

Proyecto final

Diseño e implementación de un equipo de medición de calidad de energía para sistemas monofásicos

Juan Esteban Diaz Delgado
Brandon Felipe Suarez Parra

Nicolas Andrés Yate Vargas
Universidad Surcolombiana
Neiva, Huila

Resumen— El proyecto consiste en el diseño e implementación de un equipo de medida de calidad de energía para sistemas monofásicos. El equipo debe ser capaz de medir parámetros clave de calidad de energía parámetros clave de calidad de la energía, como (a) tensión; (b) corriente; (c) potencia activa, reactiva y aparente; y por último, (d) factor de potencia. El proyecto incluirá el diseño de los circuitos de acondicionamiento de la señal, la simulación, selección de sensores adecuados, diseño del sistema de adquisición de datos y desarrollo de software para procesamiento y visualización de datos en Matlab.

Abstract— The project consists of the design and implementation of a power quality measurement equipment for single-phase systems. The equipment must be capable of measuring key power quality parameters such as (a) voltage; (b) current; (c) active, reactive, and apparent power; and lastly, (d) power factor. The project will include the design of the signal conditioning circuits, simulation, selection of suitable sensors, design of the data acquisition system, and development of software for data processing and visualization in Matlab.

Palabras Claves—Calidad de energía, sistemas monofásicos, potencia activa, reactiva, aparente, voltaje, corriente, Matlab.

I. INTRODUCCIÓN

El presente informe describe el diseño e implementación de un equipo de medida de calidad de energía para sistemas monofásicos. La calidad de energía es un aspecto fundamental en la operación eficiente y confiable de los sistemas eléctricos, y su evaluación requiere de la medición precisa de parámetros clave como la tensión, corriente, potencia activa, reactiva y aparente, así como el factor de potencia.

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar un equipo de medida que permita obtener información detallada sobre la calidad de la energía suministrada en sistemas monofásicos. Para lograrlo, se llevará a cabo el diseño de los circuitos de acondicionamiento de la señal, la selección de sensores adecuados, el diseño del sistema de adquisición de datos y el desarrollo de software para el procesamiento y visualización de los datos obtenidos.

El diseño de los circuitos de acondicionamiento de la señal es esencial para adaptar y filtrar las señales de tensión y corriente, asegurando mediciones precisas y confiables. La selección de los sensores adecuados permitirá obtener las lecturas necesarias para calcular los parámetros de calidad de energía. Asimismo, el diseño del sistema de adquisición de datos y el desarrollo de software en Matlab serán fundamentales para el registro y procesamiento de las señales, así como para su posterior visualización.

La implementación de este equipo de medida de calidad de energía contribuirá al monitoreo y análisis de la calidad de la energía suministrada, lo que permitirá detectar posibles problemas y tomar medidas correctivas. Además, la información obtenida a partir de este equipo será de gran utilidad para evaluar el cumplimiento de normas y estándares de calidad de energía, y para realizar estudios de eficiencia y optimización de los sistemas eléctricos monofásicos.

En resumen, este informe presenta el desarrollo de un equipo de medida de calidad de energía para sistemas monofásicos, abarcando desde el diseño de los circuitos de acondicionamiento de la señal, la selección de sensores adecuados, el diseño del sistema de adquisición de datos, hasta el desarrollo de software para el procesamiento y visualización de los datos. A través de este proyecto, se espera contribuir a mejorar la calidad y eficiencia de los sistemas eléctricos monofásicos mediante una evaluación precisa y detallada de la calidad de la energía suministrada.

II. MARCO TEORICO

Potencia eléctrica en sistemas monofásicos:

En un sistema monofásico, la potencia eléctrica se puede clasificar en tres tipos: potencia activa, potencia reactiva y potencia aparente.

- **Potencia activa (P):** Es la potencia real consumida o generada por un dispositivo o sistema. Se mide en

vativos (W) y representa la energía útil que se convierte en trabajo mecánico, calor o cualquier otra forma de energía.

$$P = S * \cos \alpha \quad (1)$$

- Potencia reactiva (Q): Es la potencia asociada con los componentes inductivos y capacitivos de un sistema. Se mide en voltamperios reactivos (VAR) y no produce trabajo útil, sino que se intercambia entre el sistema eléctrico y los dispositivos inductivos o capacitivos.

$$Q = S * \sin (\alpha) \quad (2)$$

- Potencia aparente (S): Es la combinación de potencia activa y potencia reactiva. Se mide en voltamperios (VA) y representa la magnitud total de la potencia entregada o consumida por el sistema.

