

# Medidas de fase y amplitud en relación al tiempo en amplificadores de potencia

Por Marc Brodeur, Agilent Technologies

Marc Brodeur es ingeniero de desarrollo de productos en la división de tecnologías Wireless de Agilent. Con sus 26 años de experiencia en Hewlett-Packard y Agilent Technologies, Marc ha contribuido a la creación de numerosos productos de éxito para HP/Agilent en diversas áreas funcionales, entre las que se incluyen ingeniería de pruebas de fabricación, servicio de asistencia técnica al cliente e I+D. Marc se licenció en 1979 en la antigua Universidad del Sudeste de Massachusetts (conocida actualmente como Universidad de Massachusetts en Dartmouth) y posee el título de Licenciado en ciencias de ingeniería electrónica (BSEE) otorgado por dicha institución.

**Figura 2. Relación entre constelación de 8PSK y nivel de potencia sin distorsión.**

**Figura 1. Constelación ideal de 8PSK a un nivel de potencia de valor 1.**

*Los desarrolladores de teléfonos móviles buscan constantemente la manera ideal de mantener al mínimo los costes del material de fabricación e incorporar al mismo tiempo nuevas tecnologías en sus diseños. Con esto en mente, utilizan para los sistemas EGPRS el mismo amplificador de potencia que se usa actualmente para aplicaciones GSM y GPRS. Sin embargo, los sistemas EGPRS (al contrario de lo que sucede con los GSM y GPRS) son sensibles a las alinealidades presentes en el amplificador de potencia y que pueden influir notablemente y de forma negativa en el funcionamiento de un teléfono EGPRS. Debido a que los sistemas GSM y GPRS generan una señal de amplitud constante, las alinealidades no han supuesto ningún problema hasta ahora. Sin embargo, para poder reutilizar el amplificador de potencia en los sistemas EGPRS, los desarrolladores deben añadir factores de calibración para compensar las alinealidades del amplificador. Estos factores de calibración se basan en datos sobre fase y amplitud en relación al tiempo y son necesarios en pruebas de fabricación para garantizar que el teléfono EGPRS consigue transmitir de manera correcta.*

Los fabricantes de teléfonos móviles pueden introducir las medidas necesarias de fase y amplitud en relación al tiempo (PAVT) durante sus pruebas de fabricación utilizando uno de los dos métodos siguientes de calibración: calibración externa mediante el uso de equipos de prueba o autocalibración interna mediante la utilización de un componente adicional en la placa de circuito. El método a elegir por el fabricante implica sopesar el coste inicial de compra de una solución de pruebas (o de actualizar el equipo existente) frente a los costes actuales de material y las restricciones de espacio existentes en la placa de circuitos para el componente interno. En el caso de aquellos fabricantes para los

que el espacio existente en la placa de circuito es esencial y utilizan ya equipos de prueba en su cadena de producción, el método de calibración externa ofrece una solución eficaz y rentable.

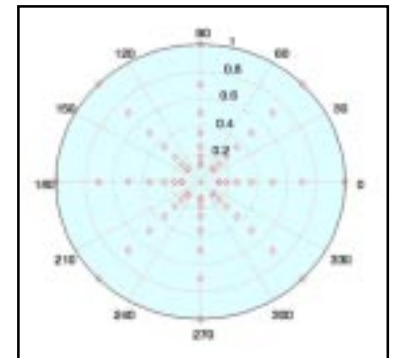
Para efectuar medidas externas de PAVT, los fabricantes requieren un equipo de pruebas que posea velocidad, precisión y, quizá lo más importante, flexibilidad para poder optimizar la implementación de los amplificadores de potencia a medida que el diseño de sus teléfonos evoluciona. Además, necesitan el software patentado del proveedor del chipset que se proporciona bajo licencia mediante un acuerdo contraído con dicho proveedor. El software patentado se utiliza para generar la señal de prueba adecuada desde el teléfono móvil, así como para calcular los factores de calibración resultantes para el amplificador de potencia.

