

Diseño de un equipo electrónico para determinar la fuga de corriente en vehículos de maniobras clase C para media tensión

Design of an electronic equipment to determine the leakage of current in vehicles of maneuver class C or for half tension

Saul Linares-Vértiz Mariño¹

Recibido: 22 de julio de 2018
Aceptado: 26 de agosto de 2018

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se centra en realizar el diseño de un equipo electrónico para determinar la fuga de corriente en vehículos de maniobras clase c para media tensión de la empresa Hidrandina patio norte. Se aborda la problemática que ocasiona el desconocimiento de la corriente de fuga que se presentan en los vehículos de mantenimiento de Hidrandina. Se presenta el marco teórico y un sustento válido de la factibilidad para implementar un circuito que permita medir corrientes eléctricas alternas en el orden de los micro amperios dentro de una plataforma basada en microcontroladores PIC. Se procede a la determinación de los requerimientos del circuito, así como a la selección de los dispositivos que se usarán en el diseño del circuito, además se realiza la simulación del sensor de corriente y del circuito de acondicionamiento de señal basado en microcontrolador PIC. Se diseña la aplicación móvil en App Inventor.

Palabras claves: Diseño equipo electrónico, medición de corrientes de fuga en media tensión, aplicación móvil

ABSTRACT

The present work of investigation centers in realizing the design of an electronic equipment to determine the leak of current in vehicles of maneuvers class c for

¹ Ingeniero electrónico, docente ordinario - Universidad Privada Antenor Orrego

half tension of the company Hidrandina patio north. The problem caused by the lack of knowledge of the leakage current that occurs in the maintenance vehicles of Hidrandina is addressed. It presents the theoretical framework and a valid basis for the feasibility of being able to implement a circuit that allows the measurement of alternating electric currents in the order of micro amperes within a platform based on PIC microcontrollers. The requirements of the circuit are determined, as well as the selection of the devices that will be used in the design of the circuit, in addition to the simulation of the current sensor and signal conditioning circuit based on the PIC microcontroller. the mobile application is designed in App Inventor.

Keywords: Electronic equipment design, Measurement of Medium Voltage Leakage, currents Mobile app

INTRODUCCIÓN

Hidrandina es una empresa peruana que realiza actividades propias del servicio público de electricidad, distribuye y comercializa energía eléctrica en un área de concesión de 7,916 km² que cubre las regiones de Ancash, La Libertad y parte de Cajamarca. Atiende a más de 736,000 mil clientes, dividido geográficamente en 5 unidades de negocios: Trujillo, La Libertad Norte, Chimbote, Huaraz y Cajamarca. [Web 01]

Actualmente la empresa Hidrandina tiene trabajos de mantenimiento programados para todo el año, así lo indica su Blogspot [Web 02]. Para realizar este mantenimiento cuenta con vehículos que le permiten realizar trabajos en caliente en líneas de baja y media tensión. Estos vehículos deben tener un alto aislamiento para evitar que los operarios se vean afectados por el paso de la corriente eléctrica.

Estos vehículos presentan un paso de corriente continua de alrededor de 0.5uA según consta en el certificado que emite la Universidad Nacional de ingeniería, encargada de certificar el aislamiento eléctrico. Esta prueba, no obstante, es realizada en corriente continua la cual mide la resistencia eléctrica DC y los operarios están expuestos a tensiones en corriente alterna, por lo que deberán tener en cuenta la impedancia eléctrica.

Debido a que el vehículo está compuesto por un brazo extensor aislado, este se puede modelar como una resistencia en serie con un capacitor, por lo tanto al pasar una corriente continua por este su corriente será extremadamente pequeña, dando una resistencia total del circuito muy alta. Por ejemplo, si la resistencia fuera de 10 ohm y la

capacidad de 1000uF, la medida de la resistencia sería de cientos de mega ohm, pero si se le hace pasar una tensión alterna esta presenta una impedancia de 10.33 ohm con un ángulo de desfase de 14.6°, si a estos les aplicamos una tensión de 33kV de tensión de corriente continua. En el primer caso se tendría una corriente de fuga de aproximadamente unidades de micro amperios, pero si la tensión fuera en corriente alterna la corriente que circularía sería muy alta del orden de los kilo amperios.

