearon porciones de pico de voltaje, y la figura 15B muestra un caso en el que no se muestrearon porciones de pico de voltaje.

En el cálculo de los valores de impedancia de una batería, se obtienen conjuntos de resultados de cálculo de impedancia muy diferentes cuando se muestrean porciones de pico y cuando no se muestrean porciones de pico (la reproducibilidad es muy baja).

35 La figura 16 muestra diagramas de Nyquist de ejemplo obtenidas de conjuntos respectivos de datos de impedancia. La curva "-Δ-" representa un resultado obtenido para entradas de onda sinusoidal. Como se mencionó anteriormente, se realizó una medición para una onda sinusoidal que tiene cada frecuencia con una tasa de muestreo suficientemente alta. Como las formas de onda sinusoidal eran lo suficientemente suaves, no se produjeron picos en las respuestas, a diferencia del caso de la entrada de pulso. A continuación, se supone que este resultado representado por la curva "-Δ-" tiene valores verdaderos.

40 La curva "-□-" representa un resultado obtenido realizando una transformación discreta de Fourier en los datos en los que se detectaron picos. Este resultado en su conjunto se desvía en gran medida de los valores verdaderos de la curva "-Δ-" porque la tasa de muestreo no es lo suficientemente alta como para capturar porciones de pico.

La curva "-x-" representa un resultado obtenido realizando una transformación discreta de Fourier en datos en los que no se detectaron picos. Como no se capturaron porciones de pico, la curva no se extiende hacia abajo más allá del eje imaginario y, por lo tanto, carece de un componente de inductancia. De la discusión anterior se desprende que aparecen características muy diferentes cuando se detectan picos y cuando no.

- 5 Existe la idea de que la inductancia de una batería es un parámetro dependiente de la estructura y no varía con la edad debido a factores tales como la degradación de los electrodos y una solución. Como se mencionó anteriormente, los picos son causados por la inductancia de una batería. Y, en los diagnósticos de degradación de la batería, hay un caso en el que solo se necesitan componentes R y C (es decir, no es necesario medir un componente L). En tal caso, se puede estimar la resistencia R y la capacitancia C de una batería y se puede hacer un diagnóstico de degradación de la batería si existe una cantidad suficiente de información correcta en el lado negativo del eje imaginario (es decir, en la mitad superior del plano complejo).

- 10 La figura 17 muestra datos de impedancia obtenidos de tal manera que se realizó un barrido de onda sinusoidal en un rango de frecuencia de 1 Hz a 2,5 kHz y se aseguró una tasa de muestreo suficientemente alta en cada frecuencia de medición y se obtuvo una curva característica de impedancia de las constantes R1, R2, R3, C2, C3, L4 y R4 que se obtuvieron a través del ajuste constante utilizando el modelo de circuito equivalente de la figura 36. A continuación, se supondrá que estos resultados de medición son verdaderos.

- 15 Las figuras 18A y 18B comparan las características de impedancia obtenidas con y sin detección de picos. La figura 18A muestra datos de un caso en el que se detectaron picos en una respuesta de pulso, y la figura 18B muestra datos de que no se detectaron picos en una respuesta de pulso. Para los datos del caso de que no se detectó ningún componente L de inductancia, R4 y L4 se eliminaron del modelo de circuito equivalente.

- 20 La figura 18C muestra desviaciones de conjuntos de constantes de circuito estimadas con y sin detección de picos de valores verdaderos. En cuanto a las constantes R y C, se ve que los resultados que se aproximan a los valores verdaderos se obtienen al realizar el ajuste sobre la base de datos sin detección de picos. Es decir, incluso si la tasa de muestreo no es lo suficientemente alta, una forma de onda sin picos permite, con una probabilidad suficientemente alta, la estimación de las constantes R y C. Sin embargo, es difícil adquirir una forma de onda sin picos con alta reproducibilidad.

En vista de lo anterior, se considerará cómo estimar las constantes R y C con alta reproducibilidad y precisión corrigiendo los datos que tienen un componente L entre los datos de respuesta al pulso medidos a una tasa de muestreo baja.

- 30 La figura 19 es un diagrama de bloques que muestra aún otro ejemplo específico de la unidad 24c de medición de parámetros de circuito equivalente. Los componentes que tienen los mismos o correspondientes en las figuras 3, 6 o 14 reciben los mismos símbolos de referencia que estos últimos. Una unidad c11 de corrección de datos de pico mostrada en la figura 19 realiza una corrección de pico en los datos de forma de onda almacenados en la unidad c1 de almacenamiento de datos de forma de onda. El estimador c4 de constantes de circuito estima las constantes de circuito a través del ajuste constante sobre la base de los datos de impedancia almacenados en la unidad c3 de almacenamiento de datos de impedancia y las condiciones de análisis, etc., que se establecen a través de la unidad c8 de almacenamiento de condiciones de análisis y calcula una curva característica de impedancia sobre la base de las constantes estimadas del circuito. Un resultado de cálculo del estimador c4 de constantes de circuito se almacena en la unidad c6 de almacenamiento constante de circuito.

- 40 La figura 20 es un diagrama de flujo de un proceso en el que la unidad c10 de corrección de datos de pico corrige componentes de inductancia L de datos de forma de onda con picos. En la figura 20, $i(t)$ representa el n -ésimo dato de muestreo de corriente, $v(t)$ representa el n -ésimo dato de muestreo de voltaje y sr denota un coeficiente o detección de un pico. Un nivel de activación sirve para detectar un aumento y una caída de un pulso.

- 45 En el paso S1, se seleccionan los datos de forma de onda de $t = 1$. En el paso S2, para juzgar si los datos pertenecen o no a un aumento de un pulso, T se establece en t y se juzga si una condición $i(t) > (\text{nivel de activación})$ se cumple o no. Si se cumple esta condición, se considera que los datos pertenecen a un aumento del pulso. El proceso se mueve al paso S3, donde T se establece en t y un indicador se establece en "falso".

- 50 En el paso S4, para juzgar si se ha detectado un pico o no, se juzga si se cumple o no una condición $v(t) > sr \times v(t + 1)$. Si se cumple esta condición, se considera que se ha detectado un pico y el proceso se mueve al paso S5, donde el plano se establece en "verdadero" y $v(t)$ y $i(t)$ son iguales a $v(t - 1)$ y $i(t - 1)$, respectivamente. En el paso S6, se seleccionan los datos de forma de onda de $t = T$. Si la condición no se cumple en el paso S4, se considera que no se ha detectado ningún pico y el proceso pasa directamente al paso S6.

- 55 En el paso S7, para juzgar si los datos pertenecen o no a una caída del pulso, se juzga si una condición $i(t) < (\text{nivel de activación})$ se cumple o no. Si esta condición se cumple, se juzga que los datos pertenecen a una caída del pulso. En el paso S8, para juzgar si se debe realizar una corrección de pico, se juzga si el indicador es "verdadero" o no. Si se cumple esta condición, se considera que se debe realizar una corrección de pico y el proceso se mueve al paso S9, donde $v(t)$ y $i(t)$ son iguales a $v(t - 1)$ y $i(t - 1)$, respectivamente. Entonces, el proceso ha terminado. Si la condición no se cumple en el paso S8, se considera que no se debe realizar una corrección de pico y el proceso ha finalizado.

Las figuras 21A y 21B ilustran resultados de ejemplo de ajuste de circuito equivalente que se realizó utilizando datos de forma de onda con picos corregidos de acuerdo con el proceso de la figura 20. La figura 21A muestra una curva característica de impedancia, y la figura 21B muestra desviaciones de las constantes del circuito de los verdaderos valores antes y después de la corrección. Todas las constantes del circuito corregido están más cerca de los valores verdaderos que los no corregidos.

La figura 22 es un diagrama de bloques que muestra otro ejemplo específico de cada calculadora 24 de potencia e impedancia. Como se muestra en la figura 22, la calculadora 24 de potencia e impedancia toma no solo una señal V de voltaje y una señal I de corriente sino también una señal T de temperatura desde la asociada de las celdas 11₁-11_n de batería.

La señal T de temperatura que se emite desde un sensor de temperatura (no mostrado) se ingresa a un convertidor 24n A/D a través de un filtro 24m antisolapamiento, y los datos de salida del convertidor 24n A/D se ingresan a una unidad 24c de medida de parámetros de circuito equivalente.

La característica de impedancia de una batería varía en gran medida dependiendo del entorno de temperatura. Por lo tanto, para producir una tabla de batería-degradación capacidad-impedancia, es indispensable emplear un parámetro de temperatura. Por lo tanto, como se muestra en la figura 22, es efectivo tener un resultado de monitorización de temperatura de la celda 11₁-11_n de batería asociada reflejada en la calculadora 24 de potencia e impedancia.

La realización de la figura 1 está dirigida a un caso en el que la carga real es el sistema de accionamiento de vehículos en el que el acelerador L1, el inversor L2 y el motor L3 están sustancialmente conectados entre sí y se estima una característica de impedancia en la base de cómo una forma de onda de voltaje de salida de cada una de las celdas 11₁-11_n de batería y una corriente de salida del sensor 12 de corriente varían a medida que aumentan o disminuyen gradualmente. Cuando la carga real no produce componentes de alta frecuencia, la estimación de la impedancia a un rango de alta frecuencia se habilita conectando un dispositivo DL de pseudocarga a la carga real en paralelo y haciendo que genere una forma de onda que contiene componentes de alta frecuencia.

Las formas de onda de salida de ejemplo del dispositivo DL de pseudocarga son una onda rectangular y una onda triangular. Es apropiado que el dispositivo DL de pseudocarga esté configurado para producir diversos valores de amplitud teniendo en cuenta una tasa de descarga de la batería, por ejemplo.

Además, la calculadora 24 de potencia e impedancia que se usa en la invención puede empaquetarse en un tamaño ultracompacto usando una tecnología de circuito integrado de semiconductores, e incluso en el caso de estar montado en cada celda de batería de un módulo de batería que está montado, por ejemplo, en un vehículo, la calculadora 24 de potencia e impedancia puede usarse siempre que se asegure un espacio minúsculo.

La figura 24 es un diagrama de bloques de un sistema de batería de acuerdo con otra realización de la invención. Los componentes que tienen los mismos o unos correspondientes en la figura 1 reciben los mismos símbolos de referencia que este último. Con referencia a la figura 24, una unidad LC de control de carga acciona y controla un dispositivo L de carga tal como un sistema de accionamiento de vehículos de acuerdo con un programa de carga prescrito y preestablecido.

Esto hace posible reproducir un estado de ejecución que no puede realizarse en una ejecución real y, de este modo, medir, con las calculadoras 24₁-24_n de potencia e impedancia, cómo una variación de carga resultante influye en el módulo 10 de batería.

La figura 25 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo específico adicional de la unidad 24c de medición de parámetros de circuito equivalente que se muestra en la figura 2. Los componentes que tienen los mismos o unos correspondientes en la figura 6 reciben los mismos símbolos de referencia que este último. En la unidad 24c de medición de parámetros de circuito equivalente de la figura 25, un analizador c12 de forma de onda de corriente y un segundo estimador c13 de constantes de circuito se añaden a la calculadora.

Se hará una descripción de un proceso para medir una característica de impedancia (mostrada en la figura 26) de una batería usando un dispositivo que incorpora la unidad 24c de medición de parámetros de circuito equivalente de la figura 25. Se supone que se utiliza un circuito equivalente que se muestra en la figura 27.

Se ve en la figura 26 que la característica de impedancia de la batería tiene características en regiones de frecuencia respectivas. La característica de impedancia está dominada por la inductancia en un rango de frecuencia mayor o igual a 1 kHz, dominada por la conductancia en un rango de frecuencia de 1 Hz a 1 kHz, y está dominada por un CPE (elemento de fase constante) (es decir, aproximadamente proporcional a f^p) en un rango de frecuencia menor o igual a 1 Hz. El CPE viene dado por la siguiente ecuación:

$$CPE = \frac{1}{T(j\omega)^p}$$

El proceso se describirá con referencia a las figuras 24 y 25.

1) Se da una carga de corriente adecuada al módulo 10 de batería desde el dispositivo L de carga, tal como un sistema de accionamiento de vehículos.

5 2) El monitor 27 de trabajo del acelerador monitoriza el estado de generación de carga sobre la base de una señal de variación de aceleración, y envía una instrucción de inicio de medición a cada calculadora 24 de potencia e impedancia con la ponderación adecuada a través del administrador 26 de estado del módulo de batería.

10 3) Al finalizar una medición, en cada calculadora 24 de potencia e impedancia, el analizador c12 de forma de onda de corriente analiza las formas de los datos de forma de onda de corriente y solo los datos que satisfacen las condiciones (por ejemplo, el ancho del pulso de descarga es de 500 ± 10 ms y 10 segundos o han transcurrido más desde la finalización de una descarga) que se establecen en la unidad c8 de almacenamiento de condiciones de análisis se almacena en la unidad c1 de almacenamiento de datos de forma de onda.

15 Los pasos 1) a 3) se repiten hasta que se adquieren los datos de forma de onda que satisfacen las condiciones preestablecidas y prescritas. Aunque en la configuración de la figura 2, una tasa de muestreo como condición se establece sobre la base de la señal de variación de aceleración, puede establecerse en la unidad c8 de almacenamiento de condiciones de análisis.

20 4) Después de la adquisición de los datos, el estimador c13 de constantes del segundo circuito lee los datos de forma de onda que satisfacen las condiciones prescritas de la unidad c1 de almacenamiento de datos de forma de onda, y realiza el siguiente cálculo de estimación de constantes de circuito. Se supone que el selector c9 de modelo de circuito ya ha seleccionado un modelo de circuito equivalente a utilizar.

25 4-1) Primero, como se muestra en la figura 28, R1, R2, C2, R3, C3 y un CPE (p y T) se estiman de tal manera que el intervalo general de los datos de forma de onda que satisface las condiciones prescritas se emplea como un intervalo del objeto de ajuste. En esta realización, dado que un pulso de medición tiene un ancho de 500 ms, la relación de trabajo de la forma de onda del objeto de ajuste es más corta, menor o igual a 0.05. Esto es para obtener una característica en un rango de frecuencia menor o igual a 1 Hz, es decir, p y T de un CPE.

30 La línea continua que se muestra en la figura 29 representa una característica de impedancia derivada de las constantes del circuito que se estimaron de la manera descrita anteriormente. La característica diagramada con la marca "+" es una característica obtenida a través de una medición con la aplicación de una forma de onda superpuesta de voltaje AC. Con el supuesto de que la última característica es verdadera, se ve que la precisión de la estimación fue alta en un rango de baja frecuencia pero baja en un rango de alta frecuencia.

35 El resultado de la estimación anterior se explica de la siguiente manera. En la estimación de la figura 29, el ajuste se realizó usando una forma de onda de tiempo que dura más de 10 segundos, que es mucho más larga que un tiempo muy corto durante el cual aparece notablemente una variación de una característica que tiene una constante de tiempo corta. Por lo tanto, una característica aproximadamente en el rango de frecuencia de 0.1 Hz a 1 Hz para la cual se produjeron muchas muestras en el dominio del tiempo se sometió principalmente a ajustes, como resultado de lo cual ocurrieron errores relativamente grandes en el rango de alta frecuencia donde una variación en muy poco tiempo es importante.

