

Perfeccionamiento de instalación experimental para digitalización del voltaje y la corriente de soldadura.

Dr. Alejandro García Rodríguez¹. Ing. Javier Ernesto León Reyes¹

¹Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas/Ministerio de Educación Superior (MES), Santa Clara, Villa Clara.
CUBA.

Resumen

El procesamiento digital de los parámetros eléctricos del arco de soldadura ha sido una técnica asiduamente utilizada en la tecnología moderna, como vía de monitoreo y control de la calidad de la soldadura. El objetivo del presente trabajo es comunicar algunos aspectos tenidos en cuenta en la realización de un sistema de puesta a tierra de una instalación experimental para la digitalización y el acople a una computadora de las señales de voltaje y corriente de soldadura provenientes del proceso industrial. Las principales normas cubanas referidas a los procedimientos de aterramiento vigentes han sido aplicadas, realizándose la implementación física de una red de aterramiento con una resistencia adecuada para los fines con que ha sido creada; que permitirá utilizar el conector de tierra de los equipos como protección contra ruidos y fugas de voltaje, minimizando así las probabilidades de falla y el nivel de ruido en la instalación.

Palabras-clave: Digitalización, Aterramiento, Ruido.

Introducción

Establecer un buen sistema de puesta a tierra es de primordial importancia en cualquier instalación eléctrica por razones de seguridad personal y, en múltiples ocasiones, resulta imperativo tanto para el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos como de las protecciones. Por lo tanto, brinda importantes beneficios al evitar pérdidas de vidas, daños materiales e interferencias con otras instalaciones. En el sistema de puesta a tierra hay que manejar y medir correctamente dos parámetros eléctricos que tienen significados diferentes: la resistividad y la resistencia.

Dentro de las principales fuentes de ruido que generan las instalaciones industriales se encuentran los armónicos. Los equipos que utilizan componentes electrónicos de alimentación (controladores de motores de velocidad variable, rectificadores por tiristores) han aumentado considerablemente los problemas provocados por los armónicos en las instalaciones eléctricas. Los armónicos siempre han existido provocados por las impedancias magnetizantes no lineales de transformadores, reactores, resistencias de lámparas fluorescentes, etc.

Los armónicos en sistemas de alimentación trifásicos suelen ser en general impares, tercero, quinto, séptimo, noveno... y la magnitud disminuye al ir aumentando el orden del armónico.

Conociendo las características y singularidades de los generadores de armónicos se pueden reducir los armónicos a valores insignificantes: la eliminación total es casi imposible. Los capacitores son extremadamente sensibles a los componentes armónicos de la tensión suministrada debido al hecho de que la reactancia capacitiva se reduce según va aumentando la frecuencia. En la práctica, esto significa que un porcentaje relativamente pequeño de tensión armónica puede provocar que circule una corriente elevada por el capacitor.

La presencia de componentes armónicos provoca que se distorsione la forma de la onda (normalmente sinusoidal) de tensión o corriente; cuanto mayor sea el contenido de armónicos, mayor será el grado de distorsión.

Existen varias soluciones: filtros pasivos; filtros activos y filtros híbridos [1].

Para obtener las señales experimentales de voltaje y corriente de soldadura, se deben acondicionar las mismas para su correcta digitalización y posterior procesamiento en la computadora. La instalación experimental (Figura 1), está compuesta por una computadora (1) acoplada a un acondicionador de señales (2), que recibe entre sus terminales (e) y (f), la señal de voltaje del transformador de soldadura (3) marca AIRCO, 220V CA; la corriente de soldadura es regulable mediante la manivela del transformador. La señal de corriente es tomada de los extremos del sensor de corriente tipo Shunt (4) de 60 mV a 250 A, clase 0,5; acoplándola a los terminales (c) y (d) del acondicionador (2). además se concibió

un sistema de aterramiento para atenuar las tensiones y corrientes parasitas que pudieran influir en los valores reales de las mediciones

La mesa de trabajo (6) está conectada al terminal de tierra (G) de la fuente de soldadura, a través del sensor de corriente. El terminal (B) de la fuente de soldadura está conectado al portaelectrodo del dispositivo de autoalimentación (5) y la placa sobre la que se efectúa el depósito (7) está conectada eléctricamente a la mesa de trabajo.

