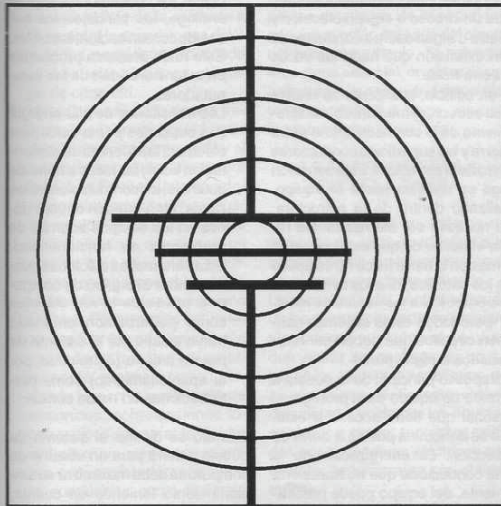


El ruido en la puesta a tierra para sistemas de cómputo



□ Carlos Eduardo Olaya
Marulanda
Ingeniero Electricista
Gerente Técnico
Calidad de Energía &
Seguridad Eléctrica -CE&SE

RESUMEN

El sistema de puesta a tierra de los sistemas de cómputo es importante para propósitos de seguridad personal y funcionalidad de los equipos. En un principio, el maximizar simultáneamente estos dos aspectos creaba conflictos. Hoy día, las necesidades del sistema de cómputo y las necesidades de

la seguridad personal sí se pueden maximizar simultáneamente. Un sistema de distribución de potencia y la operación apropiada del sistema de cómputo pueden ser compatibles. Este artículo presenta los distintos fenómenos que pueden afectar la funcionalidad del sistema de cómputo (ruido de alta frecuencia, transitorios, buclas de tierra, resonancias, etcétera). Este artículo enfocará los sistemas de procesamiento de datos y sus afines.

ABSTRACT

The proper grounding of computer systems is important for reasons of personnel safety and equipment functionality.

A few years ago, it was not possible to maximize both these objectives simultaneously. Today, conflict between computer requirements and safety requirements when grounding computers is unnecessary. A safe power distribution system and proper computer operation can be compatible. This paper discusses the various phenomena that can affect computer system functionality (high-frequency noise, transients, ground loops, resonances, etc.). This paper will deal with data-processing equipment and similar.

1. INTRODUCCION

En este artículo el desarrollo del tema se enmarca dentro del lema

"Garantía de Calidad de Proyectos", el cual expresa que las causas principales de la mala calidad, están asociadas a la deficiente organización de las actividades que influyen en la misma, tales como la falta de procedimientos escritos y certificados de ejecución, imprecisión en las responsabilidades por las acciones de control, falta de competencia y objetividad en las decisiones de los inspectores de la calidad, flujo inconsistente de información, al igual que la falta de retro-alimentación de la información y, lo que es más importante, la falta tanto de motivación como de toma de conciencia en todos los niveles de la gestión empresarial.

Los sistemas de distribución de energía para los centros de cómputo deben ser diseñados por un consultor electricista e instalados por un contratista electricista, con el objeto de asegurar la máxima confiabilidad.

Los computadores, el equipo de procesamiento de datos y los equipos de control de procesos son instalados por las compañías que los fabrican o por sus contratistas, en cooperación con el comprador-usuario final.

La instalación del cuarto de cómputo a menudo incluye un piso elevado, un cuarto eléctrico anexo, energía para los computadores y para los periféricos, interconexiones, aire acondicionado para los computadores, sistemas de detectores y de extinción de incendios y sistemas de emergencia; todos localizados bajo el piso. Todas estas actividades, y otras, al interrelacionarse permiten que aparezcan los problemas.

Y así, los ingenieros de computadores tienen serios problemas con el "ruido electrónico" que afecta a sus sistemas sensibles.

Ante esta perspectiva, los fabricantes de equipo informático, los ingenieros consultores, los institutos de normatización y todos

aquellos relacionados con el buen funcionamiento de estos equipos, durante varios años han investigado con profundidad y tolerancia los aspectos del sistema eléctrico correspondiente a los sistemas de cómputo y de control de procesos. Presentamos distintos aspectos relacionados con el ruido en los sistemas de puesta a tierra.