40 4-2) Luego, la porción, en el intervalo de 0 a 1 segundo, de los datos de la forma de onda que satisface las condiciones prescritas se extrae como una porción de objeto de ajuste (véase figura 30). Y R1, R2, C2, R3 y C3 se estiman nuevamente de tal manera que el CPE (p y T) determinado en el subpaso 4-1) se convierten en constantes fijas. En este momento, la relación de trabajo de la forma de onda del objeto de ajuste es de aproximadamente 0,5. Esto es para obtener características en el rango de frecuencia que sea mayor o igual a 1 Hz, es decir, constantes R y C.

Se supone que R5 y L5 son valores fijos porque son independientes del sistema de reacción de la batería y están determinados por la estructura de la batería.

45 Los valores iniciales de las constantes de circuito respectivas pueden establecerse arbitrariamente. Sin embargo, cuando se tiene en cuenta la velocidad de convergencia en una solución y la operación práctica de un diagnóstico de degradación, es deseable emplear valores constantes de una característica antes de la degradación.

50 La figura 31 muestra una característica de impedancia derivada en la base de las constantes de circuito reestimadas. La desviación de la característica dibujada por la línea continua de la característica diagramada con la marca "+" se reduce mucho de la de la figura 29. Esto se explica de la siguiente manera. En la estimación de la figura 29, el ajuste

se realizó usando una forma de onda de tiempo que dura más de 10 segundos, que es mucho más larga que un tiempo muy corto durante el cual aparece notablemente una variación de una característica que tiene una constante de tiempo corta. Por lo tanto, una característica aproximadamente en el rango de frecuencia de 0.1 Hz a 1 Hz para la cual se produjeron muchas muestras en el dominio del tiempo se sometió principalmente a ajustes, como resultado de lo cual ocurrieron errores relativamente grandes en el rango de alta frecuencia donde una variación en un muy poco tiempo es importante.

5) Las constantes de circuito obtenidas en el paso 4) se transfieren al administrador 26 de estado del módulo de batería. El administrador 26 de estado del módulo de batería juzga un estado de degradación de la batería sobre la base de las constantes del circuito e informa al controlador 40 del sistema de batería de un resultado del juicio

Como se describió anteriormente, los datos de medición se adquieren en dicha resolución de tiempo y en dicho intervalo de tiempo tal que la estimación óptima de una constante de tiempo de reacción que ocurre en una batería se habilita de acuerdo con la constante de tiempo de reacción. Y las constantes de elementos de circuito equivalentes que se consideran que gobiernan la constante de tiempo se estiman utilizando esos datos de medición. Esto se hace para cada constante de tiempo. De esta manera, se puede aumentar la precisión de la estimación de constantes de circuito equivalentes.

Se pueden utilizar algoritmos comunes de búsqueda de soluciones óptimas, tal como un método de gradiente, un método heurístico y un método directo para el ajuste de constantes de circuito equivalentes.

La unidad LC de control de carga que se proporciona en la figura 24 se usa efectivamente también en el sistema de batería de la figura 23 que usa el dispositivo DL de pseudocarga, porque permite accionar y controlar el dispositivo L de carga (sistema de accionamiento del vehículo) de acuerdo con un programa de carga preestablecido y prescrito.

La figura 37 es un diagrama esquemático que muestra una configuración de hardware del dispositivo 20 de monitorización de batería de acuerdo con la presente realización como se muestra en la figura 37, el dispositivo 20 de monitorización de batería incluye una CPU 101, un lector 102, una memoria 103, un dispositivo 104 de almacenamiento, una unidad 105 de comunicación y una interfaz 106 de usuario. La CPU 101 (por ejemplo, un procesador) puede servir como calculadora 24_1 a 24_n de potencia e impedancia, el administrador 26 de estado del módulo de batería y el monitor 27 de trabajo del acelerador que se muestra en la figura 1.

La memoria 103 puede ser cualquier tipo de memoria tal como ROM, RAM o una memoria flash. La memoria 103 puede servir como memoria de trabajo de la CPU 101 cuando la CPU 101 ejecuta un programa. El dispositivo 104 de almacenamiento está configurado para almacenar programas para ser ejecutados por la CPU 101 y/o datos generados por las unidades respectivas. El dispositivo 104 de almacenamiento puede ser cualquier tipo de dispositivo de almacenamiento, tal como una unidad de disco duro (HDD) o una unidad de estado sólido (SSD). Un programa que incluye instrucciones para hacer que la CPU 101 ejecute las operaciones respectivas realizadas por el dispositivo 20 de monitorización de la batería pueden almacenarse en el dispositivo 104 de almacenamiento o en un medio legible por ordenador, tal como un disco Blue-ray (marca registrada), DVD, un CD, un disquete, una memoria flash o un disco magnetoóptico (MO). El lector 102 está configurado para leer el programa almacenado en el medio legible por ordenador anterior en la memoria 103. El programa también puede descargarse desde otro dispositivo (por ejemplo, un servidor) en una red (por ejemplo, Internet) a través de unidad 105 de comunicación. Con esta configuración mostrada en la figura 37, la CPU 101 está configurada para implementar las operaciones respectivas realizadas por el dispositivo 20 de monitorización de batería de acuerdo con el programa leído desde el lector 102 o descargado a través de la unidad 105 de comunicación.

Además, en las realizaciones respectivas, se realizó una descripción con respecto a un ejemplo en el que se mide la impedancia interna de cada una de las celdas de la batería del módulo de batería que está montado en el vehículo, pero el dispositivo de medición de la impedancia de la batería de la invención también es eficaz para la monitorización de una batería de almacenamiento que se proporciona en una planta de potencia, un sistema de almacenamiento de potencia doméstica y similares distintos del vehículo.

Como se describió anteriormente, de acuerdo con la invención, un dispositivo de monitorización de batería, que mide una característica de impedancia interna de una batería en tiempo real en el sitio, tal como un vehículo, una planta de potencia, un sistema de almacenamiento de potencia doméstica, y similares en realidad usa la batería y puede monitorizar el estado de la batería en tiempo real.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (20) de monitorización de batería para la medición y monitorización en tiempo real de un módulo (10) de batería que acciona una carga (L) real y que tiene una pluralidad de celdas (11_1 a 11_n) de batería conectadas juntas en serie, que comprende:
 - 5 Una pluralidad de calculadoras (24_1 a 24_n) de potencia e impedancia provistas para las celdas (11_1 a 11_n) de batería respectivas, y configuradas para recibir señales de voltaje y señales de corriente de las celdas (11_1 a 11_n) de batería, respectivamente, y para medir valores de potencia instantánea y características de impedancia interna de las celdas (11_1 a 11_n) de batería, respectivamente;
 - 10 un administrador (26) de estado del módulo de batería configurado para recibir datos de salida de las calculadoras de potencia e impedancia a través de un bus (25) interno; y
 - un monitor (27) de trabajo del acelerador configurado para controlar el movimiento de un acelerador (L1) que es parte del sistema de accionamiento de un vehículo como dispositivo de carga del módulo (10) de batería, y para suministrar una señal de detección resultante a la pluralidad de calculadoras (24_1 a 24_n) de potencia e impedancia y el administrador (26) de estado del módulo de batería,
 - 15 en donde cada una de las calculadoras (24_1 a 24_n) de potencia e impedancia está configurada para adquirir datos de medición en una resolución de tiempo específica y en un lapso de tiempo específico, para realizar una transformación discreta de Fourier o una transformación rápida de Fourier en los datos de medición adquiridos, y para estimar constantes de un circuito equivalente en un dominio de frecuencia deseado sobre la base de los resultados de la transformación de Fourier o la transformación rápida de Fourier.
- 20 2. El dispositivo (20) de monitorización de batería de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las calculadoras (24_1 a 24_n) de potencia e impedancia están configuradas para recibir información de temperatura de las celdas (11_1 a 11_n) de batería, respectivamente.
3. El dispositivo (20) de monitorización de batería de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende además:
 - 25 un dispositivo (DL) de pseudocarga conectado a la carga (L) real en paralelo y configurado para generar una forma de onda que incluye componentes de alta frecuencia.
 4. Dispositivo (20) de monitorización de batería de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además:
 - una unidad (LC) de control de carga configurada para accionar y controlar la carga (L) real de acuerdo con un programa de carga.

