

Comprendiendo PIM



Índice

Introducción.....	3
Impedancia Versus linealidad.....	3
Búsqueda de PIM.....	4
Definición de PIM.....	5
IM desde Señales Moduladas.....	7
Ejemplos de Medición de PIM.....	8
Tres o Más Operadores.....	9
PIM Generada por Fuentes Intermitentes.....	9
Causas de PIM.....	10
Consideraciones Mecánicas.....	10
Contacto Metálico.....	11
Efectos de Túnel.....	11
Efecto Tornillo Oxidado.....	11
Sinterización.....	11
Materiales Ferromagnéticos.....	12
Materiales Ferrimagnéticos.....	12
Efectos en la Superficie.....	12
Las Fuentes de PIM y el Tiempo.....	12
Componentes.....	13
Conectores.....	13
Cables.....	14
Antenas.....	15
Corrosión en las Proximidades.....	15
Pararrayos.....	15
Indicios de PIM.....	16
Pruebas de PIM.....	17
Prueba de PIM Reflexiva o Inversa.....	17
Prueba de PIM directa.....	18
Niveles de Potencia.....	19
Señales de Prueba de Barrido.....	20
Vibración.....	20
Límites de PIM.....	21
Localización de PIM.....	21
Como evitar PIM: Prácticas Recomendadas.....	22
Inspección.....	22
Limpieza.....	22
Torque.....	23
Resumen.....	24
PIM Master - El Mejor Comprobador de PIM.....	25

Esta guía está diseñada para instruir al lector acerca de la Intermodulación Pasiva (PIM). En ella se explicará su definición y repercusión en los sistemas celulares, así como la forma en que el contratista, el ingeniero o el técnico de campo pueden comprobar su presencia.

Introducción

La PIM es un problema cada vez mayor para los operadores de redes celulares. Los problemas de PIM pueden ocurrir debido a la antigüedad de los equipos existentes, a la colocalización de nuevos operadores, o a la instalación nuevos equipos. La PIM se transforma en un problema, en especial, cuando se superponen (diplexan) compañías nuevas en tendidos de antena viejos.

La PIM puede causar interferencias que reducen la sensibilidad de recepción de los celulares e incluso puede bloquear las llamadas. Esta interferencia puede afectar tanto al celular que la origina, así como a otros receptores cercanos. La PIM se origina a raíz de una potencia transmisora alta, por lo que deben realizarse pruebas de campo en los niveles de potencia originales del transmisor o por encima de estos, para asegurarse de que la prueba revele cualquier problema de PIM.

La PIM es un problema grave para los operadores de telefonía celular que desean maximizar la confiabilidad de sus redes, la velocidad de datos, la capacidad y la rentabilidad de la inversión. Vale la pena señalar que las pruebas de PIM no sustituyen los barridos de línea basados en impedancia, sino que complementan el barrido de líneas, lo que es ahora más importante que nunca.

Las comunicaciones de datos digitales de alta velocidad transforman a las pruebas de PIM en algo fundamental. Debido a que el uso y la producción de celulares crecen, el pico de potencia que producen las nuevas modulaciones digitales aumenta considerablemente, contribuyendo en gran medida a los problemas de PIM. Los experimentos de campo han demostrado una disminución significativa en la velocidad de descarga, vinculada con leves incrementos de PIM. Las pruebas realizadas a los equipos han revelado una disminución de aproximadamente el 18 % en la velocidad de descarga cuando el nivel de PIM residual se incrementó de -125 dBm a -105 dBm. Esta última cifra se considera satisfactoria.

Impedancia Versus Linealidad

La prueba de PIM es una medición de la linealidad del sistema, mientras que, la medición de la Pérdida de Retorno se ocupa de los cambios de impedancia. Es importante recordar que se trata de dos pruebas independientes, las cuales constan de parámetros que, en su mayoría, no están relacionados y que prueban condiciones de rendimiento opuestas, dentro de un sistema celular.

Existe la posibilidad de que una prueba de PIM de resultado satisfactorio y la de Pérdida de Retorno un resultado de falla, o que la de PIM de resultado de falla y la de Pérdida de Retorno de resultado satisfactorio. Básicamente, la prueba de PIM no detectará una Pérdida de Inserción alta y la de Pérdida de Retorno no detectará una PIM alta. Tanto los barridos de línea como las pruebas de PIM son importantes.

Ciertas averías en los cables se detectan mejor con una prueba de PIM. Por ejemplo, si una línea de alimentación de antena tiene un conector con virutas de metal sueltas en su interior, es muy probable que no pase la prueba de PIM, pero que sí pase la de barrido de línea. El tendido de antenas seguramente presente características casi ideales de impedancia, pero la presencia y el rebote de las escamas metálicas hará que la prueba de PIM falle. También es un indicio de que el conector no se ajustó correctamente.

Otra posible causa de fallas de las pruebas de PIM son los cables de RF trenzados. Estos cables pasarán a la perfección la prueba de Pérdida de Retorno o la prueba de ROE, pero por lo general presentan sólo un rendimiento de PIM promedio. El conductor externo trenzado puede actuar como cientos de conexiones sueltas de comportamiento deficiente durante las pruebas de PIM, especialmente a medida que aumenta su antigüedad. Para instalaciones permanentes, no se recomiendan los cables trenzados.

Los cables de precisión para pruebas de PIM baja están disponibles para la compra y funcionan bien, aunque son muy costosos.

Ciertas averías en los cables se detectan mejor con una prueba de ROE o de Pérdida de Retorno. Un buen ejemplo es un cable de alimentación principal mellado o apretado, el cual presentará un desajuste de impedancia en el lugar dañado pero puede seguir siendo lineal. Las pruebas de Pérdida de Retorno detectarán rápidamente este tipo de daños, sin embargo, esto no podrá hacerse con las pruebas de PIM.

Con la llegada de las técnicas de modulación de Amplitud de Banda Ancha, como W-CDMA, y de las tecnologías OFDM tales como LTE y WiMAX, se ha vuelto esencial realizar pruebas tanto de los parámetros de PIM como de los de impedancia, de forma correcta y precisa.

Búsqueda de PIM

La PIM reduce la confiabilidad, capacidad y velocidad de datos de los sistemas celulares. Esto sucede debido a que limita la sensibilidad del receptor. Antes, los ingenieros de RF podían seleccionar canales de frecuencia que no produjeran PIM en las bandas de recepción deseadas. Sin embargo, debido al creciente uso de celulares, el espectro autorizado se saturó. Los ingenieros deben a menudo seleccionar frecuencias de operadores de RF menos convenientes y aceptar que probablemente tengan problemas de PIM. Para agravar aún más este problema, los sistemas de antenas y la infraestructura existente están sufriendo el paso del tiempo, por lo que toda PIM que ocurra, es aún más fuerte.

Cuando los productos de PIM caen dentro de la banda de recepción de una radio en el emplazamiento de célula, causan que el receptor sea menos sensible a las señales débiles y limita la cobertura de recepción. Esto aumenta la tasa de error de bit (BER) y provoca un incremento en la cantidad de llamadas interrumpidas. Si la conexión es para datos, la interferencia causada por la PIM origina más bits de protección de error y reenvíos, lo que produce una tasa total de datos menor. En algunos casos, la PIM puede incluso provocar el bloqueo del receptor y, por consiguiente, el sector deja de funcionar.

Los indicios de problemas de PIM incluyen el desbalance del ruido de fondo en la recepción diversificada y los ruidos de fondo elevados. Otros indicios pueden ser una menor duración de la llamada promedio, mayor cantidad de llamadas interrumpidas, tasas menores de tráfico de datos y menor volumen de llamadas.

Los problemas de PIM no resueltos pueden provocar que la estación transeptora base (BTS) asuma la existencia de un cierto nivel de ruido en la Rx durante los periodos de calibración, lo cual lleva a que se utilicen las cifras brutas de potencia de Tx y ganancia de Rx. Estas cifras se trasladan a los períodos de tráfico intenso y entonces la BTS muestra un desempeño estadístico deficiente. Cualquier aumento del ruido de fondo en la entrada del receptor provoca una disminución en el rango dinámico de ese receptor. Si la sensibilidad de Rx es -107 dBm, pero el ruido de fondo real es -97 dBm, se deberá finalizar la llamada o conexión o deberá transferirse a otro emplazamiento/sector 10 dB antes de lo que el sistema, según su diseño, normalmente la transferiría. Si 1 dB en el nivel de Rx fuera igual a 0,8 Km (0,5 millas), esta conexión se transferiría 8 Km (5 millas) antes, en términos de distancia. Los sectores que no siempre tengan bastante margen entre emplazamientos terminarán con zonas muertas donde se perderá la llamada. Una prueba de PIM y la corrección de los fallos restaurarán el rendimiento original necesario.