2. LA PUESTA A TIERRA Y SU IMPORTANCIA

El código eléctrico nacional define "puesta a tierra" como una "conexión conductora, intencional o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y la tierra o algún cuerpo conductor de gran extensión que haga las veces de tierra física."

En un edificio, lo anterior se realiza en su estructura mediante el establecimiento de la conexión íntima entre la tierra y las superficies conductoras dentro de la estructura. Esta conexión luego se ramifica hasta el equipo, localizado dentro de la estructura, que necesita ser aterrizado. Se resalta el hecho de que esta conexión íntima con la tierra física no se aplica ni a los satélites, ni a los aviones, ni a los barcos ni a los vehículos móviles -pero todos estos sistemas contienen circuitos que deben ser referenciados a algún punto-.

El propósito principal de la puesta a tierra de un equipo es el proteger el personal que tiene acceso a éste. Esto se denomina puesta a tierra de protección. La energización de la parte conductora, que no transporta corriente, del equipo puede presentarse por fenómenos distintos, tales como una falla a tierra del sistema de potencia, un rayo que cae sobre el equipo o sobre la estructura del edificio, etc.

Si el sistema que suministra la energía al equipo está apropiadamente instalado y si la causa de la energización es una falla a tierra, en este sistema, el dispositivo de sobrecorriente que está protegiendo el equipo se disparará. Esto interrumpe la energía de falla.

El segundo objetivo en el aterrizaje del equipo es el de mejorar su funcionamiento sin perturbaciones.

- En el equipo de cómputo moderno, el ruido eléctrico de altas frecuencias (generado por los drivers de frecuencia variable, por las fuentes de alimentación no lineales y conmutadas, por los transmisores de radio, por los circuitos de disparo por SCR's, por los balastos electrónicos fluorescentes, etc.) puede inducirse sobre los buses de lógica, los circuitos de memoria, los convertidores analógico-digital, los convertidores digital-análogo, los blindajes los buses de comunicación, las LANs. Este ruido presenta problemas en la funcionalidad de los computadores.

- Los transitorios de alta energía (los causados por la soldadura eléctrica, las fuentes de alimentación láser, las fallas a tierra de potencia, las conmutaciones, los rayos, etc.) pueden causar daños en los equipos además de problemas de funcionalidad. Estas anomalías eléctricas pueden entrar al equipo de cómputo a través de la red eléctrica como perturbación en modo transversal o por el sistema de puesta a tierra (entre otros, por el apantallamiento) como perturbaciones en modo común.

Cuando se diseña el sistema de puesta a tierra para un sistema de cómputo se debe maximizar su funcionamiento teniendo en cuenta, entre otros, los siguientes aspectos:

1. Impedir el flujo de la corriente desde un área de la edificación hasta otra área, a través del equipo.
2. Impedir el flujo de la corriente hacia el sistema de cómputo cuando los supresores de tensiones transitorias y los filtros de protección RFI presentan una puesta a tierra deficiente. Los anteriores dispositivos sí pro-

porcionan protección contra transitorios y el ruido eléctrico en modo común y en modo transversal, y trabajan efectivamente cuando son apropiadamente aterrizados, pues necesitan una conexión a tierra de baja impedancia para descargar las energías indeseables a la tierra "física".

Si el sistema de puesta a tierra no es suficiente para este propósito, aún presentando resonancias, las energías viajarán a través de los dispositivos de protección hasta el interior de los computadores.

3. Impedir el flujo de la corriente a tierra entre las conexiones del/lo y de los periféricos, en donde ellos no están aislados, y el equipo de cómputo.

4. Impedir que el ruido de alta frecuencia generado por la fuente de alimentación conmutada y el reloj del computador, circule por éste. Las fuentes de alimentación conmutadas son muy usuales en los modernos equipos electrónicos ya que tienen un relativo bajo peso y un rendimiento energético doble o triple que las fuentes de alimentación lineales. Por su propia naturaleza, las fuentes de alimentación conmutadas trabajan en un permanente régimen transitorio, dando lugar a la generación de armónicos, sobretensiones locales, picos de corriente, dv/dt y di/dt altos que, como consecuencia, generan interferencias tanto conducidas como radiadas que afectan a la propia red de alimentación.

