

SISTEMAS DE ENERGÍA PARA TELECOM

RECTIFICADORES, BANCOS DE BATERÍAS Y LITIO EN LA PRÁCTICA

Del proyecto a la operación – todo lo que el técnico e ingeniero necesitan saber sobre energía en sitios de telecom



RECTIFICADORES

Arquitectura, configuración, alarmas y solución de fallas



BANCOS DE BATERÍAS VRLA

Montaje, pruebas, autonomía real y mantenimiento



BATERÍAS DE LITIO

Tecnología, BMS, integración, seguridad y mejores prácticas



DIMENSIONAMIENTO

Fórmulas, factores de corrección y ejercicios prácticos



INSTALACIÓN EN CAMPO

Paso a paso completo con herramientas y par de apriete



SEGURIDAD

Riesgos, procedimientos y emergencias

- ✓ PROYECTO
- ✓ INSTALACIÓN
- ✓ OPERACIÓN
- ✓ MANTENIMIENTO
- ✓ SOLUCIÓN DE PROBLEMAS



TEORÍA APLICADA



PROCEDIMIENTOS DETALLADOS



CASOS REALES Y EJERCICIOS



SEGURIDAD EN PRIMER LUGAR

Wagner R Bomfim

SISTEMAS DE ENERGÍA PARA TELECOM

Rectificadores, Bancos de Baterías y Litio en la Práctica

Del proyecto a la operación – todo lo que el técnico e ingeniero necesitan saber sobre energía en sitios telecom

ÍNDICE COMPLETO

MÓDULO 1 – FUNDAMENTOS DE ENERGÍA EN TELECOM

1.1 Por qué la energía es crítica en telecom y no es solo un SAI

1.2 La arquitectura eléctrica completa de un sitio telecom – componente por componente

1.3 CA versus CC – la diferencia práctica que necesita saber para no equivocarse

1.4 Por qué el estándar es -48V y no 48V positivo – la historia y la práctica

1.5 Los cuatro tipos de sitio que encontrará en campo – greenfield, azotea, shelter y outdoor

1.6 Equipos típicos de un sitio y sus consumos reales (no los de la placa)

1.7 Herramientas esenciales para medición – pinza amperimétrica CC, multímetro, y cómo elegir cada uno

1.8 Medición de consumo real – paso a paso extremadamente

detallado

1.9 Ejercicio práctico – midiendo un sitio desde cero, paso a paso

MÓDULO 2 – SISTEMAS RECTIFICADORES

2.1 Qué es un rectificador telecom – visión interna y externa

2.2 Conversión de CA a CC – qué sucede dentro del rectificador, componente por componente

2.3 Arquitectura de un sistema rectificador – módulos, controladora, barra, sensores

2.4 Corrección del factor de potencia activa – qué es, por qué importa, cómo medirla

2.5 Principales fabricantes – Huawei, Eltek, Delta, Emerson – cómo reconocer cada uno

2.6 Lectura de alarmas en la pantalla – cada código de error explicado con qué hacer

2.7 Configuración básica – ajuste de tensión de flotación y boost, paso a paso

2.8 Balanceo de carga entre módulos – cómo hacerlo y cómo verificarlo

2.9 Sustitución de un módulo rectificador en campo – paso a paso con herramientas y par de apriete

2.10 Problemas reales con rectificadores – diagnóstico y solución, uno por uno

MÓDULO 3 – BANCOS DE BATERÍAS VRLA (PLOMO-ÁCIDO)

3.1 Por qué la batería en telecom no es energía de respaldo – es parte del sistema

3.2 Tipos de baterías VRLA – AGM versus GEL – diferencias reales en campo

3.3 Cómo funciona una batería VRLA por dentro – lo que necesita saber para no matar la batería

3.4 Montaje de un banco en serie – paso a paso, herramientas, par de apriete, secuencia

3.5 Montaje de un banco en paralelo – cuándo usarlo, cómo hacerlo, riesgos

3.6 Combinación serie-paralelo – cálculo de tensión y capacidad final

3.7 Ecuación de baterías VRLA – cuándo hacerla, cuándo nunca hacerla, procedimiento completo

3.8 Prueba de autonomía real en campo – procedimiento completo con seguridad

3.9 Efecto de la temperatura en la capacidad y en la vida útil – tablas mentales

3.10 Problemas reales con VRLA – hinchazón, resecamiento, corrosión, pérdida de capacidad

MÓDULO 4 – BATERÍAS DE LITIO EN LA PRÁCTICA (NÚCLEO DEL LIBRO)

4.1 Por qué el litio está reemplazando al plomo en telecom

4.2 Cómo funciona una batería de litio por dentro – celdas, BMS, contactores, sensores

4.3 LiFePO₄ versus NMC – cuál elegir para cada aplicación, pros y contras

4.4 El BMS en detalle – qué monitorea, qué controla, qué protege, cómo comunicarse

4.5 Comunicación entre BMS y rectificador – protocolos CAN y RS485, cables, configuración

4.6 Riesgos reales con litio – fuga térmica, sobrecarga, corto interno, incendio, cómo prevenir

4.7 Procedimientos de seguridad para el manejo de litio – EPIs, transporte, almacenamiento, desecho

4.8 Instalación de una batería de litio paso a paso – del rack al par de apriete final, paso a paso

4.9 Integración con un sistema existente diseñado para plomo – ajustes necesarios en el rectificador

4.10 Sustitución de VRLA por litio en un sitio operativo –

procedimiento sin derribar el sitio

4.11 Configuración del rectificador para litio – tensiones, corrientes, protocolos, paso a paso

4.12 Problemas reales con litio – la batería no carga, no descarga, falla de comunicación, desbalanceo

4.13 Procedimiento de emergencia para una batería de litio en fuga térmica

MÓDULO 5 – DIMENSIONAMIENTO DE ENERGÍA

5.1 Relevamiento de carga real – listando todos los equipos que consumen energía

5.2 Medición de consumo en campo versus consulta a placa de identificación

5.3 Fórmula de autonomía para VRLA – paso a paso del cálculo con números reales

5.4 Fórmula de autonomía para litio – las diferencias que necesita saber

5.5 Factor de corrección por temperatura – cómo calcularlo y aplicarlo

5.6 Factor de corrección por envejecimiento – dimensionando para el final de la vida útil

5.7 Factor de seguridad – cuánto añadir para cubrir incertidumbres

5.8 Dimensionamiento del rectificador – potencia necesaria, redundancia N+1, cómo calcular

5.9 Ejercicio práctico 1 – dimensionar un sitio macro con 8 horas de autonomía

5.10 Ejercicio práctico 2 – dimensionar un sitio indoor con espacio limitado

5.11 Ejercicio práctico 3 – expansión de capacidad sin aumentar el espacio del rack

MÓDULO 6 – INSTALACIÓN REAL DE UN SITIO

6.1 Lista de verificación pre-salida a campo – herramientas, EPIs, documentación, autorizaciones, paso a paso

6.2 Llegada al sitio – inspección visual, identificación de riesgos, liberación de acceso

6.3 Inspección eléctrica del cuadro de CA – tensión, neutro, tierra, DPS, interruptores

6.4 Instalación del rack del rectificador – fijación, nivelación, ventilación, herramientas

6.5 Tendido de cables de CA – calibre, conductos, radio de curvatura, identificación

6.6 Conexión de los cables de CA en el rectificador – secuencia fase, neutro, tierra, par de apriete

6.7 Instalación de la barra de CC – barras de cobre, aisladores,

par de apriete, secuencia

6.8 Tendido de cables de CC del rectificador a la barra – polaridad, calibre, terminales

6.9 Instalación de baterías VRLA – posicionamiento, espaciado, interconexión, par de apriete

6.10 Instalación de baterías de litio – fijación, cables de potencia, cables de comunicación

6.11 Cableado de las cargas – de la barra de CC a los equipos

6.12 Puesta a tierra funcional y de protección – jabalinas, cables, continuidad, medición

6.13 Secuencia de energización – paso a paso que nunca debe saltarse

6.14 Pruebas post-energización – tensión, corriente, alarmas, comunicación

6.15 Fotos descritas de instalaciones bien hechas y mal hechas – qué aprender de cada una

MÓDULO 7 – SEGURIDAD EN ENERGÍA

7.1 NR10 aplicada a telecom – qué se aplica, qué no se aplica, qué está adaptado

7.2 Riesgos eléctricos en sistemas de CC – choque, arco eléctrico, cortocircuito

7.3 Riesgos específicos con baterías VRLA – ácido, gases,

explosión por hidrógeno

7.4 Riesgos específicos con baterías de litio – fuga térmica, gases tóxicos, incendio clase D

7.5 EPIs obligatorios por tarea – inspección, medición, manejo de baterías, trabajo en altura

7.6 Procedimiento de emergencia para choque eléctrico – paso a paso

7.7 Procedimiento de emergencia para incendio en VRLA – paso a paso

7.8 Procedimiento de emergencia para incendio en litio – paso a paso

7.9 Aislamiento y bloqueo – procedimiento LOTO simplificado para telecom

MÓDULO 8 – SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

8.1 Método sistemático de diagnóstico – síntoma, causa probable, prueba, solución

8.2 Problema – el sitio no se enciende después de un corte de energía

8.3 Problema – el sitio se cae antes del tiempo de autonomía calculado

8.4 Problema – la batería no retiene la carga

8.5 Problema – rectificador en alarma de alta tensión

- 8.6 Problema – rectificador en alarma de baja tensión
- 8.7 Problema – rectificador en alarma de alta temperatura
- 8.8 Problema – módulo rectificador no es reconocido por la controladora
- 8.9 Problema – batería de litio no carga incluso con el rectificador encendido
- 8.10 Problema – batería de litio se descarga pero no acepta carga después
- 8.11 Problema – falla de comunicación entre BMS y rectificador
- 8.12 Problema – desbalanceo entre celdas en un banco de litio
- 8.13 Problema – sobrecalentamiento del banco de baterías
- 8.14 Referencia rápida – 50 problemas, causas y soluciones en formato texto

