



“CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES CONECTADOS A REDES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN”

Elaborado por: *Ing. Frank Amores Sánchez,*
Dpto. Técnico,
Oficina de Representación en Cuba de Aplicaciones
Tecnológicas, S. A.

- Julio de 2014 -

1. Posibles modos de protección para los ECT de BT

SPD entre	TT	TN-C	TN-S	IT
L-N	X		X	X ^a
L-PE	X		X	X
L-PEN		X		
N-PE	X		X	X ^a
L-L	X	X	X	X

^a Cuando es neutro distribuido

2. Tensión máxima de operación (U_c)

La U_c del SPD debe ser superior a la máxima tensión de operación que puede aparecer entre los puntos de la red eléctrica donde está conectado y esta depende del ECT.

SISTEMA TN

- **TNC:** Para SPDs _{L-PE}, $U_c \geq 1,1 \times U_o$
- **TNS:** Para SPD _{N-PE}, $U_c \geq U_o$
 - Conexión tipo 1: para SPDs _{L-PE}, $U_c \geq 1,15 \times U_o$
 - Conexión tipo 2: para SPDs _{L-N}, $U_c \geq 1,15 \times U_o$
- **TNC-S:** Igual que TNC en el panel principal e igual que TNS en el panel secundario

SISTEMA TT

- Para el SPD _{N-PE}, $U_c \geq 1,5 \times U_o$
 - Conexión tipo 1: para SPDs _{L-PE}, $U_c \geq 1,15 \times U_o$
 - Conexión tipo 2: para SPDs _{L-N}, $U_c \geq 1,15 \times U_o$

SISTEMA IT

- **IT (con N):** Para el SPD _{N-PE}, $U_c \geq U_o$
 - Conexión tipo 1: para los SPDs _{L-PE}, $U_c \geq \sqrt{3} \times U_o$
 - Conexión tipo 2: para SPDs _{L-N}, $U_c \geq 1,15 \times U_o$
- **IT (sin N):** Para los SPDs _{L-PE}, $U_c \geq U_{L-L}$



Un (V) de la red eléctrica		Uc min. (V) del SPD				
ECT: TT y TN 3 ϕ , 4 W, N a tierra	ECT: IT 3 ϕ , 3 W, no tierra	TN y TT	TN y TT	TT	IT	TN, TT e IT
		L-PE o N-PE	L-PE	L-PE o N-PE	L-PE o N-PE	L-PE
		1,15 x Uo	1,1 x Uo	1,5 x Uo	$\sqrt{3}$ x Uo	1,15 x Uo
120/208		138	132	180	.....	239
127/220	220	146	140	191	220	253
.....	230, 240	.....	.....	.....	230	265
.....	260, 277, 347	.....	.....	.....	260	414
220/380, 230/400	380, 400	265	253	330	380	437
240/415, 260/440	415	299	286	360	415	477
277/480	440, 480	319	305	416	440	506
* En algunas condiciones pueden requerirse valores superiores (por ejemplo: pérdida de neutro en el Sistema TT)						

3. Nivel de tensión de protección (Up)

La selección del nivel apropiado de tensión de protección del SPD depende de:

- la tensión de soporte a impulso (U_w) del equipo a proteger,
- la longitud de los conductores de conexión al SPD,
- la longitud y trazado del circuito entre el SPD y los equipos.

El U_p del SPD tiene que ser menor que la tensión de soporte a impulso (U_w) del equipo a proteger.

Cuando el SPD está conectado a los equipos a proteger, la caída de tensión inductiva ΔU de los conductores de conexión se adicionará al U_p del SPD. El nivel de protección efectivo resultante $U_{p/F}$, puede asumirse como:

$$U_{pr} = U_{pSPD} + \Delta U \quad \text{para SPD de tipo de limitación de tensión.}$$

$$U_{pr} = \max(U_p, \Delta U) \quad \text{para SPD de tipo de conmutación de tensión.}$$

Cuando el SPD está instalado en la entrada de la línea a la estructura, deberá asumirse $\Delta U = 1$ kV/m de longitud. Cuando la longitud de conductores de



conexión es $\leq 0,5$ m, puede asumirse $U_{P/F} = 1,2 \times U_P$. Cuando el SPD únicamente está manejando sobretensiones inducidas, puede despreciarse ΔU .