## PAVT: una medida crítica para los sistemas EDGE

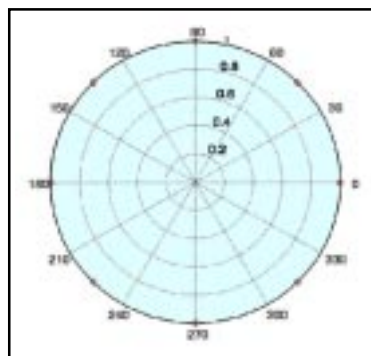
El Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicación (ETSI) ha elegido un formato de modulación de 8PSK para los sistemas basados en tecnología EDGE que permiten la transmisión de datos a alta velocidad. Las especificaciones para la precisión de modulación en los sistemas EDGE constituyen un desafío a la hora de diseñar amplificadores de potencia de tipo vectorial. Tales am-

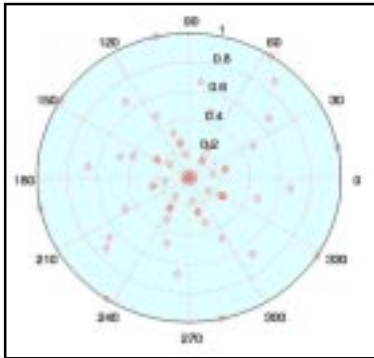
plificadores proporcionan desplazamientos y ganancias variables. Sin embargo, sus alinealidades paramétricas internas pueden producir un módulo del vector error (EVM) importante en la señal de salida.

Para entender la causa del error, considere una señal ideal de 8PSK (figura 1). Los ocho estados de magnitud/fase de la señal de salida se producen en áreas muy definidas en el diagrama de constelación. Estas áreas se encuentran diseminadas a lo largo de un contorno circular y están uniformemente separadas en intervalos  $\pi/4$  (figura 2). Además, cada estado de magnitud/fase se produce a una constante de desviación precisa desde el origen de la fase definido de dicha constelación. En un sistema EDGE, estas áreas se producirían típicamente en múltiplos de números enteros a intervalos de  $3\pi/8$  en relación a los ángulos de referencia de las coordenadas de la constelación.



A continuación, considere los efectos de pasar esta señal ideal a través del ciclo del amplificador de potencia, con su intrínseco comportamiento alineal. El amplificador introduce un desplazamiento de fase en niveles de potencia variables. Este desplazamiento es la ganancia de la potencia. Los cambios en la ganancia de potencia del amplificador pueden evitar que se consiga la potencia de salida deseada. Estos efectos son evidentes en una constelación de tipo 8PSK cuya trayectoria de





fase no sea circular y cuyos estados de fase no estén perfectamente localizados en los puntos previstos. Este fenómeno se conoce como distorsión polar (figura 3).

La medida de PAVT proporciona a los fabricantes de teléfonos móviles los medios de caracterizar las variaciones de magnitud y fase introducidas por el comportamiento alineal de los amplificadores de potencia que funcionan con un amplio rango dinámico. Las variaciones en magnitud, fase y frecuencia de potencia se miden en función de los niveles de salida de potencia variables del dispositivo transmisor. A partir de los resultados obtenidos de las medidas, los fabricantes pueden establecer tablas de datos de control que se utilizan para predistorcionar las señales de control de magnitud y fase que modulan el ciclo final del proceso de amplificación de potencia. Esta técnica proporciona una trayectoria de fase más precisa de la señal de salida modulada.

### Cómo caracterizar el transmisor de RF

Para caracterizar las variaciones de magnitud, fase y frecuencia de un transmisor de RF en función del nivel de salida, sólo se requiere una señal de onda portadora (CW) cuya amplitud pueda controlarse mediante una simple modulación de amplitud de pulso. Una de las ventajas de utilizar una señal de CW es que a medida que las capacidades de los

dispositivos evolucionan, los fabricantes de teléfonos móviles pueden caracterizar el hardware del dispositivo usando una misma técnica, sin tener que preocuparse de proporcionar una señal de prueba única para cada iteración. El primer paso es generar una señal de prueba personalizada que muestre el perfil deseado de la relación entre potencia y tiempo. El paso siguiente consiste en medir (a los intervalos de tiempo definidos) la potencia, fase relativa y frecuencia relativa de la señal de salida del dispositivo. Estas medidas pueden utilizarse después para crear tablas de corrección de datos de control en cualquier formato individual que se adapte al diseño del dispositivo bajo prueba.