30

FIG. 1

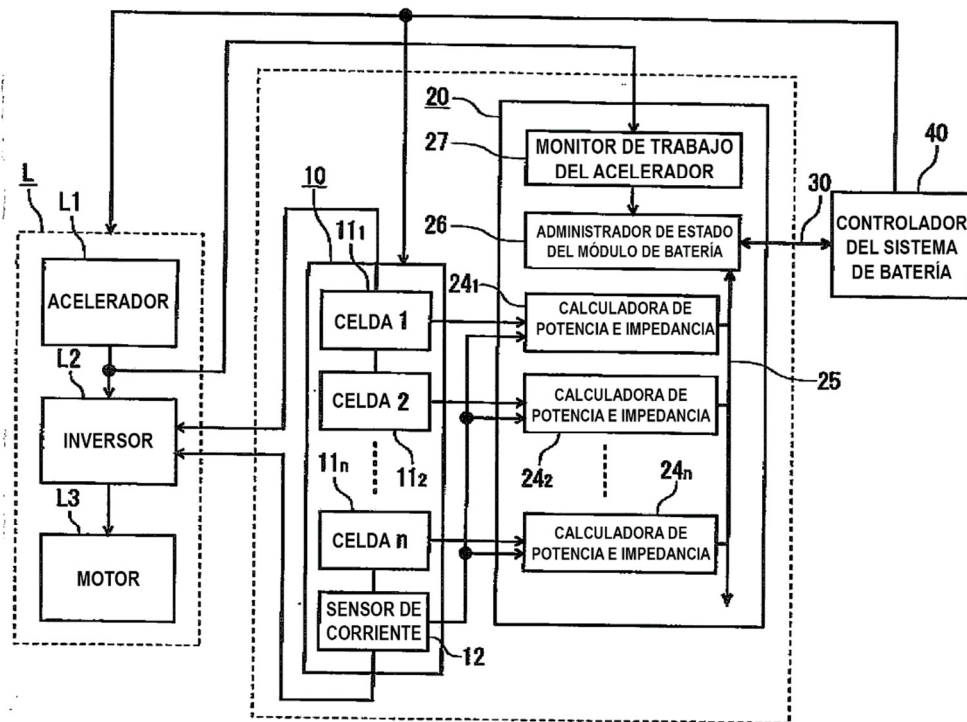


FIG. 2

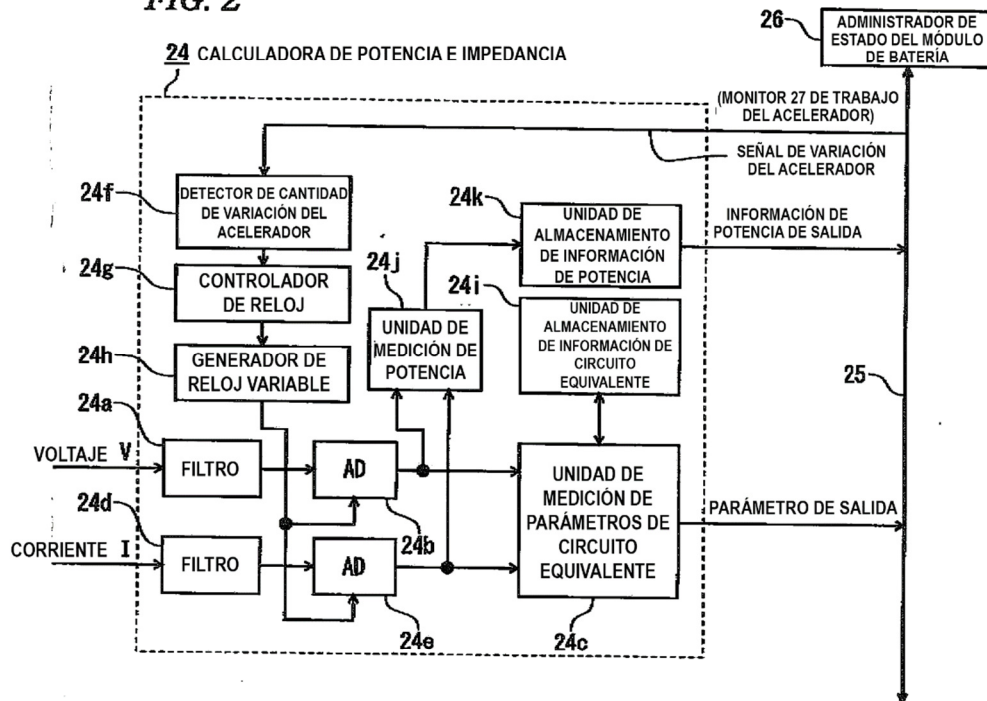


FIG. 3

24c UNIDAD DE MEDICIÓN DE
PARÁMETROS DE CIRCUITO EQUIVALENTE

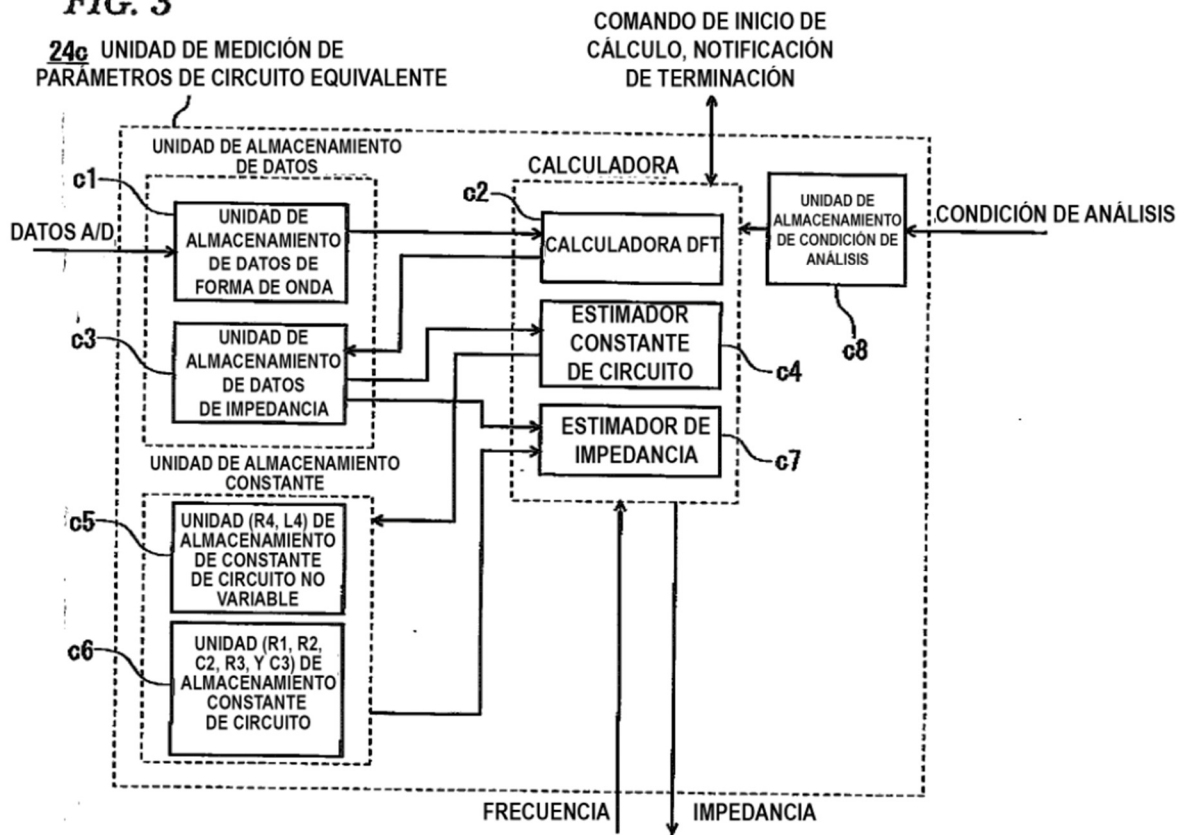


FIG. 4A

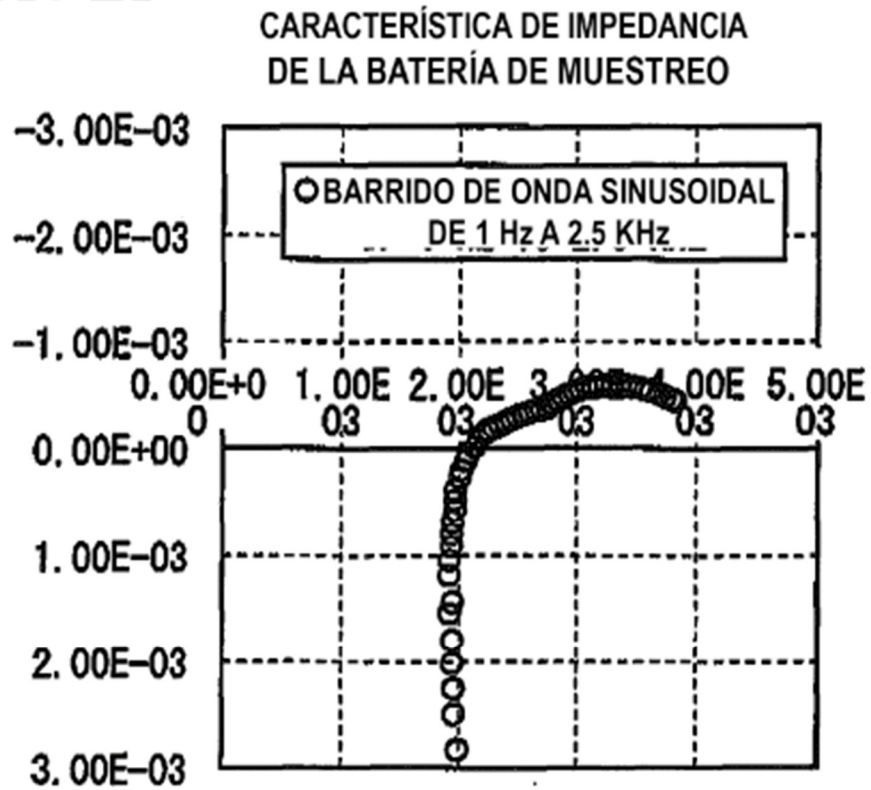


FIG. 4B

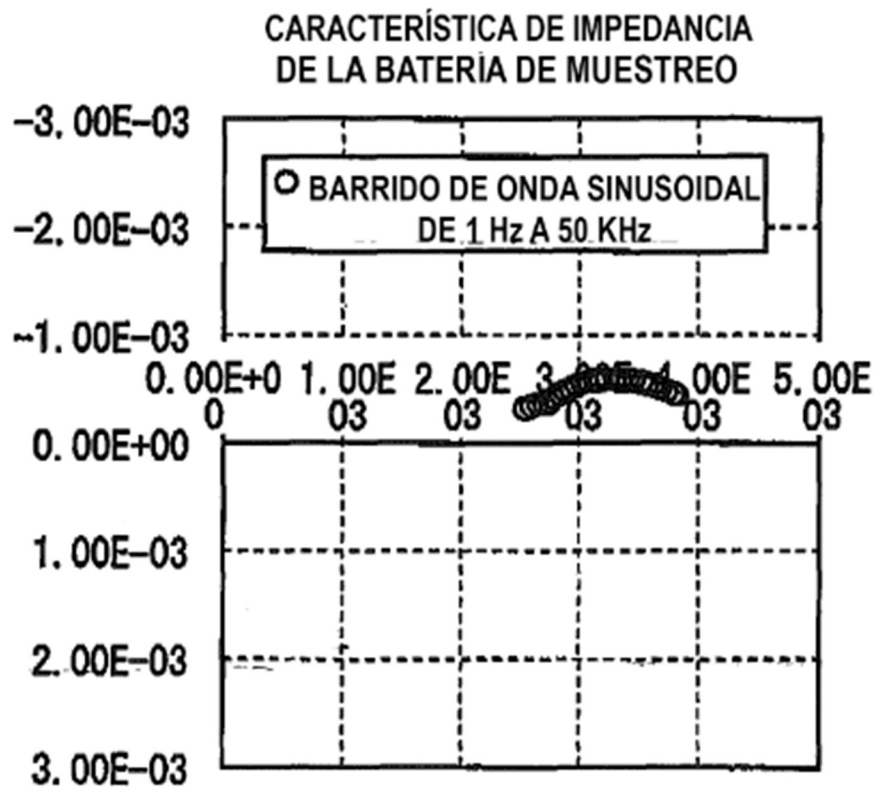


FIG. 4C

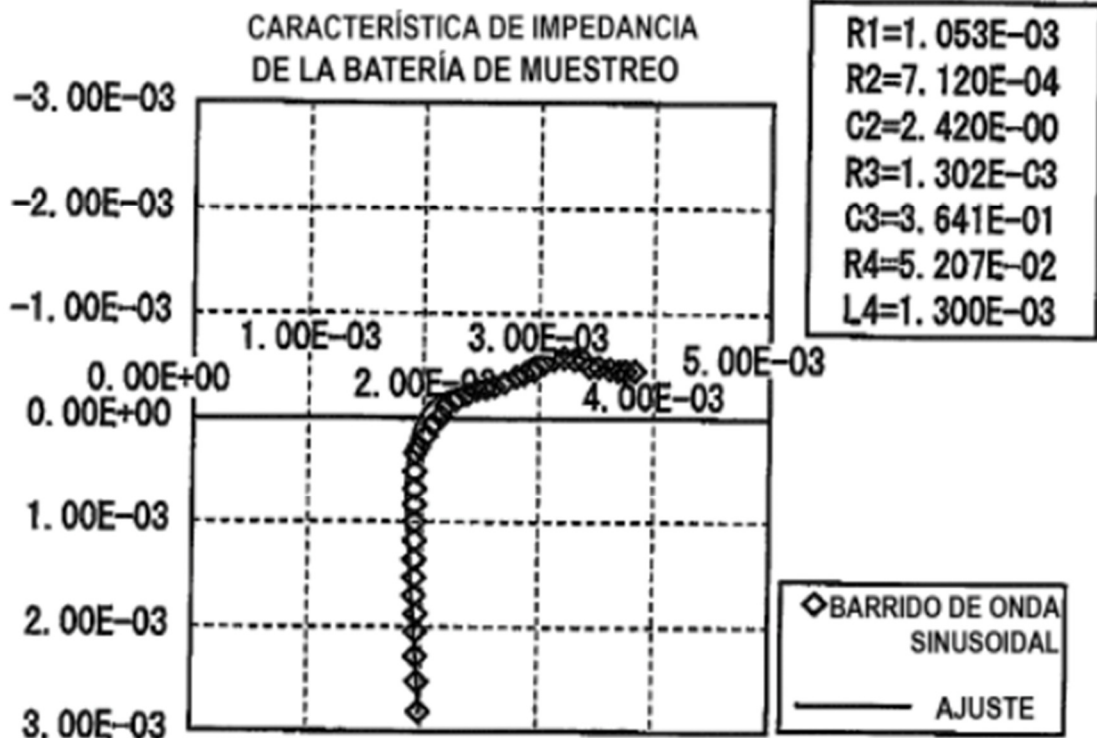


FIG. 4D

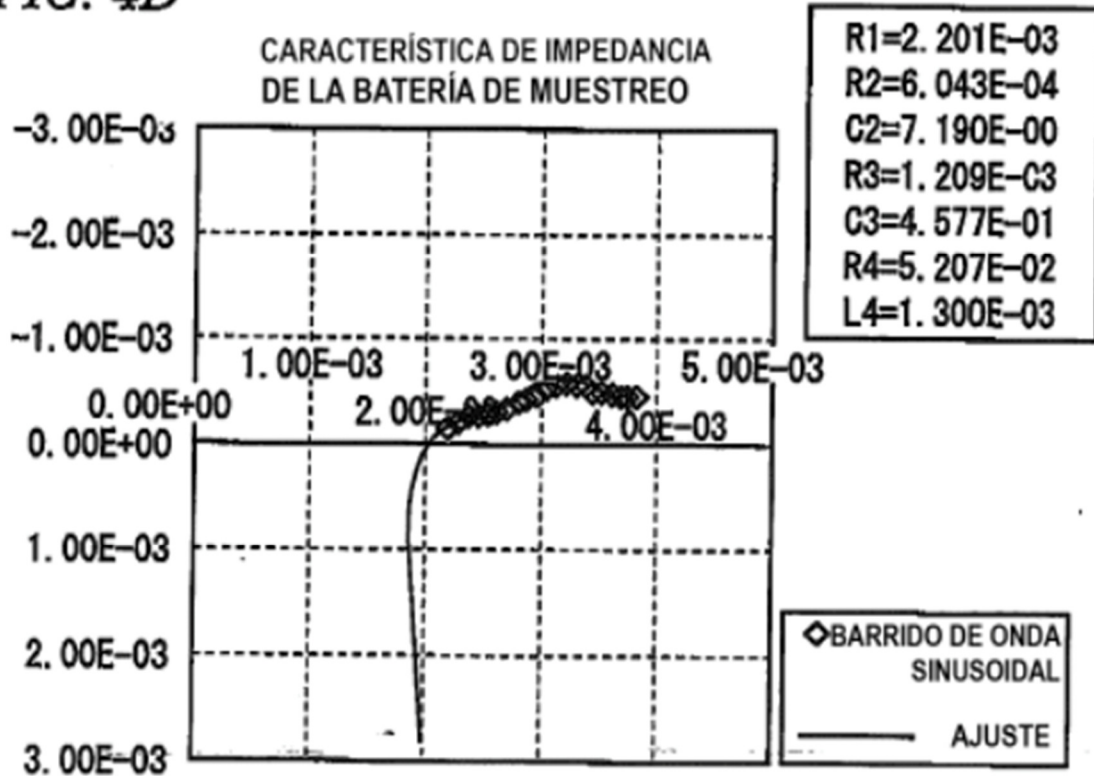


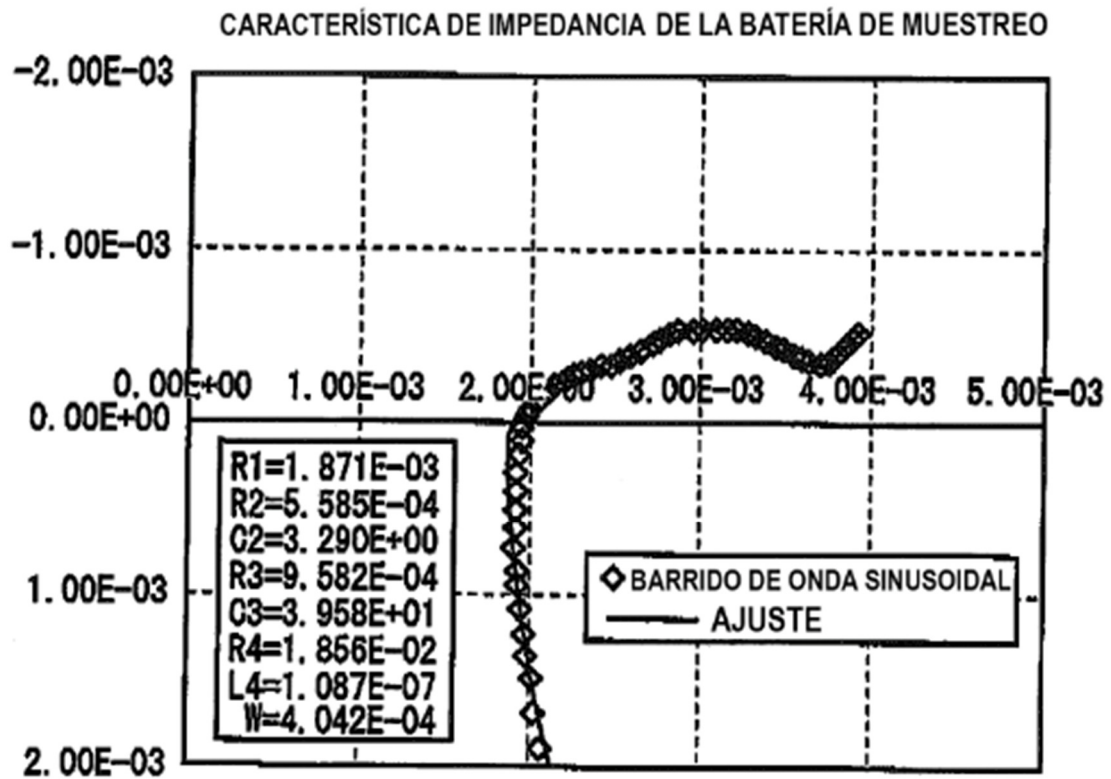
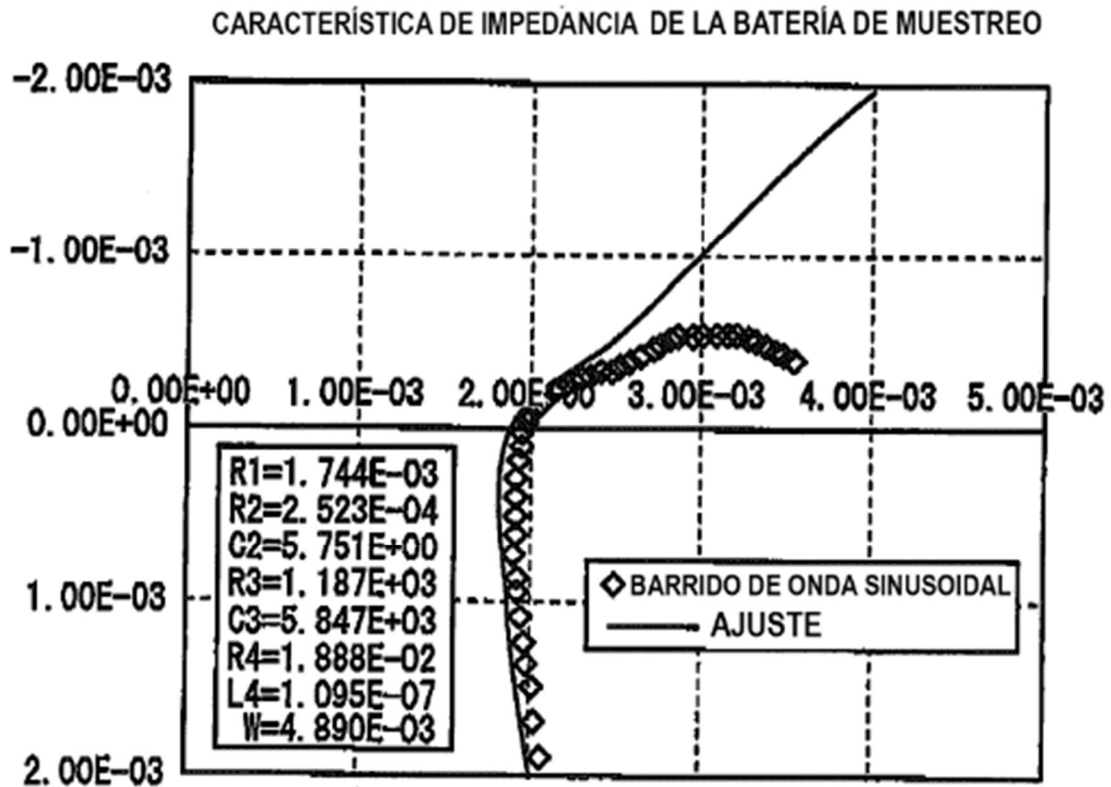
FIG. 5A**FIG. 5B**