El sistema de puesta a tierra debe ser capaz de derivar las energías, creadas internamente por el sistema de cómputo, lejos de los componentes críticos internos del sistema que podrían ser afectados por el ruido.

Un tercer objetivo, posiblemente más oscuro, en la puesta a tierra

del equipo es para los propósitos de seguridad intrínseca encontrados en las aplicaciones del control de los procesos.

Cuando un equipo de cómputo se utiliza para controlar o monitorear dispositivos localizados en áreas en donde hay fibras, polvo, gases explosivos (definidos por el código eléctrico nacional como "Áreas Peligrosas División 1"), se deben tomar acciones para minimizar la probabilidad de explosiones en esa área causadas por las emisiones de energía de los aparatos allí presentes.

Una discusión adicional de los aspectos detallados de la seguridad intrínseca están más allá del objeto del presente artículo. Si subrayamos como esencial, en estas áreas peligrosas, la necesidad de un sistema de puesta a tierra con una impedancia bastante baja.

3. LA FILOSOFÍA DE LA PUESTA A TIERRA

La instalación de un sistema de cómputo no se hace idéntica a la instalación de cualquier otro equipo dentro del sistema eléctrico.

La tecnología del control a través de los microprocesadores requiere técnicas que en algún instante pueden entrar en conflicto, si no se hacen los esfuerzos necesarios, de diseño, para garantizar que el nivel de calidad exigido por los equipos se alcance, con los requisitos exigidos por los códigos eléctricos nacionales (que siempre son obligatorios).

En este momento, es importante tener presente que el código eléctrico no reglamenta apropiadamente sobre los mecanismos de falla de un sistema de cómputo, como las buclas de tierra, la puesta a tierra de alta frecuencia, la protección contra las tensiones y corrientes transitorias de bajo nivel, los blindajes, y la puesta a tierra sin resonancias.

El diseño de tierras para cómputo se basa en la integración de dos

sistemas de puesta a tierra:

Primero, el sistema de distribución de energía debe ser aterrizado, con los requisitos del código eléctrico nacional, para la seguridad personal; además, para minimizar la recepción del ruido de 60 Hz (el camino de retorno para todo tipo de descargas, y el retorno de las corrientes en modo común). Que afecte la operación del equipo de cómputo. Tenemos así, la puesta a tierra de protección.

Segundo, el equipo de cómputo y toda carga crítica, deben conectarse al sistema de puesta a tierra de alta frecuencia. Esta protección de alta frecuencia es independiente de la puesta a tierra de protección y garantiza la operación adecuada del equipo bloqueando el ruido de altas frecuencias. Tenemos así, la puesta a tierra de señal (de referencia).

El sistema de puesta a tierra de alta frecuencia debe ser seguro, por eso, se une a la tierra de protección. La unión se realiza de tal forma que garantice la compatibilidad eléctrica de los dos sistemas.

4. MECANISMOS DE FALLA DE LOS SISTEMAS DE COMPUTO RELACIONADOS CON LA PUESTA A TIERRA

Los sistemas de cómputo, siempre aumentando su velocidad de funcionamiento, pueden fallar por diversidad de causas que se relacionan con el ruido eléctrico introducido ambientalmente.

Los síntomas típicos de las fallas que se presentan en estos relacionados con el sistema de puesta a tierra, se pueden agrupar en dos grandes categorías:

- 1- Bloqueos inexplicables o fallas relacionadas con el ruido eléctrico de alta frecuencia.
- 2- Fallas relacionadas con los transitorios eléctricos de alta tensión.

La primera categoría incluye los tipos de problemas más fastidio-

sos y más difíciles de detectar, ejemplos de estos se presentan a continuación:

1. Bloqueos del equipo de cómputo inexplicables (en donde el equipo se inicializa e inmediatamente se reinicializa).
2. Bloqueos del computador que requieren la des-energización de las tarjetas de memoria antes de que ocurra una recarga exitosa.
3. Alteración de los datos.
4. Fallas prematuras en la fuente de alimentación debido a la degradación de los filtros condensadores.
5. Fallas prematuras de los componentes I/O en los sistemas que se interconectan con instrumentación.