$$S = \sqrt{Q^2 + P^2} \quad (3)$$

Medición de potencia utilizando MATLAB y Simulink:

MATLAB y Simulink ofrecen una variedad de herramientas y funciones para el análisis de potencia en sistemas eléctricos monofásicos. Algunas de las funciones y bloques más comunes incluyen:

- Funciones de cálculo de potencia: MATLAB proporciona funciones predefinidas para calcular la potencia activa, reactiva y aparente a partir de las lecturas de tensión y corriente. Estas funciones pueden utilizarse para procesar los datos medidos y obtener los valores de potencia deseados.
- Bloques de medición de potencia: En Simulink, existen bloques específicos para medir y calcular los parámetros de potencia. Estos bloques se utilizan para simular y modelar sistemas eléctricos monofásicos, así como para visualizar los resultados del análisis de potencia.
- Análisis de la calidad de energía: MATLAB y Simulink también ofrecen herramientas para el análisis de la calidad de energía, incluyendo el cálculo del factor de potencia, la detección de armónicos y la evaluación de la distorsión armónica total.

Utilización de Arduino para adquisición de datos:

Arduino es una plataforma de prototipado electrónico que se puede utilizar para adquirir datos de sensores de tensión y corriente, y enviarlos a MATLAB o Simulink para su posterior procesamiento y análisis. Utilizando Arduino junto con sensores adecuados, se pueden obtener las lecturas necesarias para calcular los parámetros de potencia.

La combinación de MATLAB, Simulink y Arduino permite el análisis y visualización de los parámetros de potencia en sistemas eléctricos monofásicos de manera efectiva. Estas herramientas brindan una plataforma completa para el diseño, simulación, adquisición de datos y análisis de potencia en tiempo real, lo que facilita la implementación de sistemas de medición y control en aplicaciones eléctricas.

Circuitos RLC serie.:

Los circuitos RLC serie son circuitos eléctricos que consisten en una resistencia (R), una bobina (L) y un condensador (C) conectados en serie. Estos circuitos son de gran importancia en la teoría de circuitos debido a sus propiedades y comportamiento interesantes.

En un circuito RLC serie, la resistencia (R) limita la corriente que fluye a través del circuito, la bobina (L) almacena energía en forma de campo magnético y el condensador (C) almacena energía en forma de campo eléctrico.

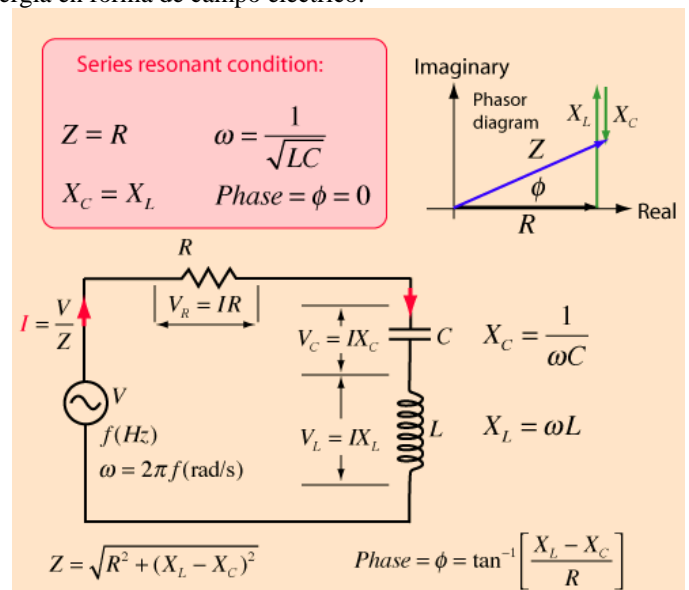


Fig.1. RLC Serie [1].

