
**Protecciones
para instalaciones
solares fotovoltaicas**

**unidad
didáctica8**

1. Especificaciones

Una instalación fotovoltaica debe cumplir en todas sus partes, las condiciones que se exijan en materia de seguridad.

Para empezar, todas las instalaciones FV deben cumplir con las especificaciones del Reglamento Electrotécnico de baja tensión, (REBT) en las instrucciones que le afecten, según el punto de la instalación de que se trate (cableado, protecciones, tomas de tierra, etc.). Además, cada componente debe cumplir con las normas UNE. Así se avala que ofrece las garantías de fabricación que son exigibles por la normativa.

Las conexiones, cableados, equipos y mecanismos de la instalación situados a la intemperie tendrán un grado de protección mínimo IP 535 ya que así lo especifica la norma UNE 20324.

Para evitar que puedan producirse confusiones entre los polos positivo y negativo, en CC, deberán emplearse enchufes y tomas de corriente que no permitan tal confusión.

Los convertidores CC/CC se instalarán de forma que la línea de menor tensión sea lo más reducida posible. Los inversores CC/CA se instalarán lo más cerca posible de la batería.

Cuando la instalación fotovoltaica incluya paneles conexiónados en serie, se instalarán diodos de derivación. Se tomarán las siguientes medidas, según el tipo y configuración de la instalación seleccionada:

Para instalaciones tipo A (recordemos, aquellas en las que la tensión de trabajo es menor de 440 V, alterna o continua, y su potencia inferior a 16 kVA), el campo solar llevará varistores instalados para protección de sobretensiones. Además, si se trata de las configuraciones nº 4, 5, 6, 7 y 8:

- La salida de la batería estará protegida por un interruptor magnetotérmico.
- Se señalizará la zona de baterías con las señales de:
 - Prohibido fumar.
 - Presencia de ácido.
 - Riesgo eléctrico.
 - Riesgo de explosión.

En las instalaciones tipo B (las de tensión de trabajo es superior a los 440 V, en CA o en CC, o su potencia superior a los 10 kVA), las medidas de seguridad de este tipo de instalaciones serán redactadas por un técnico competente y visadas por el correspondiente Colegio. Corresponderá a la delegación de industria correspondiente la supervisión y autorización de dichas instalaciones.

1.1. Instalación de las baterías

Nos referimos en especial a este elemento, porque pueden ocurrir accidentes con la batería si ésta, o su contenedor, se vuelca, o si accidentalmente se cortocircuitan sus terminales, por ejemplo, mediante un destornillador u otra herramienta. Por ello, se ubicarán en un espacio bien ventilado y con acceso restringido, tomándose precauciones para evitar el cortocircuito accidental de los terminales de la batería. Estos requisitos pueden cumplirse de distintas maneras.

Cuando se proceda a la instalación de las baterías, se procurará que éstas estén lo más cerca posible del campo de paneles solares, de la carga y de los equipos acondicionadores de potencia. Cuando se instalen, se hará de forma que resulte fácil realizar el mantenimiento. Las hileras de baterías serán accesibles, al menos, por un lado y cuando se monten, entre una y otra, habrá una separación de al menos, 10 mm. Por razones de seguridad, debe procurarse que sean inaccesibles los dos bornes (positivo y negativo) simultáneamente.

Es aconsejable que las baterías se instalen en locales no habitados y donde no puedan existir focos calientes o chispas, de paredes lisas, preferentemente recubiertas con materiales cerámicos o pinturas adecuadas, y suelo llano y resistente al electrolito.

Como ya sabemos, las baterías no deben colocarse directamente sobre el suelo, por lo que será necesario emplear soportes. Estos soportes deben estar contruidos con material aislante y resistente al electrolito, por lo que no se recomienda el uso de estructuras soporte de cobre, aluminio y/o acero galvanizado por ser vulnerables a la acción de éste. En los locales donde se monten las baterías, la iluminación se realizará mediante lámparas fluorescentes halógenas.

Las baterías de plomo-ácido y las de níquel-cadmio, deben estar separadas físicamente.

No se requiere necesariamente que el local en el que van colocadas tenga ventanas, pero si existieran, se impedirá que las baterías reciban radiación solar directamente sobre ellas. Si son accesibles desde fuera se protegerá con malla fina menor o igual de 10×10 mm, que impida la entrada de pequeños animales.

