

COMENTARIOS SOBRE el ESQUEMA de CONEXIÓN a TIERRA (ECT) TT

Por el Ing. Carlos A. Galizia

Secretario del Comité de Estudios CE-10 de la Asociación Electrotécnica Argentina

Consultor en Instalaciones Eléctricas de BT y MT

Consultor en Seguridad Eléctrica de BT y MT

Auditorías Eléctricas, Proyectos,

Asesoramientos y Dirección de Obra

Dictado de Cursos de Capacitación

Este es un artículo que ha tomado como fuente un documento técnico de Schneider Electric, a quien mucho se agradece, y ha sido adaptado por el autor.

El Esquema de Conexión a Tierra (ECT) TT es el más utilizado en la actualidad en el mundo. Está definido junto con los otros ECT en la Reglamentación AEA 90364 (RAEA) en su Parte 3 y en la Sección 771 de la Parte 7.

En Argentina se debe emplear en todas las instalaciones domésticas y en la mayoría de las restantes instalaciones: el TT es obligatorio por la Reglamentación AEA 90364 cuando se recibe alimentación de la red pública de BT; su empleo llega al 95% de las instalaciones aproximadamente.

En este esquema de conexión a tierra el neutro de la fuente de alimentación está conectado directamente a tierra (R_B tierra de servicio), y las partes metálicas de los receptores de la instalación consumidora están unidas a otra toma de tierra (R_A tierra de protección). (ver figura 1).

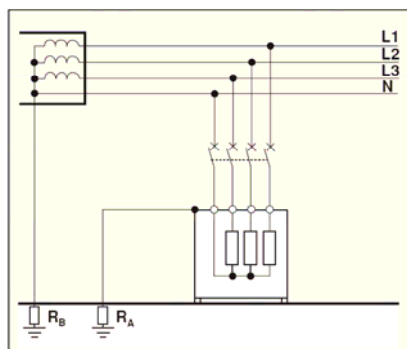


Figura 1 Esquema TT

En relación con la seguridad se definen varias tensiones.

Tensión de Contacto Efectiva U_c , que es la tensión que aparece entre partes conductoras cuando dichas partes conductoras **SON** tocadas simultáneamente por una persona (o por un animal).

Por convención, el término **Tensión de Contacto** es empleado solamente en relación con la protección contra contactos indirectos. La U_c debe ser medida con un voltímetro de $R_i = 3.000 \Omega$ (ohm) El valor de la tensión efectiva de contacto puede ser apreciablemente influenciado por la impedancia de la persona o del animal en contacto eléctrico con esas partes conductoras.

Por esa razón y para trabajar con los aspectos de seguridad se adopta otra tensión que no esté influenciada por la impedancia del cuerpo. Dicha tensión es la

Tensión de Contacto Presunta U_t , que es la Tensión que aparece entre partes conductoras **SIMULTÁNEAMENTE ACCESIBLES** cuando dichas partes conductoras **NO SON** tocadas simultáneamente por una persona (o por un animal). La U_t debe ser medida con un voltímetro de $R_i = 40.000 \Omega$ (ohm).

Otra de las tensiones que se definen en relación con la seguridad es la llamada

Tensión de falla U_f o Tensión de defecto que es la tensión que aparece entre un punto dado de defecto o falla y la tierra de referencia (tierra lejana) como consecuencia de un defecto (o falla) de aislación.

La tensión de falla debe ser medida con un voltímetro de R_i mínima de 40.000Ω (ohm).

La protección de personas contra los contactos indirectos por desconexión automática de la alimentación

En el ECT TT, una falla o defecto de aislación línea-masa eléctrica (ver figura 2) provoca la circulación de una corriente de falla a tierra I_d que está limitada fundamentalmente por las resistencias de las tomas de tierra (R_A y R_B) y la resistencia de la falla de aislación (R_d):

$$I_d = U_0 / (R_A + R_B + R_d)$$

Ahora la pregunta que naturalmente surge es: ¿cómo se relaciona esa I_d con la tensión de contacto máxima admisible por el cuerpo humano?. Para poder establecer esa relación se define (sólo para la protección contra los contactos indirectos por corte automático de la alimentación) otra tensión, la llamada

Tensión convencional límite de contacto U_L que es la tensión de contacto máxima admisible por el cuerpo humano, en un entorno determinado.