Definición de PIM

La PIM es una forma de distorsión de la intermodulación que ocurre en componentes considerados, por lo general lineales, tales como cables, conectores y antenas. Sin embargo, cuando se los somete a las potencias de RF altas de los sistemas celulares, estos dispositivos pueden generar señales de intermodulación a -80 dBm o más.

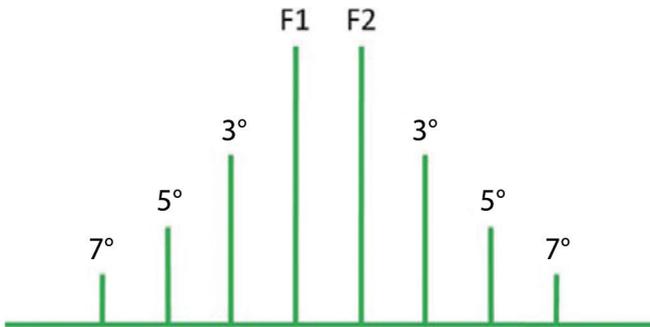


Gráfico 1: Operadores F1 y F2 con productos de 3er a 7.ºorden

Las señales de intermodulación se generan tarde en la trayectoria de la señal, no pueden filtrarse y pueden causar más daño que los productos de IM de componentes activos más potentes pero filtrados.

Una prueba de PIM en el emplazamiento es una medida integral de linealidad y calidad de la construcción.

La PIM se presenta como un conjunto de señales no deseadas, originadas por la combinación de dos o más señales de RF potentes en un dispositivo no lineal, como un conector suelto o corroído, o por la presencia de óxido. Otros nombres que se le da a la PIM son: efecto de diodo y efecto tornillo oxidado

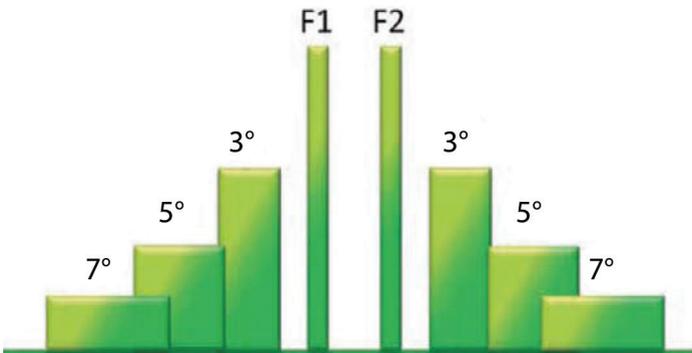


Gráfico 2: El ancho de banda de la PIM aumenta con el orden del producto

Estas dos fórmulas pueden predecir frecuencias de PIM para dos operadores:

$$nF1 - mF2 \quad \text{Ecuación 1}$$

$$nF2 - mF1 \quad \text{Ecuación 2}$$

F1 y F2 son frecuencias de operadores y las constantes n y m son enteros positivos.

En lo que se refiere a los productos de PIM, la suma de $n + m$ se llama orden del producto, entonces, si m es 2 y n es 1, el resultado hace referencia a un producto de tercer orden (Gráfico 1). Por lo general, el producto de tercer orden es el más potente, por lo que causa el mayor daño, seguido por los productos de quinto y séptimo orden. Dado que la amplitud de PIM se hace menor a medida que el orden aumenta, los productos de mayor orden suelen no ser lo suficientemente potentes como para causar problemas de frecuencia directos, pero, por lo general, contribuyen a aumentar el nivel de ruido de fondo (Gráfico 2).

Es poco probable que un producto de 3er orden caiga directamente en una banda de recepción celular designada. Es muy probable que la energía de otras transmisiones externas se mezclen dentro de la línea de transmisión no lineal, causando muchos niveles de PIM más pequeños que se mezclan una y otra vez. Esto da como resultado un nivel de ruido de banda ancha mayor que, por lo general, se extiende a todo el espectro de operadores autorizados. Una vez que este ruido de fondo aumentado atraviesa la banda de Rx, entonces tiene una puerta abierta (y a veces obtiene ganancia a través de un LNA) en la BTS.

IM desde Señales Moduladas

Debido a que un comprobador de PIM podría originar señales de Onda Continua (CW), los productos de intermodulación para este tipo de señales se presentan como productos de Onda Continua de una sola frecuencia. Cuando se detecta PIM originada a partir de operadores modulados, el tipo de fallo que podría encontrarse en las señales en vivo, es importante saber que la intermodulación originada a partir de Señales Moduladas necesita más ancho de banda que las fundamentales. Por ejemplo, si ambas fundamentales son de 1 MHz de ancho, el producto de tercer orden tendrá un ancho de banda de 3 MHz, el producto de quinto orden, un ancho de banda de 5 MHz, y así sucesivamente. Los productos de PIM son de banda muy ancha y cubren amplias franjas de frecuencia.

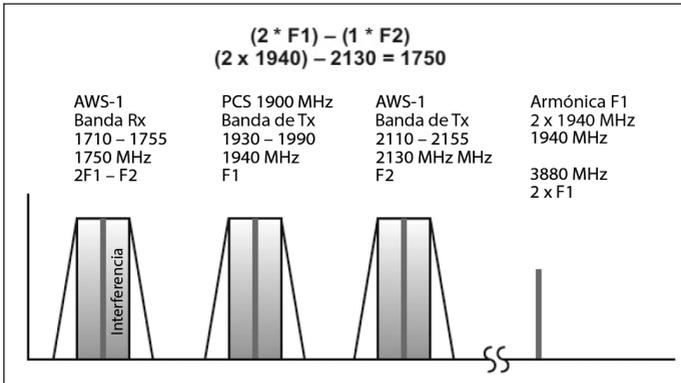


Gráfico 3: PIM generadora de pérdida de sensibilidad del receptor a 1750 MHz

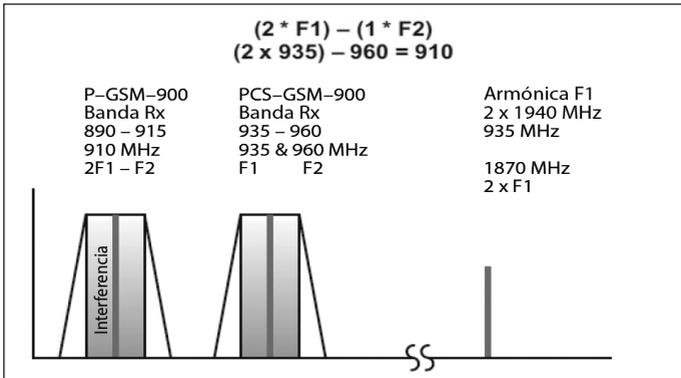


Gráfico 4: PIM generadora de pérdida de sensibilidad del receptor a 910 MHz

Con la superposición de las señales de Amplio Espectro dentro de la infraestructura del emplazamiento actual, el acoplamiento de una transmisión UMTS de 3 canales con un LTE de 10 MHz (¡suponiendo que son 10 MHz y no 20 MHz!) ocasionado por un problema de linealidad del sistema de transmisión sería un desastre. En teoría, esto podría originar un producto de 3er orden con un ancho de banda superior a los 30 MHz, sin incorporar ninguno de los efectos que presentarían los de 5º y 7º orden. Este sería un experimento interesante de documentar, ya que probablemente se presenten problemas de ruido con 100 MHz.

Ejemplos de Medición de PIM

Aquí tenemos dos ejemplos de PIM; uno de la banda de 900 MHz y uno de la banda PCS/AWS. En el primer ejemplo, 1.750 MHz es uno de los productos de tercer orden

y cae dentro de la banda de recepción de la estación base AWS-1. Si una señal PCS de 1940 MHz y una señal AWS de 2130 MHz se encuentran físicamente cerca una de otra, o incluso comparten la misma antena, cualquier corrosión u otro efecto no lineal generará un producto de Intermodulación Pasiva de tercer orden de 1750 MHz, el cual puede causar la pérdida de sensibilidad de recepción o un bloqueo (Gráfico 3). Cabe mencionar que los productos de PIM pueden causar problemas aun cuando no caigan directamente en el canal de enlace ascendente. Basta con que caigan dentro del prefiltro del receptor, que es normalmente tan ancho como el ancho de banda de la red del operador autorizado.

Un ejemplo de PIM de la banda de 900 MHz, la cual se utiliza mucho, asume dos operadores de GSM; uno de 935 MHz, y el otro de 960 MHz. En este caso, el producto de tercer orden de 910 MHz está en la banda de recepción de la estación base (Gráfico 4).

Tres o Más Operadores

Las mediciones hasta el momento se han hecho asumiendo que hay solo dos operadores presentes. Ese no es siempre el caso en el mundo real. En la estación base, hay que tener en cuenta no sólo las compañías dentro de un sistema de antena, sino también las señales más potentes de los transmisores cercanos. Las señales pueden retroalimentarse dentro de un sistema de antena, encontrar dispositivos no lineales, mezclarse con otros operadores y originar PIM. Este problema se agrava rápidamente cuando se utilizan plataformas de modulación de alta complejidad; algo que ya es muy evidente en el campo celular, incluso cuando se utilizan anchos de banda relativamente estrechos.