MÓDULO 9 – BUENAS PRÁCTICAS DE CAMPO

- 9.1 Organización del rack – disposición de equipos, espacio para ventilación, espacio para expansión
- 9.2 Identificación de cables – estándar de etiquetas, colores, información mínima obligatoria
- 9.3 Par de apriete correcto para cada tipo de terminal – llave dinamométrica, valores tabulados, cómo usarla
- 9.4 Gestión de cables – bandejas porta cables, bridas, radio de

curvatura, separación CA/CC

9.5 Documentación de campo – qué fotografiar, qué medir, qué anotar

9.6 Lista de verificación de entrega – documento para firmar al final de cada instalación

MÓDULO 10 – OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

10.1 Plan de mantenimiento preventivo – frecuencia de cada actividad

10.2 Inspección visual remota vía monitoreo – qué verificar cada día

10.3 Verificación de alarmas – distinguiendo urgente de no urgente

10.4 Medición de tensión y corriente – procedimiento mensual

10.5 Prueba de descarga controlada anual – paso a paso seguro

10.6 Medición de resistencia interna de baterías – interpretando los resultados

10.7 Monitoreo remoto – protocolos SNMP y Modbus, configuración básica

10.8 Vida útil real de las baterías VRLA – lo que los fabricantes no cuentan

10.9 Vida útil real de las baterías de litio – ciclos, temperatura, profundidad de descarga

10.10 Indicadores de fin de vida – cuándo reemplazar antes de la falla

APÉNDICES

APÉNDICE A – Glosario completo de siglas y términos técnicos

APÉNDICE B – Revisión rápida de electricidad básica (Ley de Ohm, potencia, asociación serie/paralelo)

APÉNDICE C – Modelo de informe técnico de campo para completar en el sitio

APÉNDICE D – Modelo de procedimiento operativo estándar para el cambio de batería

APÉNDICE E – Tabla de calibres de cable CC por corriente y distancia

APÉNDICE F – Referencias útiles – normas, sitios web de fabricantes, contactos de soporte

CONCEPTOS TÉCNICOS FUNDAMENTALES QUE NECESITA SABER ANTES DE COMENZAR

Antes de poner la mano en cualquier equipo, antes de medir cualquier tensión, antes de apretar cualquier tornillo, necesita dominar algunos conceptos que se usarán desde el primer hasta el último capítulo de este libro.

Este libro no va a repetir estos conceptos en medio de los capítulos. Si omite esta sección, se perderá. Si ya los conoce todos, use esta sección como referencia rápida cuando tenga alguna duda. Si está comenzando ahora, léala con calma, relea cuantas veces sea necesario, y solo continúe cuando cada concepto esté absolutamente claro.

Comencemos desde el cero absoluto. Explicaré cada término como si nunca hubiera oído hablar de electricidad antes.

Qué es la electricidad, de forma simple

La electricidad es el movimiento de partículas llamadas electrones a través de un material conductor, generalmente el cobre. Los electrones son partículas minúsculas que existen dentro de los átomos. Cuando se mueven organizadamente dentro de un cable, creamos lo que llamamos corriente eléctrica.

Imagine una manguera de jardín llena de agua. Si abre la llave, el agua comienza a moverse por la manguera. Cuanta más agua pasa por segundo, mayor es el caudal. En la electricidad, la cantidad de electrones que pasa por segundo se llama corriente eléctrica.

La fuerza que empuja a los electrones se llama tensión eléctrica. Volviendo a la manguera, la tensión sería la presión del agua dentro de la manguera. Cuanta más presión, más agua fluye.

La dificultad que los electrones encuentran para pasar por el cable se llama resistencia eléctrica. En la manguera, sería la fricción del agua con las paredes internas. Cuanto más fino es el cable, mayor la resistencia. Cuanto más largo es el cable, mayor la resistencia.

Estos tres conceptos están unidos por una ley simple llamada Ley de Ohm. La corriente es igual a la tensión dividida por la resistencia. Si aumenta la tensión, la corriente aumenta. Si aumenta la resistencia, la corriente disminuye.

Esta es la base de todo. Memorízela.

Corriente alterna versus corriente continua

Existen dos tipos de corriente eléctrica. Necesita saber la diferencia porque los sistemas de telecom usan ambos.

Corriente alterna, que los técnicos llaman CA, es la corriente que viene del tomacorriente de su casa. En este tipo de corriente, los electrones cambian de dirección varias veces por segundo. En Brasil, cambian de dirección sesenta veces por

segundo. Por eso el nombre alterna. Van hacia adelante, luego regresan, luego van hacia adelante, luego regresan.

La corriente alterna se usa para transmitir energía a largas distancias porque es más fácil de transformar a tensiones más altas o más bajas usando transformadores. Toda la red eléctrica de las concesionarias es en corriente alterna.

Corriente continua, que los técnicos llaman CC, es la corriente donde los electrones fluyen siempre en la misma dirección. Es la corriente de una pila, de una batería, de la salida de un cargador de celular.

En los sitios de telecom, la energía viene de la concesionaria en corriente alterna, pero los equipos de radio y transmisión funcionan con corriente continua. Por eso necesitamos los rectificadores, que hacen la conversión de CA a CC.

Tensión nominal versus tensión real – la confusión más común

El estándar mundial de telecom es menos cuarenta y ocho voltios CC. Pero si mide la tensión en un sitio en funcionamiento, encontrará algo entre cincuenta y tres y cincuenta y cuatro voltios.

Esto confunde a todos al principio. Voy a explicarlo.

Una batería de plomo-ácido tiene celdas individuales. Cada celda completamente cargada tiene una tensión de aproximadamente dos coma doce voltios. Para obtener cuarenta y ocho voltios nominales, colocamos veinticuatro de estas celdas en serie. La cuenta es simple: veinticuatro veces dos coma doce es igual a cincuenta coma ochenta y ocho voltios.

Por lo tanto, una batería nueva y completamente cargada, en reposo, tiene unos cincuenta y un voltios. Pero cuando se está cargando, necesitamos aplicar una tensión mayor para forzar la corriente a entrar. Es como inflar un globo. Necesita soplar con una presión mayor que la presión dentro del globo.

Esta tensión mayor se llama tensión de flotación. Está entre cincuenta y tres coma cinco y cincuenta y cuatro coma cinco voltios. Es la tensión que medirá en la barra de CC cuando el sitio está funcionando normalmente con los rectificadores encendidos.

Cuando falta la energía, los rectificadores se detienen y las baterías comienzan a suministrar corriente. La tensión entonces cae gradualmente de cincuenta y cuatro voltios hasta unos cuarenta y dos voltios. En este punto, el sistema de protección desconecta las baterías para evitar que se dañen.

Entonces, cuando alguien hable de un sistema de cuarenta y ocho voltios, recuerde que la tensión real varía entre cincuenta y cuatro voltios cuando está cargando y cuarenta y dos voltios cuando se está descargando.

Por qué menos cuarenta y ocho voltios y no cuarenta y ocho positivo

Esta pregunta aparece siempre. Voy a explicarla de una vez por todas.

En los sistemas antiguos de telefonía, los cables se enterraban en el suelo. La humedad del suelo causaba corrosión en los conductores de cobre. Se descubrió que si el polo positivo de la batería se conectaba a tierra, la corrosión disminuía significativamente.

La práctica se convirtió en estándar y nunca cambió. Hoy, todos los equipos de telecom están diseñados para operar con el positivo a tierra.

Lo que esto significa en la práctica para usted.

El cable positivo, generalmente de color negro, está conectado a la jabalina de puesta a tierra del sitio. Esto significa que el positivo está en el mismo potencial que la tierra. Si toca el

cable positivo y la tierra al mismo tiempo, no recibe una descarga.

El cable negativo, generalmente de color rojo o azul, está a un potencial negativo con respecto a tierra. Si toca el negativo y la tierra al mismo tiempo, recibe una descarga.