Como la renovación del aire en las salas de baterías es necesaria, las salas donde se encuentran las baterías de plomo tendrán una renovación del aire, como mínimo, igual a la calculada con la expresión:

$$Q_r = 6 \cdot V_f \cdot I_f$$

donde

Q_r = caudal de aire mínimo, en l/h.

V_f = tensión máxima de la batería, en V.

I_f = intensidad de fin de carga de la batería, en A.

En las salas donde se encuentren baterías de níquel-cadmio, la renovación del aire se corresponderá con la obtenida por:

$$Q_r = 0,5 \cdot I \cdot N$$

donde

Q_r = caudal de aire mínimo, en l/h.

I = intensidad de carga, en A.

N = número de elementos.

En caso de renovación del aire de forma natural, el área de la superficie de entrada y salida del aire S será, como mínimo:

$$S \text{ (cm}^2\text{)} = 28 \cdot Q_r/1.000$$

El aire de renovación debe entrar desde un nivel lo más cerca del suelo, circular a través de las baterías y salir, lo más alto posible, por la parte opuesta al lugar de entrada del aire en la habitación.

La temperatura ambiente en la zona donde se instalen las baterías debe oscilar entre +5 °C y 35 °C. Lo indicado aquí debe tomarse como referencia; los niveles máximos y mínimos de temperatura en la sala de baterías vendrán dados por el fabricante de las baterías a instalar.

2. Toma de tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

Todos los sistemas FV necesitan un sistema de puesta a tierra para mejorar el rendimiento y la seguridad del personal. Todas las partes metálicas expuestas del sistema deben estar conectadas al electrodo de tierra, incluyendo la estructura del sistema generador, los marcos de los módulos y la bomba, si la hubiera. El electrodo debe estar instalado lo más cerca posible del sistema generador.

La instalación de un sistema pararrayos completo esta lejos de ser aceptable desde el punto de vista económico. Por ejemplo, donde las tormentas eléctricas son frecuentes, las pérdidas anuales de módulos fotovoltaicos y reguladores debido a los rayos son de aproximadamente 0,2%, mientras que el costo de tal sistema de protección representaría un incremento de costos de los sistemas FV domésticos de alrededor del 34%. Además, existen otras posibilidades mucho más baratas de protección, por lo tanto: en regiones con tormentas eléctricas frecuentes se debe instalar algún medio de aislar manualmente los polos positivo y negativo del lado

Energía solar fotovoltaica

Protecciones para instalaciones solares fotovoltaicas

del generador fotovoltaico. De este modo se puede aislar el generador fotovoltaico cuando hay riesgo de descargas eléctricas atmosféricas.

Finalmente, para evitar recibir descargas eléctricas al cambiar las lámparas fluorescentes, los electrodos de los balastos nunca pueden estar conectados a los elementos de fijación (regletas, etc.) de las luminarias.

Las conexiones a tierra que deben establecerse son:

- Del generador FV: estructura soporte y marco metálico.
- De la instalación, correspondiente a los consumos de alterna.

Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el REBT.

3. Protección contra contactos directos e indirectos

El contacto de una persona con un elemento en tensión puede ser directo o indirecto. Se dice que es directo cuando dicho elemento se encuentra normalmente bajo tensión. Por el contrario, el contacto se define como indirecto si el elemento ha sido puesto bajo tensión accidentalmente (por ejemplo, por un fallo en el aislamiento). Deben realizarse de acuerdo con el REBT.

3.1. Protección contra contactos directos

Esta protección consiste en tomar las medidas destinadas a proteger a las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos.

Salvo indicación contraria, los medios a utilizar vienen expuestos y definidos en la Norma UNE 20460-4-41; son habitualmente:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencia residual.

Las protecciones complementarias mediante dispositivos de corriente diferencial residual, están destinadas solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos. El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

3.1.1. Diferenciales

Ofrecen una protección eficaz contra los contactos tanto directos como indirectos. Están compuestos por:

- Transformador toroidal.
- Relé electromecánico.
- Mecanismo de conexión y desconexión.
- Circuito auxiliar de prueba.

Cuando la suma vectorial de las intensidades que pasan por el transformador es distinta de cero, en el secundario del mismo se induce una tensión que provoca la excitación del relé dando lugar a la desconexión del interruptor.