FIG. 6

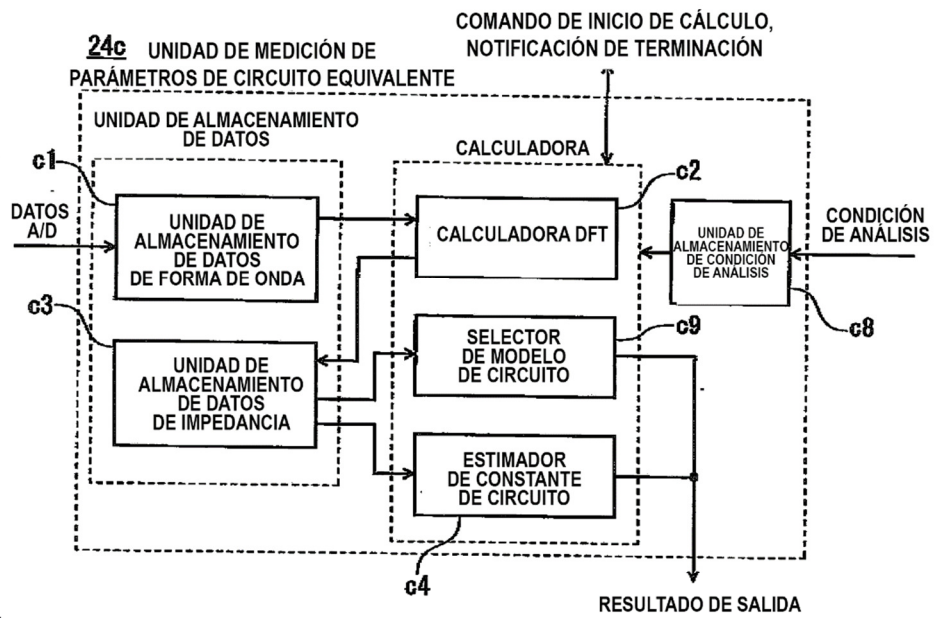


FIG. 7

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE
ZReal Y Zimg EN 0.1 Hz A 10 KHz

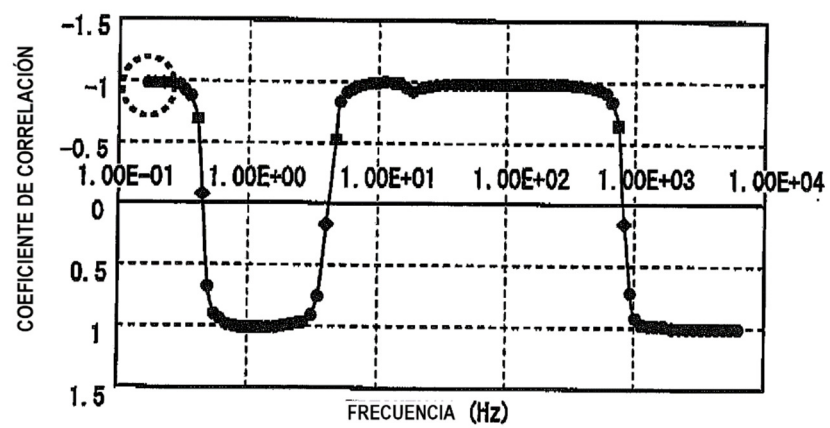


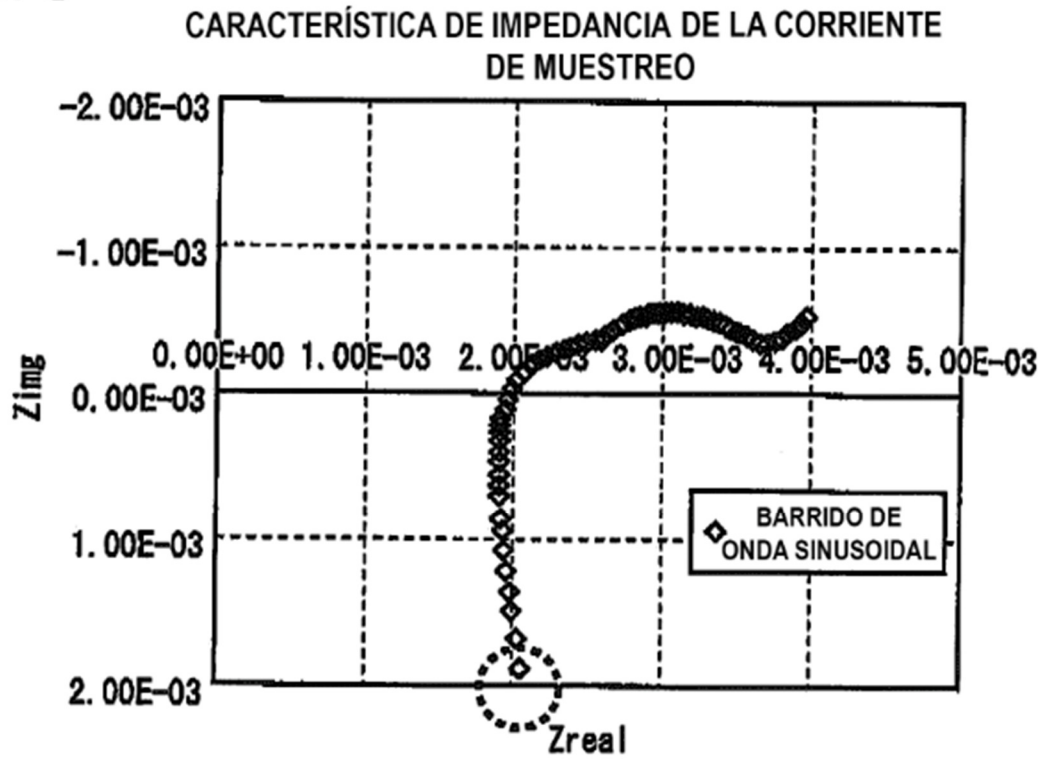
FIG. 8

FIG. 9A

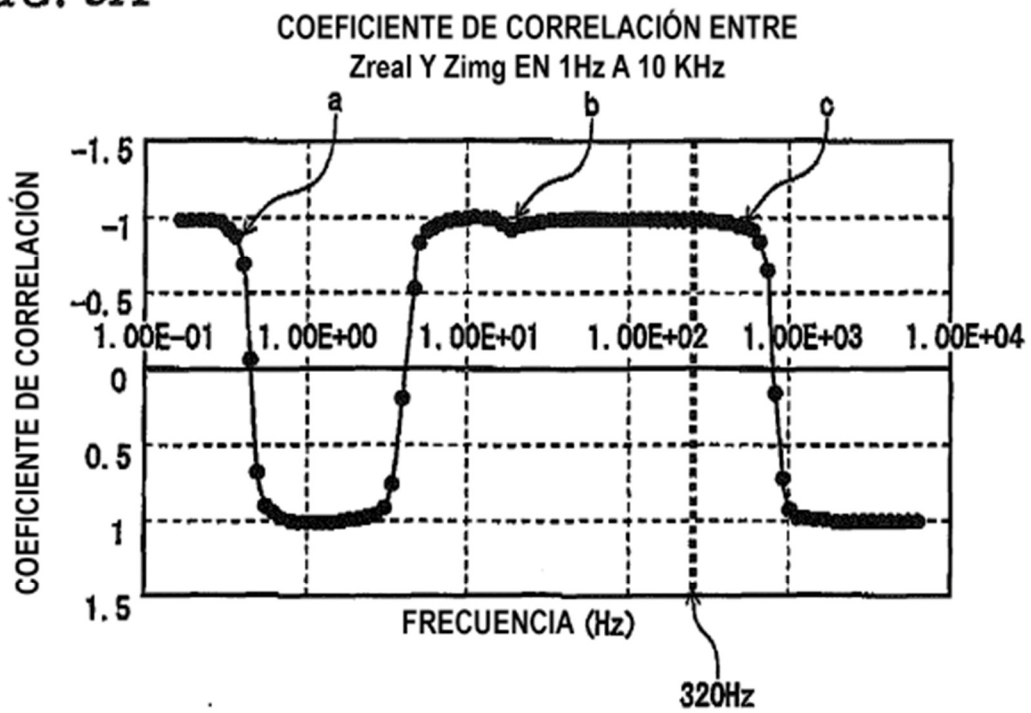


FIG. 9B

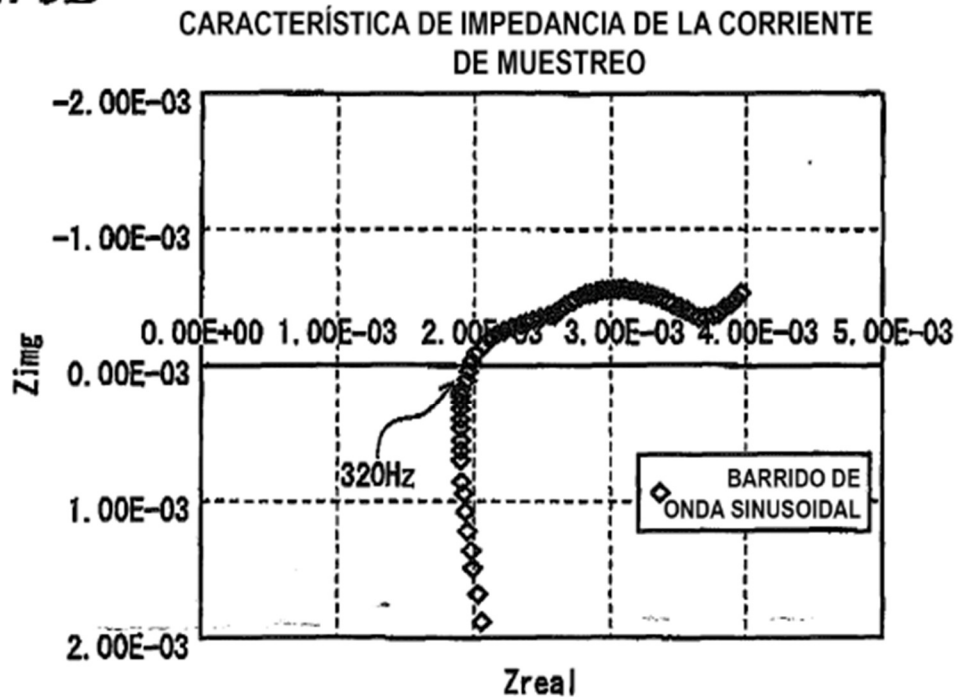


FIG. 10A

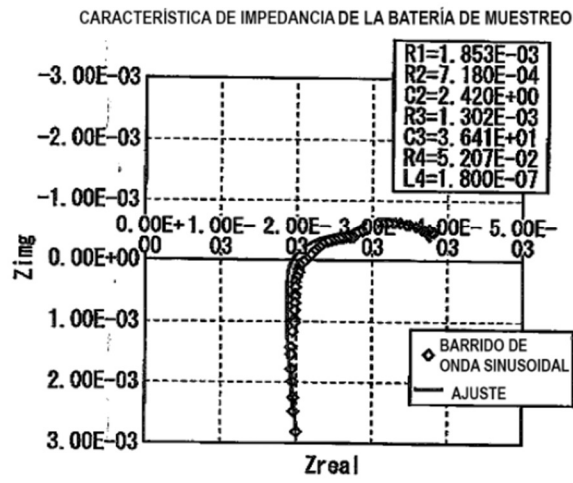


FIG. 10B

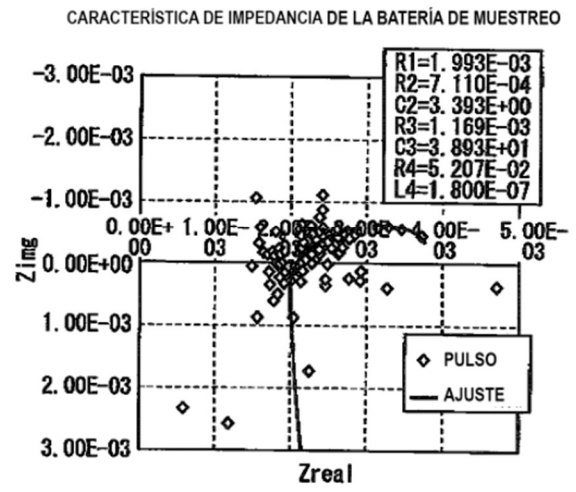


FIG. 11

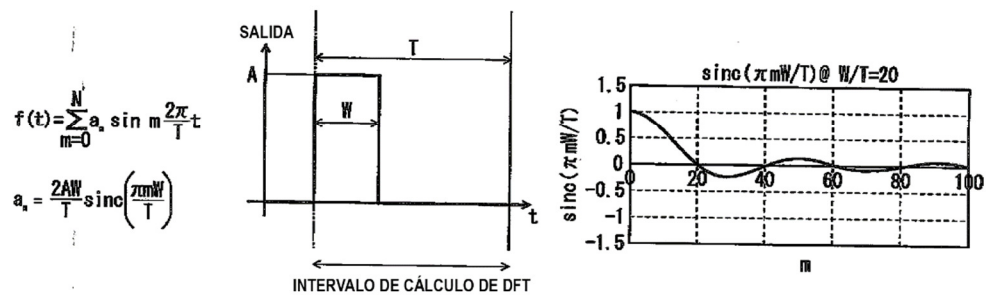


FIG. 12

$$p(j) = \begin{cases} 0 & \text{cuando } f/f_0 = (T/W) k \\ 10 & \text{cuando } f/f_0 = (T/W) (k-1/2) \\ 0,1 & \text{tambi\u00e9n} \end{cases}$$