Según el tipo de local (o condición de la piel), se definen a nivel internacional (IEC 60364) dos valores de tensión convencional límite de contacto, que no deben rebasarse,

- 50 V para los locales secos y húmedos y
- 25 V para los locales mojados.

Este concepto de tensión convencional límite de contacto U_L no es aplicable a los cuerpos sumergidos ya que en esos casos no se permite la protección contra los contactos indirectos por corte automático de la alimentación. Los cuerpos sumergidos sólo pueden protegerse por alimentación con MBTS de valor máximo 12 Vca o 30 Vcc (ver Capítulo 41 de la RAEA 90364).

En la Argentina la U_L es de 24 VCA para ambientes secos, húmedos y mojados.*

**De acuerdo con la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles AEA90364 la tensión convencional límite de contacto es de 24 V para ambientes secos, húmedos o mojados mientras que para la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N° 19.587 y sus DR, la tensión de seguridad es de 24 Vca respecto a tierra para locales secos y húmedos. En cambio en los locales mojados o impregnados de líquidos conductores la Ley establece que la misma será determinada, en cada caso, por el jefe del Servicio de Higiene y Seguridad en el Trabajo de la empresa.*

¿Y cómo “garantizamos” que la U_L no es sobrepasada? Esa “garantía” se obtiene en el ECT TT si se cumple que

$$I_d \times R_A \leq U_L$$

lo que traducido significa que la caída de tensión en el electrodo de puesta a tierra de protección con resistencia R_A , cuando dicho electrodo es recorrido por la corriente de defecto, es inferior o a lo sumo igual a U_L .

Como la peligrosidad de la corriente eléctrica va directamente asociada al tiempo de circulación, se establecen dos curvas de seguridad (Figura 2) que fijan las máximas duraciones permitidas de la tensión de contacto presunta.

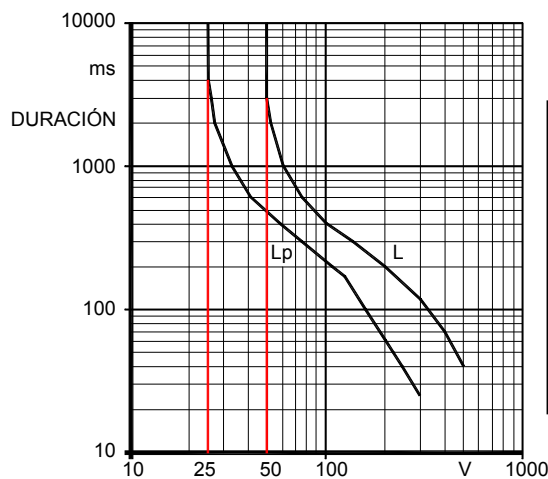


Figura 2. Tensión de contacto

La curva L tiene en cuenta las situaciones normales ($U_L = 50$ Vca) dentro del ámbito IEC.

La curva Lp tiene en cuenta las situaciones particulares ($U_L = 25$ Vca) dentro del ámbito IEC, que serían las exigidas en nuestro país ($U_L = 24$ Vca)

Así pues, los tiempos de respuesta de los dispositivos de protección contra los contactos indirectos (sean dispositivos diferenciales en los ECT TT o interruptores automáticos, fusibles o dispositivos diferenciales en los ECT TN-S) vienen impuestos por estas curvas de seguridad.

La tensión de contacto U_C (considerada por seguridad igual a U_I) en el ECT TT es igual a:

$$U_C = I_d \times R_A$$

Y si se desprecia la resistencia de falla (se supone falla franca), se tiene que

$$U_C = U_0 \times R_A / (R_A + R_B)$$

donde U_0 es la tensión línea-neutro (tensión simple). Así, la carcasa del receptor puede alcanzar una U_C peligrosa.