La segunda categoría incluye fallas causadas por los transitorios que se suponían bloqueados tanto por los supresores contra sobretensiones transitorias como por los filtros supresores de las electromagnéticas y de radio frecuencia. Estas fallas usualmente se caracterizan por daños en el hardware del equipo físico. Los caminos típicos de la energía en estos casos son:

1. La energía atraviesa los supresores porque estos no están apropiadamente aterrizados.

La función de los supresores de sobretensión transitoria es la de desviar la energía eléctrica potencialmente dañina, lejos de los equipos protegidos. Estos supresores operan como un aparato de dos etapas. En operación normal, la impedancia del supresor entre sus terminales es muy alta. Cuando se presenta una tensión entre sus terminales que excede el parámetro de umbral denominado "tensión de ruptura", el supresor cambia la impedancia a un valor muy bajo y en un tiempo tan corto que puede variar desde los

nanosegundos hasta los microsegundos.

Cuando el supresor se instala correctamente, la energía potencialmente dañina se desvía lejos del equipo protegido, a través del camino de puesta a tierra. Si este camino no puede atenuar el tiempo rápido de elevación de la onda, la sobretensión transitoria alcanzará su salida a través del equipo protegido.

La función de los filtros supresores de interferencias electromagnéticas/radiofrecuencia es la de atenuar las señales con energía en la banda de las altas frecuencias (conducidas a través de las conexiones de datos o de potencia) cuando éstas son transmitidas hacia el equipo que puede ser afectado adversamente. Los criterios de atenuación se basan en el principio denominado "adaptación de impedancias en la banda pasante y discordancia o desadaptación en la banda de rechazo".

El filtro debe introducir las máximas pérdidas de inserción en esta banda de rechazo. Una puesta a tierra excelente se necesita como retorno hacia la fuente para que las altas frecuencias, en la banda de rechazo, fluyan cuando sean filtradas por los condensadores y las inductancias internas del filtro.

2. Los transitorios que ocurren sobre el sistema de puesta a tierra y fluyen a través de una bucla de tierra dentro del equipo de cómputo completamente bypassen cualquier equipo protector instalado delante del equipo. Estas señales transitorias de alta tensión pueden fluir a través del sistema de puesta a tierra de seguridad, de comunicaciones/periféricos, y de potencia.

Es posible que las perturbaciones eléctricas alcancen los sistemas de cómputo a través de las deficiencias en los sistemas de puesta a tierra. Algunas deficiencias comunes en las

puestas a tierra son:

A- Bucles de Tierra.- Los sistemas de puesta a tierra pueden elevarse por encima de la referencia de la tierra física, verdadera a causa de la siguiente ley natural:

La tierra física no es un tanque infinito para la energía eléctrica.

La tierra física no es un buen conductor, a pesar de ser el elemento de referencia universalmente presente, no es una superficie equipotencial.

Puede parecer obvio que no deberían haber diferencias entre los voltajes de tierra (la tierra es; después de todo, la referencia última). De hecho, áreas diferentes en una planta industrial o edificio comercial pueden exhibir potenciales significativamente diferentes con respecto a la tierra física remota.

Aunque la tierra física no se utiliza como conductor en un circuito, pueden existir en ella circulaciones de corriente que, debido a su resistencia relativamente alta, originen potenciales localmente elevados.

Las buclas a tierra pueden causar problemas cuando la corriente fluye a través de los gabinetes del computador (desde un bus de tierra a otro) e induce ruido sobre sus buses internos de la memoria y de la lógica, interfiriendo potencialmente con su operación. Los transitorios de alta tensión tales como las ondas viajeras, creadas por los rayos, pueden fluir a través de esta conexión, causando aún mayor daño al equipo.

Las buclas de tierra pueden generarse de diversas formas. La lista siguiente ilustra algunas situaciones típicas para las cuales es probable que ocurran buclas:

1. Las estructuras de los gabinetes de los equipos de cómputo intencionalmente se conectan al acero del edificio y a la tierra de seguridad (tal como el alambre de tierra verde en el cordón de la energía). La puesta a tierra de seguridad requerida por el código luego se conecta a la puesta a tierra de potencia. La

bucleo de tierra se causa por las dos tierras cuando presentan diferencias de tensión distintos respecto de la tierra física aún cuando ellas se unan en algún punto".

