

EVOLUCIÓN DE LA OFERTA DE SERVICIOS DE CALIBRACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA EN RADIOFRECUENCIAS DEL CENAM

Rafael Castañeda Castillo, Mariano Botello Pérez, Israel García Ruiz
Dirección de Radiofrecuencias, Dirección General de Metrología Eléctrica, Centro Nacional de Metrología
km 4.5 Carretera a Los Cués, Municipio El Marqués, Querétaro. C.P. 76246 México
rcastane@cenam.mx, mbotello@cenam.mx, igarcia@cenam.mx

Resumen: Este trabajo describe los servicios de calibración disponibles en el Laboratorio de Potencia Eléctrica en Radiofrecuencias (LPERF) del CENAM. Los servicios con mayor demanda son los de Factor de Calibración para detectores con tecnologías de diodo, termopar y termistor, así como el de calibración del error de medida para medidores genéricos de potencia en RF. La mayoría de los servicios solicitados por nuestros clientes y usuarios se encuentran comprendidos en el alcance en frecuencia de 0.01 GHz a 18 GHz; no obstante, la evolución y desarrollo de estos servicios actualmente permite disponer de capacidades para realizar servicios desde 10 kHz hasta 50 GHz.

1. INTRODUCCIÓN

El LPERF cuenta con el Patrón Nacional de Potencia Electromagnética en Alta Frecuencia (CNM-PNE-9), el cuál materializa la unidad de potencia eléctrica, watt (W), en RF con trazabilidad directa hacia otros patrones nacionales que materializan las unidades del Sistema Internacional (SI) de unidades en el CENAM. Este patrón permite dar trazabilidad a las mediciones de potencia en radiofrecuencias (RF) que se realizan en el país; ya sea para laboratorios acreditados, regularmente involucrados en el proceso de evaluación de la conformidad de equipo electrotécnico, electrónico de telecomunicaciones y automotriz; o bien, por usuarios que atienden directamente las necesidades de sectores como el industrial, comercial, de investigación, entre otros.

Las mediciones de potencia en RF tienen aplicaciones en la industria manufacturera automotriz, aeronáutica, de electrodomésticos, y de manera natural en las telecomunicaciones para voz, datos e imágenes. Debido a la importancia que tienen estos sectores manufactureros y de servicios para la economía nacional, se han desarrollado sistemas de referencia altamente confiables que permiten asegurar y dar consistencia a las mediciones de potencia en RF en México.

Los sistemas de referencia del LPERF permiten ofertar servicios de calibración de potencia en RF que comprenden el alcance en frecuencia de 10 MHz a 18 GHz en niveles de potencia desde 1 nW (-60 dBm) hasta 10 mW (10 dBm), en la mayoría de los casos; sin embargo, estos alcances se han extendido mediante diversos proyectos hasta cubrir frecuencias de 10 kHz a 50 GHz y niveles de potencia tan altos como 50 W (46.99 dBm). Además, no obstante que la mayoría de los servicios se realizan en sistemas

con impedancia nominal de 50 Ω , también se atienden servicios para dispositivos con impedancias de 75 Ω particularmente para la industria de servicios de televisión por cable. En las siguientes secciones se describen la evolución y capacidades de dos de los principales sistemas de referencia que se emplean en el LPE en RF.

2. SERVICIOS DE CALIBRACIÓN DEL LABORATORIO DE POTENCIA EN RF PARA DETECTORES Y MEDIDORES

La forma más generalizada de medir potencia en RF con exactitudes relativamente altas es mediante un detector de potencia con su respectivo medidor asociado. Comercialmente existen detectores con diferentes tecnologías tales como: diodo, termopar, termoeléctrico y termistor; estos detectores no son del todo eficientes por lo que para minimizar los errores de medición es necesario corregir las lecturas entregadas por el medidor con su Eficiencia Efectiva (η_{eff}) o su Factor de Calibración (CF por sus siglas en inglés). El CF es la magnitud más utilizada en los detectores de potencia, ya que establece la relación entre la potencia indicada por el medidor y la potencia incidente en el detector a una frecuencia específica.

Los medidores de potencia genéricos, tales como analizadores de espectro o los analizadores de compatibilidad electromagnética, son instrumentos que cuentan con la electrónica de detección integrada, por lo cual sus errores de medida no se pueden cuantificar mediante un CF, sino a través de la calibración de su error de medición. En la calibración de estos medidores se compara la indicación del valor medido contra valores de referencia que se obtienen por comparación directa con un sistema de mayor exactitud basado en un

detector patrón de referencia previamente calibrado el cual se describe en la siguiente sección.