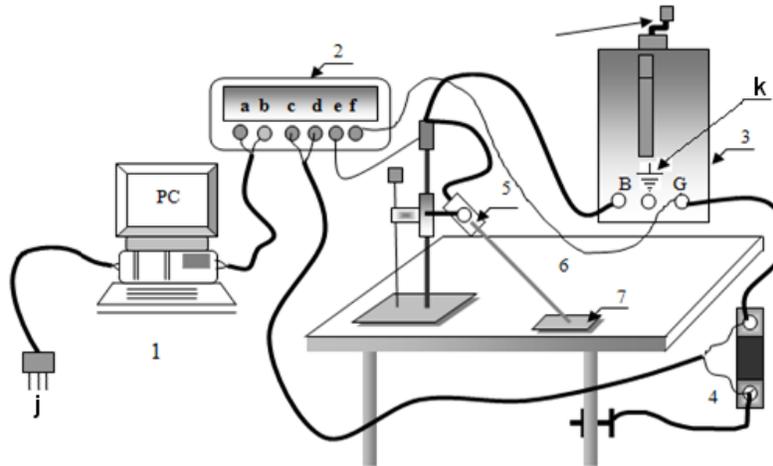


Figura 1. Esquema de la instalación experimental

El acondicionador de señales (2) brinda en sus terminales (a) y (b), las señales de voltaje y corriente perfectamente preparadas para su entrada en la tarjeta de sonido de la computadora (1) [2].

El acondicionador de señales está compuesto por un circuito electrónico acondicionador de corriente y otro circuito acondicionador de voltaje. El circuito acondicionador de corriente (Figura 2) presenta dos etapas, la primera constituye un amplificador inversor de ganancia variable acoplado a la salida del sensor de corriente (4) representado en la Figura 1.

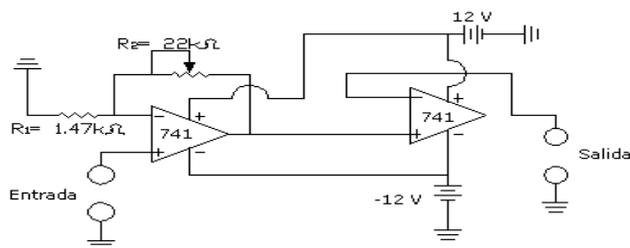


Figura 2: Esquema circuital del acondicionador de corriente.

El circuito acondicionador de voltaje (Figura 3) es un circuito atenuador que se encarga de disminuir el nivel de voltaje en los terminales de la máquina de soldadura al nivel apropiado para la tarjeta de sonido. La atenuación se realiza empleando un divisor de tensión, a la salida del mismo se añade un circuito seguidor de voltaje para garantizar el acople de impedancia con la tarjeta de sonido.

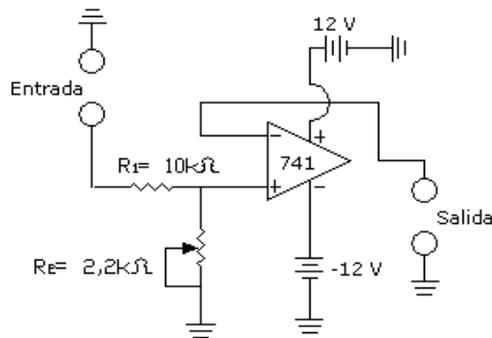


Figura 3: Esquema circuitual del acondicionador de voltaje.