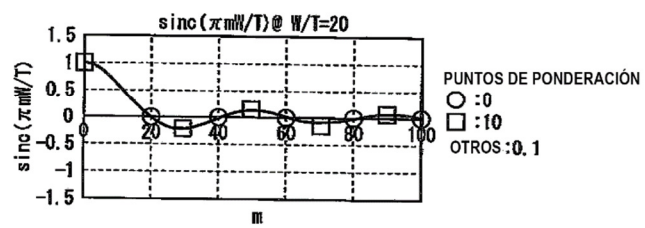
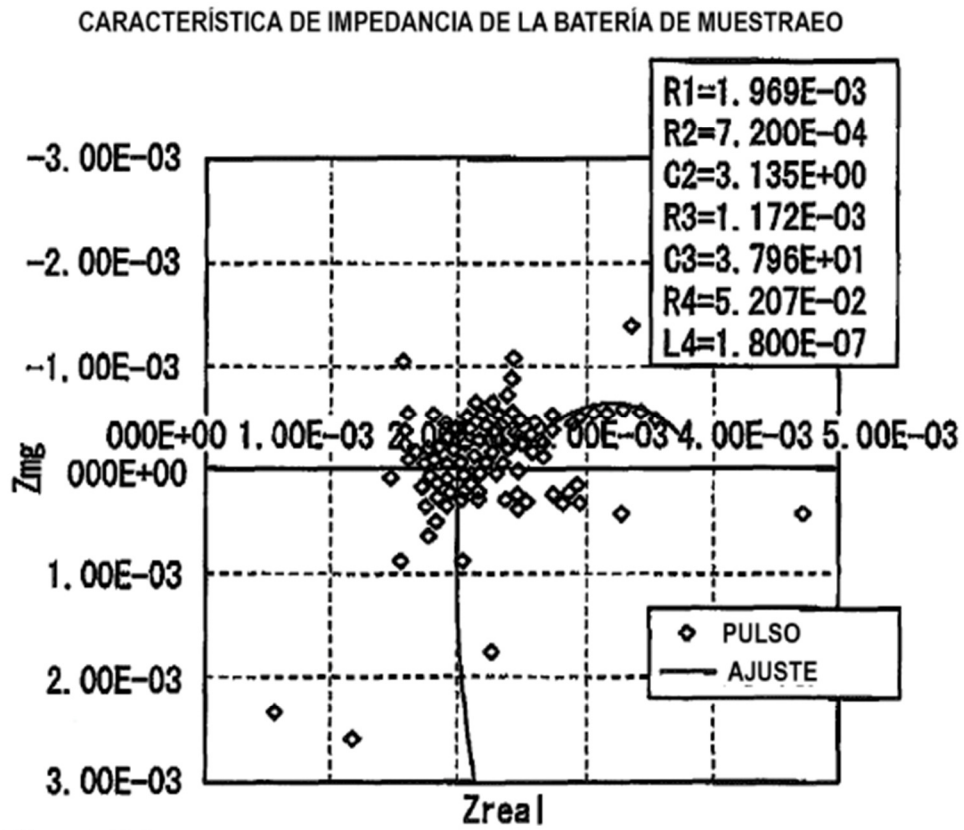


FIG. 13A**FIG. 13B**

	R1	R2	C2	R3	C3
SIN PONDERACIÓN (NORMAL)	7.59%	-0.98%	40.20%	-10.23%	6.93%
CON PONDERACIÓN (INVENCION)	6.30%	0.28%	20.53%	-9.97%	4.27%

FIG. 14

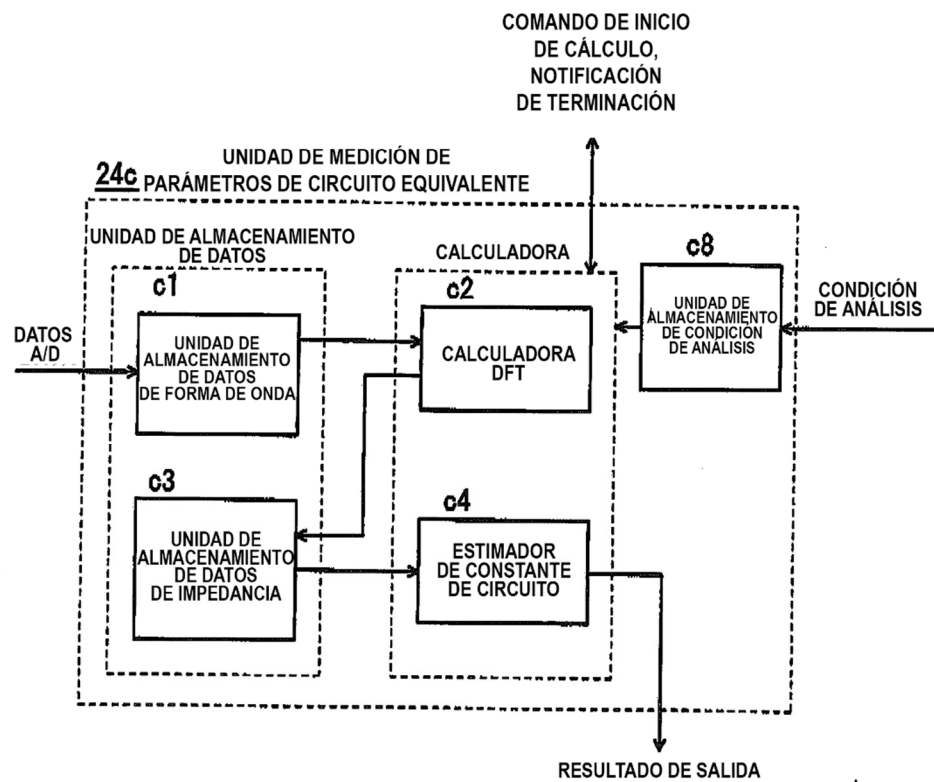


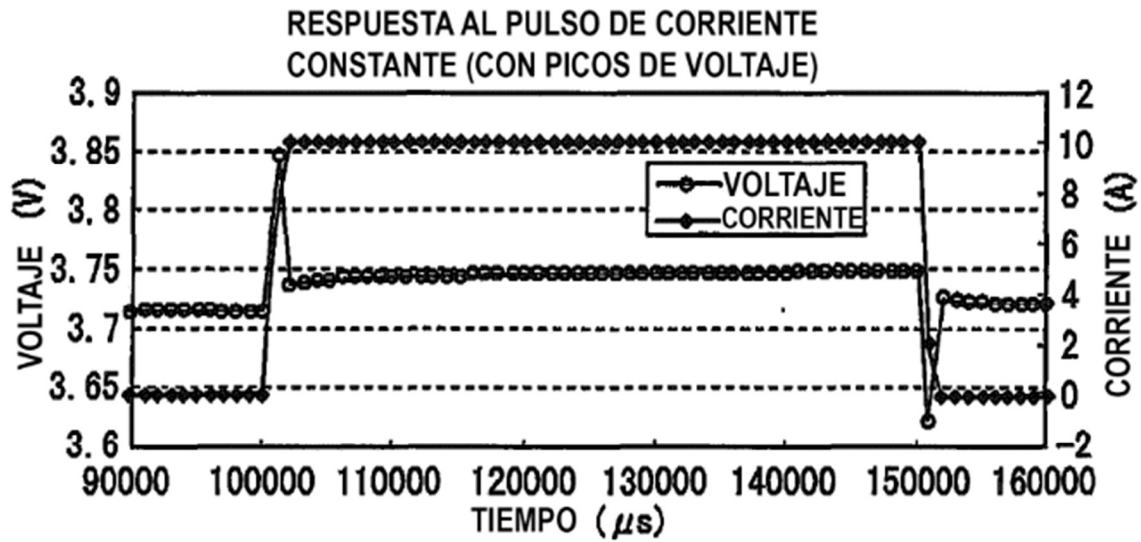
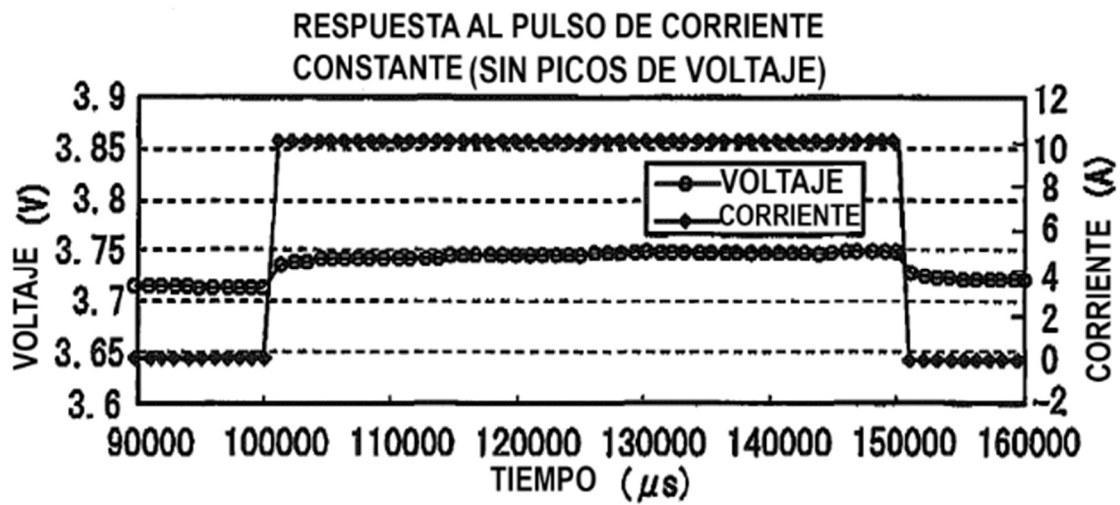
FIG. 15A*FIG. 15B*