Cuando hay tres o más operadores involucrados, las mediciones se vuelven inmediatamente complejas. Existen programas y hojas de cálculo disponibles en línea para ayudar con esta tarea. Una alternativa rápida, de ser posible, es apagar los transmisores de a uno por vez para averiguar qué operadores y tendidos de antena están contribuyendo a la generación de PIM. Esto puede simplificar mucho las mediciones y la tarea de identificación de problemas.

PIM Generada por Fuentes Intermitentes

Un efecto similar a la PIM puede originarse debido a la descomposición periódica de una película aislante entre las superficies de acoplamiento del conector. La corrosión o los depósitos exógenos y sus efectos pueden provocar que, con el tiempo, aparezca esta película aislante. La interferencia que causa este mecanismo es de naturaleza intermitente y proviene de una banda ancha y puede producirse de manera poco frecuente hasta dos o tres veces por segundo. Este efecto se produce debido a la formación de micro arcos eléctricos o a la sinterización y se puede detectar con pruebas de PIM.

Causas de PIM

La PIM proviene de dos o más señales fuertes y una unión no lineal. Las señales fuertes normalmente proceden de transmisores que comparten un tendido de antenas, transmisores que utilizan antenas adyacentes o torres cercanas con patrones de antena en conflicto. Las conexiones de RF dañadas o con torque deficiente, la contaminación, los quiebres por fatiga, las soldaduras en frío y la corrosión pueden originar uniones no lineales.

Dado que la unión no lineal puede estar fuera del equipo celular, la eliminación de la PIM por medio del filtrado puede no ser posible. A menudo, es necesario identificar y eliminar la causa raíz del problema.

Conectores dañados, cables, duplexores, circuladores y antenas, todos ellos pueden contener componentes no lineales. Además, los objetos corroídos que se encuentren próximos, tales como cercas, techos de granero o pernos oxidados pueden causar PIM si las señales que les llegan son lo suficientemente fuertes (Gráfico 5). Este efecto es tan común que incluso tiene su propio nombre: el "Efecto Tornillo Oxidado." Existen algunos lugares en donde buscar uniones no lineales.

Consideraciones Mecánicas

Un contacto eléctrico nunca es plano o liso en la escala microscópica. Esto significa que el área de contacto no es el área aparente, ni siquiera la zona de soporte de carga, sino una serie de pequeñas áreas o puntos, dentro de la zona de soporte de carga (Gráfico 6). El tamaño y la cantidad de puntos depende de la geometría de la superficie de contacto, la dureza del metal y la presión que se le aplica al contacto.

El revestimiento de la superficie de contacto, como el oro o la plata, afecta el tamaño de los puntos de contacto, así como lo hacen contaminantes como la oxidación, los hidrocarburos, el polvo, los restos de fundente de soldadura, o los residuos de fábrica que quedan en el contacto.



Gráfico 5:
Oxido cerca del transmisor

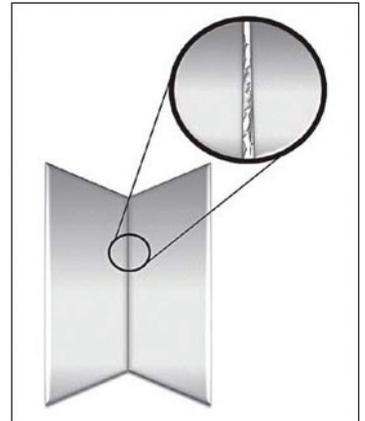


Gráfico 6: Superficies de contacto eléctrico de 7/16 DIN ampliadas.

Vacío, una película fina, o una película gruesa pueden separar las áreas que no están en contacto. Las áreas metálicas y con una película delgada admiten el flujo de corriente, pero por diferentes medios. En los puntos metálicos, el flujo de corriente depende de la conductividad; sin embargo, en las zonas con película fina, el flujo de corriente se produce a través del efecto de túnel. Las zonas con película gruesa pueden actuar como aislantes, conductoras o pueden también correr el riesgo de sufrir averías eléctricas a un determinado voltaje.

Contacto Metálico

Dado que la corriente debe fluir a través de estos estrechos puntos conductores, se genera resistencia adicional, llamada resistencia constrictiva. La resistencia constrictiva se mide normalmente en miliohmios. La no linealidad de la resistencia a la constricción es una posible explicación para que haya PIM. La no linealidad es causada por la corriente que calienta el contacto y, a su vez, cambia la resistencia. Este cambio en la resistencia es un efecto menor y varía al cambiar la corriente que atraviesa el área de contacto.

Efectos de Túnel

La superficie de la mayoría de los metales está cubierta con una capa delgada de óxido, lo que puede generar una barrera entre las dos placas de los conectores. Cuando los electrones tienen la energía suficiente para saltar por encima de esa barrera, el fenómeno se conoce como el efecto Schottky. Si los electrones tienen una energía inferior, atraviesan la barrera con cierta probabilidad. El efecto túnel se puede medir solo en películas más delgadas que 100 Angstroms.

Efecto Tornillo Oxidado

Cuando la capa de óxido es lo suficientemente porosa, el efecto túnel no se detiene en 100 Angstroms. La corrosión generada por la humedad elevada tiene un efecto notable sobre el acero y el hierro y crea una muy fuerte distorsión de la PIM cuando las estructuras metálicas oxidadas se encuentran en la trayectoria de la señal, o en las proximidades de las señales fuertes del transmisor. Se ha sugerido que la PIM se genera debido al óxido semiconductor del metal corroído. Sin embargo, los resultados experimentales indican que la principal causa podría ser las pequeñas áreas de contacto flojas, en lugar de las áreas de unión corroídas.

Sinterización

La sinterización ocurre cuando pequeños voltajes rompen la capa gruesa de suciedad o contaminación. La sinterización A origina nuevos puntos de contacto, mientras que la sinterización B agranda los puntos de contacto existentes. La sinterización produce una transferencia permanente de metal entre las dos superficies. La sinterización, o su primo cercano, el micro arco eléctrico, puede presentarse en la forma de interferencias de banda ancha una vez cada dos o tres segundos.

Materiales Ferromagnéticos

Los materiales como el hierro, el níquel, el cobalto, algunas aleaciones de magnesio, el aluminio y el cobre son ferromagnéticos. Los materiales ferromagnéticos contribuyen significativamente a la generación de PIM y no deben utilizarse en sistemas celulares. Si están cerca de fuentes significativas de RF, pueden generar cantidades enormes de PIM.

Materiales Ferrimagnéticos

Los materiales ferrimagnéticos (ferritas) son ampliamente utilizados en los componentes para microondas, como por ejemplo aisladores, circuladores, resonadores, y desplazadores de fase. Estos dispositivos pueden optimizarse para generar una PIM baja, pero incluso entonces pueden producir más PIM que otros componentes pasivos en un sistema de antena. No se conoce bien el mecanismo por medio del cual producen PIM y, al parecer, existen dispositivos idénticos que pueden producir distintos niveles de PIM.

Durante muchos años (alrededor de una década), la prueba de PIM ha sido la prueba de calidad estándar de la industria para la detección de componentes de ferrita agrietados dentro de un aislador o circulador.

Efectos en la Superficie

La abrasión o la contaminación de una superficie conductora puede causar PIM si la densidad de la corriente es lo suficientemente alta. En un experimento, se desgastó perpendicularmente su eje longitudinal un conductor central de cobre de 1 mm. Con señales de aproximadamente 1,5 GHz y 44 dBm, se detectó un aumento de los 13 a los 22 dB. En condiciones similares, luego de limpiar el fundente de soldadura en el extremo del cable, se redujo la PIM en 10 dB.

Las Fuentes de PIM y el Tiempo

Las fuentes de PIM a menudo varían con el tiempo. Los cambios pueden ser pequeños o grandes. Se sospecha en especial de los contactos flojos cuando la PIM varía eventualmente. Esto ha sido atribuido a los efectos que el tiempo, la humedad y la temperatura ejercen sobre contaminantes tales como el polvo, las películas y la sinterización. El movimiento relativo de las superficies de contacto debido a las vibraciones y a la temperatura también hacen que las fuentes de PIM varíen con el tiempo.

Si se instalan correctamente, los componentes que se utilizan en los sistemas celulares modernos están diseñados para soportar una cantidad importante de vibración y de variación extrema de la temperatura. Las pruebas “dinámicas” de PIM, pruebas durante las que se aplica cierta clase de “movimiento”, emulan el estrés ambiental y ayudan a identificar las conexiones flojas que pueden llegar a generar altos niveles de ruido si no se ajustan.