El dispositivo diseñado para la alimentación del electrodo (Figura 4) consta de una base metálica (3), que sostiene un soporte vertical (2) por el que se desliza por gravedad la corredera (6) solidaria al brazo (9), que soporta la tenaza (8), sosteniendo al electrodo (5) por el extremo opuesto al cordón de soldadura (11) y, a la vez, suministrando el contacto eléctrico con el conductor (10) proveniente de la fuente de soldadura, mediante una unión roscada desarmable (7). La varilla (1) limita el movimiento radial del electrodo restringiendo las oscilaciones en la trayectoria del cordón (11).

Al iniciarse el arco de soldadura el consumo del electrodo hace que la corredera (6) baje gravitacionalmente, mientras la punta del electrodo se consume por el intenso calor del arco, produciéndose el efecto de autoalimentación.

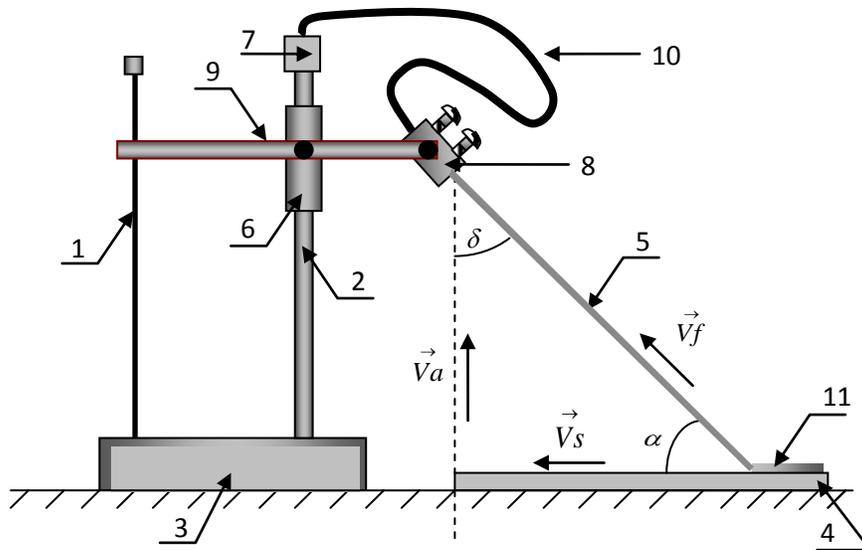


Figura 4: Dispositivo de alimentación por gravedad

Además se emplea una tarjeta de sonido AC 97 en lugar de una tarjeta de dato, con una frecuencia de muestreo de hasta 48 kHz y un convertidor análogo digital de 16 bits [3], programada para obtener 48 000 muestras por segundo en los canales de voltaje y corriente de soldadura durante el tiempo que dura el experimento. Como parte de un trabajo previo se realizaron experimentos con electrodos de doble recubrimiento en la instalación experimental descrita

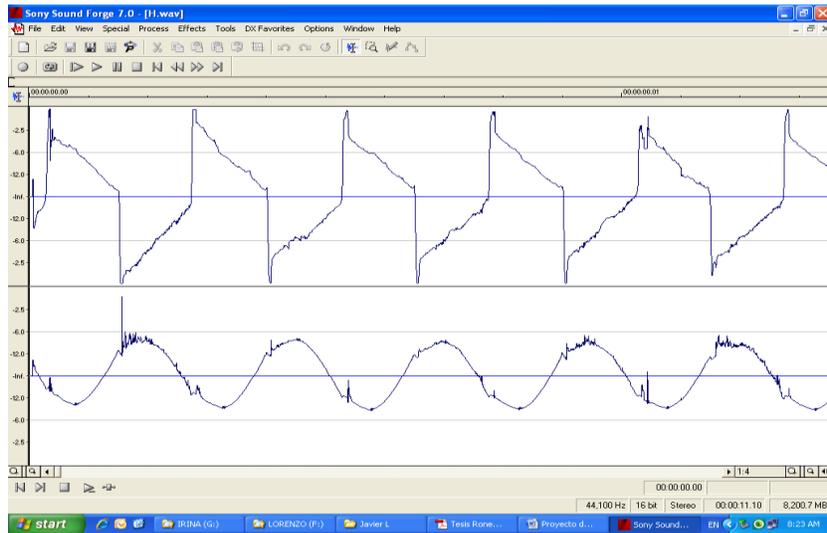


Figura 5: Oscilograma de voltaje y corriente de soldadura obtenido durante experimentación