Un tipo de señal de prueba apropiado para este procedimiento de calibración deberá poseer un perfil de relación potencia-tiempo que incluya un número de ciclos de potencia individuales (véase la figura 4). El perfil muestra un patrón monotónico por tramos de la relación potencia-tiempo que puede ser personalizado por el fabricante del teléfono móvil para que cumpla unos requisitos específicos. Téngase en cuenta que la monotonía no representa necesariamente un requisito.

El diseño de este perfil incluye elementos que sirven para controlar qué porciones de la forma de onda

son las que se miden. Entre estos elementos se incluyen un evento físico definido que activa la adquisición de muestras de forma de onda por el sistema de medida, una referencia del nivel de potencia, así como puntos localizados e intervalos de tiempo definidos por el usuario para cada una de las porciones establecidas, estables y medibles de cada ciclo de potencia.

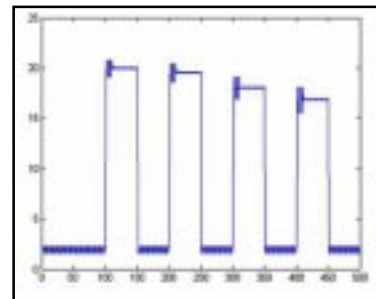


Figura 3. Constelación de 8PSK con distorsión polar.

Figura 5. Forma de onda de la señal de prueba individual por ciclos con características físicas reales.

Una descripción más realista de una ráfaga de potencia típica en una forma de onda de señal de prueba individual por ciclos muestra los comportamientos físicos del hardware en un escenario real. (fig. 5). Observe que es bastante posible que se produzcan sobreoscilaciones y oscilaciones transitorias en las desviaciones máximas de los paquetes de pulsos y que el jitter de fase puede producir errores de medida considerables en las áreas cercanas a los extremos del pulso. Por lo tanto, los fabricantes deben planificar el modo

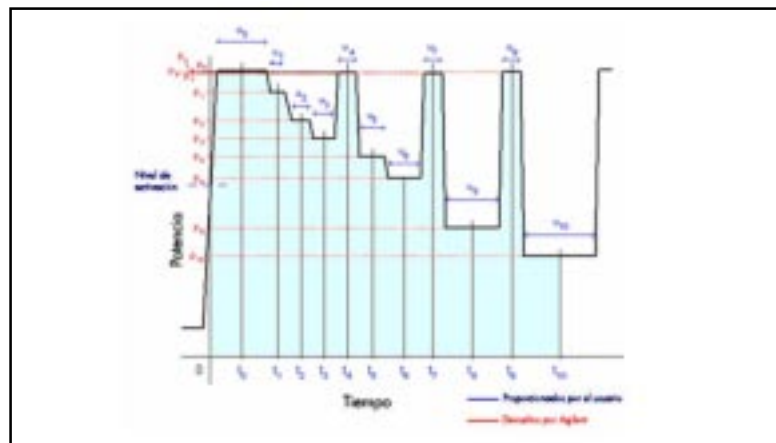


Figura 4. Gráfico generalizado de la forma de onda de la señal de prueba individual por ciclos.

Figura 6. Sistema de medida de PAVT basado en el equipo de pruebas de comunicaciones inalámbricas Agilent 8960.

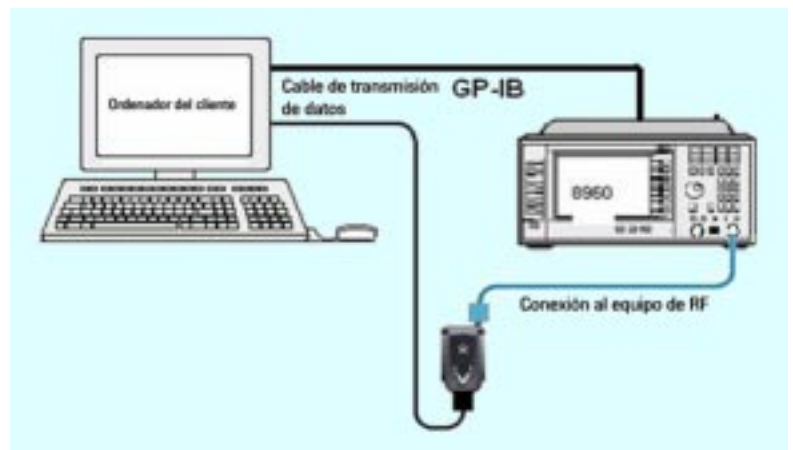
de caracterizar los parámetros de la potencia, fase y frecuencia de cada ciclo de potencia en un intervalo de medida suficientemente localizado y estable.