2.1 Sistemas de referencia para la calibración de detectores de potencia en RF

El LPERF cuenta con un patrón primario para potencia en RF [1] que consiste de un microcalorímetro y un detector patrón de transferencia del tipo termistor (CN). El patrón primario permite medir con muy alta exactitud la η_{eff} del CN, la cual se disemina hacia otros detectores patrón y de trabajo mediante un sistema de referencia basado en el principio de comparación directa [2]. El sistema de comparación cuenta con un generador de RF, un divisor resistivo de potencia y un detector testigo conectado en uno de los puertos del divisor, en el puerto restante se conectan de manera alternada el detector bajo calibración y el detector patrón de transferencia del patrón primario. Este sistema permite ofertar la calibración de la η_{eff} de termistores y del CF de detectores de prácticamente cualquier tecnología de detección, siendo los servicios en conector coaxial N en el alcance en frecuencia de 10 MHz a 18 GHz y en potencia de 1 μW (-30 dBm) a 10 mW (10 dBm), los más solicitados, véase la tabla 1.

Tabla 1. Servicios de calibración del CF

Tipo de sensor	Nivel de potencia	Frecuencia [GHz]	Incertidumbre máxima
Termistor	1×10^{-3} W	0.05 a 18	0.0085
Termopar	1×10^{-3} W	0.01 a 18	0.009
Diodo	1×10^{-6} W	0.01 a 18	0.012

Recientemente, se concluyó el desarrollo de un sistema de comparación directa en conector coaxial de 2.4 mm, con el cual se han ampliado los alcances en frecuencia de 18 GHz hasta 50 GHz. En este sistema, el patrón es un montaje de termistor en conector coaxial de 2.4 mm mantenido en un horno a temperatura controlada. Anterior al sistema de comparación directa, el LPE en RF contaba con un sistema de referencia basado en el principio de comparación simultánea [3]. En este sistema el patrón era un montaje de termistor mantenido en un horno a temperatura y su principal desventaja, en comparación con el de comparación directa, era que el divisor de potencia se consideraba simétrico y no era posible corregir todos los errores por desacoplamientos de impedancia disminuyendo así la exactitud de medida. El termistor patrón en conector coaxial de 2.4 mm tiene actualmente trazabilidad al *National Institute of Standards and Technology* y se espera que en 2017 esta

trazabilidad quede definida internamente al nuevo patrón primario a 50 GHz del CENAM, actualmente en desarrollo en el LPERF.

2.2 Sistema de referencia para la calibración del error de medidores de potencia en RF

Este sistema cuenta con un generador de RF, un divisor resistivo de potencia y un detector patrón de trabajo conectado en uno de los puertos del divisor, en el puerto restante se conecta el medidor bajo calibración (MBC), de manera que se pueda comparar la lectura de potencia del MBC y del patrón. El alcance en frecuencia actual de estos servicios es de 10 kHz hasta 50 GHz. En los primeros años de operación del laboratorio el alcance fue de 10 MHz a 18 GHz en conector coaxial N, posteriormente con el desarrollo de un sistema de calibración de tensión en RF, basado en un TVC [4], fue posible ampliar el alcance de 10 kHz a 1 MHz, más recientemente el alcance se ha extendido hasta 50 GHz en conector coaxial de 2.4 mm. Cabe mencionar que la mayoría de los servicios de calibración que se realizan con este sistema son en el alcance de 10 kHz a 18 GHz, para los niveles de potencia de 1 nW (-60 dBm) hasta 10 mW (+10 dBm). El nivel de incertidumbre en estos servicios no suele ser mayor a 45 mW/W.

3. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha presentado la evolución de los alcances de dos de los principales servicios de calibración que se ofrecen en el LPERF del CENAM. Estos servicios tienen gran impacto, ya que tanto a través los laboratorios secundarios de calibración con los de pruebas y de la industria, diseminan los valores de referencia y su exactitud a una gran cantidad de usuarios finales en diversos sectores de la economía nacional.

REFERENCIAS

- [1] M. Botello-Pérez, I. García-Ruiz, "Patrón Primario para Medición de Potencia Eléctrica en Radiofrecuencias de 0.05 GHz a 18 GHz", Simposio de Metrología 2014, Querétaro, México.
- [2] M. Botello-Pérez, I. García-Ruiz, D. Covarrubias-Martínez, "Sistema de Referencia Para la Calibración de Detectores de Potencia por Comparación Directa", Simposio de Metrología 2012, Querétaro, México.
- [3] TEGAM, *100 mW Feedthrough Power Standard*, Application Note 212, Geneva, Ohio.
- [4] M. Botello-Pérez, R. Castañeda-Castillo, I. García-Ruiz, "Calibración de Voltímetros de RF Mediante Termoconvertidores de Tensión", Simposio de Metrología 2014, Querétaro, México.