Como puede apreciarse (Figura 5) si bien la señal de corriente se comporta de manera aproximadamente sinusoidal, la señal de voltaje se encuentra distorsionada, motivo por el cual se hace necesario realizar un análisis de los posibles motivos de este efecto.

Desarrollo

Durante la revisión de las conexiones de la instalación experimental se determinó que no se estaba utilizando el conector de tierra física en la fuente de soldadura, el acondicionador de señales ni la computadora con la tarjeta de sonido.

Sistema de puesta a tierra

Establecer un buen sistema de puesta a tierra es de primordial importancia en cualquier instalación eléctrica por razones de seguridad personal y, en múltiples ocasiones, resulta imperativo tanto para el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos como de las protecciones. Por lo tanto, brinda importantes beneficios al evitar pérdidas de vidas, daños materiales e interferencias con otras instalaciones.

En el sistema de puesta a tierra hay que manejar y medir correctamente dos parámetros eléctricos que tienen significados diferentes: la resistividad y la resistencia.

La resistividad esta dada por el tipo de terreno donde vamos a ser el aterramiento, en el caso de nuestra instalación experimental el terreno donde se encuentra ubicada es pedregosa y cubierta de césped, por lo que la resistividad oscila entre 300 a 500 $\Omega \cdot m$,

Para medir la resistencia se utilizó el método de caída de potencial (Figura 6). Este método es utilizado para la mayoría de los sistemas de tierra, para ello se siguió los siguientes pasos

- a) Se conectó el electrodo bajo prueba (E) a los terminales C1 y P1 del instrumento.
- b) Se llevo el electrodo auxiliar de corriente C tan lejos como fue posible de E. y se conecto este electrodo auxiliar al terminal C2 del instrumento.

Se conectó el electrodo auxiliar de potencial (P) a mitad de la distancia entre E y, sobre la recta que les une y el cable de este electrodo auxiliar se conecto al terminal P2 del instrumento.

Luego se realizó la medición, R_1 en Ω , esta medición se repitió al 40 y 60% de la distancia entre el electrodo bajo prueba y el electrodo auxiliar de corriente del instrumento con lo cual se obtuvo una R promedio de 23 Ω , lo cual cumple los parámetros de protección para el equipo que estamos aterrando ya que es menor que 25 Ω según la NEC 2005. NFPA 70.