Por eso es necesario conocer el grado de aislamiento que poseen estos brazos, pero en corriente alterna.

El presente trabajo de investigación se centra en realizar el diseño de un equipo electrónico para determinar la fuga de corriente en vehículos de maniobras clase C para media tensión. Se aborda la problemática que ocasiona el desconocimiento de la corriente de fuga que se presentan en los vehículos de mantenimiento de Hidrandina. Se presenta el marco teórico y un sustento válido de la factibilidad para implementar un circuito que permita medir corrientes eléctricas alternas en el orden de los micro amperios dentro de una plataforma basada en microcontroladores PIC. Se procede a la determinación de los requerimientos del circuito, la selección de los dispositivos que se usarán en el diseño del circuito, además se realiza la simulación del sensor de corriente y del circuito de acondicionamiento de señal basado en microcontrolador PIC. Se diseña la aplicación móvil en App Inventor. Y se determinan los errores que presenta el equipo de medida.



METODOLOGÍA

MATERIALES:

- a) La entrevista realizada al personal técnico que hace uso de estas unidades para determinar el máximo nivel de tensión al cual estos vehículos son sometidos y si cuentan con un registro del nivel de aislamiento y los niveles de corriente que desean registrar.
- b) Hoja de datos de dispositivos electrónicos.

PROCEDIMIENTO:

Requerimientos:

Se determinaron los siguientes requerimientos del equipo a diseñar:

- a) Nivel de corriente a sensar
- b) Nivel máximo de 15 micro amperios
- c) Aislamiento de tensión:
- d) 33 Kilo Voltios AC
- e) Presentación de los datos:
- f) Los datos se presentan en un equipo aparte al equipo de censado

Determinación del sensor de corriente que permita la detección de corrientes alternas en el orden de los micro amperios en corriente alterna.

Linealización del sensor de corriente.

Diseño de circuito de procesamiento y envío de señal

Diseño del algoritmo para el procesamiento de la información de corriente.

Diseño del filtro digital para la eliminación del ruido.

Desarrollo de la aplicación móvil.

Reporte de simulación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El módulo "ACS712T-5A" que permite una medición de corriente de hasta 5A. de corriente alterna tiene una sensibilidad 180uV/uA. Este nivel de tensión no puede ser sensado con dispositivos A/D de 8 bits que vienen incorporados en microcontroladores de 8 bits. Por lo tanto, se optó por un método alternativo.

La resistencia de 100k permite la conversión de corriente a voltaje y el puente rectificador y el capacitor permite extraer la continua de esta señal, el diodo Zener cumple con la misión de evitar que la tensión se eleve más de 5V. El capacitor se determinó usando la siguiente fórmula.²

$$V_{DC} = \frac{A}{\left(1 + \frac{1}{2fRC}\right)}$$

En la tabla 1 se muestra los valores de tensión obtenidas del sensor de corriente.