El comportamiento de un circuito RLC serie está determinado por las características individuales de los componentes (R, L y C), así como por la frecuencia de la fuente de alimentación. A continuación, se describen algunas propiedades importantes de los circuitos RLC serie:

- Resonancia: La resonancia ocurre en un circuito RLC serie cuando la frecuencia de la fuente de alimentación coincide con la frecuencia natural del circuito. En este punto, la impedancia del circuito es mínima y la corriente alcanza su valor

máximo. La frecuencia de resonancia se puede calcular utilizando la ecuación 4, donde f_r es la frecuencia de resonancia, L es la inductancia y C es la capacitancia.

$$F_r = \frac{1}{2\pi * \sqrt{L * C}} \quad (4)$$

- . Respuesta en frecuencia: La respuesta en frecuencia de un circuito RLC serie describe cómo varía la amplitud y la fase de la corriente en función de la frecuencia de la fuente de alimentación. A frecuencias cercanas a la resonancia, el circuito puede exhibir amplificación o atenuación selectiva de ciertas frecuencias, lo que tiene aplicaciones en filtros y sistemas de sintonización.
- Factor de calidad (Q): El factor de calidad es una medida de la eficiencia del circuito RLC serie y se define como la relación entre la energía almacenada en el circuito y la energía disipada debido a la resistencia. Un valor alto de Q indica un circuito altamente selectivo y con una respuesta en frecuencia más pronunciada.

(5)

$$Q = \frac{1}{R} * \sqrt{\frac{L}{C}}$$

- Transitorios: Cuando se aplica una señal de entrada repentina a un circuito RLC serie, se producirán transitorios. Estos transitorios son causados por la interacción entre la resistencia, la inductancia y la capacitancia y pueden provocar oscilaciones o cambios transitorios en la corriente y la tensión.

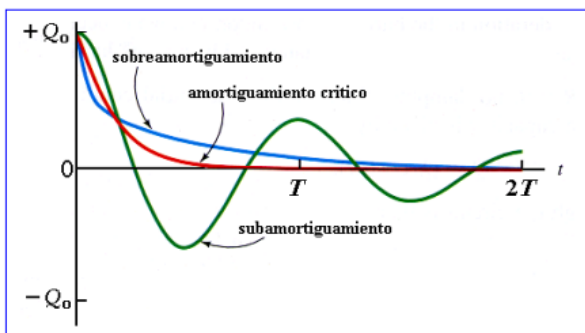


Fig.2. Análisis Transitorio RLC Serie [3].

La comprensión de las propiedades y el comportamiento de los circuitos RLC serie es esencial en el diseño y análisis de sistemas eléctricos, como filtros, circuitos de resonancia, fuentes de alimentación, entre otros. Mediante el uso de herramientas de simulación como MATLAB y Simulink, es posible modelar y analizar estos circuitos, permitiendo el estudio detallado de su respuesta en frecuencia, la determinación de la frecuencia de resonancia y el análisis de los transitorios.

III. PROCEDIMIENTO

Materiales:

- Fuente de alimentación
- Protoboard
- Elementos pasivos(R-L-C)
- Modulo de sensor de voltaje y corriente
- Arduino

Procedimiento

- Conectamos el sensor ACS712 al Arduino y a la protoboard
- Conectamos el VCC del sensor ACS712 al 5 voltios
- Desconectamos el circuito para medir la corriente total del circuito
- Medimos el voltaje de la bobina

Desarrollo Practico

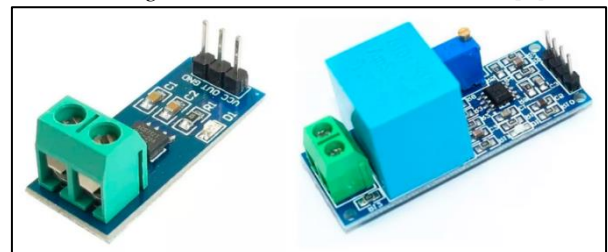
Inicialmente, se enfocaron los esfuerzos en diseñar un circuito para capturar una medida específica. Sin embargo, surgieron dificultades debido a la necesidad de que la medida a tomar fuera lo suficientemente grande para que los instrumentos de medición pudieran registrarla. Como no se deseaba invertir en costosos equipos de medición, se tuvo que ajustar la medida al nivel de sensibilidad del sensor que se iba a utilizar.

Se decidió que íbamos a realizar un circuito RLC cuya VCC va ser de 10 voltios, Resistencia de 10ohm, Inductor de 400mH y capacitor de 100 nF.

Dado que las medidas a registrar se extraen directamente del suministro eléctrico, donde la corriente máxima que se puede obtener es de alrededor de 1 amperios, se buscó sensores capaces de soportar la intensidad requerida y resistir los voltajes de la red eléctrica.

Se realizaron investigaciones y se encontraron dos modelos de sensores. Para medir la corriente, se seleccionó el sensor modelo ACS712, con una capacidad máxima de 5 amperios, más que suficiente para nuestras necesidades. En cuanto a la medición de voltaje, se optó por el sensor modelo ZMPT101B, que puede soportar hasta 250 voltios pico a pico.