Por eso, al trabajar con sistemas de CC, tratamos el negativo como el polo vivo. Es el que da chispa cuando toca tierra o el positivo.

Qué es un sistema de energía para telecom

Ahora que ya sabe lo básico sobre electricidad, corriente, tensión y polaridad, vamos a unirlo todo.

Un sistema de energía para telecom es el conjunto de equipos que recibe energía de la concesionaria en corriente alterna, la convierte a corriente continua, la distribuye a los equipos del sitio y la almacena en baterías para cuando falte la energía.

Los componentes principales son cuatro.

Los rectificadores, que convierten CA en CC. Los cables y barras, que llevan la energía de un lugar a otro. Las baterías, que almacenan energía para cuando falte la energía. Y los

cuadros de distribución, que protegen los circuitos con interruptores o fusibles.

Todo esto trabaja en conjunto para garantizar que los radios y equipos de transmisión nunca se queden sin energía, incluso cuando la red eléctrica de la concesionaria falle.

La arquitectura básica de un sitio telecom – el camino de la energía

Voy a describir el camino que hace la energía desde la calle hasta los equipos. Memorice esta secuencia. Es la base de todo.

La energía sale de la red de la concesionaria y entra al sitio a través de un cable que viene del poste o del medidor. Este cable llega a un cuadro de distribución de CA.

Dentro de este cuadro, hay interruptores que protegen los circuitos y DPS que protegen contra sobretensiones.

Del cuadro de CA, la energía sigue por cables hasta los rectificadores. Cada rectificador tiene una entrada de CA y una salida de CC.

La salida de CC de todos los rectificadores se conecta en paralelo en un punto común llamado barra de CC. La barra de

CC generalmente son dos barras de cobre gruesas. Una barra es el negativo. La otra barra es el positivo.

De la barra de CC, salen cables en dos direcciones. Una dirección va hacia las baterías, a través de interruptores o fusibles. La otra dirección va hacia las cargas, que son los equipos que consumen energía, también a través de interruptores o fusibles.

Cuando la red de CA está presente, los rectificadores suministran corriente a las cargas y también cargan las baterías. Cuando la red de CA falla, los rectificadores se detienen y las baterías comienzan a suministrar corriente a las cargas.

Este es el sistema. Simple en teoría, complejo en la práctica.

Qué son los rectificadores

El rectificador es el equipo que convierte corriente alterna en corriente continua. Lo hace a través de un proceso llamado rectificación.

Dentro de un rectificador, la corriente alterna primero pasa por un filtro para reducir ruidos e interferencias. Luego pasa por un puente de diodos, que son componentes electrónicos que solo dejan pasar la corriente en una dirección. Esto transforma la corriente alterna en corriente continua pulsante.

Luego, la corriente pasa por capacitores que suavizan las pulsaciones, transformando la corriente continua pulsante en corriente continua casi pura. Finalmente, la tensión se regula al valor deseado, generalmente entre cincuenta y tres coma cinco y cincuenta y cuatro coma cinco voltios.

Los rectificadores usados en telecom son modulares. Esto significa que puede colocar varios módulos iguales en paralelo dentro de un mismo rack. Si un módulo se quemara, los otros continúan funcionando. Usted cambia el módulo defectuoso sin apagar el sitio.

Qué son las baterías y para qué sirven

Una batería es un dispositivo que almacena energía químicamente y la devuelve en forma de electricidad cuando es necesario.

Dentro de una batería, hay placas de plomo sumergidas en una solución de ácido sulfúrico. Cuando la batería está descargada, las placas están convertidas en sulfato de plomo. Cuando aplica corriente eléctrica a la batería, ocurre una reacción química que convierte el sulfato de plomo de nuevo en plomo y dióxido de plomo, almacenando energía.

Cuando conecta una carga a la batería, la reacción se invierte y la energía almacenada se libera en forma de corriente eléctrica.

En los sitios de telecom, las baterías están siempre conectadas a la barra de CC. Están en flotación, recibiendo una carga constante de los rectificadores para mantener su estado de carga máximo.

Cuando falta la energía, las baterías asumen instantáneamente el suministro de corriente a las cargas. No hay interruptor, no hay relé, no hay retraso. Ya están conectadas.

Qué significan las siglas VRLA, AGM, GEL y LiFePO4

Va a encontrar estas siglas en todas las baterías de telecom. Voy a explicar cada una.

VRLA significa Valve Regulated Lead Acid, que en español es plomo-ácido regulado por válvula. Son baterías selladas que no necesitan reposición de agua. La válvula permite que los gases internos escapen si la presión se vuelve muy alta, pero en condiciones normales los gases se recombinan dentro de la batería.

AGM significa Absorbent Glass Mat, que es estera de vidrio absorbente. Es un tipo de batería VRLA donde el electrolito es

absorbido por una estera de fibra de vidrio que se encuentra entre las placas. Es el tipo más común en telecom.

GEL significa gel. Es un tipo de batería VRLA donde el electrolito se mezcla con sílice para formar un gel. Es más tolerante a temperaturas elevadas y a descargas profundas.

LiFePO4 significa Litio Hierro Fosfato. Es un tipo de batería de litio usada en telecom. Es más segura y tiene una vida útil más larga que otros tipos de litio.

Qué es el BMS de las baterías de litio

BMS significa Battery Management System, o sistema de gestión de la batería. Es un circuito electrónico que se encuentra dentro de la batería de litio.

El BMS monitorea constantemente la tensión de cada celda individualmente, la corriente de carga y descarga, la temperatura interna de la batería y el estado de carga.

Si algo sale de lo normal, el BMS actúa. Puede limitar la corriente, puede desconectar completamente la batería abriendo contactores internos, o puede comunicarse con el rectificador para reducir la tensión o corriente.

El BMS también realiza el balanceo de las celdas. Con el tiempo, las celdas pueden tener tensiones diferentes. El BMS iguala estas tensiones para que todas las celdas estén al mismo nivel.

Lo que necesita saber sobre la puesta a tierra

La puesta a tierra es la conexión eléctrica de un punto del sistema a la tierra física, generalmente a través de una jabalina enterrada en el suelo.

En los sistemas de telecom, existen dos tipos de puesta a tierra.

La puesta a tierra funcional es el positivo de la barra de CC conectado a tierra. Es lo que establece la referencia de cero voltios para el sistema.

La puesta a tierra de protección es la carcasa de los equipos conectada a tierra. Sirve para proteger a las personas contra descargas eléctricas. Si un cable energizado toca la carcasa, la corriente fluye a tierra a través de la puesta a tierra, en lugar de pasar por usted.

Una buena puesta a tierra es fundamental para la seguridad y para el funcionamiento correcto de los equipos. Muchos problemas de alarmas e inestabilidad son causados por una mala puesta a tierra.

Lo que necesita saber sobre interruptores y fusibles

Los interruptores y fusibles son dispositivos de protección. Interrumpen el circuito cuando la corriente supera un valor seguro.

El fusible es desechable. Cuando actúa, se quema y necesita ser reemplazado. El interruptor puede ser rearmado después de actuar.

En sistemas de CC, los interruptores deben ser específicos para CC. Los interruptores de CA no funcionan correctamente en CC porque el arco eléctrico no se extingue solo. Usar el interruptor incorrecto puede causar un incendio.

Los interruptores tienen una curva de actuación. La curva C es la más común en telecom. Soporta picos de corriente de corta duración, como la corriente de arranque de los equipos.

Lo que necesita saber sobre cables y calibres

Los cables eléctricos se dimensionan por el calibre, que es el grosor del conductor de cobre. Cuanto mayor sea la corriente, mayor será el calibre necesario.

En Brasil, el calibre se mide en milímetros cuadrados de área de cobre. Cuanto mayor sea el número, más grueso es el cable.

Para corriente continua, el calibre debe ser mayor que para corriente alterna de la misma corriente nominal, porque la corriente continua causa más calentamiento.

Además de la corriente, debe considerar la distancia. Los cables largos deben ser más gruesos para compensar la caída de tensión. La caída de tensión no puede superar el uno por ciento del valor nominal.

Lo que debe tener dominado antes de continuar

Antes de pasar al Módulo 1, debe ser capaz de responder a estas preguntas. Si no sabe alguna, relea este capítulo.

Primero, ¿cuál es la diferencia entre corriente alterna y corriente continua?

Segundo, ¿por qué medimos cincuenta y cuatro voltios en un sistema de cuarenta y ocho voltios nominales?

Tercero, ¿por qué el estándar es negativo a tierra y no positivo a tierra?

Cuarto, ¿cuál es la función de los rectificadores en un sitio telecom?

Quinto, ¿por qué las baterías están siempre conectadas a la barra de CC?

Sexto, ¿qué significa VRLA y cuál es la diferencia entre AGM y GEL?

Séptimo, ¿qué es el BMS y para qué sirve en baterías de litio?

Octavo, ¿cuál es la diferencia entre la puesta a tierra funcional y la puesta a tierra de protección?