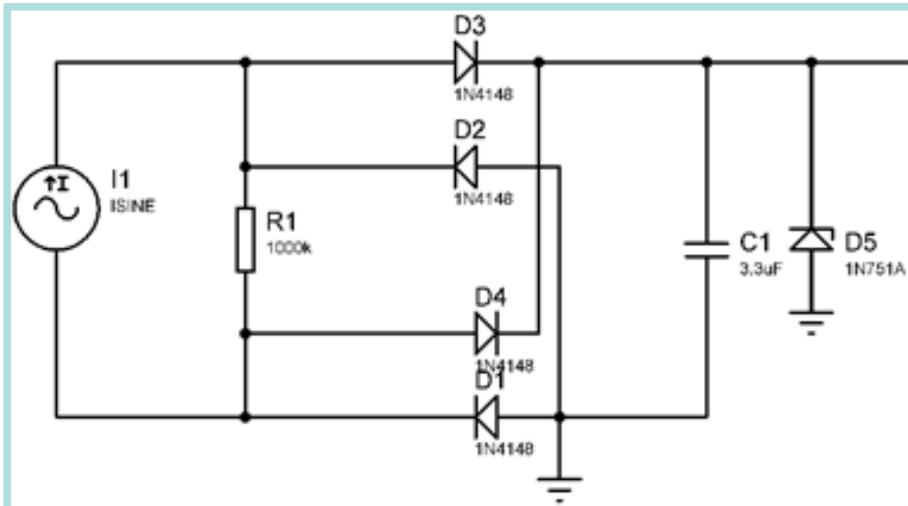


Figura 1: Circuito sensor de corriente.

Corriente en μA	Voltaje en mV
20	4862.565
19	4857.678
18	4843.017
17	4828.356
16	4779.486
15	4500.927
14	4178.385
13	3860.73
12	3538.188
11	3215.646
10	2897.991
9	2580.336
8	2262.681
7	1940.139
6	1622.484
5	1309.716
4	996.948
3	684.18
2	381.186
1	102.627
0.9	78.192
0.8	58.644
0.7	39.096
0.6	24.435
0.5	9.774

Tabla 1

El circuito total se muestra en la figura 2 y está formado por el sensor de corriente, el microcontrolador 16F88 y el módulo Bluetooth.

El microcontrolador permite la conversión de la tensión a unidades de ingeniería, que luego se enviarán vía Bluetooth a la aplicación móvil

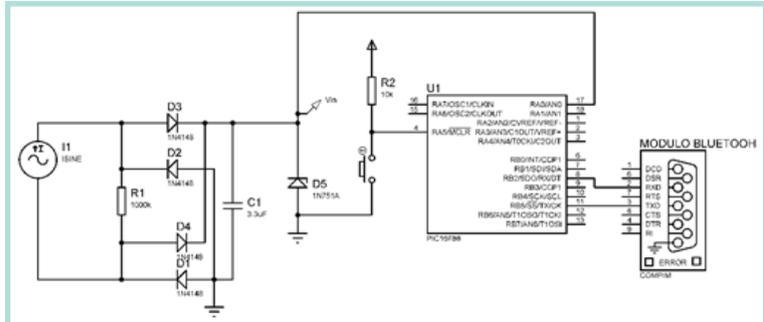


Figura 2: Circuito final.

Diseño del filtro digital. Para una frecuencia de corte de 0.1Hz y un tiempo de muestreo de 0.1s se muestra en la figura 3.¹

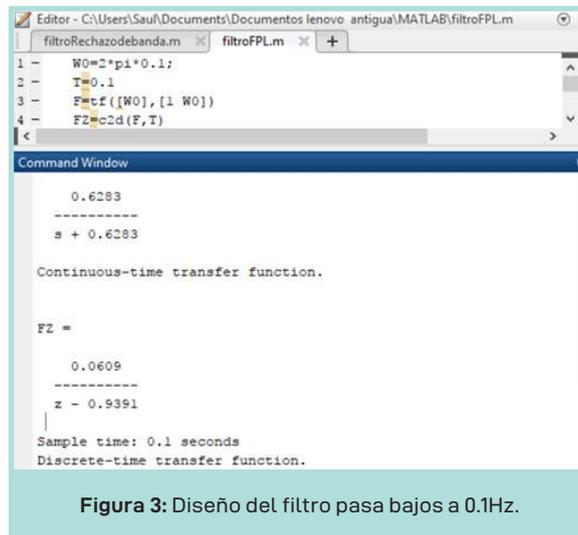


Figura 3: Diseño del filtro pasa bajos a 0.1Hz.

$$F(Z) = \frac{Z^{-1}0,0609}{1 - Z^{-1}0,9391}$$

Diseño del algoritmo de programación. Se presenta en la figura 4

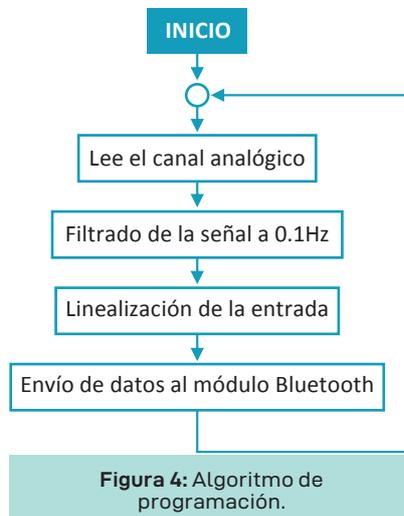


Figura 4: Algoritmo de programación.