Los sistemas internos estarán protegidos si:

- Existe coordinación energética con los SPDs instalados aguas arriba.

- Se satisface una de las tres siguientes condiciones:

1) $U_p \leq U_w$: cuando la longitud del circuito entre el SPD y los equipos es despreciable (caso típico de un SPD instalado en los terminales de los equipos)

2) $U_p \leq 0,8 U_w$: cuando la longitud del circuito es inferior a 10 m (caso típico de un SPD instalado en un panel de distribución secundario o en un tomacorrientes);

NOTA: Cuando el fallo de los sistemas internos pueda provocar pérdidas de vidas humanas o del servicio público debe considerarse la duplicación de la tensión debido a las oscilaciones y se requiere el criterio $U_{P/F} \leq U_W / 2$.

3) $U_p \leq (U_w - U_l) / 2$: cuando la longitud del circuito es superior a 10 m (caso típico de un SPD instalado en la entrada de la línea a la estructura o en algunos casos en panel de distribución secundario).

Tensión de Soporte a Impulso (U_w)

Tensión nominal de la red de alimentación basada en IEC 60038 (V)		Tensión fase-neutro deducida de las tensiones nominales c.a. y c.c. hasta e incluido (V)	Tensión de soporte a impulso * U_w (V)			
			Categoría de sobretensión			
Trifásica	Monofásica		I	II	III	IV
230/400, 277/480 400/690 1 000	120-240	50	330	500	800	1 500
		100	500	800	1 500	2 500
		150	800	1 500	2 500	4 000
		300	1 500	2 500	4 500	6 000
		600	2 500	4 000	6 00	8 000
		1 000	4 000	6 000	8 000	12 000

* La marca / indica una red trifásica de 4 hilos (configuración en estrella). El valor inferior es la tensión entre fase y neutro, mientras que el valor superior es la tensión entre fases. Cuando se indica un solo valor, se refiere a una red de 3 hilos y es la tensión entre fases.

4. Intensidad nominal de la corriente de descarga (I_n)

La intensidad nominal de la corriente de descarga (I_n) del SPD tiene que ser superior al valor de la intensidad esperada de la corriente de descarga en el punto donde está conectado.



La protección contra las sobretensiones transitorias causadas por impactos indirectos y lejanos de rayos y de conmutación se realiza normalmente instalando SPD de Clase II y si es necesario SPD de Clase III.

La protección contra las sobretensiones transitorias causadas por los impactos directos e cercanos de rayos al sistema de suministro eléctrico se realiza de acuerdo al concepto de zona de protección contra rayos mediante la instalación de SPDs de Clase I, Clase II y Clase III.

- En el panel eléctrico principal

- Si la fuente probable de daños es **S1-Descarga directa en la estructura** (corriente conducida en el servicio entrante debido a la división de corriente que se produce en la estructura a partir del impacto directo del rayo en la misma), se coloca un **SPD Clase I** con I_{imp} mayor que el valor esperado de la intensidad de la corriente de descarga en el punto donde está conectado. La máxima corriente de rayo correspondiente al Nivel de Protección contra Rayo (LPL) seleccionado:

LPL	I	II	III	IV
$I_{m\acute{a}x}$ (KA)	200	150	100	100

Se calcula de la siguiente manera: 50 % en la red de puesta a tierra, 50 % en las de conducciones metálicas externas. Este se divide entre la cantidad de conducciones metálicas y nuevamente entre la cantidad de conductores que integran la línea eléctrica objeto de análisis.