Fig.3. Sensor ACS712 Y ZMPT101B [4].



Los sensores están diseñados para funcionar con Arduino, por lo que el sistema de recolección estará a cargo del Arduino y mediante software. A su vez el Arduino exportara los datos a

MATLAB donde se procesarán y se mostrarán en la interfaz gráfica para una mejor presentación. En el caso de la simulación se utilizó la herramienta Simulink para modelar el caso. La Figura 4 muestra la simulación en la interfaz de Simulink.

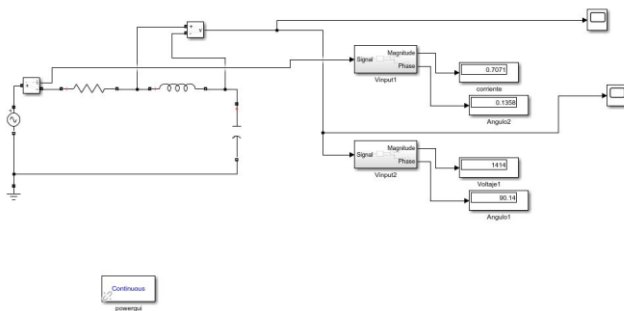


Fig.4. Simulación en la herramienta simulink

En este caso se simuló la situación asemejando el resistor de carga al caudín. En este caso obteniendo un valor de corriente RMS de 0.7071 miliamperios.

IV. RESULTADOS

A continuación veremos los resultados que a partir de la recolocación de datos del Arduino nos provee y logramos graficar los datos de Matlab de corriente, Potencia

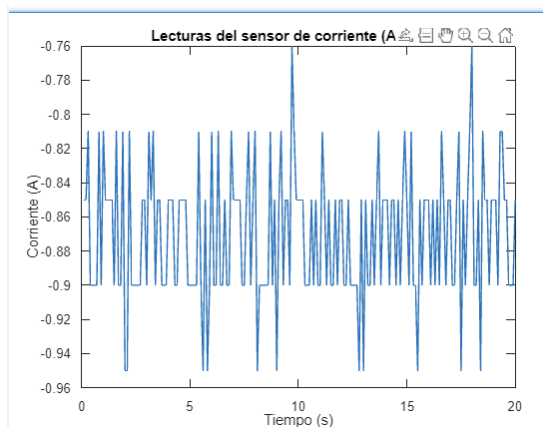


Fig.5. Lectura de sensor de corriente

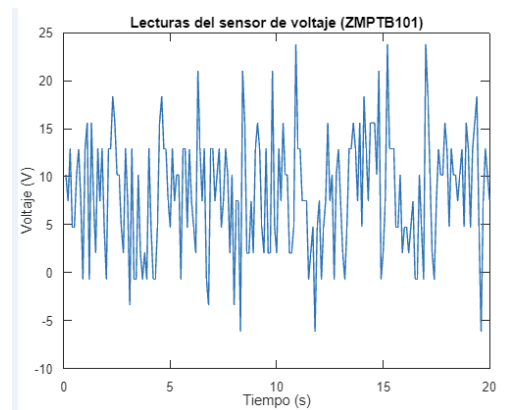


Fig.6. Lectura de sensor de voltaje

V. CONCLUSIONES

*Se logró entender y aplicar la integración de sensores en la captura de señales de corriente alterna, así como el procesamiento digital adecuado de las ondas medidas para el análisis de potencias.

*Se logró llevar a cabo la implementación del hardware propuesto y se logró su sincronización exitosa con el software programado.

*Durante el proceso, se pusieron a prueba las habilidades de programación y conocimiento de MATLAB, y se complementaron con el uso del lenguaje de Arduino.

*La sincronización entre MATLAB y la interfaz de Arduino permitió la exportación e importación de los datos necesarios para el análisis.

*En cuanto a las pruebas realizadas, se pudo observar que la selección de cargas como el caudín facilitó el registro de corrientes en comparación con el uso de cargas comerciales estándar.