FIG. 16

CARACTERÍSTICA DE IMPEDANCIA DE LA BATERÍA DE MUESTREO

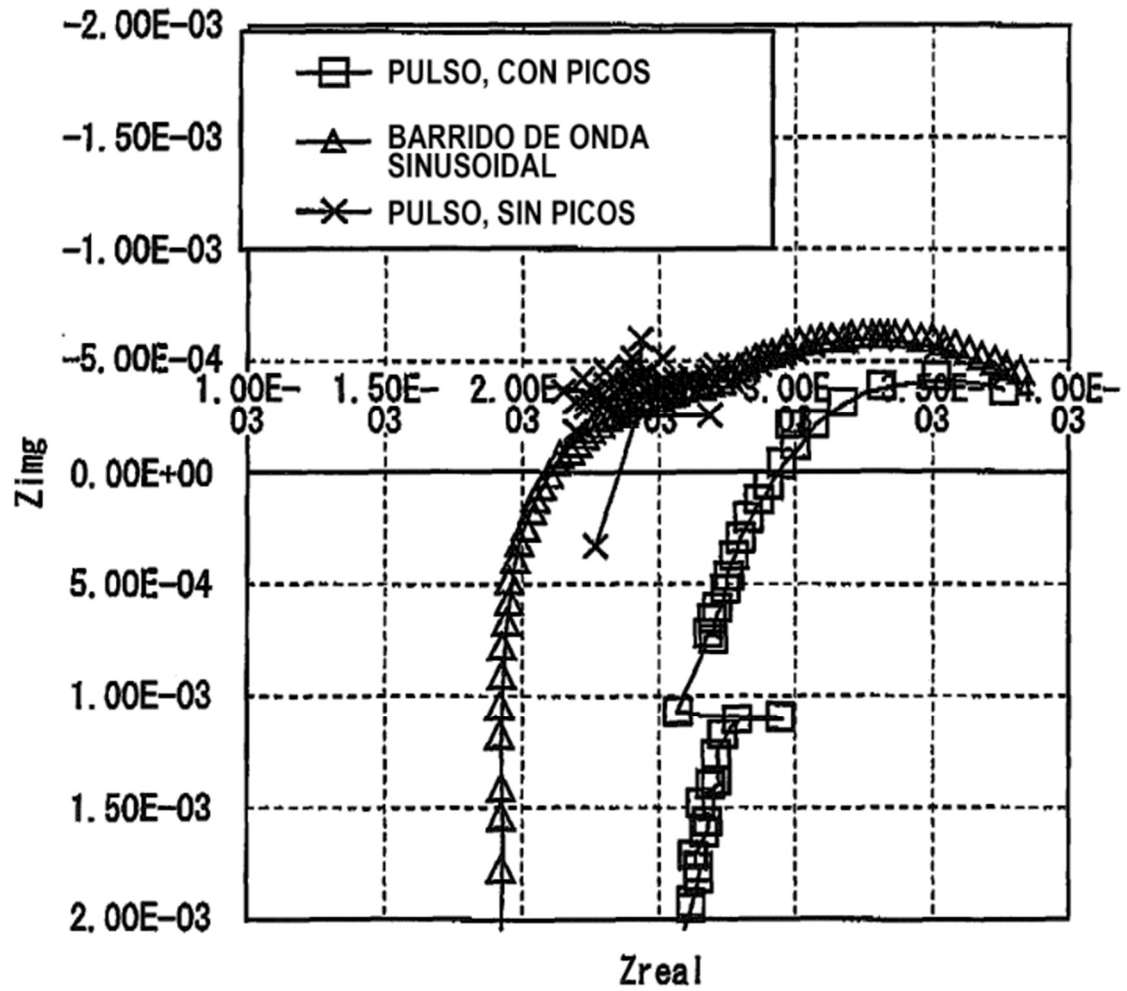


FIG. 17

CARACTERÍSTICA DE IMPEDANCIA DE LA BATERÍA DE MUESTREO

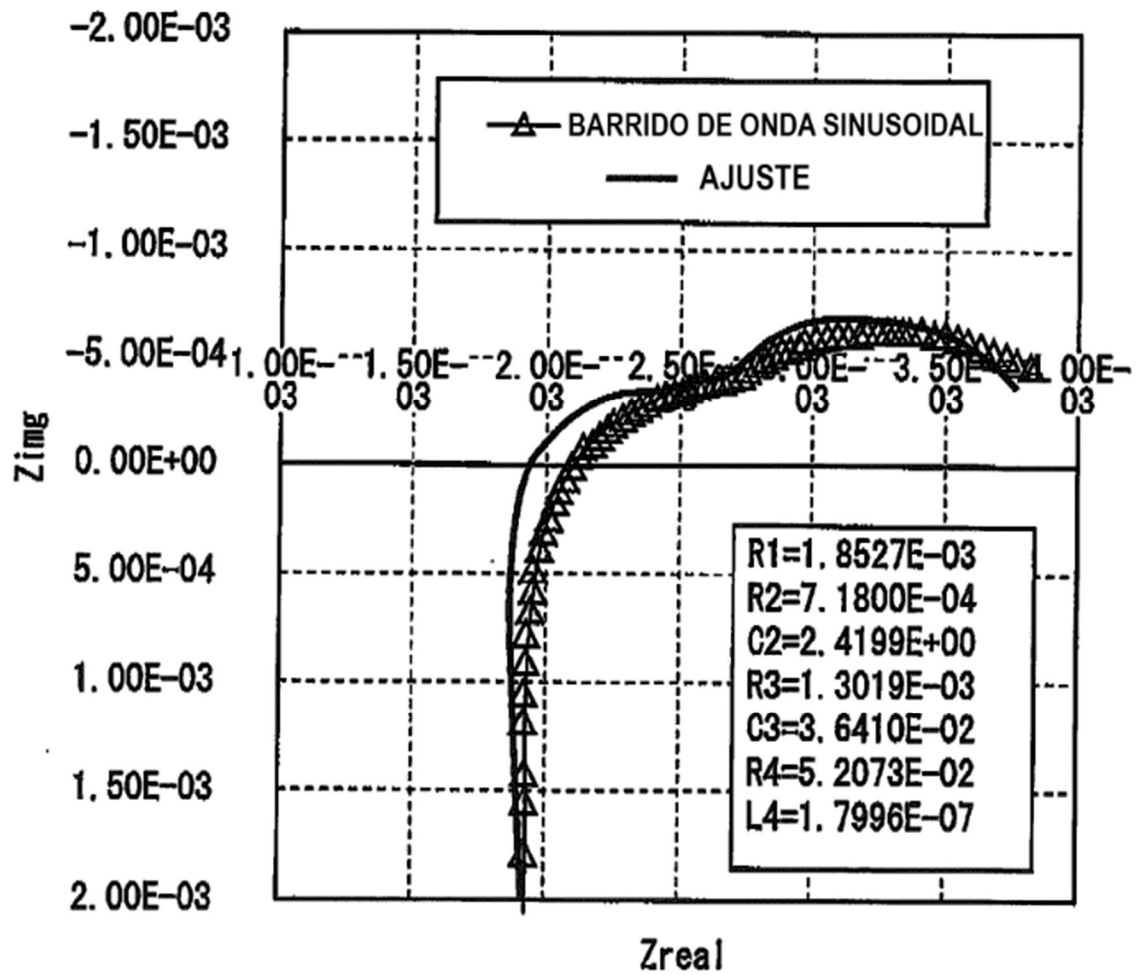


FIG. 18A

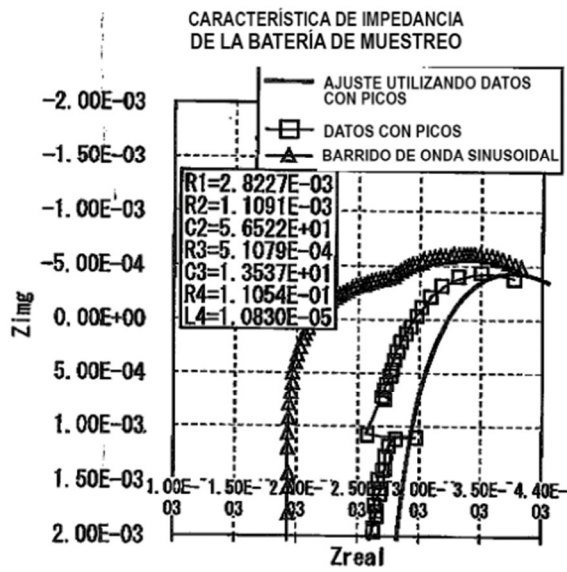


FIG. 18B

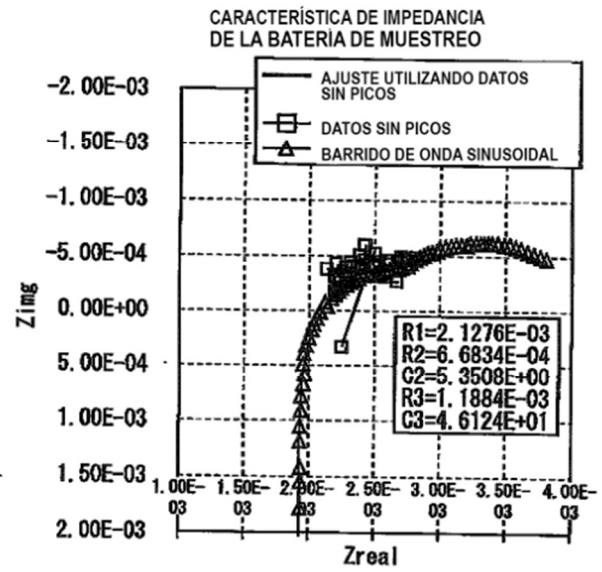


FIG. 18C

	R1	R2	G2	R3	G3
CON PICOS	41.56%	54.47%	2235.67%	-60.76%	-62.54%
SIN PICOS	14.84%	-6.92%	121.11%	-10.25%	26.68%

FIG. 19

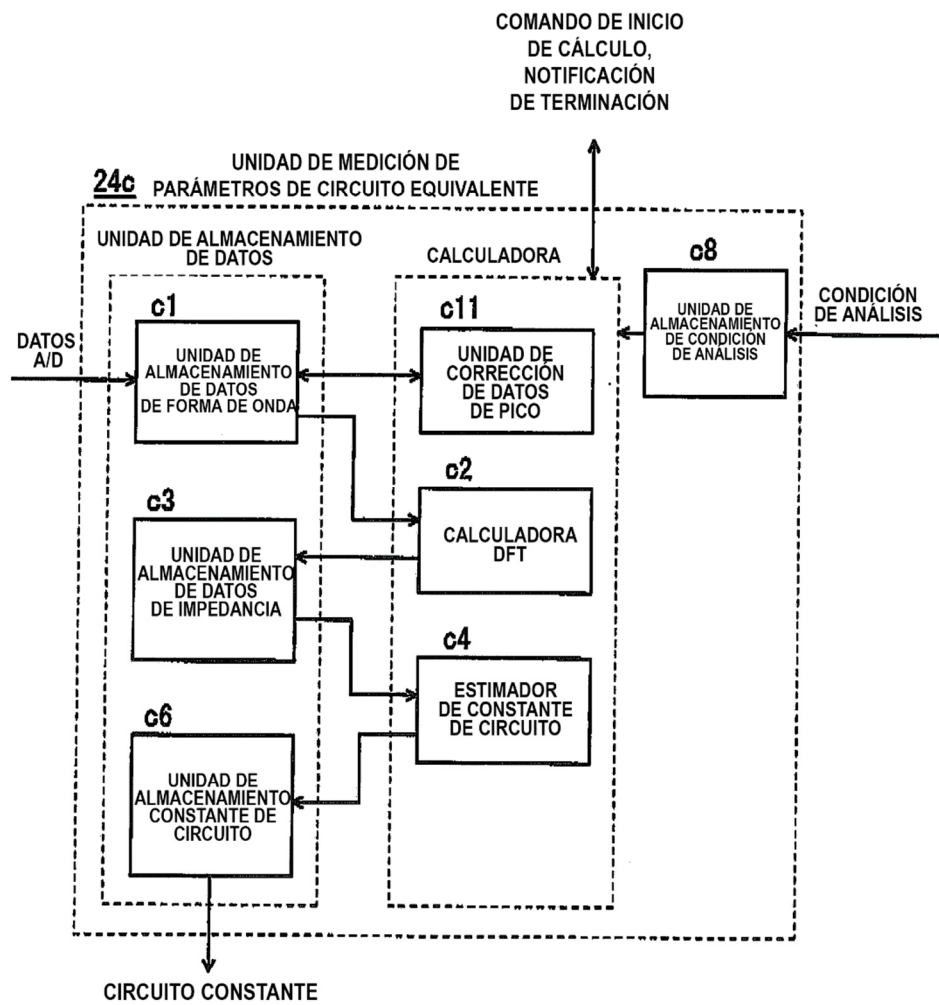


FIG. 20

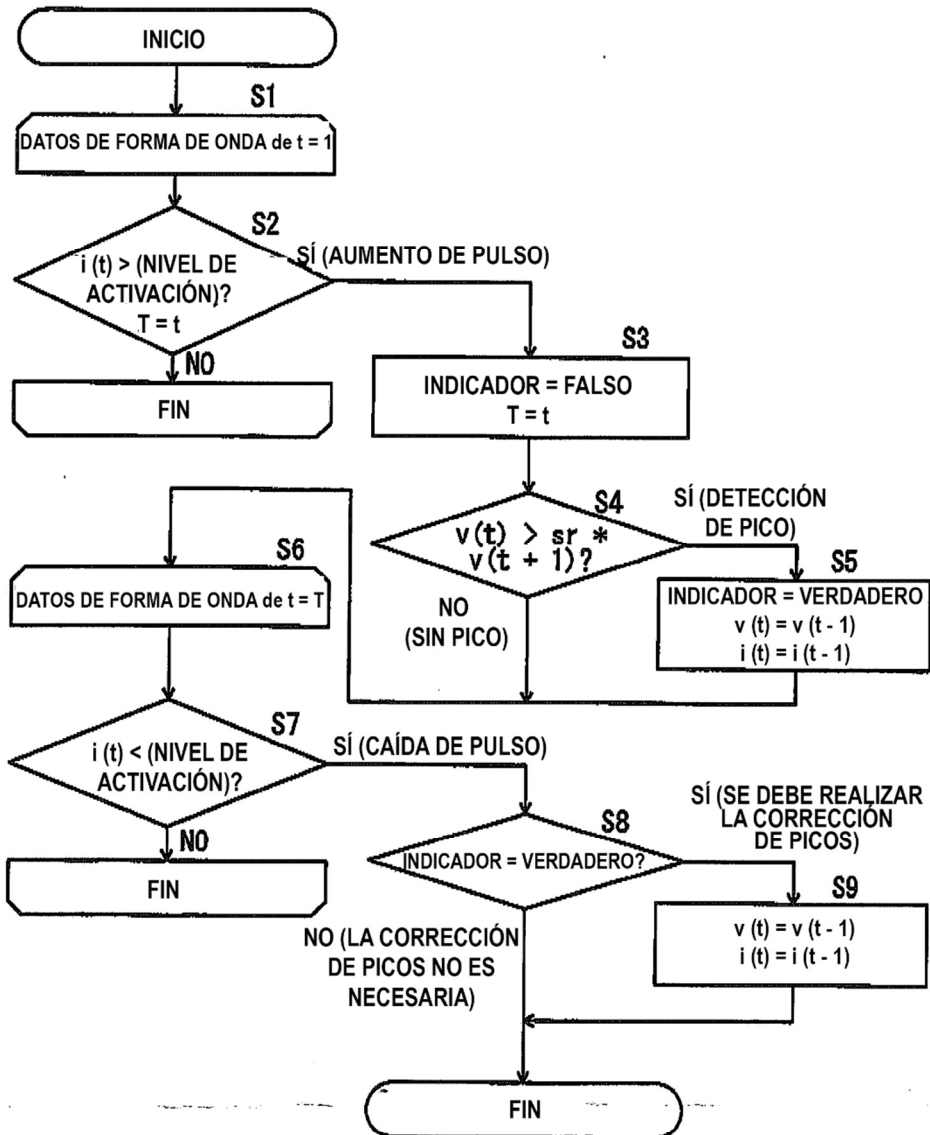


FIG. 21A

CARACTERÍSTICA DE IMPEDANCIA DE LA BATERÍA DE MUESTREO

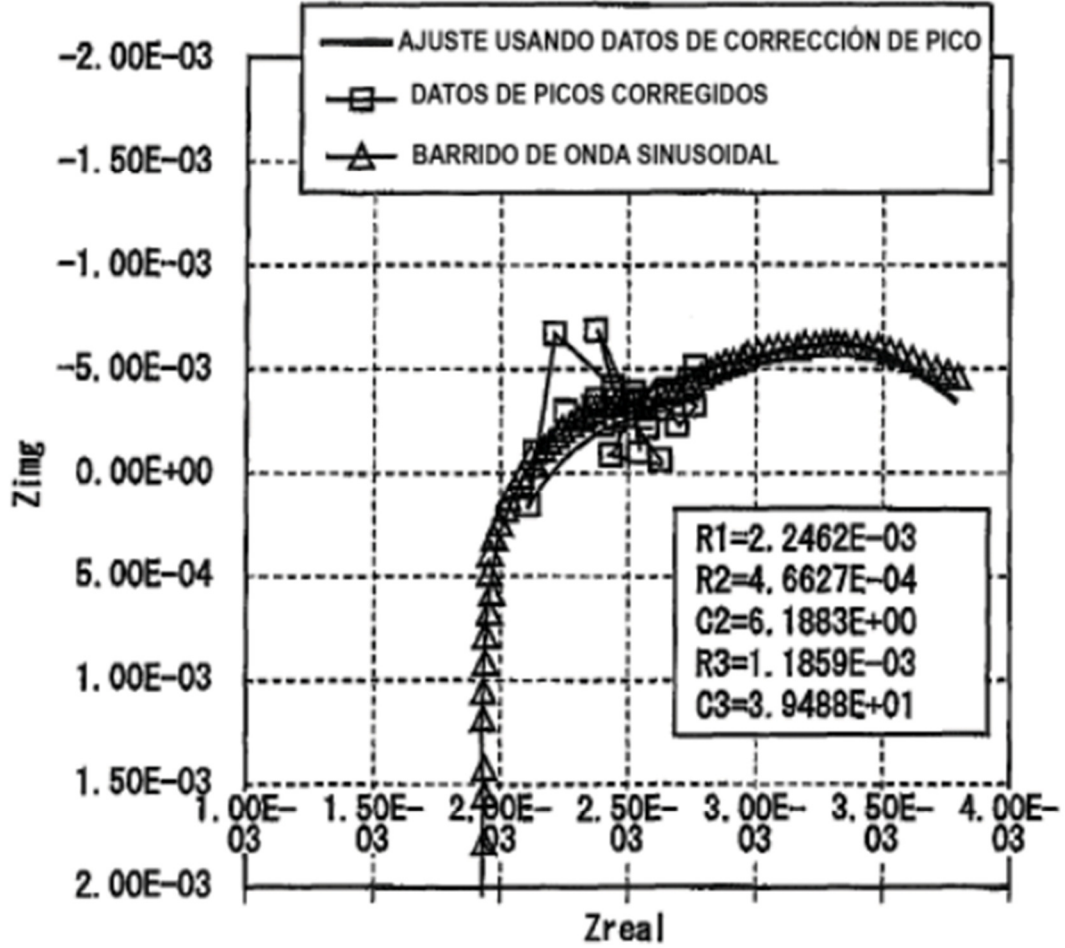


FIG. 21B

	R1	R2	C2	R3	C3
CON PICOS, SIN CORREGIR	41.56%	54.47%	2235.67%	-60.76%	-62.54%
CON PICOS, CORREGIDOS	21.24%	-35.06%	155.72%	-8.91%	8.45%