Noveno, ¿por qué no se puede usar un interruptor de CA en un circuito de CC?

Décimo, ¿qué determina el calibre de un cable en un sistema de CC?

Si sabe responder a estas diez preguntas sin consultar el texto, está listo para el Módulo 1. Si no, regrese y relea.

MÓDULO 1 – FUNDAMENTOS DE ENERGÍA EN TELECOM

Capítulo 1.1 – Por qué la energía es crítica en telecom y no es solo un SAI

Ya ha visto un SAI de oficina. Es esa caja negra que está debajo del escritorio. Cuando falta la energía, pita, da tiempo de guardar el archivo de Word y apagar la computadora. Quince minutos de autonomía es suficiente para el noventa por ciento de las oficinas.

En telecom es completamente diferente.

Un sitio de telecom no puede apagarse. No existe la opción de guardar el archivo y apagar. Los radios están transmitiendo voz y datos para cientos o miles de usuarios. Si el sitio se cae, los usuarios pierden la señal. Las empresas dejan de funcionar. Las personas no pueden hacer llamadas de emergencia.

El sistema de energía es el corazón del sitio. Si el corazón se para, el sitio muere.

Voy a contar una historia real para que entienda la importancia de hacer las cosas bien.

Me llamaron para resolver un problema en un sitio en el interior de São Paulo. El cliente se quejaba de que el sitio se caía cada vez que llovía fuerte. El equipo de mantenimiento ya había cambiado el rectificador, cambiado las baterías, llamado a la concesionaria. Nada lo resolvía.

Llegué al sitio en un día soleado. Abrí el cuadro de energía. Todo normal. Medí la tensión en la entrada de CA. Ciento veintitrés voltios. Normal. Corriente en los rectificadores. Veinte amperios. Normal.

Fui al techo a ver los radios. En el camino, pasé por la sala de las baterías. Era un shelter pequeño, sin aire acondicionado. Cuando abrí la puerta, sentí el calor. Debe estar haciendo cuarenta grados aquí dentro, pensé.

Miré las baterías. Eran VRLA AGM de ciento cincuenta amperios-hora. Estaban en dos racks, una encima de la otra, sin espacio. Las de arriba estaban hinchadas. Las de abajo tenían los terminales corroídos.

Medí la tensión de cada batería. Las de arriba tenían doce coma ocho voltios. Las de abajo tenían doce coma dos voltios. Desbalanceo enorme.

Comencé a medir la corriente en los cables de interconexión. En uno de los cables, la corriente era de ocho amperios. En el otro, un amperio. Esto no tenía sentido. En una conexión en serie bien hecha, la corriente es igual en todos los puntos.

Ahí entendí. Las baterías de arriba, más calientes, tenían una resistencia interna más baja. Estaban conduciendo más corriente. Con el tiempo, esto causó un desbalanceo. Las de arriba se sobrecargaron y se hincharon. Las de abajo se subcargaron y se sulfataron.

Cuando llovía, la humedad aumentaba la corriente de fuga en los aisladores. El rectificador intentaba compensar, las baterías ya dañadas empeoraban, hasta que el sitio se apagaba.

La solución fue cambiar todo el banco de baterías, instalar separadores entre los racks para la ventilación y colocar un sensor de temperatura con alarma remota.

Lo que quiero que aprenda es que la energía no es solo equipo. Es entender cómo cada componente interactúa con el ambiente y con los demás componentes.

Capítulo 1.2 – La arquitectura eléctrica completa de un sitio telecom – componente por componente

Ahora va a aprender, paso a paso, cómo la energía eléctrica entra al sitio, qué encuentra en el camino, cómo se transforma, distribuye, almacena y entrega a los equipos de telecomunicaciones.

Voy a describir cada componente como si estuviera caminando físicamente por el sitio, comenzando en la entrada de energía y terminando en los radios. Quiero que sea capaz de cerrar los ojos y visualizar todo el recorrido de la energía.

Paso 1 – La energía llega de la concesionaria

Todo comienza en el poste de la calle o en el transformador de la concesionaria. De allí, sale un cable de energía que entra en su sitio. Este cable puede venir por el aire, en un poste cercano, o por el subsuelo, dentro de un conducto enterrado.

Este cable generalmente tiene tres o cuatro cables conductores dentro de una cubierta protectora negra y gruesa. Los cables son: fase o fases, neutro y tierra.

Si el suministro es monofásico, tendrá un cable fase, un cable neutro y un cable tierra. Si es bifásico, dos cables fase, un neutro y un tierra. Si es trifásico, tres cables fase, un neutro y un tierra. La mayoría de los sitios telecom utilizan suministro

trifásico porque los rectificadores de alta potencia necesitan corriente equilibrada entre las fases.

Este cable entra al sitio a través de una abertura en la pared del shelter o de la sala técnica. Antes que nada, pasa por un dispositivo llamado DPS de entrada, que es un pararrayos de baja tensión. Este DPS tiene la función de proteger todo el sitio contra sobretensiones provenientes de la red, como las causadas por descargas atmosféricas o maniobras en la red de la concesionaria.

Paso 2 – El cuadro de distribución de CA

El cable de entrada llega al cuadro de distribución de CA. Este es un armario metálico cerrado, generalmente pintado de gris o blanco, fijado en la pared. Cuando abre la puerta de este cuadro, ve una serie de componentes organizados.

El primer componente que encuentra es el **interruptor general de entrada**. Es un interruptor grande, con palanca generalmente de color negro o rojo. Sirve para desconectar toda la energía de CA del sitio de una sola vez. La corriente nominal de este interruptor se calcula en función de la potencia total del sitio. Para un sitio pequeño de radio base, puede ser de

sesenta amperios. Para un sitio grande con varios equipos, puede ser de doscientos amperios o más.

Justo después del interruptor general, o a veces antes, encuentra los **DPS de protección contra sobretensiones**. Parecen pequeños bloques modulares que encajan en una base. Existen DPS clase I, II y III. En sitios telecom, normalmente encuentra DPS clase II en los cuadros de distribución. Cuando ocurre una sobretensión, el DPS conduce la corriente excesiva al cable de tierra, protegiendo los equipos aguas abajo.

A continuación, encuentra los **interruptores secundarios**. Son más pequeños que el interruptor general y cada uno protege un circuito específico. Va a encontrar un interruptor para el sistema rectificador, que es el más importante. Un interruptor para el aire acondicionado, generalmente de veinte a cincuenta amperios dependiendo de la potencia del aire. Un interruptor para la iluminación de la sala, generalmente de diez amperios. Un interruptor para los tomacorrientes de uso general, donde conecta computadoras portátiles y herramientas. Y a veces un interruptor de reserva para expansión futura.

Cada interruptor tiene una palanca que está en la posición hacia arriba cuando está encendido y hacia abajo cuando está

apagado. Esta palanca cae a la posición intermedia cuando el interruptor se dispara por sobrecarga o cortocircuito.

En el interior de la puerta del cuadro, o en una etiqueta pegada en la pared al lado, debe haber un diagrama unifilar. Este diagrama muestra todos los interruptores y qué alimenta cada uno. Si este diagrama no existe, usted mismo debe crearlo en la primera visita.

Paso 3 – Los cables de CA hasta el rectificador

Del cuadro de distribución de CA, salen cables dedicados que van hasta el rack del sistema rectificador. Estos cables se dimensionan por la corriente máxima del rectificador.

Usemos un ejemplo real. Suponga que tiene un sistema rectificador con una capacidad total de seis mil vatios. En una tensión de CA de doscientos veinte voltios, la corriente nominal es seis mil dividido por doscientos veinte, que es aproximadamente veintisiete amperios. Pero necesita añadir un margen de seguridad del veinticinco por ciento. Eso da treinta y cuatro amperios. El calibre de cable recomendado para esta corriente en una distancia de hasta veinte metros es de seis milímetros cuadrados para cobre.

Los cables de CA se componen de tres cables: fase, neutro y tierra. El cable fase generalmente es de color negro o marrón. El neutro es azul claro. La tierra es verde con rayas amarillas. Esta estandarización de colores es importante para que cualquier técnico que llegue al sitio entienda inmediatamente qué cable es cuál.

Los cables deben pasar dentro de conductos, que son tubos de PVC o metal que protegen los cables contra daños mecánicos. El conducto debe tener un diámetro suficiente para permitir el paso de los cables sin apretarlos. La regla práctica es que el conducto debe tener el doble del área ocupada por los cables.

El recorrido de los cables debe evitar pasar cerca de fuentes de calor, como conductos de aire caliente del aire acondicionado, o cerca de cables de CC de alta corriente, que pueden inducir ruidos. La separación mínima entre cables de CA y cables de CC es de treinta centímetros, a menos que estén dentro de conductos separados.

Paso 4 – El rack del sistema rectificador

Llega ahora al rack del sistema rectificador. Este es un armario metálico, generalmente de diecinueve pulgadas de ancho,

fijado en el piso o en la pared. Dentro de este rack, varios componentes trabajan juntos.