Componentes

Los componentes del sistema de antena comprenden conectores, cables, antenas, circuladores, duplexores, diplexores y otros componentes diseñados para enviar la señal de radio. Cada uno de estos componentes tiene su forma propia y particular de generar PIM. Algunos de los componentes más comunes que pueden causar PIM son:

Conectores

Los conectores del tendido de antenas son los primeros sospechosos en la búsqueda de PIM. Los conectores son una causa probable de PIM y están sujetos a una serie de problemas. En primer lugar, si hay pequeñas separaciones entre las superficies de contacto, se puede formar una "barrera potencial de voltaje", que da lugar ya sea al efecto túnel del electrón (efecto de diodo) o a los arcos eléctricos microscópicos. Cualquiera de ellos generará PIM en presencia de señales fuertes.

Los daños causados por un ajuste excesivo, presión de contacto insuficiente, superficies de contacto deformadas, material exógeno en las superficies de contacto, o corrosión pueden producir pequeñas grietas. Además, la corrosión puede originar cristales, que también tienen un efecto no lineal sobre las señales de RF. La corrosión es un problema concreto en las zonas costeras, donde son frecuentes la humedad y el aire salino. En este caso, los conectores deben limpiarse regularmente.

Si bien no es un problema común en el caso de los conectores diseñados para el servicio celular, cabe destacar que los fabricantes producen conectores de PIM baja con materiales no ferrosos. Los materiales ferrosos tienen un efecto no lineal cuando se utilizan con señales de RF. Por ejemplo, el acero inoxidable puede añadirle de 10 a 20 dB de PIM a la señal. Los conectores niquelados, o chapados en oro sobre níquel, pueden añadirle de 20 a 40 dB de PIM a la señal. Los conectores fabricados para uso celular son no ferrosos y están chapados con revestimientos tales como la plata, el bronce blanco y el oro.

Si se cortara el cable en el momento de la instalación, podrían originarse partículas de metal o residuos. Si algunas de estas partículas quedan en el cable, o entran en el conector terminado, pueden causar PIM cuando toquen una superficie conductora de corriente. Los contaminantes pueden ser una fuente de PIM intermitente si los cables se doblan a causa de la temperatura o el viento.

La profundidad del conductor central es importante. Si se coloca demasiado atrás, el contacto resultante será deficiente y podría causar PIM en condiciones de uso de alta potencia. Si sobresale demasiado, puede causar daño físico cuando se conecte. Este daño puede provocar grietas la próxima vez que se conecte.



Figura 7: Conector DIN 7/16

Una forma de hacerle frente a este problema es utilizar herramientas de engrapado para establecer la profundidad de la clavija central de manera apropiada. Si la profundidad de la clavija se vuelve un problema frecuente, existen dispositivos de calibración especiales para medir la profundidad de la clavija central.

Cabe señalar que el conector de 7/16 DIN fue diseñado específicamente para contrarrestar los problemas de PIM (Gráfico 8-7). El conector tipo N, aunque es un muy buen conector, fue diseñado originalmente en los años 40, cuando los sistemas de comunicaciones de operadores múltiples con receptores de alta sensibilidad no eran comunes. El mayor problema con los conectores de tipo N es que el conductor macho externo tiene una superficie total muy pequeña. Cualquier tipo de daño en esta superficie hace imposible acoplarlo o calibrarlo de manera adecuada.

La limpieza cuidadosa, el ensamblaje adecuado, un buen envoltorio protector y el torque adecuado del conector son las mejores soluciones para evitar la PIM que provocan los conectores. El utillaje debe mantenerse limpio, afilado y regulado. Lamentablemente, el primer impulso cuando se identifica una mala conexión es ajustar de más los componentes, que casi siempre se dañan por deformación.

Cables

Los cables normalmente no causan PIM, pero los cables mal terminados o dañados sí pueden ocasionar problemas. Hay que tener cuidado con los cables con costura en el blindaje. A medida que pasa el tiempo, la costura puede corroerse y causar PIM. El conductor central del cable también puede tener defectos, ya que el chapado de cobre no siempre se adhiere bien al núcleo de aluminio. El cobre puede desprenderse si tiene defectos de fábrica, generando partículas metálicas y malas conexiones que podrían crear PIM intermitente.

Los cables pueden cambiar su estructura física según cambie la temperatura. Por ejemplo, la exposición al sol puede dañar los cables y así cambiar su longitud eléctrica. Cuando hace frío, un cable que tiene la longitud correcta necesaria para anular la PIM puede originar una PIM fuerte después de que su longitud haya cambiado en un día caluroso, o, puede darse el caso contrario, que funcione bien cuando hace calor y mal cuando hace frío. Además, el cambio físico de longitud puede transformar una conexión buena en mala y generar PIM también. Por último, el agua en el cableado no es beneficiosa cuando se quiere reducir la PIM

Cuando pruebe un cable para corroborar la estabilidad de la PIM, sostenga el cable a 30,5 cm (12 pulgadas) del conector en cuestión y gírelo aproximadamente 2,5 cm (1 pulgada) fuera de su eje natural. Esto suele ser suficiente para descubrir problemas relacionados con la calidad de terminación.

Antenas

Las antenas son una parte fundamental de cualquier sistema de transmisión. Toman toda la potencia de la señal, o señales, y si originaran PIM, esta se transmitiría junto con el resto de la señal. Si también se utilizara para recibir, la PIM ya se encuentra en el conductor, sin haber perdido transmisión, lista para causar daño a la recepción.

Las antenas están sujetas a roturas por fatiga, debido a las juntas de soldadura en frío y por corrosión. Debido a la naturaleza mecánica de la generación de PIM, los organismos de normalización recomiendan darle golpecitos a la antena durante la prueba para determinar si se crean picos de PIM. Las antenas también se pueden probar en el suelo, antes de instalarlas, lo cual es muy recomendable. Se debe actuar con cuidado, ya que la antena estará irradiando altos niveles de RF y estos son particularmente susceptibles a la interferencia externa de los campos cercanos, lo cual puede dar lugar a una falla falsa. Esta prueba puede ser muy difícil de realizar en el campo, por lo tanto, sería una buena idea apartar la primera antena sin fallas y volver a probarla de manera periódica, para asegurarse de que el entorno o la configuración de la prueba no han cambiado. Cualquier dispositivo que pase la prueba puede tener una falla, la cual puede confirmarse apuntando la antena hacia un cerco, un contenedor de basura o cualquier otra estructura metálica de tamaño considerable, ya que estos generan siempre una fuente de PIM externa. De esta manera, el resultado se puede medir en un espacio de prueba para confirmar que, de haber una condición defectuosa, la misma sería detectada.

Corrosión en las Proximidades

Toda corrosión cercana puede generar PIM. Deben detectarse las cercas oxidadas, los techos oxidados, los tornillos oxidados en las torres y así sucesivamente (Gráfico 8).

Si se mantiene el óxido lejos de la torre, mejorará la fiabilidad y permitirá que el personal de mantenimiento pueda estar más tranquilo.

Pararrayos

Aunque los pararrayos no causan PIM deliberadamente, son una fuente de micro arcos eléctricos. A medida que se vuelven viejos, el voltaje de ruptura de los pararrayos se torna más bajo, hasta que los picos de potencia de RF, finalmente, pueden hacer que estos originen arcos eléctricos, muy similares a los micro arcos de la antena o del conector. Si uno de los conectores se daña, puede generar PIM de la forma tradicional. Estos productos han sufrido increíbles aumentos en su costo de fabricación y son un buen ejemplo de los artículos que ya no se fabrican con la misma calidad que antes.

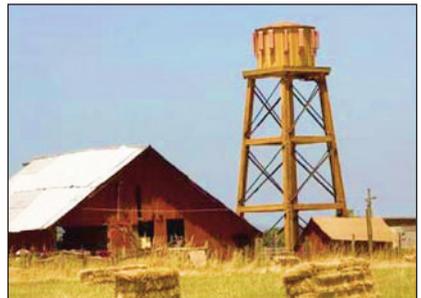


Figura 8

Indicios de PIM

La PIM a menudo se presenta en la forma de estadísticas deficientes del sector afectado (Gráfico 9). Uno de los primeros indicadores, y más exactos, de PIM se puede ver en células con dos trayectorias de recepción. Si el ruido de fondo no es igual en las dos trayectorias, la causa es probablemente la PIM generada dentro de la trayectoria ruidosa de recepción. Los operadores llaman a esta condición “Des-balance del Ruido de Fondo en la Recepción Diversificada”. Es en especial probable que la trayectoria compartida con el transmisor, Rx 0 en este caso, sea la ruidosa, ya que esa trayectoria normalmente tiene la potencia suficiente y sólo necesita incorporar algún dispositivo no lineal o unión.