- Si la fuente probable de daños es **S3-Descarga directa en el servicio** (corriente conducida en el servicio entrante debido a un impacto directo en el mismo), se coloca un **SPD Clase I** con I_{imp} mayor que:

LPL	I	II	III y IV
I_n (KA)	10	7,5	5

- Si la fuente probable de daños es **S4-Descarga indirecta en el servicio** (Corriente inducida en el servicio entrante debido a un impacto cercano al mismo porque las líneas entrantes están totalmente dentro de LPZ 0_B o cuando la probabilidad de fallo debido a las fuentes de daño S1 y S3 pueden despreciarse), se coloca un **SPD Clase II** con I_n mayor que:



LPL	I	II	III y IV
In (KA)	5	3,75	2,5

- En el panel eléctrico secundario

- Si la fuente probable de daños es **S1- Descarga directa en la estructura** (Sobretensiones inducidas a partir de los campos magnéticos debido al paso de la corriente por el LPS_{EXT}. O blindaje espacial de LPZ1), se coloca un **SPD Clase II** con In mayor que:

LPL	I	II	III y IV
In (KA)	10	7,5	5

- Si la fuente probable de daños es **S2- Descarga indirecta en la estructura** (Sobretensiones inducidas a partir de los campos magnéticos debido a las descargas de rayo cercanas), se coloca un **SPD Clase II** con In mayor que:

LPL	I	II	III y IV
In (KA)	0,2	0,15	0,1

CRITERIOS PARA LA INSTALACIÓN DE LOS SPDs:

1. Sección de los conductores de conexión de los SPDs:

Clase o Tipo	Área de sección transversal mínima Cu (mm ²)
I	16
II	6
III	1
SPD de Telecom.	1

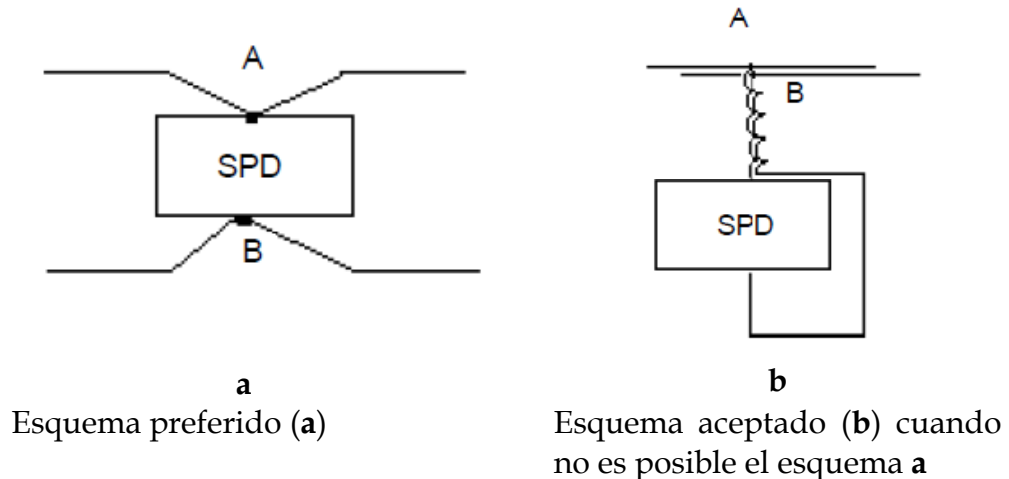
2. Longitud de los conductores de conexión de los SPDs:

Los conductores de conexión de los SPDs serán tan cortos como sea posible, no excediendo los 0,5 m de longitud total ($l_1 + l_2$). Esta longitud degrada la protección ofrecida por el SPD. Por tanto, podrá ser necesario seleccionar un SPD con un U_p inferior para ofrecer una protección eficiente. La tensión residual que se transfiere al equipo será la suma de la del SPD y las caídas de tensión inductiva en estos conductores.



3. Trazado de los conductores de conexión de los SPDs:

Los conductores de conexión de los SPDs serán tan rectos como sea posible, evitando dobleces agudos, y en su trazado se velará porque los conductores protegidos y no protegidos estén alejados entre sí.



4. Influencia del fenómeno de oscilación en la distancia de protección.

Si la distancia entre el SPD y los equipos a proteger es demasiado grande, las oscilaciones pueden causar una tensión en los bornes de los equipos que sería hasta dos veces la U_p . Esto puede causar el fallo de los equipos a proteger, a pesar de la presencia de un SPD. La distancia aceptable depende del tipo de SPD, del tipo de sistema eléctrico, de la pendiente de la sobretensión que se produzca y de la impedancia de la carga conectada. Estas oscilaciones pueden despreciarse para distancias menores que 10 m.