El primer componente que ve al abrir la puerta frontal son los **módulos rectificadores**. Son bloques metálicos rectangulares que encajan en bahías horizontales o verticales dentro del rack. Cada módulo tiene una cara frontal con LED indicadores y, en los modelos más modernos, una pequeña pantalla LCD.

Cada módulo rectificador tiene una potencia nominal típica. Los más comunes son de mil vatios, mil quinientos vatios, dos mil vatios, dos mil quinientos vatios y tres mil vatios. Un rack puede contener de tres a doce módulos, dependiendo del tamaño.

Los módulos trabajan en paralelo. Esto significa que la suma de las corrientes de todos los módulos es la corriente total suministrada a la barra de CC. Si tiene tres módulos de cincuenta amperios cada uno, la corriente total disponible es ciento cincuenta amperios.

El segundo componente es la **controladora del sistema rectificador**. Es una placa electrónica con procesador, memoria y pantalla de visualización. La controladora es el cerebro del

sistema. Monitorea tensión, corriente, temperatura, estado de los módulos, alarmas y fallas. Se comunica con el centro de operaciones a través de la red de datos.

La controladora también permite ajustar parámetros como tensión de flotación, tensión de boost, corriente máxima de carga, límites de alarma y muchas otras configuraciones. Estos ajustes se realizan a través del panel frontal de la controladora o mediante software conectado por el puerto serie, USB o red.

El tercer componente es la **barra de CC interna**. Dentro del rack, existe una barra de cobre que recibe la salida de CC de todos los módulos rectificadores. Esta barra es generalmente de cobre desnudo o estañado, con agujeros para fijar los cables. El positivo de esta barra se conecta a la puesta a tierra funcional del sitio. El negativo es el polo vivo, que alimentará las cargas y las baterías.

El cuarto componente son los **sensores**. Existen sensores de corriente, que miden la corriente total suministrada por los rectificadores. Existen sensores de corriente de carga, que miden solo la corriente que va a los equipos. Existen sensores de corriente de batería, que miden la corriente que entra o sale de las baterías. Y existen sensores de temperatura, que miden la

temperatura dentro del rack y a veces la temperatura de las baterías.

Paso 5 – De la barra de CC a las baterías

De la barra de CC del rectificador, salen cables que van hasta el banco de baterías. Este es uno de los tramos más críticos de la instalación, porque aquí circulan corrientes muy altas.

Imagine un sitio con autonomía de ocho horas para una carga de cincuenta amperios. La corriente máxima de carga de las baterías puede llegar a cien amperios o más. El cable que conecta el rectificador a las baterías debe dimensionarse para esta corriente.

El calibre típico para esta conexión varía de veinticinco milímetros cuadrados a noventa y cinco milímetros cuadrados, dependiendo de la corriente y la distancia. Cables tan gruesos son rígidos y difíciles de doblar. El radio de curvatura mínimo para estos cables es generalmente de ocho a diez veces el diámetro del cable.

Entre la barra de CC y las baterías, existe un **interruptor de CC** o un **fusible de CC**. Este dispositivo de protección es obligatorio. Sirve para desconectar las baterías en caso de cortocircuito o sobrecarga. Sin él, un corto en el cable de la

batería podría derretir el cable, causar un incendio y explotar las baterías.

El interruptor de CC debe ser específico para corriente continua. Los interruptores de CA no funcionan en CC. Yo he visto a un técnico instalar un interruptor de CA en un circuito de CC de cien amperios. Cuando el interruptor intentó abrirse en una sobrecarga, el arco eléctrico no se extinguió y el interruptor se incendió.

El interruptor de CC tiene una característica importante llamada polaridad. Tiene un lado de entrada y un lado de salida marcados. Si lo conecta al revés, es posible que el interruptor no pueda interrumpir la corriente en caso de corto. Siempre respete la polaridad marcada en el cuerpo del interruptor.

Paso 6 – El banco de baterías

Las baterías se encuentran generalmente en racks o estanterías cercanas al rectificador. Cuanto más cerca, mejor, porque los cables largos causan caída de tensión y pérdida de eficiencia.

Las baterías VRLA de plomo-ácido se conectan en serie para alcanzar la tensión de cuarenta y ocho voltios. Cada batería individual tiene una tensión nominal de doce voltios. Por lo

tanto, necesita cuatro baterías de doce voltios en serie para obtener cuarenta y ocho voltios.

El cable que conecta una batería con otra se llama jumper o cable de interconexión. Estos cables son cortos y gruesos, generalmente de veinticinco a cincuenta milímetros cuadrados. Se conectan a los terminales de las baterías utilizando tornillos que requieren un par de apriete controlado.

El par de apriete correcto es fundamental. Si aprieta flojo, la conexión se calienta y puede derretir el terminal. Si aprieta demasiado fuerte, puede dañar el terminal de la batería o romper el tornillo. El valor típico de par de apriete para terminales de batería VRLA es de quince a veinte newton-metros, pero debe consultar el manual de la batería para el valor exacto.

Las baterías de litio tienen una configuración diferente. Ya vienen en módulos con una tensión de cuarenta y ocho voltios interna, por lo que no necesita conectar baterías en serie. Puede conectar varios módulos en paralelo para aumentar la capacidad total.

Paso 7 – De la barra de CC a las cargas

Paralelamente a la conexión con las baterías, la barra de CC también alimenta los equipos de telecomunicaciones. Estos equipos se llaman cargas.

De la barra de CC, salen cables que van a un **cuadro de distribución de CC**. Este cuadro es similar al cuadro de CA, pero con interruptores o fusibles específicos para CC. Puede estar dentro del mismo rack del rectificador o en un rack separado.

Cada carga tiene su propio interruptor de CC o fusible. La corriente nominal de este interruptor se dimensiona para el consumo máximo del equipo, más un margen de seguridad del veinticinco por ciento.

Por ejemplo, un radio que consume quince amperios en operación normal debe estar protegido por un interruptor de veinte amperios. Un multiplexor que consume cinco amperios debe tener un interruptor de diez amperios.

Los cables que salen del cuadro de distribución de CC van hasta cada equipo. Siguen por bandejas portacables o conductos hasta el rack donde están montados los equipos. El calibre de estos cables se calcula por la corriente del equipo y la distancia hasta el cuadro.

Paso 8 – Los equipos de telecom

En los racks de los equipos, encuentra los radios, multiplexores, conmutadores, enrutadores y otros dispositivos. Cada uno de estos equipos tiene una entrada de CC, generalmente identificada por los símbolos de más y menos o por los colores de los cables.

El positivo de la entrada del equipo debe conectarse al positivo de la barra, que está a tierra. El negativo debe conectarse al negativo de la barra, que es el polo vivo.

La mayoría de los equipos acepta un rango de tensión de CC que va de cuarenta voltios a cincuenta y siete voltios. Esto cubre tanto la tensión de flotación de cincuenta y cuatro voltios como la tensión de batería descargada de cuarenta y dos voltios.

Paso 9 – La puesta a tierra

La puesta a tierra es el sistema que conecta las partes metálicas del sitio a la tierra física. Existen dos tipos de puesta a tierra en el sitio telecom.

La **puesta a tierra funcional** es la conexión del positivo de la barra de CC a la jabalina de tierra. Esto establece el cero voltios de referencia para todo el sistema de CC. El positivo

está al potencial de tierra. El negativo está a menos cuarenta y ocho voltios con respecto a tierra.

La **puesta a tierra de protección** es la conexión de las carcasas metálicas de todos los equipos, racks, cuadros y estructuras a la jabalina de tierra. Esto sirve para proteger a las personas contra descargas eléctricas. Si un cable energizado toca la carcasa, la corriente fluye a tierra a través del cable de protección, no a través del cuerpo de quien toque la carcasa.

Ambas puestas a tierra se encuentran en un solo punto, llamado punto de puesta a tierra único. Este punto es generalmente una barra de cobre instalada cerca del cuadro de entrada. Todas las jabalinas de tierra, todos los cables de protección y el positivo de la barra de CC se conectan a esta barra.

Paso 10 – El camino completo visualizado

Ahora que conoce cada componente, recorramos el camino completo de la energía de una sola vez.

La energía sale del poste de la calle y entra al sitio por el cable de alimentación. Pasa por el DPS de entrada y llega al cuadro de distribución de CA. Dentro del cuadro, pasa por el interruptor general, por los DPS secundarios y por el interruptor del rectificador.

Del cuadro de CA, la energía sigue por los cables de CA hasta el rack del rectificador. Dentro del rack, entra en los módulos rectificadores, que convierten CA en CC. La CC sale de los módulos y se une en la barra de CC interna.

De la barra de CC interna, la energía sigue dos caminos. Un camino va a las baterías, pasando por el interruptor de CC y los cables de interconexión. Las baterías almacenan esta energía para uso futuro.