FIG. 22

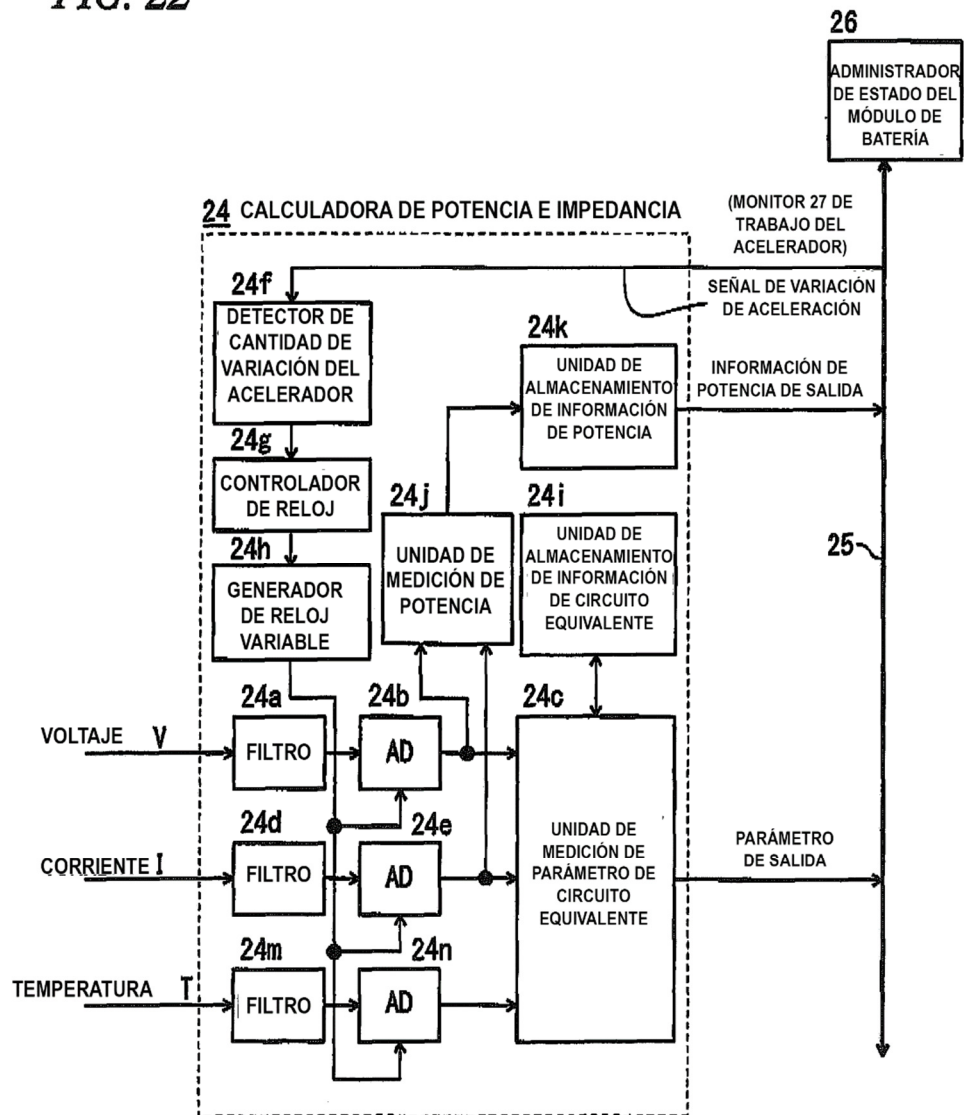


FIG. 23

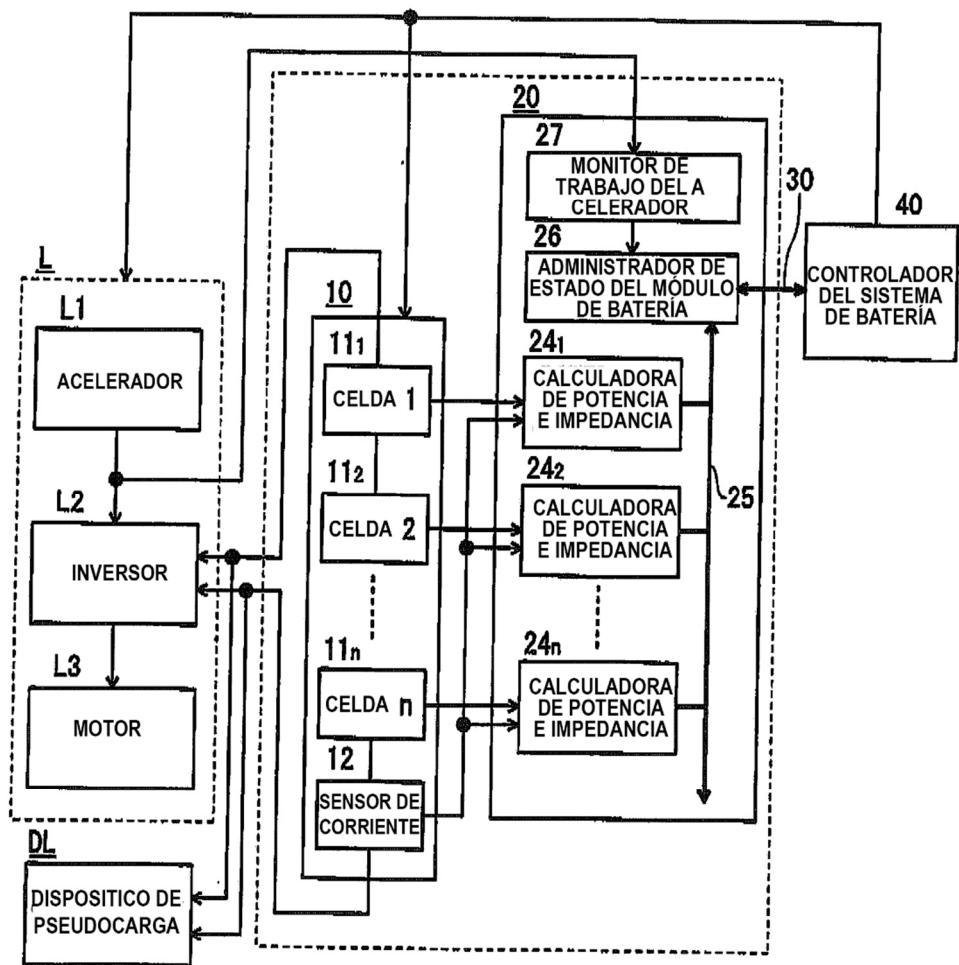


FIG. 24

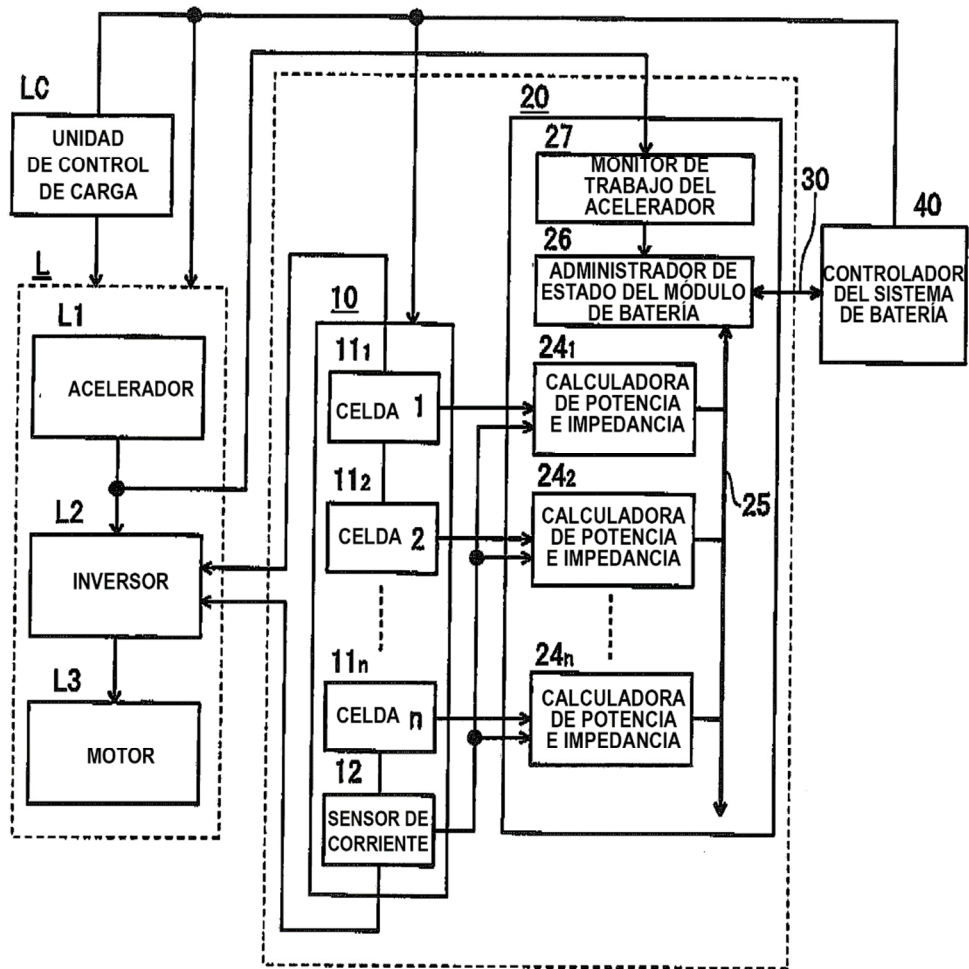


FIG. 25

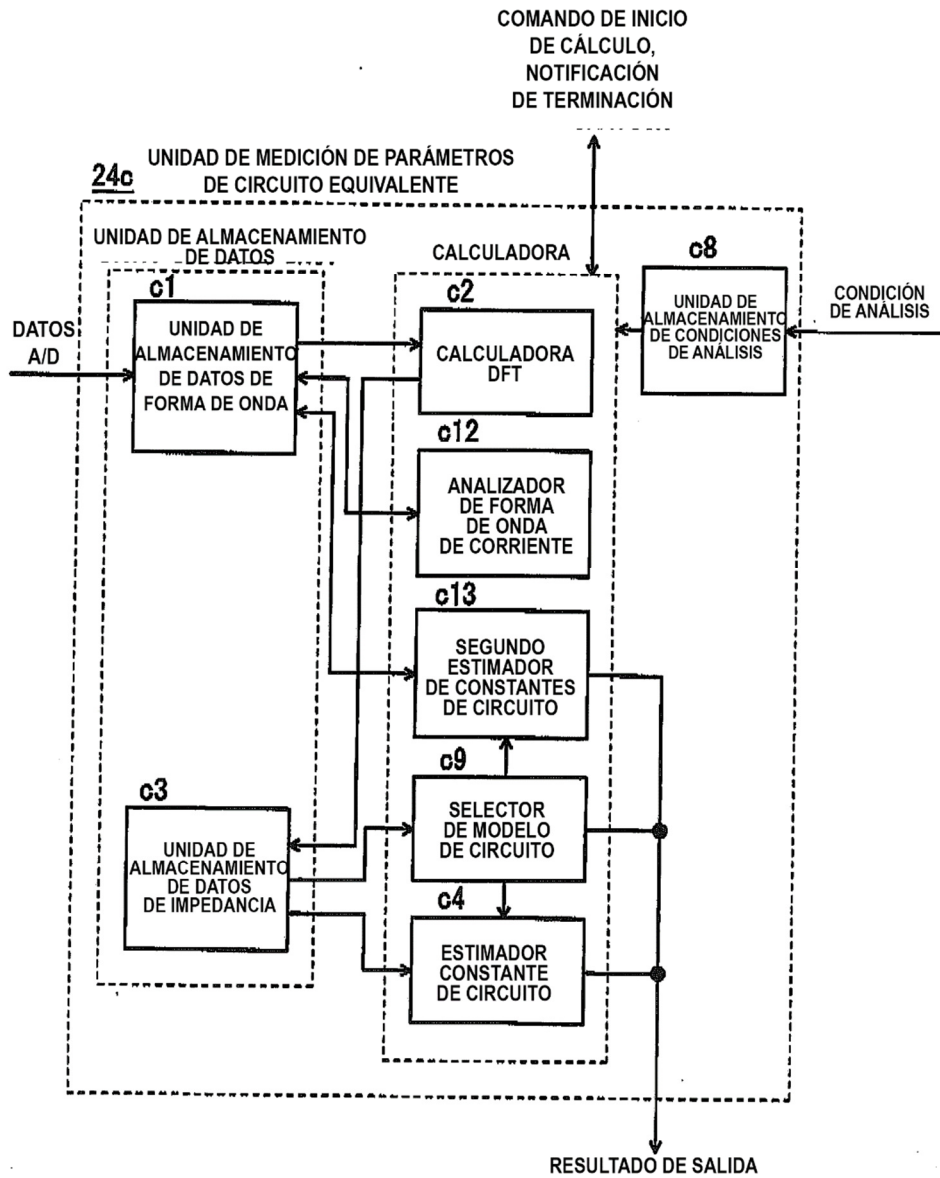


FIG. 26

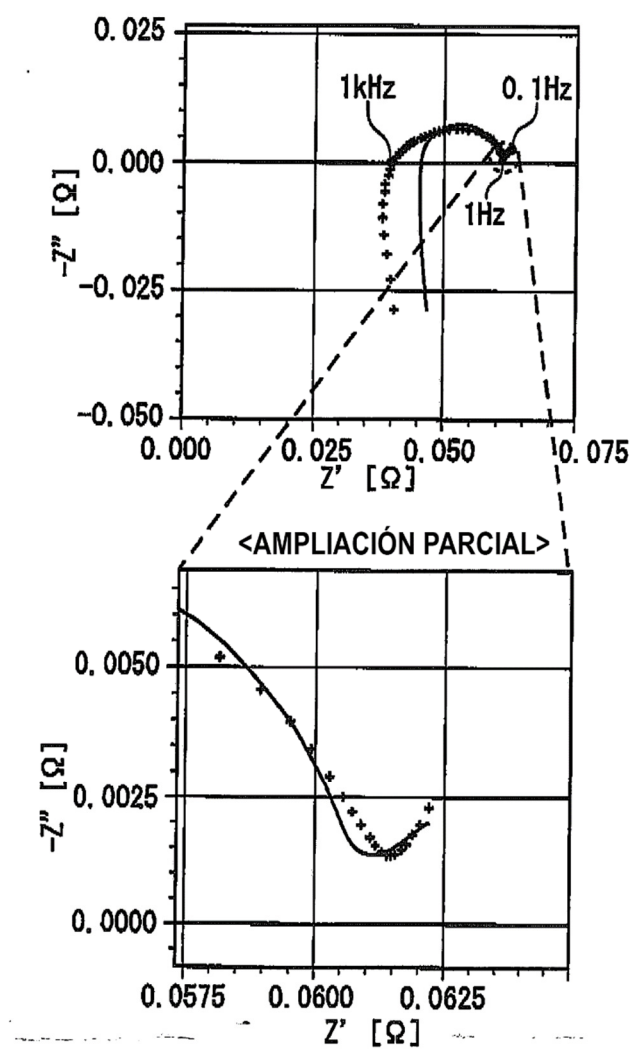


FIG. 27

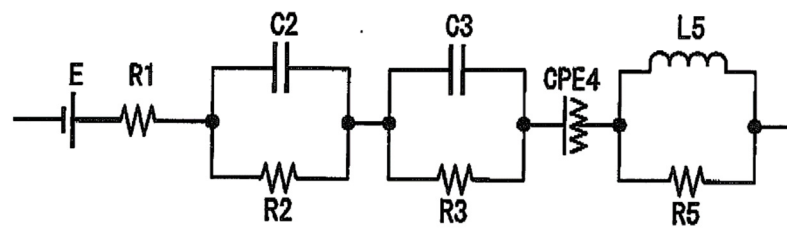


FIG. 28

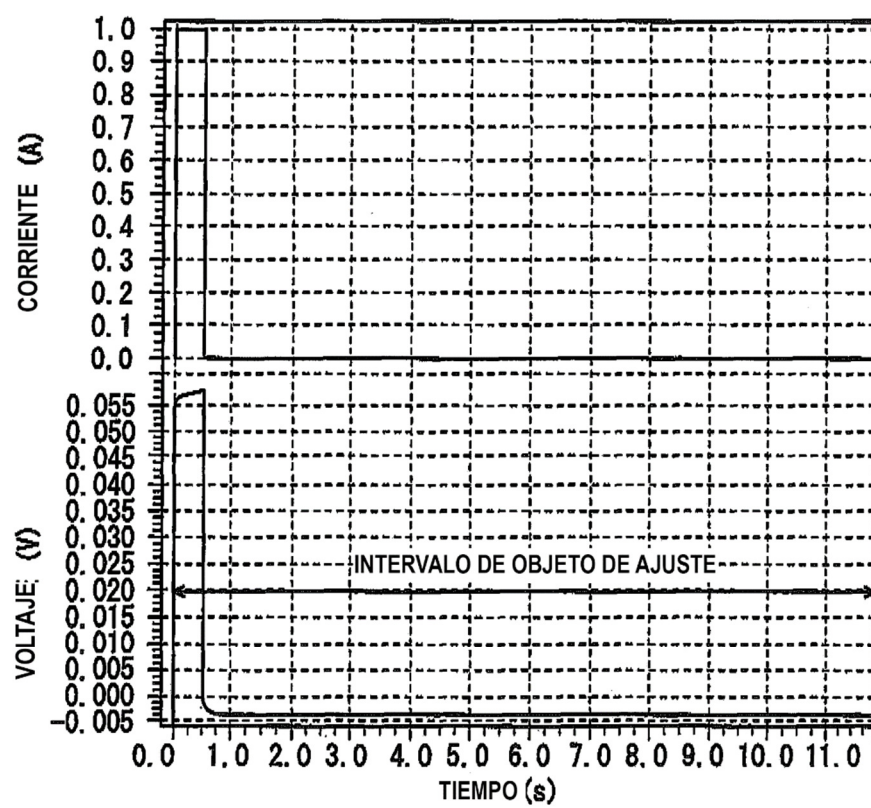


FIG. 29