Determinación de los puntos a linealizar.

En la tabla 2 se muestran los valores del sensor tomados por el circuito haciendo uso del algoritmo, pero sin la linealización. Determinándose 12 zonas a linealizar.

Corriente	Código	pendiente	Zona
20	995		1
19	994	1.00000	
18	991	0.33333	2
17	988	0.33333	
16	978	0.10000	3
15	921	0.01754	4
14	855	0.01515	
13	790	0.01538	
12	724	0.01515	
11	658	0.01515	
10	593	0.01538	5
9	528	0.01538	
8	463	0.01538	
7	397	0.01515	
6	332	0.01538	
5	268	0.01563	
4	204	0.01563	6
3	140	0.01563	
2	78	0.01613	7
1	21	0.01754	8
0.9	16	0.02000	9
0.8	12	0.02500	10
0.7	8	0.02500	
0.6	5	0.03333	11
0.5	2	0.03333	12

Tabla 2

Haciendo uso de la ecuación de la recta se terminaron las ecuaciones a implementar en la linealización.

$$\text{para } 994 \leq x \leq 995 \quad y = x - 975$$

$$\text{para } 988 \leq x \leq 993 \quad y = \left(\frac{x - 988}{3} + 17\right)$$

$$\text{para } 978 \leq x \leq 987 \quad y = \left(\frac{x - 978}{10} + 16\right)$$

$$\text{para } 921 \leq x \leq 977 \quad y = ((x - 921)0.01754 + 15)$$

$$\text{para } 332 \leq x \leq 920 \quad y = ((x - 332)0.01515 + 6)$$

$$\text{para } 140 \leq x \leq 331 \quad y = ((x - 140)0.01563 + 3)$$

$$\text{para } 78 \leq x \leq 139 \quad y = ((x - 78)0.01613 + 2)$$

$$\text{para } 21 \leq x \leq 77 \quad y = ((x - 21)0.01754 + 1)$$

$$\text{para } 16 \leq x \leq 20 \quad y = ((x - 16)0.02 + 0.9)$$

$$\text{para } 8 \leq x \leq 15 \quad y = ((x - 8)0.025 + 0.7)$$

$$\text{para } 2 \leq x \leq 7 \quad y = \left(\frac{x - 2}{3} + 0.5\right)$$

$$\text{para } 0 \leq x \leq 1 \quad y = \left(\frac{x}{4}\right)$$

Se desarrolló la aplicación APP INVENTOR que se muestra en la figura 5.



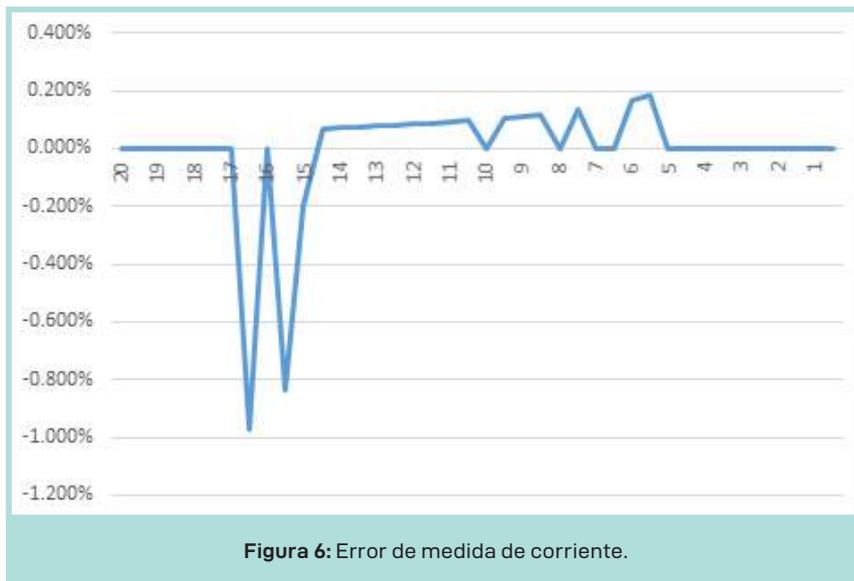
Figura 5: aplicación móvil.