El otro camino va al cuadro de distribución de CC y de allí a cada equipo de telecom. Los equipos consumen esta energía para realizar su función de transmitir voz y datos.

Cuando la energía de CA de la concesionaria falla, los rectificadores dejan de producir CC. Pero las baterías, que están conectadas en paralelo con la barra, inmediatamente comienzan a suministrar corriente a las cargas. No hay interrupción. No hay interruptor. El sitio sigue funcionando como si nada hubiera pasado.

Cuando la energía de CA regresa, los rectificadores reanudan la producción de CC. Comienzan a alimentar las cargas nuevamente y también a recargar las baterías, que vuelven a su estado de flotación.

Lo que necesita saber antes de continuar

Antes de pasar al siguiente capítulo, debe ser capaz de responder a estas preguntas sobre la arquitectura del sitio.

Primero, ¿cuál es el primer componente que encuentra la energía al entrar al sitio y cuál es su función?

Segundo, ¿cuáles son los componentes que encuentra dentro del cuadro de distribución de CA y para qué sirve cada uno?

Tercero, ¿por qué los módulos rectificadores trabajan en paralelo?

Cuarto, ¿cuál es la función de la controladora del sistema rectificador?

Quinto, ¿por qué es obligatorio tener un interruptor o fusible entre la barra de CC y las baterías?

Sexto, ¿cuántas baterías de doce voltios son necesarias para formar un banco de cuarenta y ocho voltios?

Séptimo, ¿cuál es la diferencia entre la puesta a tierra funcional y la puesta a tierra de protección?

Octavo, ¿qué sucede con el suministro de energía a las cargas en el momento exacto en que la energía de CA de la concesionaria falla?

Si sabe responder a todas estas preguntas sin consultar el texto, domina la arquitectura eléctrica de un sitio telecom. Si no, regrese y relea el capítulo.

En el próximo capítulo, vamos a profundizar en la diferencia práctica entre CA y CC, y aprenderá exactamente cómo medir cada una sin equivocarse.

Capítulo 1.3 – CA versus CC – la diferencia práctica que necesita saber para no equivocarse

La confusión entre corriente alterna y corriente continua es responsable de muchos errores en campo, desde mediciones incorrectas hasta conexiones peligrosas que pueden destruir equipos o causar accidentes graves. Vamos a aclarar de una vez por todas las diferencias prácticas que importan para usted en el día a día.

La naturaleza fundamental de la corriente alterna

En la corriente alterna, que todo técnico llama CA, los electrones dentro del cable cambian de dirección cíclicamente. Van hacia adelante durante un corto período, se detienen,

invierten el sentido y van hacia atrás, se detienen, y se invierten nuevamente. Este ciclo se repite muchas veces por segundo.

En Brasil, la frecuencia de la red eléctrica es de sesenta Hertz. Esto significa que los electrones cambian de dirección sesenta veces por segundo. Cada ciclo completo de ida y vuelta lleva un sexagésimo de segundo, que es aproximadamente dieciséis coma sesenta y seis milisegundos.

El gráfico de la tensión de CA a lo largo del tiempo forma una onda suave y continua llamada onda senoidal. Esta onda comienza en cero, sube suavemente hasta un valor máximo positivo, desciende hasta cero, continúa descendiendo hasta un valor máximo negativo, y regresa a cero. Este ciclo se repite sesenta veces por segundo.

El valor que ve en la pantalla de su multímetro cuando mide un tomacorriente, ciento veinte voltios o doscientos veinte voltios, no es el valor pico de la onda. Es el valor eficaz, también llamado valor RMS. El valor eficaz es un promedio especial calculado para representar la capacidad de la corriente alterna de producir trabajo equivalente a la corriente continua.

Para una onda senoidal pura, que es lo que la concesionaria entrega, el valor pico es igual al valor eficaz multiplicado por

uno coma cuatro catorce, que es la raíz cuadrada de dos. Esto significa que si mide ciento veinte voltios de CA en el tomacorriente, la tensión realmente sube hasta ciento sesenta y nueve voltios positivos y desciende hasta ciento sesenta y nueve voltios negativos sesenta veces por segundo.

La naturaleza fundamental de la corriente continua

En la corriente continua, que todo técnico llama CC, los electrones fluyen siempre en la misma dirección. No hay inversión. No hay ciclo. El flujo es constante y uniforme a lo largo del tiempo.

El gráfico de la tensión de CC a lo largo del tiempo es una línea recta horizontal. Si mide cuarenta y ocho voltios de CC, el valor es cuarenta y ocho voltios todo el tiempo. No sube a sesenta y ocho voltios y desciende a cero. Es constante.

Esto hace que la corriente continua sea mucho más estable y predecible que la corriente alterna. Es por eso que todos los circuitos electrónicos sensibles, como procesadores, chips de memoria, radios digitales y equipos de transmisión, funcionan con corriente continua. No soportan las variaciones constantes de la corriente alterna.

Las implicaciones prácticas para la medición

Esta es la diferencia más importante para su trabajo diario. No puede usar las mismas herramientas para medir CA y CC.

Para medir tensión alterna con un multímetro, debe girar la perilla selectora a la posición con el símbolo de una onda \sim o la letra V con una ondulación encima. En esta posición, el multímetro espera una tensión que cambia de polaridad y calcula correctamente el valor eficaz.

Para medir tensión continua, debe girar la perilla selectora a la posición con el símbolo de una línea recta con una línea discontinua debajo, o la letra V con una línea recta encima y una línea discontinua debajo. En esta posición, el multímetro espera una tensión constante y muestra el valor real.

Si coloca el multímetro en la escala de CA e intenta medir una batería de cuarenta y ocho voltios de CC, el multímetro puede mostrar cero o un valor completamente erróneo. He visto a un técnico desechar una batería buena porque la midió en CA y el multímetro mostró cero.

Para medir corriente, la diferencia es aún más crítica. La pinza amperimétrica común, de esas que abre y coloca alrededor del cable, mide solo corriente alterna. Funciona por el principio de inducción electromagnética, que solo funciona cuando el

campo magnético está variando. Como la corriente continua genera un campo magnético constante, no variable, la pinza de CA común no detecta nada y muestra cero.

Para medir corriente continua con una pinza, necesita una pinza específica para CC. Estas pinzas usan sensores de efecto Hall, que detectan campos magnéticos constantes. Son más caras y menos comunes, pero son absolutamente esenciales para quien trabaja con sistemas de energía telecom.

Las implicaciones prácticas para la seguridad

La CA y la CC afectan al cuerpo humano de diferentes maneras, y necesita conocer estas diferencias para protegerse.

La corriente alterna causa contracción muscular alterna.

Cuando toca un cable de CA energizado, sus músculos se contraen y relajan sesenta veces por segundo. Esta contracción alterna generalmente le permite soltar el cable, porque los músculos se relajan parte del tiempo.

La corriente continua causa una contracción muscular continua y sostenida. Cuando toca un cable de CC energizado, sus músculos se contraen y permanecen contraídos. Si la contracción cierra su mano alrededor del cable, es posible que

no pueda soltarlo. La corriente continua puede mantenerlo atrapado en el circuito.

Además, la corriente continua causa electrólisis en la sangre. Descompone las moléculas de agua y sales presentes en la sangre en gases como hidrógeno y oxígeno. Esto puede causar embolias gaseosas fatales incluso con corrientes relativamente bajas.

Por lo tanto, debe tratar el sistema de CC de cuarenta y ocho voltios con el mismo respeto que trataría un sistema de CA de ciento veinte voltios. El hecho de que la tensión sea más baja no significa que sea segura. La corriente disponible en un banco de baterías de telecom puede llegar a cientos o miles de amperios. Esto es suficiente para matar instantáneamente.

Las implicaciones prácticas para la caída de tensión en cables

La caída de tensión en cables largos ocurre de manera diferente en CA y CC, y esto afecta el dimensionamiento de los cables en su sitio.

En corriente continua, la caída de tensión es puramente resistiva. La fórmula es simple: caída de tensión es igual a la corriente multiplicada por la resistencia del cable. La

resistencia del cable se calcula por la resistividad del cobre, que es una constante, multiplicada por la longitud del cable y dividida por el área de la sección transversal del cable.

Como la corriente es constante, la caída de tensión también es constante. Si tiene un cable largo, perderá una cierta cantidad fija de tensión a lo largo del recorrido.

En corriente alterna, además de la caída resistiva, existe un fenómeno llamado reactancia inductiva. La inductancia del cable causa una caída de tensión adicional que depende de la frecuencia. Como la frecuencia es de sesenta Hertz, esta componente inductiva es pequeña para cables cortos, pero puede volverse significativa para cables muy largos.

Para las distancias típicas de un sitio telecom, que raramente superan los cincuenta metros, la diferencia es pequeña. Pero necesita saber que existe.

La interfaz entre CA y CC – el rectificador

El rectificador es el equipo que hace de puente entre los dos mundos. Recibe corriente alterna de la concesionaria y produce corriente continua para la barra del sitio.