5. Coordinación energética entre SPDs:

Para lograr una repartición aceptable del estrés entre dos SPDs de acuerdo a la energía que soportan se necesita la coordinación.

La coordinación incluye el cumplimiento de dos criterios básicos: el de energía y el de nivel de tensión de protección.

Para asegurarse de que dos SPDs están bien coordinados es necesario satisfacer los siguientes requerimientos:

- Si para todos los valores de corriente de impulso de rayo entrante (entre 0 e I_{peak1}) la parte de la energía disipada en el SPD2 es inferior



a la parte disipada en el SPD1 y a su capacidad de soporte de energía (E_{max2}).

- El nivel de protección del SPD2 deberá ser igual o preferiblemente inferior al del SPD1, al estar conectado más cerca de los equipos a proteger.

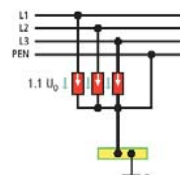
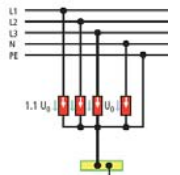
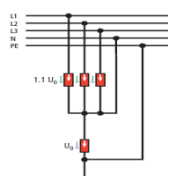
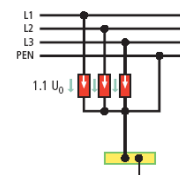
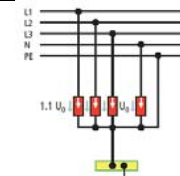
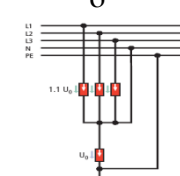
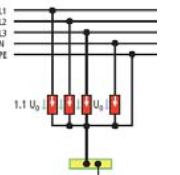
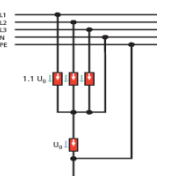
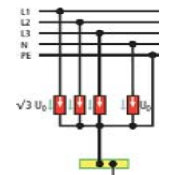
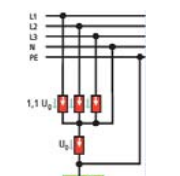
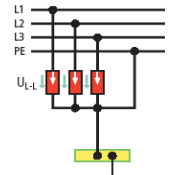
La impedancia entre dos SPDs, generalmente de tipo inductiva, puede ser física (un componente específico insertado en la línea para facilitar la compartición de la energía entre los dos SPDs) o la aportada por la longitud de cable entre los dos SPDs (se considera $1 \mu\text{H/m}$).

Referencias:

1. IEC 62305-4: 2010. Protección contra rayos. Protección de equipos eléctricos y electrónicos dentro de edificios.
2. IEC 61643-12: 2000. Low-voltage surge protective devices. Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems
- Selection and application principles



Conexión de los SPDs según el ECT

ECT					
TNC	TNS	TNC-S	TT	IT con Neutro	IT sin Neutro
 <p>SPD_{L - PEN} $U_c \geq 1,1 \times U_0$</p>	 <p>SPD_{L - PE} y SPD_{N - PE} (Conexión 4+0)</p> <p>O</p>  <p>SPD_{L - N} y SPD_{N - PE} (Conexión 3+1)</p>	 <p>SPD_{L - PEN}, en el panel princ.</p> <p>O</p>  <p>SPD_{L - PE} y SPD_{N - PE} (Conexión 4+0), en el panel sec. y las cargas</p> <p>O</p>  <p>SPD_{L - N} y SPD_{N - PE} (Conexión 3+1), en el panel sec. y las cargas</p>	 <p>SPD_{L - PE} y SPD_{N - PE} (Conexión 4+0)</p> <p>O</p>  <p>SPD_{L - N} y SPD_{N - PE} (Conexión 3+1)</p>	 <p>SPD_{L - PE} y SPD_{N -} (Conexión 4+0)</p> <p>O</p>  <p>SPD_{L - N} y SPD_{N - PE} (Conexión 3+1)</p>	 <p>SPD_{L - PE}</p>