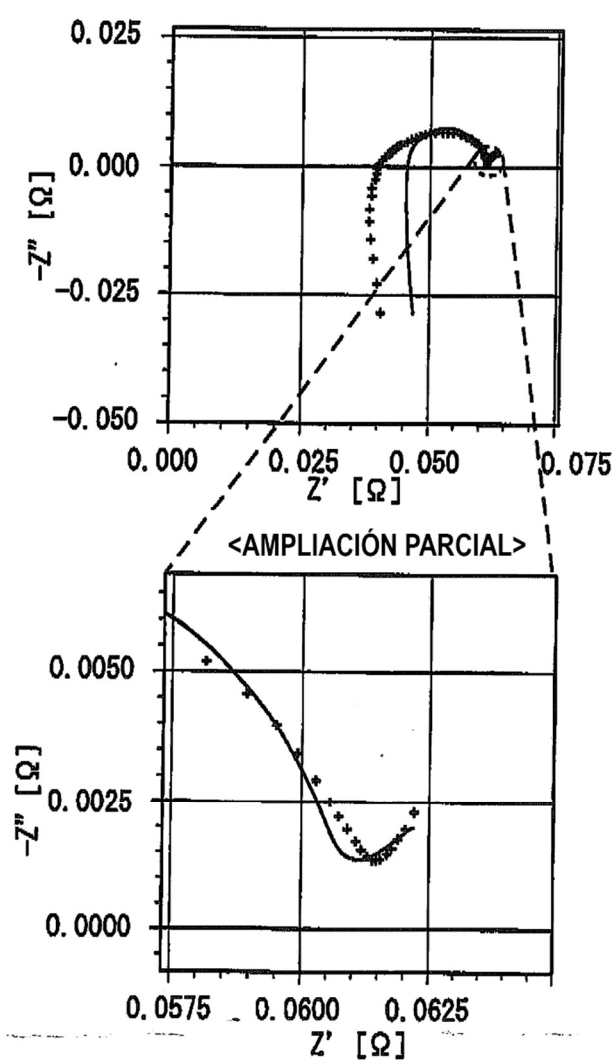


FIG. 30

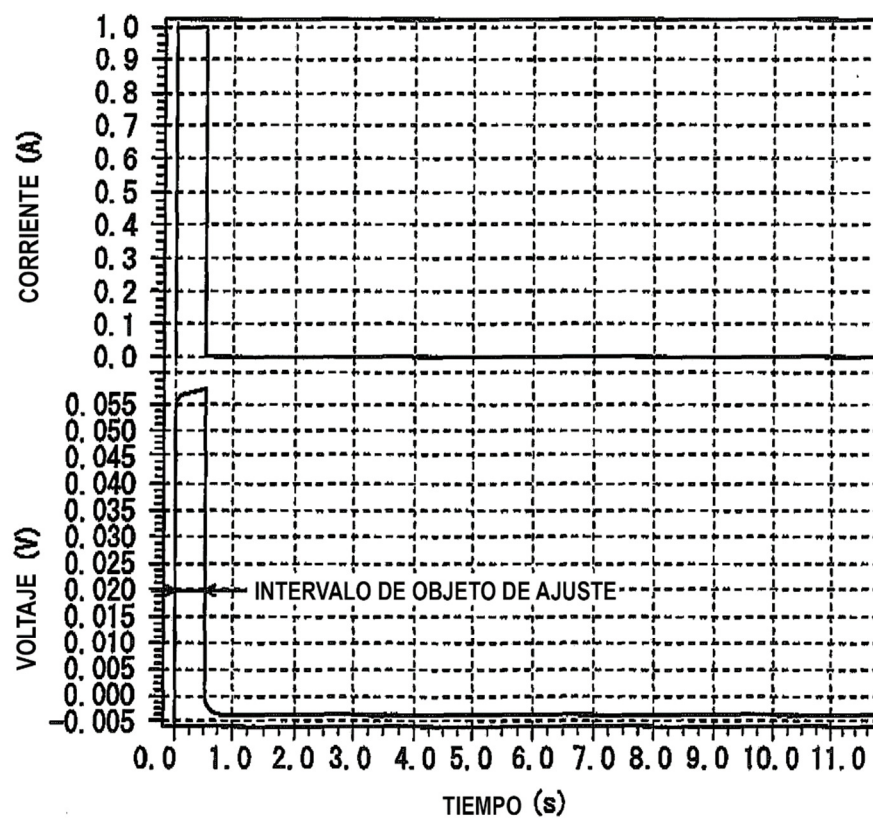


FIG. 31

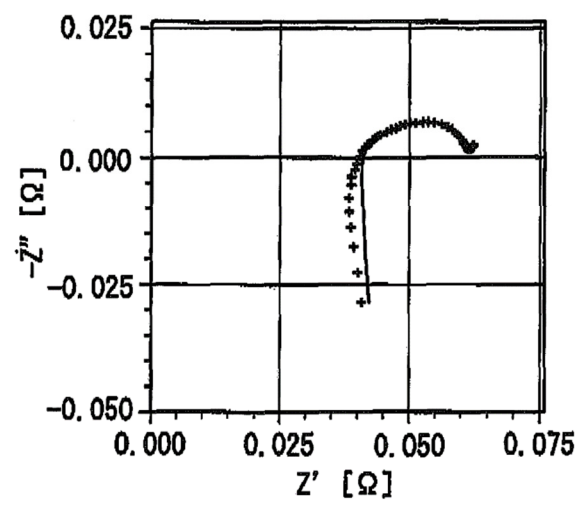
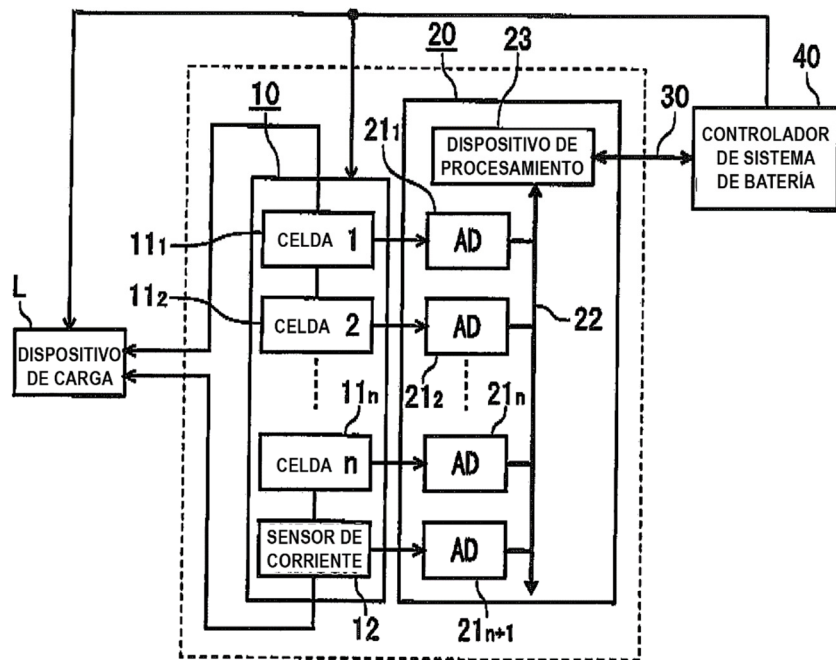


FIG. 32



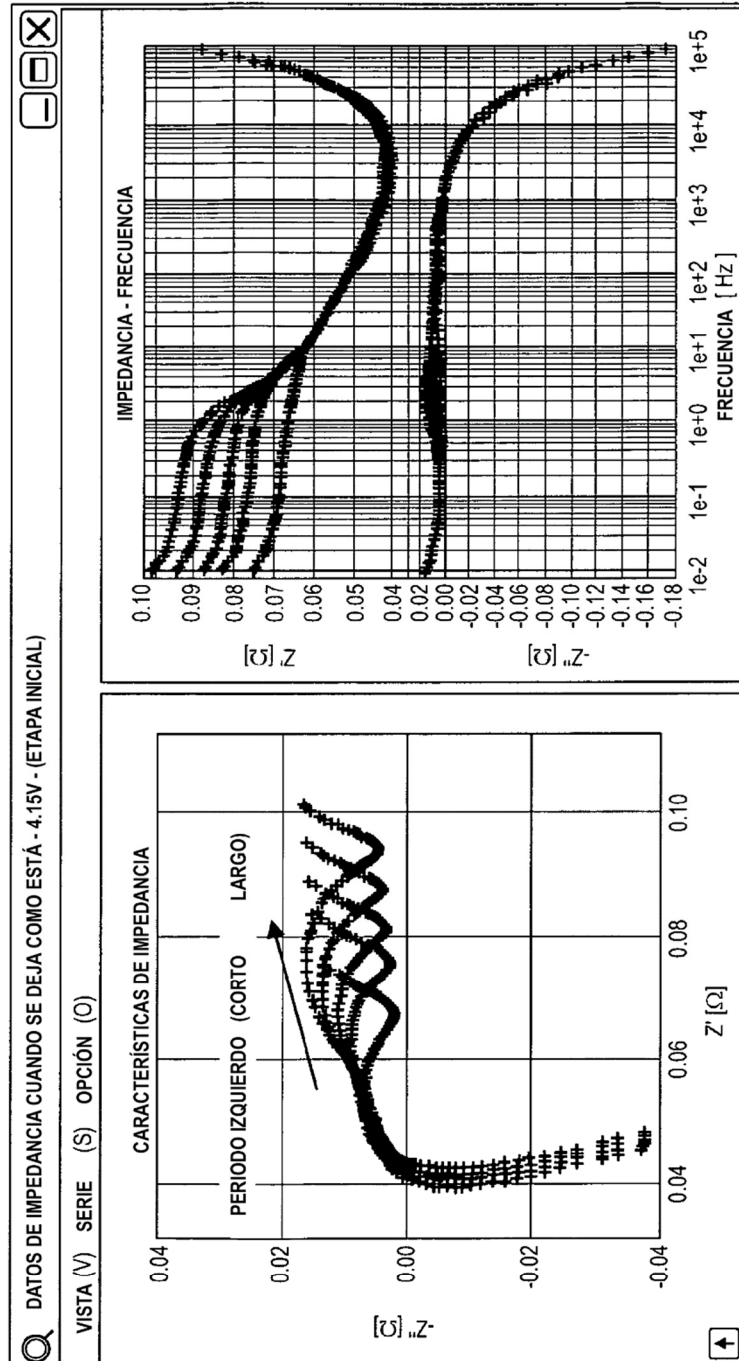


Fig. 33

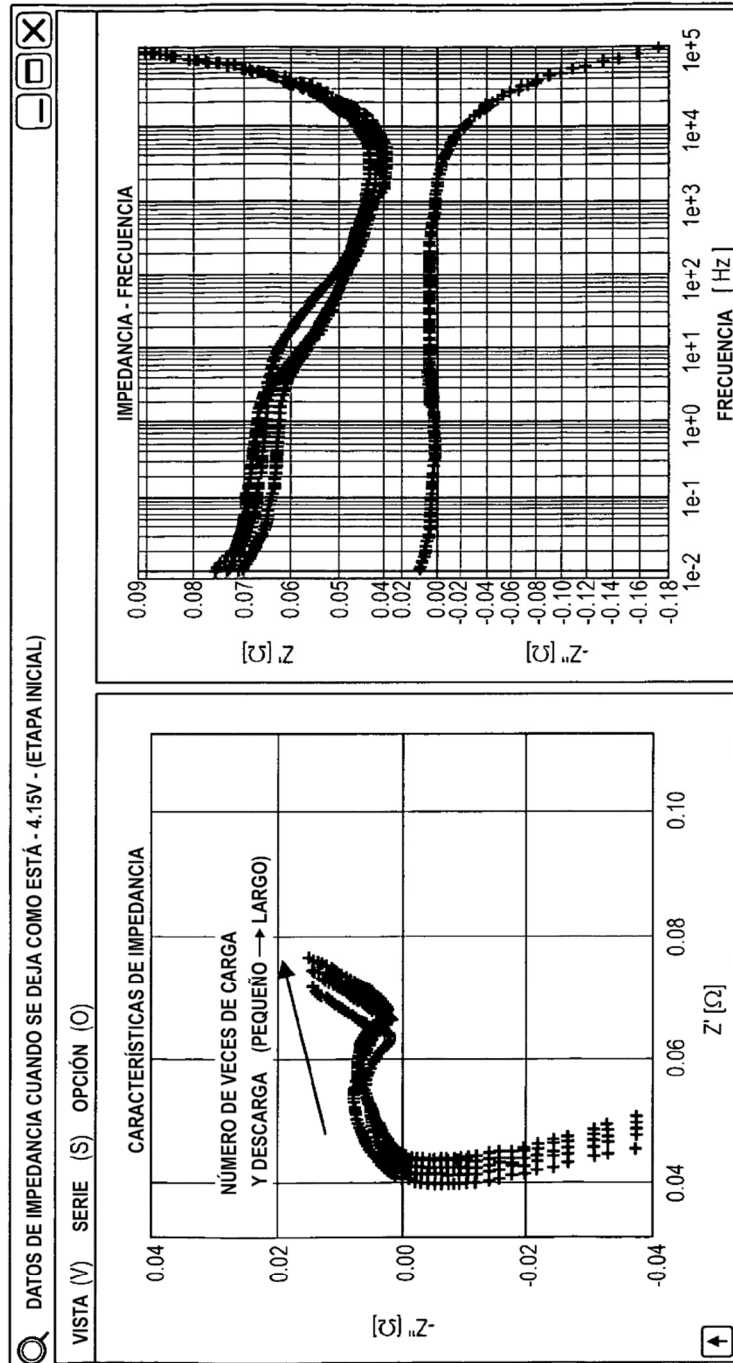


Fig. 34

FIG. 35

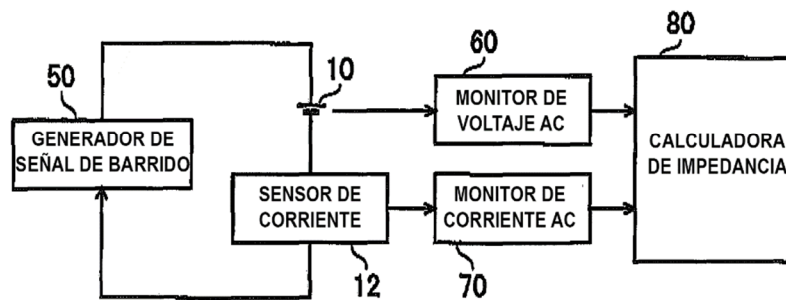


FIG. 36

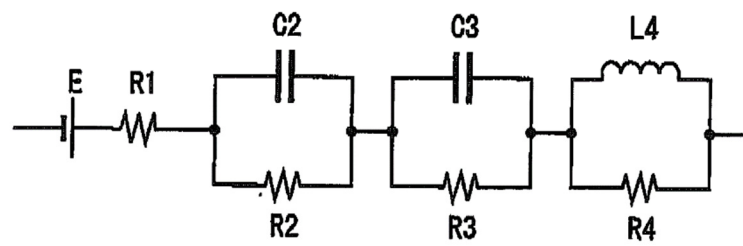


FIG. 37