Dentro del rectificador, la corriente alterna pasa por un proceso en varias etapas. Primero, se filtra para eliminar ruidos y

transitorios. Luego, pasa por un puente de diodos que rectifica la corriente, transformando la CA en CC pulsante. A continuación, capacitores electrolíticos grandes suavizan estas pulsaciones, transformando la CC pulsante en CC casi pura. Finalmente, los circuitos de regulación ajustan la tensión exacta al valor deseado, típicamente entre cincuenta y tres coma cinco y cincuenta y cuatro coma cinco voltios.

El resultado final es que la tensión de CC en la salida del rectificador no es perfectamente constante. Tiene una pequeña oscilación residual llamada rizado. El rizado típico de un buen rectificador telecom es inferior a cincuenta milivoltios pico a pico. Esto es lo suficientemente pequeño para no afectar a los equipos.

Lo que necesita memorizar sobre CA y CC

Necesita tener en la punta de la lengua las diferencias prácticas. Voy a resumir los puntos esenciales.

Primero, la CA cambia de dirección sesenta veces por segundo. La CC fluye siempre en la misma dirección.

Segundo, la tensión de CA que mide es el valor eficaz, que es menor que el valor pico. La tensión de CC que mide es el valor real constante.

Tercero, para medir tensión de CA use la escala con símbolo de onda. Para medir tensión de CC use la escala con símbolo de línea recta.

Cuarto, la pinza de CA común no mide corriente de CC. Necesita una pinza específica para CC con sensor de efecto Hall.

Quinto, la corriente de CC puede mantener su mano contraída alrededor del cable, atrapándolo en el circuito.

Sexto, la corriente de CC causa electrólisis en la sangre, lo que puede ser fatal incluso con corrientes bajas.

Séptimo, trate el negativo del sistema de CC de cuarenta y ocho voltios como si fuera de ciento veinte voltios de CA en términos de peligro.

Octavo, la caída de tensión en CC es puramente resistiva y constante. En CA también tiene componente inductiva.

Noveno, el rectificador es el equipo que convierte CA en CC en su sitio.

Décimo, la salida de CC del rectificador tiene un pequeño rizado residual, que es normal y aceptable.

Capítulo 1.4 – Por qué el estándar es -48V y no 48V positivo – la historia y la práctica

Esta es una de las preguntas que más confunde a los técnicos nuevos en el área. ¿Por qué todo el mundo habla de menos cuarenta y ocho voltios? ¿Por qué no es simplemente cuarenta y ocho voltios positivo? Voy a contar la historia completa y explicar lo que esto significa en la práctica para su trabajo.

El origen histórico del estándar negativo

Todo comenzó hace muchas décadas, en los inicios de la telefonía, cuando los cables telefónicos se enterraban directamente en el suelo. Las empresas de telefonía notaron que los cables de cobre enterrados sufrían una corrosión acelerada cuando se sometían a ciertas condiciones eléctricas.

La corrosión de metales enterrados es un proceso electroquímico. El suelo húmedo actúa como un electrolito. Cuando dos metales diferentes están en contacto con el suelo, o cuando un mismo metal está en diferentes condiciones, se forma una pila electroquímica que consume el metal.

Los ingenieros de la época descubrieron algo sorprendente. Si el polo positivo de la batería se conectaba a tierra, la corrosión

de los cables enterrados disminuía drásticamente. Si el polo negativo se conectaba a tierra, la corrosión se aceleraba.

La explicación es que la corriente eléctrica que fluye del metal al suelo causa la disolución de los iones metálicos, es decir, corroe el metal. Al conectar el positivo a tierra, el flujo de corriente se invierte y el proceso de corrosión se reduce.

Esta práctica se convirtió en estándar en la industria de la telefonía y nunca más cambió. Incluso hoy, con cables aéreos, conductos de protección y aislamientos modernos, el estándar permanece. Todos los equipos de telecomunicaciones están diseñados para operar con el positivo a tierra.

Lo que significa positivo a tierra en la práctica

En un sistema de cuarenta y ocho voltios con positivo a tierra, el cable positivo está directamente conectado a la jabalina de puesta a tierra del sitio. Esto significa que el potencial del cable positivo es el mismo potencial de la tierra donde está pisando.

Si mide la tensión entre el cable positivo y una jabalina de tierra clavada en el suelo, el multímetro mostrará cero voltios. Están al mismo potencial eléctrico.

El cable negativo, por su parte, está a un potencial negativo de cuarenta y ocho voltios con respecto a tierra. Si mide la tensión

entre el cable negativo y la jabalina de tierra, el multímetro mostrará menos cuarenta y ocho voltios o cuarenta y ocho voltios con el signo menos delante.

Esto significa que el cable negativo es el polo energizado, el polo vivo. Es el que da chispa cuando toca tierra o el positivo. Es el que debe ser tratado con cuidado redobrado.

La confusión con los nombres y colores de los cables

Aquí comienza la confusión práctica. Como el estándar es negativo con respecto a tierra, pero las personas están acostumbradas a que el rojo sea positivo y el negro sea negativo, cada fabricante adopta una convención diferente.

Algunos fabricantes siguen la lógica eléctrica: rojo para el positivo y negro para el negativo. En este caso, el rojo está a tierra y el negro es el polo vivo. Esto confunde a los técnicos que piensan que el rojo siempre es peligroso.

Otros fabricantes siguen la lógica de seguridad: usan negro para el cable que está a tierra y rojo para el cable que está energizado. En este caso, el negro es el positivo a tierra y el rojo es el negativo vivo.

Otros usan azul para el negativo y negro para el positivo. O marrón para el negativo y gris para el positivo.

No existe un estándar universal de colores para sistemas de CC en telecom. La única manera de estar seguro es medir con el multímetro. Toque la punta negra del multímetro a la jabalina de tierra o al cable positivo de un equipo que sabe que es correcto. Toque la punta roja al cable que quiere identificar. Si el multímetro muestra una tensión positiva, el cable que está tocando es el negativo. Si muestra cero o cerca de cero, el cable es el positivo a tierra.

Lo que esto significa para la seguridad en el trabajo

El hecho de que el positivo esté a tierra tiene implicaciones directas para su seguridad.

Como el positivo está al mismo potencial que la tierra, puede tocar el cable positivo con una mano y la tierra con la otra y no recibirá una descarga. No hay diferencia de potencial. Esto es seguro.

El negativo, sin embargo, está cuarenta y ocho voltios por debajo de la tierra. Si toca el cable negativo con una mano y la tierra con la otra, habrá una diferencia de cuarenta y ocho voltios entre los dos puntos. Recibirá una descarga.

La corriente que circulará por su cuerpo dependerá de la resistencia de su piel. La piel seca tiene alta resistencia, en el

rango de cien mil ohmios. La corriente sería cuarenta y ocho voltios dividido por cien mil ohmios, que es menos de medio miliamperio, imperceptible.

Pero la piel mojada o sudada tiene una resistencia mucho más baja, pudiendo caer a mil ohmios o menos. En ese caso, la corriente sería cuarenta y ocho miliamperios, suficiente para causar contracción muscular intensa y, si se mantiene el tiempo suficiente, paro cardíaco.

Por eso, nunca debe trabajar en sistemas de CC energizados con las manos mojadas o sudadas. Use guantes aislantes. Use herramientas con mangos aislados. Y nunca trabaje solo.

Lo que esto significa para las mediciones

Al medir tensión en un sistema de CC con positivo a tierra, la manera correcta es tocar la punta negra del multímetro al positivo o a la tierra, y la punta roja al punto que quiere medir.

Si invierte las puntas, el multímetro mostrará una tensión negativa. No es un error. El multímetro está mostrando la polaridad real. El negativo está realmente a menos cuarenta y ocho voltios con respecto al positivo.

Para las mediciones de corriente, la polaridad también importa. La pinza de CC tiene una marca que indica el sentido de la

corriente. Si coloca la pinza en el sentido contrario, la lectura será negativa. Esto no es un problema, siempre que entienda lo que significa.

La cuestión de la nomenclatura en documentos y conversaciones

En los documentos técnicos, en las conversaciones entre ingenieros y técnicos, y en las pantallas de los equipos, verá tanto menos cuarenta y ocho voltios como cuarenta y ocho voltios.

Cuando alguien habla de un sistema de cuarenta y ocho voltios, se sobreentiende que es el estándar telecom con positivo a tierra. El signo menos delante es técnicamente correcto, pero a menudo se omite por practicidad.

Cuando la pantalla de un rectificador muestra la tensión de la barra como cincuenta y cuatro coma cero voltios, sin signo, está mostrando el valor absoluto. El signo está implícito.

Cuando un manual dice que el rango de operación es de cuarenta a cincuenta y siete voltios, se sobreentiende que son cuarenta a cincuenta y siete voltios negativos con respecto a tierra.

No se deje confundir por esta variación en la nomenclatura. Lo importante es recordar que el positivo está a tierra y el negativo es el polo energizado.