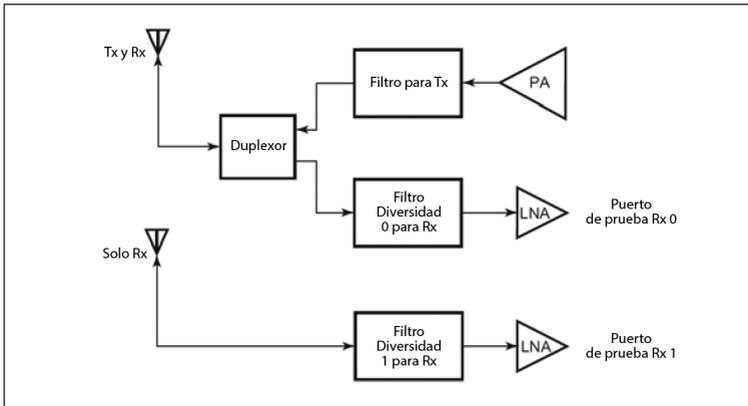


Gráfico 9: Sector sistema de antena con puertos de prueba de Rx

El ruido de fondo elevado en ambas trayectorias de recepción se debe probablemente a algún elemento externo al sistema de antena, como tornillos oxidados o interferencia de una fuente externa. En ambos casos, es conveniente ir al emplazamiento de célula para analizar la causa. Otros indicadores de PIM incluyen llamadas más cortas, una tasa más elevada de llamadas interrumpidas y un menor volumen de llamadas.

Otro indicador probable de PIM es un emplazamiento que tiene problemas de rendimiento frecuentes durante las horas pico de tráfico, pero cuando el técnico investiga, no encuentra ninguna falla real. Luego de reiniciar o calibrar el sector, toma algún tiempo obtener los datos de rendimiento y la falla no se hace evidente hasta que el sector comienza nuevamente a administrar una cierta cantidad de tráfico, por lo general al día siguiente.

Es común escuchar acerca de emplazamientos que han tenido problemas de rendimiento durante más de 12 meses y, después de varias visitas al lugar, tareas de mantenimiento realizadas en la torre y una gran inversión de tiempo y dinero, el técnico determina por medio de una prueba de PIM que simplemente un conector tenía una contratuerca floja en un cable puente.

Si un emplazamiento de célula presenta un mal rendimiento cuando existen condiciones secas pero mejora considerablemente cuando una tormenta atraviesa la región, el técnico debe inspeccionar inmediatamente los alrededores en busca de elementos que tengan montajes oxidados, como los conductos de aire acondicionado.

Esta falla es muy común y a menudo se detecta en emplazamientos ubicados en las azoteas de zonas densamente pobladas.

Pruebas de PIM

Muchos componentes diferentes que se encuentren en un sistema de antenas y cerca de él pueden generar PIM. La suposición habitual en la industria es que deben probarse los montajes de las antenas. Evidentemente, la PIM puede ser un problema para los sistemas de antenas celulares y deben hacerse algunas pruebas. A modo orientativo, los problemas de PIM aparecen con mayor frecuencia durante la instalación inicial, cuando las antenas son viejas, o al incorporar nuevos operadores a sistemas de antena viejos. Las pruebas de PIM son la única forma confiable de entender el modo en que un sistema de antena responde a señales de RF múltiples de alta potencia.

Las pruebas de PIM son muy comunes y las han realizado la mayoría de los fabricantes de equipamiento más importantes durante los últimos 10 años. Hasta hace poco, las pruebas en el emplazamiento no eran frecuentes. Las mismas comenzaron debido a los avances de la tecnología en la comunicación celular.

Los Fabricantes de Equipos Originales (OEM) como Nokia y Alcatel-Lucent, por ejemplo, han utilizado las pruebas de PIM durante años, a 2 x 46 dBm, como una herramienta de calidad. Todas las empresas que proveen productos instalados dentro de una estación base deben cumplir con las estrictas cifras de rendimiento en relación con la PIM.

Prueba de PIM Reflexiva o Inversa

La prueba reflexiva, o inversa, de PIM es el tipo de prueba de PIM que más se utiliza. Esta prueba envía dos señales a una antena y utiliza el mismo puerto de prueba para capturar y medir cualquier PIM. Los comprobadores de PIM destinados al uso en campo son normalmente reflexivos. Sin embargo, los resultados de las pruebas de PIM reflexivas se ven afectados por la longitud eléctrica del cable de antena (Gráfico 10). La ondas reflexivas pueden añadir, o incluso cancelar. Debido a esto, las pruebas de PIM inversas realizadas con frecuencias fijas pueden ser inexactas. Las pruebas de PIM inversas o reflexivas deberían realizarse al tiempo que se barre una de las frecuencias, para evitar la cancelación involuntaria de la señal de error parcial. Otra opción es cambiar una de las frecuencias de prueba, para ver la forma en la que varía el resultado. Las estaciones base y otros transmisores de radio se analizan comúnmente con una prueba de PIM inversa, ya que a veces el uso de un comprobador de PIM directo no es práctico.

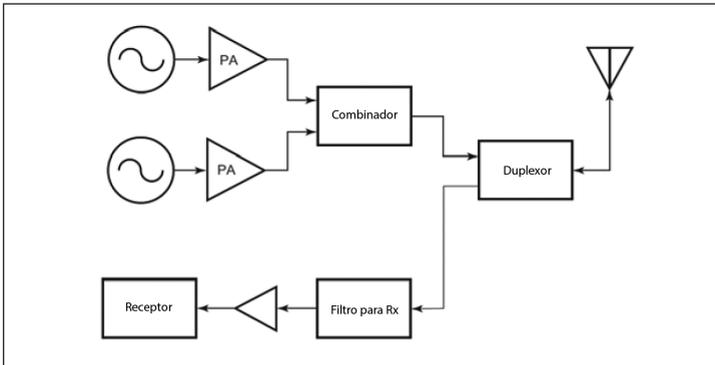


Gráfico 10: Diagrama de bloques del Comprobador de PIM Reflexivo

Prueba de PIM directa

La prueba de PIM directa se puede realizar de dos maneras: utilizando sistemas de filtros en la salida del dispositivo bajo prueba (DUT) o mediante el uso de una antena externa de medición de propagación de señales, por ejemplo, una antena en una cámara anecoica. Una prueba directa con sistema de filtros simplemente utiliza un duplexor o un triplexor en la salida para separar las señales de nivel alto de la señal de PIM, que es de nivel bajo.

También es sencillo hacerlo utilizando un atenuador y un acoplador de PIM baja para extraer la frecuencia de PIM antes de detener las señales principales. En ambos casos, es necesario un filtro de alto rechazo de frecuencias de prueba. También es importante tener en cuenta con exactitud la pérdida total. Una prueba espalda con espalda (sin un DUT en la línea) indicará el nivel de PIM residual de los sistemas de prueba.

Las pruebas directas de PIM con antenas implica la medición de la señal transmitida a través del sistema de antena que está bajo prueba. Esto requiere una antena receptora externa y un analizador de espectro. Por razones prácticas, los sistemas de antena instalados rara vez se prueban con el método de prueba de PIM directo, aunque sí se lo puede utilizar con los componentes individuales del sistema de antena. En casos donde se puede utilizar una prueba de PIM directa, la prueba no está sujeta a una cancelación engañosa, siempre que se realice en un entorno controlado y puede ser precisa sin necesidad de barrer las señales de prueba.

Cuando se realizan estos tipos de pruebas es necesario el filtro de alto rechazo, con el fin de poder medir la frecuencia específica que se requiere.

Este tipo de prueba puede ser muy útil cuando se trata de encontrar materiales externos que estén generando PIM, tales como tapajuntas sueltos u otros elementos de metal de uso común en la construcción de edificios. Los conductos de aire acondicionado son especialmente problemáticos. Los soportes resistentes a la corrosión rara vez causan problemas.

La dificultad es que resulta muy difícil determinar si lo que se está midiendo no es un reflejo de la señal de PIM generada, por lo que esta prueba, aunque es muy informativa, puede ser engañosa.

Niveles de Potencia

En la actualidad, no existe un estándar internacional disponible que defina los niveles de potencia de las pruebas de PIM a utilizarse en las pruebas de PIM del emplazamiento de célula. IEC 62037 es la norma disponible que más se acerca, pero se creó para proporcionar un método que los fabricantes de componentes pudieran utilizar para comparar la linealidad de los dispositivos de RF. Con el fin de proporcionar un procedimiento común para comparar los dispositivos de los distintos fabricantes, esta norma recomienda que las pruebas de PIM se realicen utilizando 2 x 20 watts, al tiempo que se le aplica tensión dinámica al componente.

A falta de una norma de campo real, muchos operadores han adoptado la prueba de 2 x 20 watts también para las pruebas en el emplazamiento celular. Para las pruebas en la cima de las torres, los operadores han permitido el uso de equipamiento de prueba de 2 x 4 watts. Esto se debe a la falta de soluciones de prueba de PIM alimentadas por baterías. Estas pruebas de baja potencia son útiles para la solución de problemas, pero no transmiten la potencia suficiente para obtener una certificación de rendimiento del emplazamiento.