2. Los periféricos localizados remotamente que utilizan interfaces de comunicaciones no aisladas se conectan a un computador y se energizan desde una fuente de alimentación local que es distinta a la fuente de alimentación que energiza al computador. La bucla de tierra se presenta a través de las conexiones a tierra en las interfaces no aisladas o a través de conexiones inadvertidamente blindadas.
3. El proceso de control en la instrumentación localizado en una planta y aterrizado al acero de la estructura se conecta a un sistema de cómputo localizado remotamente, el cual está conectado a un sistema de puesta a tierra distinto al de instrumentación.
4. El sistema de potencia AC (El transformador de alimentación y los tableros de distribución para un computador se "une" a la puesta a tierra del edificio y su parte electrónica se aterriza a una tierra "dedicada".

Si los sistemas de puesta a tierra están a diferentes potenciales, por la bucla de tierra fluirá una corriente.

Adicionalmente, el ruido acoplado capacitivamente puede fluir desde un sistema de tierra a otro, o a través de la electrónica interna al computador.

B - El ruido en modo transversal y en modo común. Los voltajes en modo transversal se miden entre los terminales activos (fases y neutro, más y menos) de la fuente. Los voltajes en modo común se miden entre cada uno de los terminales activos y la tierra (fase-tierra, neutro-tierra) de la fuente. Los voltajes en modo común pueden convertirse en voltajes en modo

transversal que pueden inducir ruido dentro del computador.

Las buclas de tierra referidas en el numeral 4.A. con interferencias conducidas producto de los acoplamientos por impedancia común.

Otro tipo de bucla de tierra se presenta cuando a pesar de no existir contacto físico entre los circuitos y el conductor de tierra se inducen en este conductor corrientes que a su vez inducen voltajes en aquellos. El fenómeno que se presenta es producto de los acoplamientos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos debido a la interacción de distintos sistemas en el mismo ambiente. Los voltajes así generados se identifican como voltajes de ruido en modo común (involucra el conductor de tierra), y voltajes de ruido en modo diferencial, y pueden ocurrir sobre los sistemas de potencia, en las líneas de comunicaciones, en los subsistemas I/O, en los barrajes de potencia DC, etc.

Sobre el sistema de potencia los voltajes de ruido en modo común con valores altos, usualmente reflejan una flaqueza en el sistema de puesta a tierra ya que éste normalmente no debe flotar por encima del potencial de referencia cero a cualquier grado significativo.

C- Conexiones a tierra de alta impedancia. Los sistemas de puesta a tierra, para los computadores, deben diseñarse para atenuar señales que abarcan un rango bien amplio de frecuencias que incluyen las frecuencias de la línea de potencia (50 y 60 Hz) hasta los 100 o más megahertz. Tales frecuencias son generadas dentro del equipo de cómputo por distintos subsistemas como las fuentes de alimentación conmutadas, la conmutación de los buses lógicos de alta velocidad, los dispositivos de supresión transitoria, los filtros supresores de interferencias electromagnéticas/radiofrecuencias (EMI/RFI), etcétera.

La impedancia de los conductores

aumenta cuando la frecuencia y la longitud aumentan. A las frecuencias usuales de funcionamiento de los sistemas digitales, la impedancia es mucho mayor que la resistencia, pudiendo provocar transitorios de tensión, a consecuencia de los transitorios de corriente provocados por la conmutación de los circuitos digitales. En este punto, se debe tener en cuenta que las características eléctricas de un conductor pueden ser muy complejas; dependen de la frecuencia de las señales analógicas, de los tiempos de subida y bajada de las señales digitales, del medio dieléctrico y magnético, de la conductividad de las interconexiones y de la construcción física.

El sistema de puesta a tierra ideal (la puesta a tierra de referencia de baja impedancia) retirará el ruido eléctrico potencialmente dañino, generado internamente por el sistema de cómputo de él y bloqueará el ruido eléctrico creado externamente.