REFERENCIA

- [1] (S/f). Tec.mx. Recuperado el 30 de mayo de 2023, de https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/631181/4_t3s_1_c5_html_context_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [2] Andres. (2017, octubre 8). Elementos básicos de un sistema de transmisión eléctrica. Electricaplicada; Andres. <https://www.electricaplicada.com/elementos-basicos-de-un-sistema-de-trasmision-electrica/>
- [3] ¿Qué significa RMS y True RMS? Te explicamos las diferencias. (s/f). Promax.es. Recuperado el 30 de mayo de 2023, de <https://www.promax.es/esp/noticias/561/que-significa-rms-y-true-rms-te-explicamos-las-diferencias/>
- [4] Support, E. F. (2018, septiembre 11). ¿Qué es el factor de potencia? FULLWAT Blog. <http://blog.fullwat.com/que-es-el-factor-de-potencia/>
- [5] Potencia aparente. (2023, mayo 30). Todo Luz y Gas. <https://www.todoluzygas.es/luz/diccionario/p/potencia-aparente>

Rúbricas de Laboratorio

Por favor, incluya esta hoja a la hora de someter su reporte de laboratorio

	5 Excepcional	4 Admirable	3 Aceptable	2 Pobre	1-0 Insuficiente	Calificación Peso
Abstract/Resumen	Es claro, conciso y completo. Incluye el contexto, resultados relevantes y conclusiones importantes.	Se refiere a la mayoría de los aspectos relevantes del resumen, pero carece de algunos detalles menores	Carece de uno de los aspectos fundamentales del resumen como lo puede ser el resultado, contexto o las conclusiones	Carece de varios de los aspectos fundamentales del resumen	No se observa o indica algo que no tiene relevancia o diferente	$\left(\frac{\quad}{15\%}\right)$
Introducción y fundamentación teórica	Es un material con antecedentes coherentes y bien redactado. Incluye la información pertinente para el experimento/temática del laboratorio como la fundamentación teórica e incluyendo referencias adecuadas. Indica de manera adecuada el propósito del laboratorio/experimento.	Es casi completo pero no brinda un contexto de los aspectos menos relevantes que toca el laboratorio. Aunque contiene información relevante, falta en proveer antecedentes para algunos de los aspectos que se fundamenta el laboratorio. Aunque las ideas principales son fáciles de leer, se evidencia oportunidades de mejora en su escritura.	Ciertos puntos introductorios no son tocados (antecedentes, teoría, contexto, etc) o los aspectos son vagamente expuestos o confusos para su entendimiento.	Existe muy poca información de los antecedentes, contexto o la información es incorrecta. No se observan referencias.	No se observa o indica algo que no tiene relevancia o diferente	$\left(\frac{\quad}{25\%}\right)$
Descripción Experimental/Virtual	Contiene detalles de cómo se realizó el procedimiento experimental/virtual y el procedimiento seguido para el registro de la información. Es escrito de manera correcta y omite información que un lector entrenado puede asumir.	La narrativa incluye la mayoría de los aspectos importantes del procedimiento experimental/virtual pero carece de algunos detalles menores.	No contiene varios detalles experimentales o presenta información incorrecta	No contiene varios detalles importantes experimentales. La narrativa empleada no es clara o ilógica.	No se observa o indica algo que no tiene relevancia o diferente	$\left(\frac{\quad}{20\%}\right)$
Resultados, conclusiones	Todas las figuras, tablas están debidamente etiquetadas y la información que contiene cada una de ellas hace que la información que comparte sea clara. Las mismas son explícitamente mencionadas en el texto donde se explica/resalta la información pertinente. El/los autores proponen formas de presentar la información que ayuda a alcanzar los objetivos del laboratorio. Los resultados arrojados por el experimento/simulación son presentados de una manera adecuada y son empleados para realizar la discusión y resaltar las conclusiones principales de la práctica.	Todas las figuras y tablas están debidamente etiquetadas pero es evidente que presentan oportunidades de mejora. Todos los gráficos y tablas se mencionan en el texto y los datos más relevantes son presentados.	La selección de figuras/tablas y su forma de presentación no ayuda—de la mejor forma—al análisis de la información. Algunas imágenes/tablas no se describen en el texto.	Las figuras/tablas son pobremente construidas. Las figuras no tienen una adecuada resolución lo que impide comprender su información. Algunas tablas y figuras carecen de la nomenclatura para su adecuado entendimiento y no son mencionados en el texto.	No se observa o indica algo que no tiene relevancia o diferente	$\left(\frac{\quad}{40\%}\right)$

Nota: Si cualquier apartado del reporte es identificado como no original o no es adecuadamente referenciada la fuente de consulta, su calificación será de 0.0 por deshonestidad.