Para que se produzca la apertura, la corriente de fuga, I , debe de ser superior a la corriente de sensibilidad del diferencial.

3.2. Protección contra contactos indirectos

3.2.1. Protección por corte automático de la alimentación

El corte automático de la alimentación después de la aparición de un fallo está destinado a impedir que una tensión de contacto de valor suficiente, se mantenga durante un tiempo tal que puede dar como resultado un riesgo.

Debe existir una adecuada coordinación entre el esquema de conexiones a tierra de la instalación utilizado de entre los descritos en la ITC-BT-08 y las características de los dispositivos de protección.

El corte automático de la alimentación está prescrito cuando puede producirse un efecto peligroso en las personas o animales domésticos en caso de defecto, debido al valor y duración de la tensión de contacto. Se utilizará como referencia lo indicado en la norma UNE 20572-1.

La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados, como por ejemplo, 24 V para las instalaciones de alumbrado público contempladas en la ITC-BT-09, apartado 10.

Se describen a continuación aquellos aspectos más significativos que deben reunir los sistemas de protección en función de los distintos esquemas de conexión de la instalación, según la ITC-BT-08 y que la norma UNE 20460-4-41 define para cada caso. Se emplean dispositivos del tipo:

- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos.
- Diferenciales.

3.2.2. Protección por empleo de equipos de la clase II o por aislamiento equivalente

Se asegura esta protección por:

- Utilización de equipos con un aislamiento doble o reforzado (clase II).
- Conjuntos de aparatos construidos en fábrica y que posean aislamiento equivalente (doble o reforzado).
- Aislamientos suplementarios montados en el curso de la instalación eléctrica y que aislen equipos eléctricos que posean únicamente un aislamiento principal.
- Aislamientos reforzados montados en el curso de la instalación eléctrica y que aislen las partes activas descubiertas, cuando por construcción no sea posible la utilización de un doble aislamiento.

4. Protección contra sobrecargas, cortocircuitos y sobretensiones

En lo que concierne a seguridad, los sistemas fotovoltaicos domésticos tienen la ventaja de la baja tensión (típicamente 12 V) y la desventaja de la presencia de baterías, las cuales tienen corrientes de cortocircuito muy altas, contienen ácido sulfúrico, y liberan gases inflamables. Para evitar los riesgos asociados, interesa cumplir los siguientes requisitos: tanto la batería como el regulador de carga deben estar protegidos contra sobrecorrientes y corrientes de cortocircuito por medio de fusibles, diodos, etc. Las protecciones deben afectar tanto a la línea del generador fotovoltaico como a la línea de las cargas. Las protecciones pueden estar o no incluidas dentro de la caja del regulador. En cualquiera de los casos, tales protecciones deben ser consideradas como parte del regulador de carga y, en consecuencia, cumplir con los requisitos relativos a caídas de tensión concernientes a éste.

Las protecciones se consiguen de la siguiente forma:

- Sobrecargas y cortocircuitos: fusibles y magnetotérmicos (PIAs).
- Sobretensiones red (por tormentas, etc.): varistores (en los paneles).

Los varistores proporcionan una protección fiable y económica contra transitorios de alto voltaje que pueden ser producidos, por ejemplo, por relámpagos, conmutaciones o ruido eléctrico en líneas de potencia de CC o CA.

Resumiendo, de manera general, las protecciones que podemos encontrar en los sistemas fotovoltaicos son:

1. Interruptor general manual, interruptor magnetotérmico o diferencial con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.
2. Interruptor automático diferencial, como protección contra derivaciones en la parte de alterna de la instalación.
3. Interruptor automático de interconexión controlado por software, controlador permanente de aislamiento, aislamiento galvánico y protección frente a funcionamiento en isla, incluidas en el inversor, como ya hemos detallado en apartado previo.
4. Puesta a tierra del marco de los módulos y de la estructura mediante cable de cobre desnudo y pica de tierra, siguiendo la normativa vigente en este tipo de instalaciones; es decir, sin alterar las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora.
5. Puesta a tierra de la carcasa del inversor.
6. Aislamiento clase II en todos los componentes: módulos, cableado, cajas de conexión, etc.
7. Varistores entre positivo y tierra, y negativo y tierra, para el generador fotovoltaico, contra sobretensiones inducidas por descargas atmosféricas.
8. Fusible en cada polo del generador fotovoltaico, con función seccionadora.