### Elementos de un sistema de medida de PAVT

El equipo de pruebas utilizado para efectuar medidas de PAVT deberá permitir una configuración de medida flexible en la que los parámetros de una forma de onda de señal de prueba individual por ciclos puedan describirse totalmente y puedan obtenerse fácilmente los resultados de la medida.

Un sistema de medida de PAVT basado en el equipo de pruebas de la serie 8960 de Agilent (fig. 6) funciona sin un enlace directo de comunicaciones entre el equipo de pruebas y el teléfono móvil bajo prueba. La única conexión física establecida entre ambos es desde la salida de RF del teléfono móvil al puerto de E/S de RF del equipo de pruebas. Se utiliza un controlador intermedio para configurar y controlar los parámetros de medida de PAVT en el equipo de pruebas y la transmisión de la forma de onda de la señal de prueba del teléfono móvil.

En este caso, la medida de PAVT impone unos requisitos mínimos con respecto a las características de la forma de onda de la señal de prueba individual por ciclos. El algoritmo de medida espera hasta que el flanco creciente del primer ciclo de potencia en la secuencia active la operación de medida, es decir, que inicie el proceso de muestreo de la forma de onda. El fabricante del teléfono móvil podrá especificar el nivel máximo de potencia que ha de producirse en la forma de onda para configurar así el hardware de medida del equipo de pruebas y obtener un rango dinámico óptimo. Además, el fabricante podrá especificar a qué amplitud relacionada con el



nivel máximo de potencia en la forma de onda deberá producirse la activación. Estos valores se introducen en el equipo de pruebas a modo de parámetros de configuración y controlan el rango de ganancia de la trayectoria de la señal del hardware durante la operación de medida.

El fabricante podrá especificar los intervalos de medida mediante sencillos comandos de programación ejecutados desde una interfaz de usuario remota. Las áreas centrales del tiempo y las anchuras de los intervalos de medida en el registro de muestreo se obtienen a partir de la forma de onda de la señal de prueba. Los intervalos de medida pueden variar en anchura y pueden especificarse en cualquier orden. Los tiempos centrales de los intervalos de medida se refieren a los tiempos en los que se produce la activación del evento, es decir, al tiempo en el que el flanco anterior de la señal transmitida por el móvil pasa por el umbral de activación especificado (activación por Subida de RF).

El sistema de medida aquí ilustrado proporciona dos formatos útiles para los resultados medidos. El formato estándar proporciona los resultados de salida para la potencia relativa, fase relativa y frecuencia relativa a partir de los que el fabricante podrá calcular los factores de corrección adecuados para el teléfono móvil en producción. Un segundo

formato denominado "MUESTRA" proporciona tan sólo los resultados del muestreo filtrados de IF pertenecientes a la forma de onda transmitida por el teléfono móvil. Los muestreos se analizan como componentes ortogonales del vector y se convierten después en coordenadas polares de la amplitud y de la fase del voltaje. Los resultados obtenidos en este formato son útiles a la hora de examinar las características de la forma de onda transmitida por el teléfono móvil, de modo que los fabricantes pueden especificar los intervalos de medida apropiados para efectuar medidas estándar de PAVT.

El sistema de medida de PAVT puede implementarse también en soluciones de prueba para procesos de fabricación automatizada. En este ejemplo basado en la serie 8960 se automatiza el procedimiento de medida utilizando un interfaz de comandos incorporado en el sistema.

En el caso de un sistema de medida de PAVT tan rápido y flexible como éste, los fabricantes podrán efectuar de manera eficaz medidas críticas de PAVT que les ayuden a comercializar lo antes posible sus teléfonos móviles. Además, igualmente importante, contarán con una solución que puede optimizarse para reducir al mínimo el tiempo y los costes de las pruebas, incluso a medida que sus diseños evolucionan y cambian.