A través del siguiente ejemplo veremos que en el ECT TT la corriente de falla a tierra correspondiente es del orden de algunos amperes y se alcanza una U_C elevada, lo que obliga a una desconexión obligatoria en un tiempo máximo establecido por la RAEA 90364.

Ejemplo (Figura 3)

Con $U_0 = 230 \text{ V}$, $R_A = 10 \Omega$; $R_B = 1 \Omega$ y $R_d = 0$

La intensidad de falla o defecto (I_d), será:

$$I_d = U_0 / (R_A + R_B + R_d)$$

$$I_d = 220 / (10 + 1 + 0) = 20 \text{ A}$$

con lo que la tensión de contacto (U_C) que se generará, será de

$$U_C = I_d \times R_A;$$

$$U_C = 20 \text{ A} \times 10 \Omega = 200 \text{ V}$$

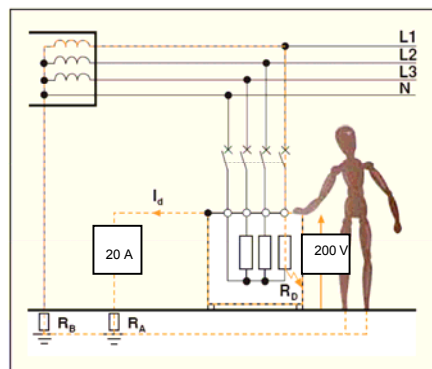


Figura 3.

Dicha tensión es muy superior a la tensión límite convencional de contacto U_L y presenta peligro para las personas si no se desconecta en un tiempo máximo determinado.

En la cláusula **413.1.3.1** del Capítulo 41 de la RAEA se establece que los circuitos terminales de hasta 32 A deben desconectarse antes de los 0,06 s en el ECT TT y antes de 0,200 s en el ECT TN-S.

En ese mismo capítulo se indica:

a) en la cláusula **413.1.3.2** que “En los ECT TN-S, se admiten tiempos de desconexión que no excedan a 2 s para circuitos seccionales y para los circuitos no cubiertos por 413.1.3.1, aclarándose que si la selectividad de las protecciones lo requiere, ese tiempo podrá ser extendido hasta un máximo de 5 s”.

b) en la cláusula **413.1.3.3** que “En los ECT TT, se admiten tiempos de desconexión que no excedan de 1 s para circuitos seccionales y para los circuitos no cubiertos por 413.1.3.1”.

Esa corriente I_d de 20 A no es asimilable a una corriente de cortocircuito, y no logra en general hacer actuar ninguna protección convencional de sobrecorrientes del tipo interruptor automático o fusible, y pone en peligro a las personas.

Por consiguiente, es preciso añadir protección diferencial en la instalación lo que puede lograrse por medio de un dispositivo diferencial (DD) que puede ser instalado en la cabecera. La sensibilidad del diferencial que debe utilizarse debe ser tal que la tensión de contacto U_C sea inferior a la tensión límite convencional U_L de contacto a saber:

$$I_{An} \leq U_L / R_A$$

La protección de los receptores eléctricos y de los circuitos

El nivel del umbral de disparo de los diferenciales necesario para la protección de personas contra los contactos directos ($I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$) es más bajo que el necesario para proteger los bienes contra incendios ($I_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$) o para proteger los circuitos magnéticos de los motores. Los DD también pueden evitar, por lo tanto, los daños en receptores motivados por defectos de aislación.

El esquema TT y el conductor neutro

En caso de falla o descarga eléctrica del transformador entre los arrollamientos de MT y los de BT, el potencial del neutro se eleva y por tanto aparece un potencial muy peligroso de varios cientos de voltios aproximadamente, entre el neutro y la tierra de utilización.

Por este motivo, una persona que opere en una máquina puede estar en contacto directo con el conductor neutro a dicha tensión elevada, lo que conlleva un enorme riesgo.