5. CONSIDERACIONES FINALES

El ingeniero responsable debe reconocer los requisitos del equipo de control/cómputo específico cuando está diseñando el sistema de tierra. Muchos temas deben ser definidos, incluyendo:

1. Qué niveles de ruido tolerarán los equipos electrónicos?
2. Están aisladas las rutas de datos y las interfaces I/O?
3. Qué tipos de supresión transitoria están incluidos con la electrónica del equipo?
4. Para las aplicaciones de control de procesos, es el sistema en atmósferas explosivas intrínsecamente seguro, es decir, el sistema evita que la cantidad de energía disponible en el circuito situado en el área peligrosa, en condiciones de falla, sea suficiente como para producir una explosión?
- 5- Separa y/o aísla el equipo elec-

trónico las tierras de chasis y de lógica?

6. CONCLUSIONES

Cuando se diseña un sistema de puesta a tierra, es importante que el ingeniero dirija todos los aspectos de "tierra" con el fabricante del equipo de control/cómputo y desarrolle un plan de estrategias apropiadas. El ingeniero debe ser capaz de presentar inteligentemente todas las opciones al usuario final, con un resumen de los problemas y los beneficios

considerando todos los aspectos de la instalación. El usuario final debe involucrarse con la decisión acerca de cómo debe ir la instalación y cuáles son sus objetivos. Es una buena práctica, para el ingeniero, tener documentación escrita de todas las discusiones relacionadas con las decisiones finales.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] FORERO S., E. Sistemas de Garantía de Calidad de Proyectos. Normas y Calidad Ed. 21, ICONTEC.

- [2] Código Eléctrico Colombiano Normas 2050-ICONTEC.

- [3] LEIBOWITZ, P. Computer System Grounding II Technical Journal, 1.991

AUTOR

Carlos Eduardo Olaya Marulanda. Ingeniero Electricista, Universidad del Valle, 1988 Gerente Técnico de CE&SE, Cali, Colombia. Asesor técnico en temas de perturbaciones electromagnéticas y calidad de energía en instalaciones eléctricas y electrónicas sensibles de alta tecnología, en baja tensión.

LA PERSPECTIVA DE LA ENERGIA EN EL SIGLO XXI

CE & SE

CALIDAD DE ENERGIA-SEGURIDAD ELECTRICA

INGENIERIA DE LA CALIDAD DE LA ENERGIA

- * Ruido eléctrico, Magnético, por Antenas.
- * Corrección factor de Potencia-Sistemas Electrónicos y Armónicos.
- * Selección Plantas Eléctricas y UPSes.

INGENIERIA DE SISTEMAS PUESTA A TIERRA

- * Grounding *Earthing *Mantenimiento *Bajas frecuencias * Altas frecuencias

DISEÑO ELECTRONICO DE REDES ELECTRICAS.

- * Cómputo *Edificios Inteligentes.
- * Telecomunicación *Salud *Cogeneración.

SEGURIDAD ELECTRICA

- * Coordinación aislamientos-Protección contra descargas atmosféricas y otras.
- * Compatibilidad Electromagnética.
- * Compensación de Potencial.

GESTION DE LA ENERGIA

NORMATIVA ANSI, UL, CSA, ISO 9000..., IEC
Calle 32B No. 17C-28 DISEÑO, CONSTRUCCION,
Teléfono: 4443875 CONSULTORIAS, MONTAJE
CALI-VALLE DEL CAUCA-COLOMBIA

Correos
de Colombia



Estos son nuestros servicios ¡utilícelos!

- SERVICIO DE CORREO ORDINARIO
- SERVICIO DE CORREO CERTIFICADO
- SERVICIO DE CORREO CERTIFICADO ESPECIAL
- SERVICIO ENCOMIENDAS ASEGURADAS
- ENCOMIENDAS CONTRA REEMBOLSO
- SERVICIO CARTAS ASEGURADAS
- SERVICIO DE FILATELIA
- SERVICIO DE GIROS
- SERVICIO ELECTRONICO BUROFAX
- SERVICIO INTERNACIONAL APH/SAL
- SERVICIO "CORRA"
- SERVICIO RESPUESTA COMERCIAL
- SERVICIO TARIFA POSTAL REDUCIDA
- SERVICIOS ESPECIALES

Teléfonos para quejas y reclamos:
334-03-04 - 341-55-36 Bogotá

Cuente con nosotros
Hay que creer en los Correos de Colombia