Lo que sucede si invierte la polaridad

Invertir la polaridad en un sistema telecom es un error grave que puede destruir equipos.

Los equipos de telecom están diseñados con diodos de protección en la entrada. Estos diodos conducen corriente solo cuando la polaridad es correcta. Si invierte la polaridad, los diodos entran en conducción inversa, que es básicamente un cortocircuito.

La corriente de corto puede llegar a cientos de amperios. Los diodos se queman instantáneamente. El fusible o interruptor puede abrirse, pero el daño ya está hecho. El equipo necesita ser reparado o reemplazado.

Por eso, antes de conectar cualquier cable de CC, siempre verifique la polaridad con el multímetro. No confíe en los colores de los cables. No confíe en la memoria. Mida.

Capítulo 1.5 – Los cuatro tipos de sitio que va a encontrar en campo – greenfield, azotea, shelter y outdoor

Va a encontrar cuatro tipos principales de sitios de telecom en campo. Cada uno tiene características propias de construcción, acceso, ambiente, refrigeración y facilidad de mantenimiento. Conocer estos tipos le ayuda a prepararse antes de ir al campo.

Sitio tipo greenfield

Greenfield es el nombre que se da a los sitios construidos en áreas abiertas, generalmente en el campo, en granjas, en áreas rurales o en terrenos apartados. El nombre proviene del inglés y significa campo verde, indicando que el sitio se construyó en un terreno que antes estaba vacío.

Un sitio greenfield típico tiene una torre de acero de treinta a cien metros de altura. Al pie de la torre, hay una o más construcciones de mampostería o contenedores adaptados llamados shelters. Dentro de estos shelters se encuentran los equipos de energía, los radios y los sistemas de transmisión.

El acceso a los sitios greenfield suele ser difícil. Muchas veces necesita recorrer caminos de tierra no pavimentados, especialmente en épocas de lluvia. Un coche común puede atascarse. Lleve un vehículo con tracción en las cuatro ruedas siempre que sea posible.

La energía en estos sitios generalmente proviene de la red de la concesionaria, pero muchos sitios greenfield en áreas remotas tienen generadores diésel como fuente primaria o de respaldo. El generador puede activarse automáticamente cuando la red de CA falla.

La refrigeración en shelters greenfield se realiza con aire acondicionado de alta capacidad, porque el sol directo en la estructura metálica del shelter puede elevar la temperatura interna a más de cincuenta grados. Sin aire acondicionado, las baterías VRLA mueren en menos de dos años.

La seguridad en los greenfields es una preocupación. Los sitios aislados son blancos frecuentes de robo de cables de cobre, baterías e incluso módulos rectificadores. Muchos operadores instalan cercas eléctricas, cámaras y sensores de movimiento.

Para trabajar en un sitio greenfield, lleve agua potable y aperitivos. Puede que no haya ningún comercio cerca. Lleve también una linterna potente y baterías extras, porque si el sitio se cae durante la noche, puede quedarse a oscuras.

Sitio tipo azotea

Azotea, que significa rooftop en inglés, son los sitios instalados sobre lasas de edificios comerciales o residenciales. Es el tipo más común en áreas urbanas.

El equipo de radio está en el techo, generalmente en un pequeño refugio de fibra de vidrio o aluminio llamado cabina outdoor, o a veces en racks abiertos protegidos por una cubierta simple. La torre se sustituye por un mástil o poste corto de dos a diez metros.

La sala de energía a menudo no existe. Los rectificadores y las baterías están dentro del edificio, en una sala técnica alquilada o cedida por el propietario del inmueble. Esta sala puede estar en el sótano, en la planta baja o en cualquier otro piso.

El acceso a las azoteas requiere autorización del administrador del edificio o del propietario. Necesita programar la visita con antelación y a menudo debe estar acompañado por un empleado del edificio durante todo el trabajo.

La energía es suministrada por la concesionaria a través del cuadro general del edificio. Necesita un circuito dedicado desde el cuadro del edificio hasta la sala técnica. La calidad de esta energía puede ser mala si el edificio tiene muchos equipos que generan armónicos, como ascensores y bombas.

La refrigeración es un desafío en las azoteas. Las salas técnicas en sótanos o plantas bajas suelen tener temperatura controlada. Las salas en pisos superiores pueden ser muy calurosas. Muchas veces no hay aire acondicionado, solo ventilación forzada o natural.

El espacio es generalmente limitado en las azoteas. Necesita ser creativo para instalar racks y baterías en espacios pequeños. Las baterías de litio son una gran ventaja aquí, ya que ocupan menos espacio que las VRLA.

Para trabajar en una azotea, lleve todos los equipos y herramientas de una sola vez. Subir y bajar varias veces con escaleras o ascensor de carga lleva tiempo y es cansado. Planifique su salida a campo con cuidado.

Sitio tipo shelter

Shelter es un refugio prefabricado, generalmente de hormigón, acero o fibra de vidrio, instalado a nivel del suelo. Es el tipo más común en áreas suburbanas y en los márgenes de las carreteras.

El shelter contiene todos los equipos en un solo ambiente: rectificadores, baterías, radios, transmisión y aire acondicionado. Todo está dentro del mismo espacio cerrado.

El acceso es generalmente fácil, ya que los shelters están cerca de carreteras pavimentadas. Muchos tienen un portón de entrada con candado o una cerca alrededor.

La energía proviene de la concesionaria a través de un poste cercano. Hay un cuadro de entrada de CA dentro o fuera del shelter. Muchos shelters tienen un generador diésel externo como reserva.

La refrigeración se realiza con uno o dos aparatos de aire acondicionado de tipo split o ventana. La temperatura debe mantenerse entre veinte y veinticinco grados para prolongar la vida de las baterías VRLA.

La organización interna varía mucho. Los shelters bien organizados tienen racks alineados, cables identificados, bandejas limpias y suelo pintado. Los shelters mal organizados son un caos de cables empalmados, baterías en el suelo y equipos apilados.

Para trabajar en un shelter, lleve un medidor de temperatura para verificar si el aire acondicionado está funcionando correctamente. La temperatura alta es uno de los principales asesinos de las baterías VRLA.

Sitio tipo outdoor

Outdoor, que significa al aire libre en inglés, son sitios donde todo el equipo está expuesto a la intemperie, dentro de armarios herméticos instalados en postes, paredes o pequeñas bases de hormigón.

No hay shelter. No hay sala técnica. El rectificador, las baterías y los radios están todos dentro de un armario metálico sellado, generalmente pintado de blanco para reflejar el calor del sol.

El espacio es extremadamente limitado. El armario tiene típicamente un metro de altura por sesenta centímetros de ancho por cuarenta centímetros de profundidad. Dentro de él, todo debe estar muy bien organizado.

La energía proviene de la red de la concesionaria a través de una derivación directa del poste más cercano. El cuadro de CA puede ser un pequeño cuadro al lado del armario o dentro del propio armario.

La refrigeración es un gran desafío. Los armarios outdoor no tienen aire acondicionado. Dependen de intercambiadores de calor, ventiladores o sistemas de refrigeración termoeléctrica. En días muy calurosos, la temperatura dentro del armario puede superar los cincuenta grados.

Las baterías en sitios outdoor deben estar especialmente diseñadas para altas temperaturas. Las VRLA para outdoor utilizan electrolito en gel en lugar de AGM. El litio se usa cada vez más en outdoor por su tolerancia a temperaturas más altas.

Para trabajar en un sitio outdoor, prepárese para condiciones adversas. Puede estar expuesto al sol fuerte, lluvia, viento o frío. Lleve protección solar, impermeable y abrigo según el pronóstico del tiempo. Lleve una base magnética o soporte para sujetar su multímetro mientras trabaja, porque no hay banco de trabajo donde apoyar las herramientas.

Comparación entre los tipos de sitio

Cada tipo de sitio tiene sus ventajas y desventajas para el trabajo de energía.

Greenfield ofrece espacio generoso y fácil acceso a los equipos, pero el desplazamiento es largo y el ambiente puede ser hostil.

Azotea tiene fácil acceso a la red eléctrica del edificio, pero el espacio es limitado y depende de la buena voluntad del administrador del edificio.

Shelter es el más equilibrado en términos de espacio y acceso, pero la organización interna varía mucho de un sitio a otro.

Outdoor es el más desafiante de todos. Espacio mínimo, temperatura extrema, exposición al clima y dificultad para manejar herramientas.

Como técnico de campo, va a trabajar con todos estos tipos. Cada uno exige una preparación diferente y un conjunto de habilidades específico. La experiencia le enseñará los trucos de cada uno.

Capítulo 1.6 – Equipos típicos de un sitio y sus consumos reales (no los de la placa)

Una de las mayores trampas en el dimensionamiento de energía es confiar en los valores de consumo escritos en las placas de identificación de los equipos. Estos valores son máximos teóricos, casi nunca alcanzados en la operación real. Vamos a aprender lo que realmente consume energía en un sitio.