Por esa razón la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la AEA, tiene en cuenta este riesgo obligando a interrumpir y seccionar el neutro en la cabecera de todos los tableros, sean monofásicos o trifásicos con neutro.

Este seccionamiento debe quedar garantizado a través de una función de corte omnipolar, que realiza al mismo tiempo el corte y seccionamiento de los conductores de línea y del neutro, aumentando entonces la seguridad de los trabajos sin tensión. El RAEA también permite que estos dispositivos tengan un corte no simultáneo siempre que garanticen por ensayos (reflejado en la marcación en el frente) que en los casos de maniobra tetrapolar el polo del neutro desconecta último y conecta primero.

En la cabecera de una instalación trifásica con neutro (tablero principal) se debe instalar un interruptor automático tetrapolar con todos los polos protegidos que permita realizar el corte y el seccionamiento omnipolar con lo cual se cumple con todos los requisitos de la Reglamentación de la AEA.

Además y por la misma razón, según la RAEA es obligatorio seccionar el neutro en la cabecera de los tableros seccionales, sean tableros que reciben alimentaciones monofásicas o alimentaciones trifásicas con neutro. Si la alimentación es monofásica en la cabecera de los tableros seccionales se deberá instalar alguno de los siguientes dispositivos: un interruptor automático bipolar o un interruptor diferencial o un interruptor-seccionador (alternativa recomendada).

Si la alimentación es trifásica con neutro en la cabecera de los tableros seccionales se deberá instalar alguno de los siguientes dispositivos: un interruptor automático tetrapolar o un interruptor diferencial tetrapolar o un interruptor-seccionador tetrapolar (alternativa recomendada). En estas opciones, como se percibe, no se han incluido dispositivos con fusibles porque se están suponiendo instalaciones operadas por personal BA1 (viviendas, oficinas y locales) y en dichos lugares está prohibido el empleo de los fusibles para protección de los circuitos de la instalación.

En cambio, cuando las instalaciones son operadas por personal capacitado (BA4 o BA5), como por ejemplo las instalaciones industriales, en esos casos SÍ pueden ser empleados fusibles para la protección de los circuitos de la instalación. Por ello en esas instalaciones, a las opciones mencionadas antes como dispositivos permitidos para ser empleados en la cabecera de los tableros seccionales, se deben agregar los dispositivos con fusibles, es decir, el fusible-interruptor-seccionador (conocido como seccionador fusible bajo carga con una velocidad de maniobra dependiente del operador) y el interruptor-seccionador con fusibles (conocido como seccionador bajo carga con fusibles con una velocidad de maniobra independiente del operador).

Utilización del ECT TT

Este es el esquema de conexión a tierra de uso obligatorio en Argentina, cuando se recibe alimentación desde la red pública de distribución de BT, según lo establecido por la RAEA. Las distribuidoras distribuyen en TN-C (cuatro conductores: los tres de línea más el neutro N combinado con el conductor de protección PE, en un solo conductor llamado PEN). Al llegar la red de BT al inmueble del usuario este debe adoptar el ECT TT en forma obligatoria. Las ventajas que presenta son:

- Requiere un sencillo control de las instalaciones de puesta a tierra (medición de la resistencia de puesta a tierra de la tierra de protección y verificación de la continuidad de los diferentes conductores PE entre el borne de puesta a tierra del tablero principal y los bornes de tierra de todos los tomacorrientes y de todas las masas.
- Permite ampliar sin complicaciones especiales las instalaciones, ya que aunque la instalación se amplíe, la impedancia que se incorpora en el lazo de falla no altera en absoluto el disparo de la protección diferencial.
- Se requiere efectuar una prueba electromecánica mensual en el interruptor diferencial oprimiendo el pulsador de "Test" o "Prueba" lo que va a garantizar el correcto funcionamiento mecánico (pero no eléctrico).
- Los dispositivos de protección diferencial para este régimen resultan sumamente prácticos, seguros y económicos.