Esto se debe a que las mediciones de PIM son muy sensibles a la potencia. En teoría, la PIM generada por una unión no lineal aumentará 3 dB por cada incremento de 1 dB en la potencia de prueba. En la realidad, debido a las características un tanto aleatorias de las uniones no lineales, los niveles de PIM suelen cambiar de 2,2 dB a 2,8 dB por cada incremento 1 dB de la potencia de prueba. Debido a esta variación tan amplia, es imposible predecir con exactitud la magnitud de PIM que se generará a un nivel de potencia específico si nos basamos en la PIM conocida, a un nivel de potencia diferente.

En algunos casos, los intersticios de aire muy pequeños o superficies metálicas que se rozan ligeramente entre sí pueden generar micro arcos eléctricos cuando los campos de RF alcanzan un nivel de umbral. Este tipo de defectos ya no sigue la regla de aumento de ruido típica de 3,0 dB/dB. Los niveles de ruido pueden incrementarse considerablemente a causa de un cambio menor en la potencia, una vez que comienzan a generarse arcos eléctricos. Del mismo modo, en las aplicaciones de baja potencia, tales como las instalaciones DAS, los defectos de PIM que exhiben curvas cercanas a los 2,2 dB/dB pueden producir una interferencia considerablemente mayor en condiciones reales de uso de la que podría predecirse mediante la extrapolación de los resultados con 20 watts utilizando la regla típica de 3 dB/dB.

Con el fin de que los operadores tengan una idea de los niveles de ruido reales generados por los componentes pasivos en un emplazamiento, deben llevarse a cabo pruebas de PIM a niveles de potencia similares que los niveles reales en uso en ese emplazamiento. Para

los macro emplazamientos, este nivel está normalmente en el rango de 20 a 60 watts, y en sistemas DAS de interior, el nivel de potencia puede variar de 20 watts a uno muy bajo, de 0,1 watts. Para determinar los parámetros de prueba apropiados, los operadores deben tener en cuenta los niveles de potencia que se experimentaran en el sistema, en combinación con órdenes de IM, las cuales pueden generarse debido a las combinaciones de la frecuencia en uso.

Señales de Prueba de Barrido

Algunos comprobadores de PIM les permiten a los usuarios seleccionar dos frecuencias fijas para la prueba. Otros habilitan una de las frecuencias para el barrido. La medición de PIM de barrido se lleva a cabo manteniendo un tono de transmisión fija, mientras se varía la frecuencia del segundo tono de transmisión, haciendo que el producto de IM "barra" una gama de frecuencias en la banda de recepción del sistema.

Las mediciones de PIM son la suma vectorial de todas las señales de PIM generadas en una línea que está en la frecuencia de IM que se está comprobando. Cuando existen fuentes múltiples de PIM, es posible que las señales se combinen de manera desfasada en una frecuencia de prueba específica, lo que indica un resultado de pasa cuando los niveles individuales de PIM son en realidad de falla. La prueba de PIM de barrido varía la frecuencia de IM en un rango de frecuencias, brindando al usuario una imagen más clara del verdadero desempeño de la PIM del sistema.

Un problema de las pruebas de PIM de barrido de frecuencias es que existe una alta probabilidad de experimentar interferencia proveniente de los abonados móviles mientras se realiza la prueba en un emplazamiento celular. Con las pruebas de PIM de frecuencia fija, se pueden seleccionar cuidadosamente las frecuencias de prueba F1 y F2, de manera tal que la frecuencia del producto de IM caiga en una frecuencia de banda de guarda, libre de tráfico móvil.

Vibración

Dado que los problemas mecánicos tales como las grietas pequeñas o la corrosión pueden causar PIM, la vibración física puede cambiar los niveles de PIM. Los organismos de normalización han elaborado pruebas de impacto para emular las vibraciones naturales causadas por el viento y la tensión causada por los cambios de temperatura. Durante mucho tiempo ha sido una práctica estándar dar suaves golpecitos en las conexiones de antena para comprobar si eso afecta la ROE. Los golpecitos suaves en las conexiones y las antenas ayudarán a detectar PIM intermitente.

Asegúrese de que los golpecitos no sean demasiado fuertes y nunca toque directamente un cable coaxial. Una atinada regla empírica es que los golpecitos no sean más fuertes que cuando se llama a una puerta con los nudillos desnudos. Es importante asegurarse de que todo el personal en el emplazamiento comprenda esta regla empírica.

Límites de PIM

El propietario del emplazamiento o equipamiento es quien establece los niveles de PIM aceptables. Estas cifras se basarán en la condición de la banda específica y del equipamiento. Las antenas que se instalaron hace 10 años probablemente no fueron fabricadas tomando en consideración el rendimiento de PIM, por lo que sería poco realista establecer un nivel de PIM superior a -80 dBm/ 123 dBc, ya que muy pocos darían como resultado una medición favorable. También es poco probable que se hayan considerado siquiera las especificaciones de PIM cuando se diseñó la red.

Las antenas nuevas y sus componentes asociados deberían comercializarse con los resultados de las pruebas de fábrica incluidos. Cualquier prueba realizada en campo debería estar estrechamente ligada a estas cifras.

Es muy importante recordar que un cliente debe especificar los requisitos de PIM, incluyendo los parámetros de prueba y la potencia de prueba específicos durante el proceso de adquisición. Es difícil hacer efectiva la garantía de una especificación que nunca se solicitó.

Las indicaciones de PIM más comunes para los sistemas de antena oscilan entre -150 dBc y -160 dBc, utilizando un comprobador de PIM de 2×20 watts. Esto equivale básicamente a un nivel de PIM máximo de -107 dBm. Los sistemas nuevos de antena normalmente deberían estar en el extremo inferior del rango, mientras que los sistemas de antena más viejos se ubicarían, cuando menos, en el extremo superior de este rango.

Una cifra estándar que se utiliza en todo el mundo para las pruebas de PIM a nivel de sistema en el emplazamiento es un nivel de pasa de -97 dBm/ 140 dBc. Esto no es difícil de lograr en el emplazamiento. Una vez que se pasan los -95 dBm/ 138 dBc, la cifra de PIM, por lo general, mejorará de manera radical y será normalmente de -125 dBm/ 168 dBc. Con la superposición actual de servicios LTE, un resultado de pasa de -97 dBm/ 140 dBc puede no ser suficiente. Por lo tanto, sería conveniente superar, mediante pruebas de PIM, el nivel de sensibilidad especificado del receptor, que es por lo general de aproximadamente -107 dBm/ 150 dBc.

Localización de PIM

Las fuentes de PIM pueden localizarse por medio de muchos métodos diferentes. Un método tradicional utiliza la inspección visual junto con suaves golpecitos o manipulación para probar las conexiones o piezas dudosas. Si el nivel de PIM se ve afectado por cualquiera de estas dos acciones, se cambia la pieza.

Otro método consiste en empezar a cambiar piezas hasta que el problema desaparece. Este método lleva mucho tiempo, es muy costoso y parece ser la forma estándar de solucionar los problemas de PIM cuando los técnicos no están familiarizados con la prueba de PIM.

En 2010, Anritsu introdujo la tecnología Distancia a PIM (DTP) para ayudar a los operadores a localizar más rápidamente la fuente de PIM en el campo. La Distancia a PIM (DTP) es similar a la Distancia a Fallo (DTF), que Anritsu introdujo en el Site Master™ en 1997 para identificar la ubicación de los desajustes de impedancia en las líneas de alimentación. DTP identifica con rapidez y precisión la ubicación de los fallos de PIM en el interior del sistema de alimentación, así como fuera de la antena. Esta función elimina las suposiciones en relación con el aislamiento de las fuentes de PIM y acelera las reparaciones en el emplazamiento.

Como evitar PIM: Prácticas Recomendadas

Es importante aprovechar los cursos de formación en instalaciones que brindan los fabricantes siempre que sea posible, ya que ellos saben cómo ajustar y ensamblar mejor los conectores.

Hay varias prácticas recomendadas a seguir cuando se trabaja con cables de precisión de RF y conectores. Es recomendable mantener los conectores limpios, no deformar el conector y mantener el conductor central del conector en buen estado.

Inspección

Cuando los conectores están separados, inspeccionar si hay daños físicos. El conector central no debe estar flojo y no debe tener melladuras o marcas visibles. Una lupa pequeña será de ayuda en esta inspección. Cualquier daño o contaminación puede provocar micro arcos eléctricos o efecto de diodo, lo que generaría cierto nivel de PIM. Esta inspección también ayudará a identificar fuentes de problemas de ROE.

Limpieza

Mantener los conectores limpios para minimizar la PIM. Este procedimiento, tomado de la práctica de laboratorio, es útil siempre que se detecte algún conector dudoso. Se necesita: un hisopo de algodón, aire de baja presión, alcohol isopropílico y un mondadientes para limpiar los conectores antes de volver a ensamblarlos.