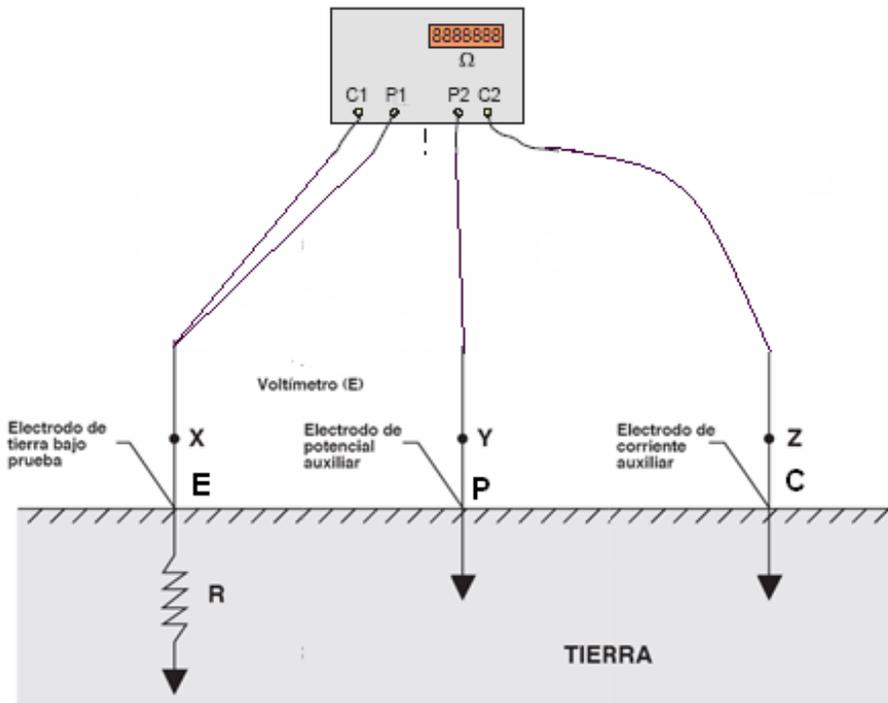


Figura 6: Esquema de medición de tierra

Para disminuir las posibles corrientes parásitas que afectan las mediciones, estas deben ser contrarrestadas mediante el aterramiento físico [2] de la instalación.

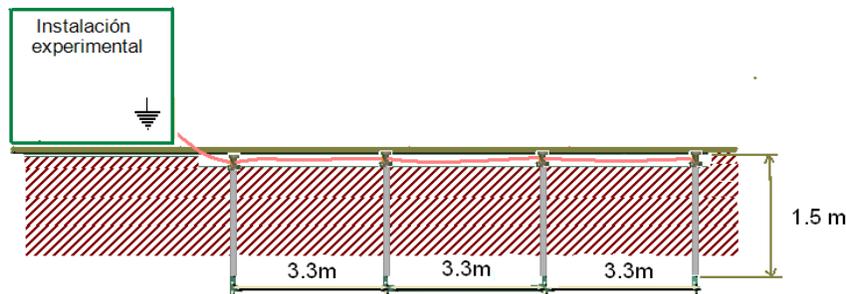


Figura 7: Aterramiento físico

Con vistas a diseñar un buen aterramiento se siguieron los siguientes pasos:

- El estudio de la resistividad del terreno.
- Requerimiento técnico para obtener la resistencia a tierra deseada.
- Mediciones de parámetros.
- Definición de los materiales a utilizar (varillas de tierra, cable trenzado de cobre y pernos de conexión).

Teniendo en cuenta que la resistividad del terreno que estamos tratando es de características seco, pedregoso y cubierto de césped, fue necesario hacer una zanja de 50 cm de ancho y 50 cm de profundidad donde se enclavaron cuatro varillas de acero recubiertas con cobre de 150 mm de longitud y un diámetro de 16 mm a una separación de 220 mm y estas a la vez están conectadas mediante un cable trenzado de tierra, hecho de cobre y también de fábrica, producido con este fin, es fijado a cada de las picas o varilla mediante el empleo de pernos atornillados e introducidos en la nave de soldadura (Figura 7). La zanja es tapada con la tierra retirada anteriormente, garantizando la seguridad de la instalación y un mejor contacto del cable con la tierra (Figura 8).



Figura 8: Enclavamiento de varillas

Para perfeccionar la instalación experimental fueron necesarios cambios que conllevaron a un mayor uso de materiales; dentro de ellos se encuentran los usados en el aterramiento de la instalación. Para el aterramiento físico se utilizaron 4 varillas de acero recubiertas con cobre, 4 pernos, 14 metros de cable trenzado y el Telurómetro (Figura 9) que es el instrumento de medición que se utilizó para verificar que la resistencia a tierra obtenida fuera la recomendada.



Figura 9: Instrumento de medición de tierra Telurómetro

Luego de terminar la instalación de aterramiento se midió la resistencia comprobándose que la misma tenía una resistencia de $4,6 \Omega$, lo cual garantiza un adecuado nivel de aterramiento, superior al que anteriormente se utilizaba.