Reporte de simulación en la Tabla 3 muestra los valores experimentales, el código experimental en el microcontrolador, el tiempo que tarda en estabilizarse la medida y el error porcentual.

Valor Teórico uA	Valor Experimental uA	Código Experimental	Tiempo de Rpta Seg	Error
20	20		19	0.000%
19.5	19.5	995.00	19	0.000%
19	19	994.00	20	0.000%
18.5	18.5	993.00	16	0.000%
18	18	992.00	19	0.000%
17.5	17.5	990.00	16	0.000%
17	17	998.00	16	0.000%
16.5	16.66	985.00	16	-0.970%
16	16	979.00	16	0.000%
15.5	15.63	957.00	20	-0.839%
15	15.03	924.00	21	-0.200%
14.5	14.49	891.00	22	0.069%
14	13.99	858.00	18	0.071%
13.5	13.49	825.00	18	0.074%
13	12.99	792.00	18	0.077%
12.5	12.49	759.00	20	0.080%
12	11.99	726.00	20	0.083%
11.5	11.49	693.00	20	0.087%
11	10.99	660.00	19	0.091%
10.5	10.49	627.00	19	0.095%
10	10	594.00	18	0.000%
9.5	9.49	561.00	18	0.105%
9	8.99	529.00	18	0.111%
8.5	8.49	496.00	18	0.118%
8	8	464.00	20	0.000%
7.5	7.49	431.00	20	0.133%
7	7	398.00	18	0.000%
6.5	6.5	366.00	17	0.000%
6	5.99	333.00	18	0.167%
5.5	5.49	300.00	16	0.182%
5	5	258.00	16	0.000%
4.5	4.5	236.00	16	0.000%
4	4	204.00	16	0.000%
3.5	3.5	172.00	16	0.000%
3	3	140.00	14	0.000%
2.5	2.5	109.00	15	0.000%
2	2	78.00	14	0.000%
1.5	1.5	48.00	13	0.000%
1	1	21.00	11	0.000%
0.5	0.5	2.00	6	0.000%

Tabla 3

En la gráfica 6 se muestra el error porcentual de la medida de corriente. El error promedio de los valores experimentales es 0.209%



El tiempo de repuesta que tiene el circuito a la medida de corriente es de 17.25 seg. en promedio. Esto se evidencia en la figura 7.





CONCLUSIONES

- Se desarrolló un sensor de corriente alterna en el orden de los micro amperios con un error de medida de 0.209% en promedio, lo cual lo hace aceptable para el uso en vehículos de clase C
- La respuesta del sensor no es lineal, por este motivo se debió linealizar en 12 zonas para mejorar su respuesta.
- La adquisición de los datos presentaba mucho ruido, por lo que se optó por la implementación de un filtro pasa bajos de primer orden a una frecuencia de corte de 0.1 Hz con una frecuencia de muestreo de 10 Hz
- La lentitud de la estabilización de la medida es debida a la implementación del filtro pasa bajos con frecuencia de corte de 0.1 Hz. Esto permite un transitorio de aproximadamente $5\tau=50$ segundos, pero en el reporte de simulación el tiempo máximo de estabilización es de 17.25 segundos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. R.W., Schuessler, H., W. 2012. *Ejercicios de tratamiento de la señal utilizando MATLAB*. Prentice Hall.
2. R. Boylestad, L.;N. 2016. *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. Pearson Educación.

slinaresv@upao.edu.pe