Descripción del proceso:

- Elimine las partículas sueltas utilizando el aire comprimido de baja presión.
 - Se pueden comprar pequeñas cantidades de aire comprimido en latas de aerosol.
 - Las partículas pueden provenir del blindaje, al cortarse, o del propio conector.
 - El mondadientes es útil para eliminar las partículas pequeñas que el aire no quita.
- Utilice alcohol isopropílico en hisopos de algodón o “Q-Tips” para limpiar el resto de la superficie.
 - Utilice sólo la cantidad suficiente para realizar el trabajo, ya que el alcohol isopropílico puede derretir las piezas de plástico.
- Utilice el aire de baja presión nuevamente para eliminar cualquier resto de partículas pequeñas y seque la superficie.

Tenga cuidado de no doblar los conectores cuando vuelva a ensamblarlos o a acoplarlos. Si se doblan, se formarán pequeñas marcas en la clavija central, lo cual puede anular su precisión.

Los conectores de precisión pueden destruirse en tan sólo cinco ciclos de acople/desacople si la clavija central se dobla. Las pequeñas marcas pueden generar tanto ROE excesiva como PIM.

Debe limpiarse el exceso de fundente de soldadura, ya que el fundente es pegajoso y atraerá contaminantes, los cuales pueden originar PIM.

Torque

Ajuste los conectores en la medida adecuada. Un torque adecuado del conector no solo es indispensable sino que ayudará a minimizar la PIM. Un torque insuficiente dejará espacios y generará PIM desde el conector central. El torque excesivo dañará el conector central, lo que también generaría PIM.

Sin embargo, si fuera necesario conectar y desconectar las mismas conexiones varias veces, los ciclos de acople pueden ser un problema. Los fabricantes especifican el número de ciclos de acople que admite la garantía.

Algunos dispositivos no admiten más que unos pocos ciclos de torque completos y hay que tener cuidado de que el dispositivo no se "gaste", hablando en términos técnicos, incluso antes de la instalación. Un buen ejemplo es el conector en un panel de antena. Muy pocos diseños admiten más de un par de ciclos antes de que la base del conector se desajuste del chasis. Esto generalmente provoca que la antena falle la prueba de PIM y probablemente muestre una línea de barrido cuestionable.



Figura 11: Torquímetro

Para conectores de 7/16 DIN, 20 libras-pie es un valor aceptado y para los conectores Tipo N, 12 pulgadas-libras es lo que más se usa. Algunos fabricantes pueden especificar valores ligeramente inferiores. Si es este el caso, use los valores del fabricante. La práctica recomendada es asegurarse de que todas las personas que realicen ajustes de conectores tengan la llave de torque adecuada (Gráfico 11).

Es importante que consulte con cada fabricante las especificaciones de torque, ya que las mismas varían levemente en función de la situación.

Resumen

La falta de linealidad puede limitar la sensibilidad del receptor de un sistema celular. Esto limita la fiabilidad, la velocidad de los datos, la capacidad, la cobertura y la rentabilidad de la inversión en el sistema. La prueba de PIM es un excelente indicador de la linealidad y la calidad de la construcción.

La PIM proviene de dos o más señales fuertes de RF que se mezclan en un dispositivo no lineal. Estos dispositivos no lineales, o cruces, se producen en los conectores mal ajustados, dañados o corroídos o en las antenas dañadas. Los componentes oxidados, como soportes y pernos, también generan dudas durante la búsqueda de fuentes de PIM.

Muchas combinaciones de frecuencias comunes pueden producir PIM en una banda de recepción celular. Las señales en la banda de recepción celular elevarán el ruido de fondo del receptor, aumentarán la tasa de error de bit y reducirán el área de recepción en las comunicaciones celulares. Para evitar la PIM, en principio, se asignan las frecuencias de forma tal que los productos que podrían generar PIM queden fuera de las bandas de recepción. Sin embargo, el aumento en la capacidad, los nuevos servicios y la antigüedad de la infraestructura, todos van en contra de esta estrategia, por lo que las pruebas de PIM son cada día más importantes. Resulta evidente que la mayoría de los problemas de PIM en el emplazamiento que afectan el servicio derivan de las bandas laterales de la interferencia que se genera internamente, no de las propias frecuencias calculadas.

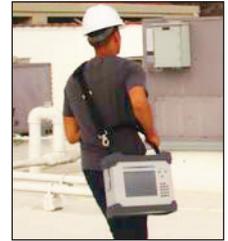
El cuidado y mantenimiento adecuados de los conectores es esencial para mantener la PIM en un nivel bajo. La inspección y la limpieza son una pieza fundamental para lograr un buen rendimiento. El torque adecuado también es importante, ya que esto protege al conector central de cualquier daño.

Las pruebas de PIM son cada vez más importantes a medida que los sistemas celulares se hacen viejos y la cantidad de operadores aumenta. Una prueba que no era tan importante cuando los sistemas celulares se cargaron de manera poco responsable se está convirtiendo en una parte fundamental del mantenimiento celular moderno.

El emplazamiento de célula que se haya construido teniendo en cuenta la PIM será eventualmente menos costoso de mantener. Este mismo emplazamiento mostrará un mejor rendimiento que otros emplazamientos similares en los que no se realizó una prueba de PIM.

PIM Master - El Mejor Comprobador de PIM

Anritsu Company introdujo la primera solución de análisis de Intermodulación Pasiva (PIM) de alto poder alimentada por batería. Se trata de un Analizador de PIM completamente equipado con 40 W de potencia de salida y nuestra tecnología patentada Distancia a PIM™.



El tamaño pequeño del PIM Master y su peso liviano, combinados con la alimentación por batería, lo convierten en una solución ideal para pruebas de PIM en emplazamientos de difícil acceso, como las instalaciones de Cabecera de Radio Remota (RRH) y Sistemas de Antena Distribuidas de interior (DAS). Las pruebas de PIM en estos emplazamientos a menudo implican un ascenso a la torre, donde se debe cargar el equipo por una escalera, o pasar por puertas de acceso pequeñas para llegar al lugar donde se debe realizar la prueba.

La portabilidad mejorada del PIM Master permite realizar la prueba de PIM de alta potencia donde sea necesario, sin necesidad de cargar con mucho peso y sin cables de extensión largos.

El PIM Master mide con precisión el rendimiento de PIM mediante la introducción de dos tonos de prueba de Onda Continua en la red de alimentación de la antena y luego registra la magnitud de los productos de intermodulación de 3er, 5.º o 7.º orden que caen en la banda de recepción del sistema. El PIM Master puede realizar las siguientes mediciones, que permiten a los técnicos de pruebas encontrar y eliminar rápidamente los problemas de PIM detectados en el emplazamiento de célula:

- PIM versus Tiempo
- Distancia a PIM™ (DTP)
- PIM de Barrido
- Ruido de Fondo

El PIM Master está disponible ahora con un Analizador de Antenas y Cables Site Master™ totalmente integrado. Con la opción Site Master, el PIM Master también puede medir:

- Pérdida de Retorno, ROE
- Pérdida de Cable
- Distancia a Fallo (DTF)

El PIM Master incluye la tecnología patentada de Anritsu Distancia a PIM™ (DTP) para determinar con precisión la ubicación de fallos de PIM, tanto dentro del sistema de alimentación como fuera de la antena. Esta tecnología se vuelve indispensable para la detección de fallos en instalaciones DAS, debido a la complejidad del sistema de alimentación y a la gran cantidad de interconexiones de RF. Distancia a PIM les permite a los técnicos localizar rápida y eficientemente las fuentes de PIM en un emplazamiento, lo que da como resultado que las reparaciones sean más rápidas, en el lugar y a un menor costo.

Al igual que todos los productos Portátiles de Anritsu, el PIM Master fue diseñado y probado siguiendo rigurosos estándares de golpes, vibraciones y temperaturas extremas.

PIM Master - MW82119B

Opciones de Frecuencia Disponibles

- Banda APT de 700 MHz
- Banda LTE de 700 MHz (Superior e Inferior)
- Banda LTE de 800 MHz
- Banda celular de 850 MHz
- Banda E-GSM de 900 MHz
- Banda DCS de 1800 MHz
- Banda PCS/AWS de 1900/2100 MHz
- UMTS de 2100 MHz
- Banda LTE de 2600 MHz

Mediciones

- PIM vs. Tiempo
- Distancia a PIM™ (DTP)
- PIM de Barrido
- Ruido de Fondo

Con Opción 331

- Pérdida de Retorno, ROE
- Pérdida de Cable
- Distancia a Fallo (DTF)
- 1 Fase de Puerto
- Smith Chart

Características Principales:

- Tamaño pequeño
- Bajo peso
- Alimentado a batería
- Potencia de salida de 20 dBm (0,1 W) a 46 dBm (39,8 W)
- Ordenes IMD 3er, 5.º y 7.º orden (a elección del usuario)
- Gran pantalla táctil en color
- Interfaz de usuario familiar, fácil de navegar
- Configure Líneas Límite para criterios de Pasa/Falla audibles
- Guarde y Recupere Configuraciones para pruebas estandarizadas
- Etiqueta con la ubicación del GPS las mediciones de PIM, con la Opción de GPS 0031
- Analizador de Antena y Cable Site Master con la Opción 331
- Modo Medidor de Potencia de Alta Precisión con la Opción 0019



Generación de reportes y capacitación

- Utilice el Line Sweep Tool de última generación de Anritsu
- Curso Certificado de Capacitación en Medición de PIM con PIM Master.