Instalación experimental

La instalación aterrada proporciona un tercer conductor para los chasis de los equipos y la fuente de soldadura. Está compuesta por una computadora acoplada a un acondicionador de señales que recibe la señal de corriente del transformador de soldadura, tomada de los extremos del sensor de corriente tipo Shunt de 60 mV a 250 A, clase 0,5. El voltaje de soldadura se acopla de los terminales de la fuente al acondicionador que lo atenúa para su entrada a la tarjeta de adquisición de datos. La mesa de trabajo está conectada al terminal de tierra de la fuente de soldadura, que está a su vez se conectada al porta electrodo del dispositivo de autoalimentación. Se le agregó un osciloscopio digital Tektronix que se encuentra conectado a los terminales de salida del acondicionador de señales.



Figura 10. Osciloscopio TEKTRONIX empleado en la comprobación de la instalación.

En pruebas preliminares realizadas con electrodos E6013 de diferentes fabricantes se obtuvieron oscilogramas acordes con los obtenidos en otras investigaciones, sin distorsión armónica significativa y con un nivel de ruido adecuado para considerar válidas las mediciones realizadas.

Análisis preliminar de costo y factibilidad

La obtención de un sistema de medición que cumpla con los parámetros establecidos por normas en los sistemas de medición modernos, requiere de la conjunción de diversas tecnologías que permitan minimizar los errores sistemáticos y aleatorios en las instalaciones experimentales. En el presente trabajo se han propuesto cambios necesarios que introducen un costo adicional a la instalación existente (Tabla 1), pero que aumentan considerablemente la precisión de las mediciones realizadas.

Tabla 1: Costo preliminar de la instalación

Componentes de la instalación	Costo (USD)	Cantidad	Costo Parcial (USD)
Osciloscopio	3000/U	1U	3000
Cable trenzado de tierra	10/m	14m	140
Varillas de aterramiento	30/m	6m	180
Pernos atornillables	2/U	4U	8
PC	800/U	1U	800
Transformador de Soldadura	1000/U	1U	1000
SHUNT	80/U	1U	80
Cables	30/m	9m	30
		Costo Total (USD)	5238

Atendiendo a las potencialidades que esta instalación adquiere con el costo añadido, que permitirán el desarrollo de nuevas investigaciones y proyectos nacionales e internacionales para el centro de investigaciones de soldadura; el costo de la inversión realizada se justifica teniendo en cuenta fundamentalmente que los equipos utilizados han sido prestados por

otras áreas de la universidad, lo cuál ha contribuido con la realización exitosa del trabajo. Con los arreglos realizados se obtendrán mejores resultados en la evaluación de materiales para soldar a partir de la utilización de recursos de otras áreas, mediante la colaboración interdisciplinaria y las gestiones institucionales. El empleo del osciloscopio profesional permite calibrar la instalación para trabajos futuros.

Conclusiones

1. El balance de los aspectos positivos y negativos del proyecto de perfeccionamiento de la instalación experimental para la digitalización de los parámetros eléctricos del arco, resulta positivo, siendo el aterramiento físico y el uso de un osciloscopio profesional uno de los principales cambios que permiten mejorar el proceso de sensado digital de la respuesta de frecuencia de las señales de voltaje y corriente.
2. Los oscilogramas obtenidos no presentan la distorsión manifiesta en la instalación anterior y coinciden con los oscilogramas reportados por otros investigadores en la realización de soldaduras con electrodos E6013.

Referencias Bibliográficas

- [1] Norma cubana. Reglamento Electrotécnico Cubano. Efectos de los armónicos.p.364-365
- [2] García Rodríguez A. Valoración del desempeño de un dispositivo de autoalimentación diseñado para la evaluación operativa de electrodos revestidos. Soldagem & Inspeção. 14(1): 68-73.2009.
- [3] Tarjeta de sonido AC 97.2013.
- [4] Amores Sánchez Frank. Mediciones relativas a los sistemas de puesta a tierra. Folleto Digital. 2008.