Pruebas con 2 x 40 watts

Aunque el dispositivo es pequeño y se alimenta mediante batería, el PIM Master es una solución de análisis de PIM de alto rendimiento que permite a los operadores ajustar la potencia de salida de 20 dBm (0,1 watts) para las pruebas en DAS de interior a 46 dBm (40 watts) para las pruebas en macro emplazamientos. En ambos sistemas, interior y exterior, la interferencia de PIM depende mucho del nivel de potencia que se esté transmitiendo por ese sistema. Si se hace coincidir en mayor medida el nivel de potencia de prueba de PIM con el nivel de potencia real utilizada en el emplazamiento, los operadores tendrán una noción más clara de la verdadera interferencia generada tanto por la infraestructura de RF como por el entorno donde se encuentra la antena.

Distancia a PIM

La Distancia a PIM (DTP) es similar a la Distancia a Fallo (DTF) que Anritsu presentó en el Site Master™ en 1997 para identificar la ubicación de los desajustes de impedancia en una línea de alimentación. DTP identifica con rapidez y precisión la ubicación de los fallos de PIM en el interior del sistema de alimentación, así como fuera de la antena. Esta función elimina las suposiciones en relación con el aislamiento de las fuentes de PIM y acelera las reparaciones en el emplazamiento.

Rastreo de Superposición

El rastreo de superposición es una característica que permite la comparación en tiempo real entre la medición DTP activa y una DTP grabada con anterioridad o un rastreo de DTF. Si conocemos la ubicación de una fuente de PIM relacionada con un “marcador de PIM” conocido o con una conexión de RF conocida, se simplifica el diagnóstico del problema y, en consecuencia, la identificación de averías.

PIM vs. Tiempo

El PIM Master incluye una medición de PIM versus Tiempo, que rastrea no sólo el nivel de PIM inmediato sino que también registra el máximo nivel de PIM experimentado a lo largo de una prueba de PIM de frecuencia fija. Este modo es útil para las pruebas de PIM dinámicas, ya que proporciona una indicación visual de la estabilidad del sistema bajo prueba.

PIM de Barrido

Las mediciones de PIM son la suma vectorial de todas las señales de PIM generadas en una línea que está en la frecuencia de IM que se está comprobando. Cuando existen fuentes múltiples de PIM, es posible que las señales se combinen de manera desfasada en una frecuencia de prueba específica, lo que indica un resultado de pasa cuando los niveles individuales de PIM son en realidad de falla. La prueba de PIM de barrido varía la frecuencia de IM en un rango de frecuencias, brindando al usuario una imagen más clara del verdadero desempeño de la PIM del sistema.

Line Sweep Tools para cables, antenas y análisis de PIM

Line Sweep Tools (LST) es una herramienta de posprocesamiento para gestionar y archivar los datos medidos con los analizadores de Cables & Antenas y con los analizadores de PIM. Los resultados de medición de PIM de distintos Analizadores de PIM en bandas de frecuencia, así como los datos de medición de nuestro Site Master™, se pueden combinar en un solo informe que verifica la integridad del sistema de antena.

• Estados Unidos

Anritsu Company

1155 East Collins Blvd., Suite 100, Richardson,
TX 75081, EE.UU.
Llamada gratuita: 1-800-267-4878
Teléfono: +1-972-644-1777
Fax: +1-972-671-1877

• Canadá

Anritsu Electronics Ltd.

700 Silver Seven Road, Suite 120, Nanata,
Ontario K2V 1C3, Canada
Teléfono: +1-613-591-2003
Fax: +1-613-591-1006

• Brasil

Anritsu Eletrônica Ltda.

Praça Amadeu Amaral, 27 - 1 Andar
01327-010 - Bela Vista - San Pablo - SP - Brasil
Teléfono: +55-11-3283-2511
Fax: +55-11-3288-6940

• México

Anritsu Company, S.A. de C.V.

Av. Ejército Nacional No. 579 Piso 9, Col. Granada 11520
México, D.F. México
Teléfono: +52-55-1101-2370
Fax: +52-55-5254-3147

• Reino Unido

Anritsu EMEA Ltd.

200 Capability Green, Luton, Bedfordshire, LU1 3LU, R.U
Teléfono: +44-1582-433200
Fax: +44-1582-731303

• Francia

Anritsu S.A.

12 avenue du Québec, Bâtiment Iris 1- Silic 612,
91140 VILLEBON SUR YVETTE, Francia
Teléfono: +33-1-60-92-15-50
Fax: +33-1-64-46-10-65

• Alemania

Anritsu GmbH

Nemenschek Haus, Konrad-Zuse-Platz 1
81829 München, Alemania
Teléfono: +49-89-442308-0
Fax: +49-89-442308-55

• Italia

Anritsu S.r.l.

Via Elio Vittorini 129, 00144 Roma, Italia
Teléfono: +39-6-509-9711
Fax: +39-6-502-2425

• Suecia

Anritsu AB

Borgarfjordsgatan 13A, 164 40 KISTA, Suecia
Teléfono: +46-8-534-707-00
Fax: +46-8-534-707-30

• Finlandia

Anritsu AB

Teknobulevardi 3-5, FI01530 VANTAA, Finlandia
Teléfono: +358-20-741-8100
Fax: +358-20-741-8111

• Dinamarca

Anritsu A/S (Garantía de Servicio)

Anritsu AB (Prueba y medición)
Kay Fiskers Plads 9, 2300 Copenhagen S, Dinamarca
Teléfono: +45-7211-2200
Fax: +45-7211-2210

• España

Anritsu EMEA Ltd.

Oficina de Representación en España
Edificio Cuzco IV, Po de la Castellana, 141, Pta.
28046 Madrid, España
+34-915-726-761
+34-915-726-621

• Rusia

Anritsu EMEA Ltd. Oficina de Representación en Rusia

Tverskaya str. 16/2, bld. 1, 7th floor.
Rusia, 125009, Moscú
Teléfono: +7-495-363-1694
Fax: +7-495-935-8962

• Emiratos Árabes Unidos

Anritsu EMEA Ltd.

Oficina de Enlace en Dubai
P O Box 500413 - Dubai Internet City
Al Thuraya Building, Tower 1, Suit 701, 7th Floor
Dubai, Emiratos Árabes Unidos
Teléfono: +971-4-3670352
Fax: +971-4-3688460

• Singapur

Anritsu Pte. Ltd.

60 Alexandra Terrace, #02-08, The Comtech (Lobby A)
Singapur 118502
Teléfono: +65-6282-2400
Fax: +65-6282-2533

• India

Anritsu Pte. Ltd. Sucursal en India

3rd Floor, Shri Lakshminarayan Niwas, #2726, 80 Ft Road,
HAL 3rd Stage, Bangalore - 560 075, India
Teléfono: +91-80-4058-1300
Fax: +91-80-4058-1301

• R.P. China (Shangai)

Anritsu (China) Co., Ltd.

Room 1715, Tower A CITY CENTER de Shangai,
No.100 Zunyi Road Chang Ning District,
Shangai 2000051, R.P. China
Teléfono: +86-21-6237-0898
Fax: +86-21-6237-0899

• R.P. China (Hong Kong)

Anritsu Company Ltd.

Units 4 & 5, 28th Floor, Greenfield Tower, Concordia Plaza,
No. 1 Science Museum Road, Tsim Sha Tsui East,
Kowloon, Hong Kong, R.P. China
Teléfono: +852-2301-4980
Fax: +852-2301-3545

• Japón

Anritsu Corporation

8-5, Tamura-cho, Atsugi-shi, Kanagawa, 2430016 Japón
Teléfono: +81-46-296-1221
Fax: +81-46-296-1238

• Corea

Anritsu Corporation, Ltd.

502, 5FL, H-Square N B/D, 681
Samsyeong dong, Bundang-gu, Seongnam-si,
Gyeonggi-do, 463-400 Corea
Teléfono: +82-31-696-7750
Fax: +82-31-696-7751

• Australia

Anritsu Pty. Ltd.

Unit 21/270 Ferntree Gully Road, Notting Hill,
Victoria 3168, Australia
Teléfono: +61-3-9558-8177
Fax: +61-3-9558-8255

• Taiwán

Anritsu Company Inc.

7F, No. 316, Sec. 1, NeiHu Rd., Taipei 114, Taiwán
Teléfono: +886-2-8751-1816
Fax: +886-2-8751-1817

Fale com: