

ŘEŠENÍ

Ethernet a obecná strukturovaná kabeláž
Ochrana ICT technologií před přepětím



Proč chránit?

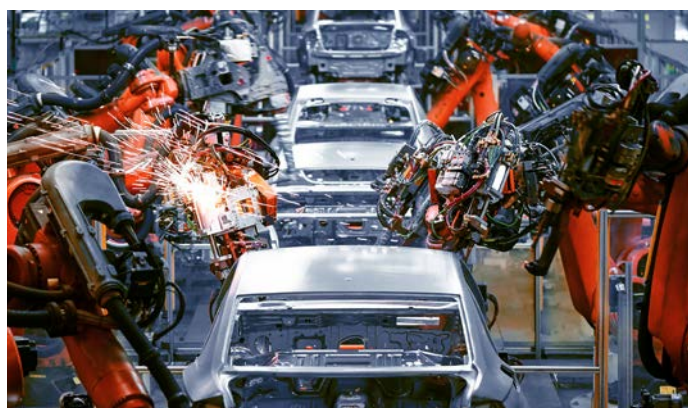
Výměna informací je v dnešní „digitální době“ neodmyslitelnou součástí našeho života. Je součástí průmyslových procesů, komunikačních technologií a sítí, výzkumu, dopravy, krizové infrastruktury atp. Stěžejí již najdeme činnost, při které bychom se bez přenosu informací obešli. V některých situacích na spolehlivé komunikaci může dokonce záviset i naše zdraví či život. Je tedy zřejmé, že je nezbytné dbát na zachování co nejvyšší spolehlivosti a dostupnosti datových přenosů. Součástí této péče je i ochrana datových sítí před přepětím, jehož působení může mít fatální následky.

Ethernetové a další datové přenosové sítě pracují s velmi malými úrovněmi signálů (milivoly, maximálně jednotky voltů) a periferie technologických prvků k síti připojených jsou proto velmi citlivé. Řádově větší přepětové pulzy, ať již atmosférického (bleskového) či průmyslového (spínacího) původu je mohou snadno poškodit. Statistiky pojišťoven dokazují, že cca 1/3 všech likvidací škod z pojistných událostí je způsobena přepětím. Jde o největší skupinu škod, výrazně větší než škody způsobené požáry, krádežemi, povodněmi atd.

Kvůli potřebě vysoké kapacity přenosu dat používá IP protokol velmi krátké časové intervaly pro přenos jednotlivých dílčích datových bloků (symbolů) v řádu nanosekund. O několik řádů delší nežádoucí přepětové pulzy tak mohou zničit poměrně velkou část datového toku, což i v případě že nedojde k fyzickému poškození technologie může způsobit narušení plynulosti přenosu dat či jejich ztrátu.

Poškození nechráněné datové sítě přepětím je většinou spojeno s jejím výpadkem a potřebou opravy, což má za následek buď nedostupnost dat a komunikací v krajním případě spojené třeba se ztrátou na životech (nedostupnost záchranného systému) nebo výpadky výroby atp. Lze spočítat, že hodinový výpadek datové sítě

spojený s narušením produkce může mít významné hospodářské následky. Například v papírenském průmyslu nebo pivovaru cca 10 000 Eur, v automobilovém průmyslu pak až 250 000 Eur a ztráta dostupnosti datového centra s cloudovými službami pak může přijít provozovatele až na 500 000 Eur za jednu hodinu výpadku!

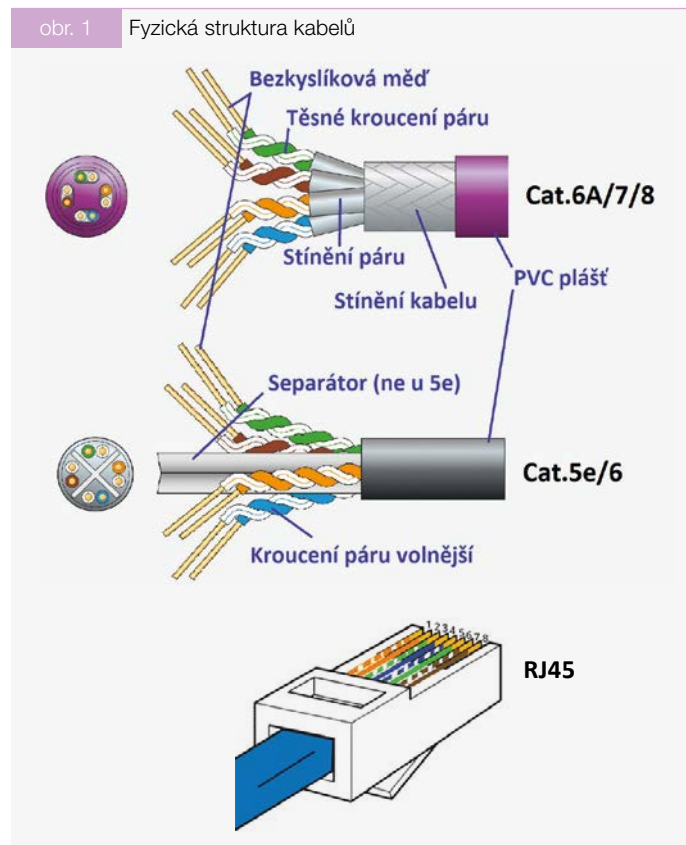


Co chránit?

Snad nejpoužívanější platformou pro datovou komunikaci jsou dnes sítě Ethernet. Od původních Ethernetových a Fast Ethernetových sítí 80. a 90. let jsme se s geometricky rostoucím objemem přenášených dat přesunuli k vysokorychlostním sítím Gigabit Ethernetu a vyšším. I přes to, že se vývoj ubírá směrem optického přenosu dat (zejména na páteřních částech sítí), stále existuje mnoho stávajících i nově budovaných sítí, které jsou realizovány metalickými kabelemi. Tyto části sítí jsou ohroženy přepětím atmosférického i průmyslového původu a potřebují specifickou přepětovou ochranu (SPD).

Metalické Ethernetové sítě jsou fyzicky realizovány na kabelech s kroucenými páry (kroucení párových vodičů pomáhá udržet konstantní impedanci vedení a vyšší odolnost proti rušení). Typicky čtyřpárové kabely existují v mnoha různých provedeních od jednoduchých UTP (nestíněných) až po odolné STP/FTP (stíněné) kabely. Kvalita kabelu je základním parametrem při kategorizaci přenosového kanálu, která určuje především datovou propustnost kanálu. Kategorii je mnoho (viz tab. 1), ale dominantními, tj. nejčastěji používanými, jsou kategorie 5e, 6 a 6A typicky zakončené konektory RJ45. Pro tyto kategorie SALTEK vyvinul portfolio kompatibilních přepětových ochran.

obr. 1 Fyzická struktura kabelů



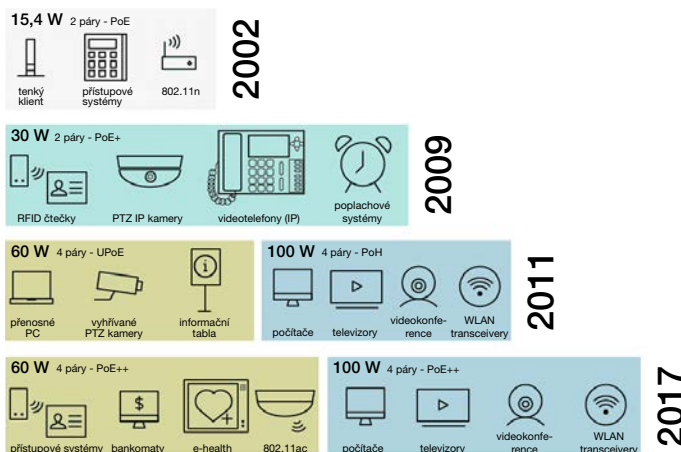
Tab.1 Kategorizace a doporučené použití kabeláže Ethernet.

CAT	Propustnost	Protokol	Šířka pásma	Použití
3/4/5	≤100 Mb/s	10BASE-T 100BASE-T	16 - 100 MHz	Staré rozvody (ISDN, Token Ring, telefony ...). Nedoporučuje se pro nové sítě.
5e	≤1 Gb/s	1000BASE-T	100 MHz	Aktuálně nejrozšířenější pro IP sítě. Nedoporučuje se pro nové rozvody a PoE++.
6	≤1 Gb/s (10 Gb/s max. 50m)	1000BASE-T	250 MHz	Nové rozvody bez předpokladu budoucího navyšování kapacity a životností do 5 let, rezidentní výstavba , rozvody s PoE++
6A	≤10 Gb/s	10GBASE-T	500 MHz	Nové rozvody pro ICT (data, video, hlas, security ...), standard pro datacentra, komerční výstavbu, nemocnice, univerzitní kampusy ... , PoE++ s životností 10+ roků
7	≤10 Gb/s	10GBASE-T	600 MHz	Nové rozvody pro ICT, zejména sítě citlivé na rušení a přeslechy (dvojitě stínění), více služeb na jednom kabelu (hlas, data, TV ...)
7A	≤10 Gb/s	10GBASE-T	1 000 MHz	Nové rozvody pro data i video, CATV na 862 MHz, MULTIMEDIA , pro rozvody s dlouhodobým budoucím rozvojem kapacity (nad 15 roků)
8	≤40 Gb/s (max. 30 m)	25GBASE-T 40GBASE-T	2 000 MHz	Vysokorychlostní páteřní propoje do 30 metrů (např. propojovací pole apod.)

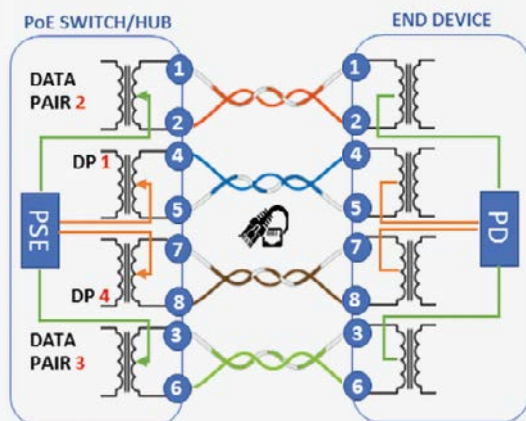
S dynamickým rozvojem Ethernetových sítí roste i skupina periferních zařízení (IP kamery, různá čidla, PC terminály, monitory, WiFi terminály atp.), které jsou do Ethernetových sítí integrovány. Kromě datové komunikace však potřebují pro svoji funkci i samostatné napájení. Samostatné napájecí kabely paralelně s datovými se ukázaly nepraktické a drahé, a proto se pro napájení IP periférií začaly využívat samotné datové kroucené páry v takzvaném napájecím systému **PoE (Power over Ethernet)**.

S rostoucí komplexností koncových zařízení roste i potřeba napájecího příkonu, a tak se postupně vyvinulo několik typů PoE – od jednoduchého typu 1 s dvoupárovým napájením až po dnešní čtyřpárový typ 4, který je schopen přenést až 100 W napájecího výkonu. Zdroje a injektory PoE jsou dnes již běžně integrovanou součástí Ethernet serverů, switchů a podobných technologií a tak při návrhu přepětových ochran je třeba pamatovat i na tyto části systému. Princip injekce PoE z DC zdroje 48V (PSE) do datových kroucených párů i extrakce napájení v periferní technologii (PD) je znázorněna na obr. 2.

IEEE Standard	Typ	Přenášený výkon	Konfigurace; max. proud
IEEE 802.3af	Typ 1	15,4 W	2 páry; $I_L = 320$ mA
IEEE 802.3at / PoE+	Typ 2	30,8 W	2 páry; $I_L = 640$ mA
IEEE 802.3bt / UPoE	Typ 3	60 W	4 páry; $I_L = 2 \times 640$ mA
IEEE 802.3bt	Typ 4	90–95 W	4 páry; $I_L = 2 \times 1\,000$ mA



obr. 2 Princip injekce a extrakce DC napájení v systému PoE (zde verze čtyřpárová, tj. typu 4 dle IEEE 802.3bt)



Samostatnou, rychle se rozvíjející a prosazující infrastrukturou informačních sítí jsou tzv. obecné strukturované kabeláže. Od klasických Ethernetových sítí se liší tím, že jsou schopny přenášet kromě Ethernetových dat a PoE i signály odlišných datových a informačních systémů, jejichž přenosu též vyhovuje fyzická struktura kabelů s kroucenými páry. Kabeláž s kroucenými páry je takto povýšena na úroveň univerzální metalické sítě schopné přenášet jak „klasická“ Ethernetová data (max. rozkmit signálu ± 1V), tak i další signály, např. KNX, DMX, RS-485, signály systémů Měření & Regulace atd. Takové signály pracují často s podstatně vyššími amplitudami signálu ve srovnání s Ethernetem. To je hlavní parametr, který je třeba při výběru SPD pro strukturovanou kabeláž zohlednit. Použití SPD určené pouze pro Ethernet sítě (s nízkou reakční napětovou hladinou ochranných prvků) by zde způsobilo nežádoucí reakci SPD a poruchu i při běžném provozu.

Při hledání odpovědi na otázku „Co chránit?“ je třeba zvážit několik parametrů:

- 1. Provozní spolehlivost ohrožené technologie** – vysokou argumentační váhu pro implementaci přepětových ochranných budou mít např. sítě kritické infrastruktury s požadavkem na vysokou dostupnost služby/dat (např. záchranná a bezpečnostní služba, online řízení průmyslových procesů, připojení datových center a cloudových služeb, zabezpečovací systémy důležitých objektů – věznice, elektrárny, vojenské objekty, ... a další).
- 2. Pořizovací cena ohrožené technologie** (popř. cena opravy) – prvky ICT sítí jsou stále složitější, dražší a zranitelnější. A to nejen ty centrální, ale stále častěji i ty periferní (např. průmyslové roboty a automaty, IR PTZ kamery atp.). Ceny SPD, které je ochrání před poškozením či zničením jsou většinou jen nepatrným zlomkem pořizovací ceny technologií. Často je důležitým parametrem i předpokládaná doba (a cena) případné opravy poškozených zařízení, neboť, zejména v souvislosti s parametrem spolehlivosti (ad 1), může hrát kritickou roli při posouzení návratnosti investic do ochranných prvků.
- 3. Stupeň ohrožení technologie přepětím** – patrně nejvíce ohrožené jsou technologie připojené ke kabelům, které procházejí venkovním prostředím, tj. zónou LPZ 0. Zde je totiž nebezpečí přímého či nepřímého úderu blesku a velikost nežádoucího energetického pulzu největší. Takto připojené technologie dopo-

ručujeme chránit vždy. Ochrana technologií připojených kabely umístěnými v zónách LPZ 1 a vyšších (tzn. uvnitř budov) a její typ pak závisí na vyhodnocení parametrů ad 1 a 2 a dalších okolností. Těmi může být například průchod kabelů přes prostory se zdroji elektromagnetického rušení (např. hala svařovacích automatů, výkonové spínané zdroje nebo jiné zátěže s tyristorovými či jinými elektrickými/elektronickými spínacími prvky, elektromotory, ...), souběh datových kabelů s kabely silovými a podobně. V podobných případech je třeba zhodnotit potřebu vícestupňových přepětových ochranných nebo alespoň „jemných“ ochranných klíčových technologických prvků systému.

- 4. Stupeň ohrožení ostatní infrastruktury** – zatímco předchozí body se týkaly pouze ohrožení vlastní technologické infrastruktury datových sítí, je často třeba posoudit i možný vliv šíření přepětových pulzů po nechráněné datové síti a jejich přenos i na další objekty s touto sítí přímo či nepřímo spojené. Může se stát, že i když vyhodnotíme přepětovou ochranu pro vlastní datovou síť jako nepotřebnou, šířící se energetické pulzy po nechráněné Ethernet infrastruktuře mohou způsobit škody na budově (požár), blízké technologií jiných systémů atp.

Posouzení a volba přepětových ochranných předpokládá alespoň základní přehled o fyzické konfiguraci sítě a jejich chráněných komponent a není v zásadě složitá. V komplikovaných případech je možné se obrátit na technickou podporu SALTEK.

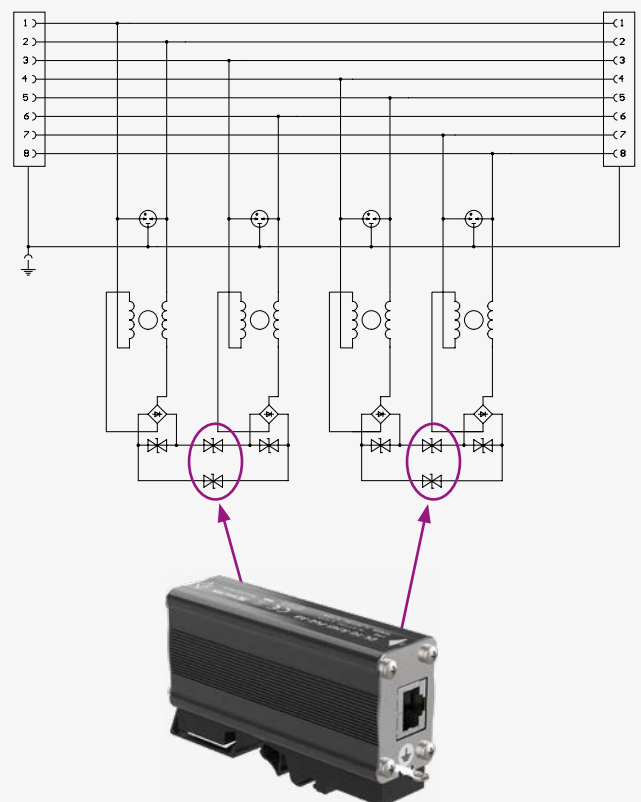
Jak chránit?

Výběr SPD

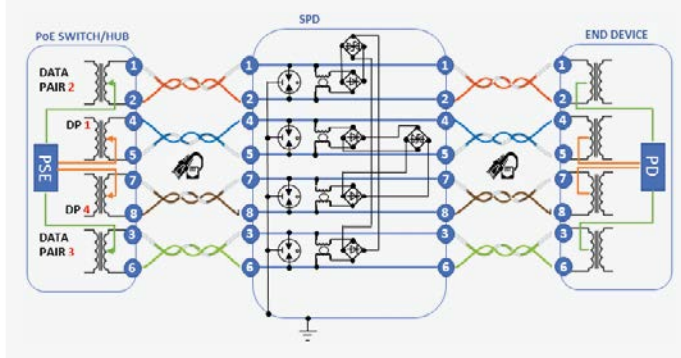
1. Individuální linky a jednoduché sítě Ethernet (s PoE nebo bez něj)

Základním a také univerzálním ochranným prvkem sítí Ethernet jsou SPD typu **DL-1G-RJ45-PoE-AB** (resp. **DL-10G-RJ45-PoE-AB** pro vysokorychlostní sítě do 10Gbps). Jsou navrženy jako dvoustupňová ochrana zejména pro ochranu venkovních linek Ethernet s PoE (SPD typu ST1+2+3), ale mohou být použity i pro další aplikace v Ethernet sítích. Tento typ SPD je vybaven účinnou ochranou nejen datových portů, ale i speciálními prvky ochrany PoE zdrojů a napájených zařízení (ochranné prvky mezi páry) – viz obr. 3. SPD je navržena tak, aby zvládla přenést a ochránit všechny dnes používané typy PoE (dvoupárové i čtyřpárové) dle standardů IEEE802.3 af/at/bt až do výkonu 100W. To znamená, že při aplikaci této SPD není třeba nijak použítý typ PoE zohledňovat a zkoumat.

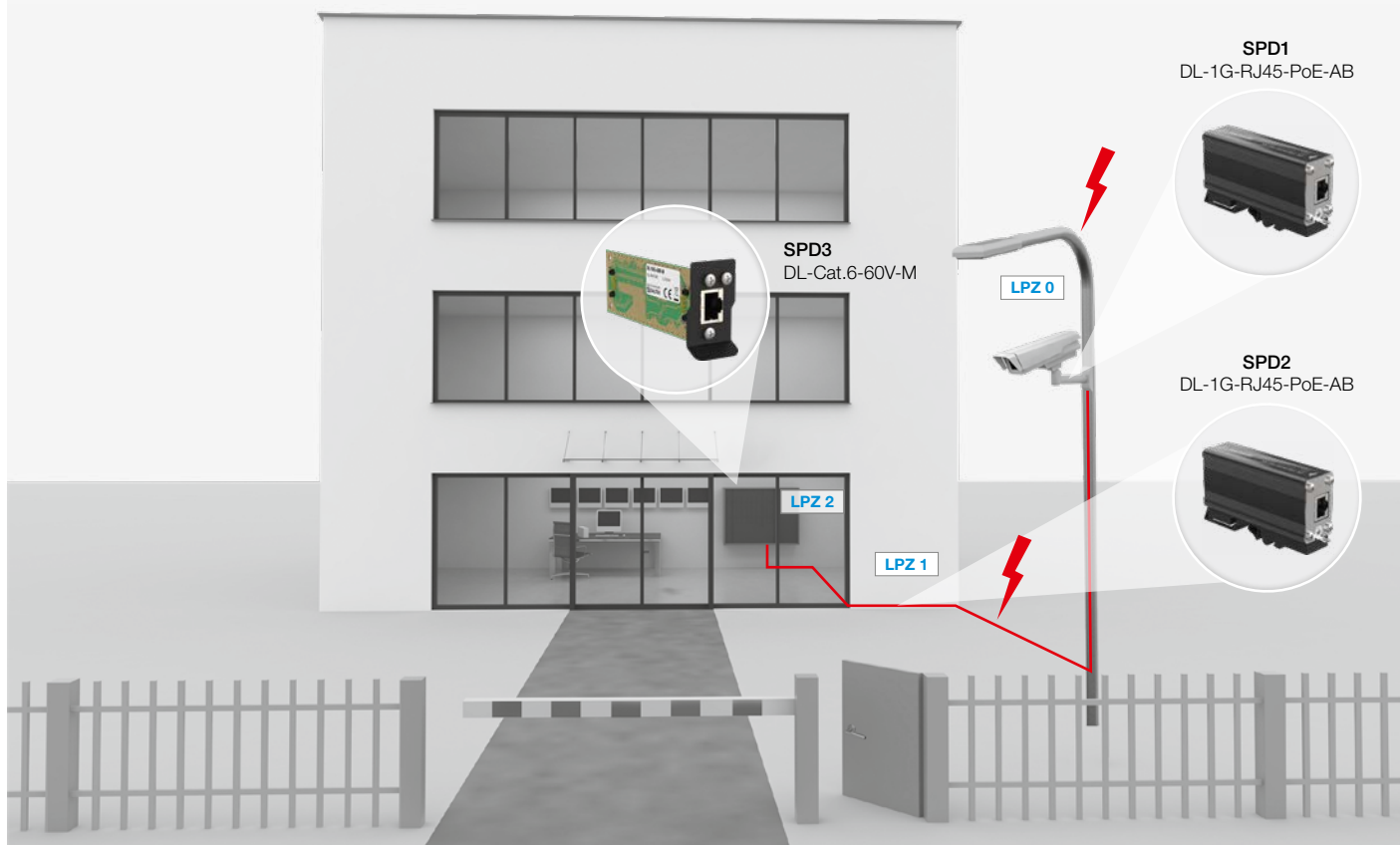
obr. 3 Univerzální ochrana pro jednu linku Ethernet s PoE – DL-xG-RJ45-PoE-AB (zvýrazněny ochranné prvky PoE)



obr. 4 Schéma ochrany Ethernet linky s PoE pomocí DL-xG-RJ45-PoE-AB



obr. 5 Typické osazení Ethernetové linky ochranami ST1+2+3 (venkovní IP kamera připojená k serveru dlouhým kabelem) a ST2+3 (vnitřní linka)



Pro méně náročné aplikace, tj. pro linky, které nejsou ohroženy atmosférickým přepětím (např. ochranu dlouhé Ethernet linky ve vnitřním prostoru ohrožené indukovaným průmyslovým spínacím přepětím) lze použít jednoduché SPD typu ST2+3 řady DL-Cat.x. Jedná se o levné, jednoduché ochrany pro různé přenosové kategorie infrastruktury, které lze snadno indikovat z názvu SPD: **DL-Cat.5e**, **DL-Cat.6** a **DL-Cat.6A**. Avšak pozor, konstrukce těchto SPD neumožňuje jejich nasazení na linky s aplikovaným PoE! Nejčastěji je tato řada SPD používána jako sekundární (jemná) ochrana těsně před chráněným zařízením (switche, servery atp.) pro omezení naindukovaných pulzů na dlouhých linkách.

Obrázek 5 znázorňuje situaci s typickým nasazením individuálních ochran při venkovní instalaci Ethernet komponentů (zde IP kamera na sloupu veřejného osvětlení). Sloupy veřejného osvětlení (obzvláště kovové) a podobné nosné konstrukce jsou objekty, které fungují jako přirozené bleskosvody a prvky (nejen) datové sítě k nim připojené jsou extrémně ohroženy přepětím podobně jako i venkovní Ethernetové kabely, které při úderu blesku přenášejí vysokoenergetické přepětivé pulzy na technologii k nim připojenou. To lze ošetřit vhodně vybranými a umístěnými přepětíovými ochranami (SPD). SPD1 chrání IP kameru na sloupu. Dle principů „Co chránit?“ uvedených výše nebude tato ochrana nutná, pokud se jedná o nedůležitou a levnou přehledovou pouliční kameru, ale může být naprosto nezbytná pro zajištění spolehlivé funkce kamery sledující ochranný perimetr věznice nebo jaderné elektrárny. Z důvodu ochrany venkovních zařízení ohrožených úderem blesku je třeba volit pro SPD1 třídu ochrany ST1+2+3. V tomto případě **DL-1G-RJ45-PoE-AB**, protože lze předpokládat, že kamera je napájena přes PoE a její komunikační kanál používá přenosové rychlosti < 1 Gbps.

SPD2 chrání budovu a připojenou technologii proti zavlečení přepětíového pulzu přes Ethernetový kabel z vnějšího prostředí a je pro systém ochrany klíčová. Ze stejných důvodů jako u SPD1 volíme **DL-1G-RJ45-PoE-AB** (předpokládáme, že injektor/zdroj PoE je integrován v serveru uvnitř budovy). Důležité je v tomto případě umístění SPD2 na vstupu kabelu do budovy (tj. na rozhraní zón LPZ 0 a LPZ 1).

Pokud to není z nějakého důvodu možné, je třeba vést vstupní kabel objektem v zemněné kovové chráničce až k místu instalace SPD2 – tak lze zabránit výstupu elektromagnetických pulzů z nechráněného kabelu do prostoru uvnitř budovy (v LPZ1). Alternativně lze použít zemněného stínění vlastního STP/FTP kabelu.

SPD3 je jemná ochrana umístěná na rozhraní LPZ1 a LPZ2 nebo přímo u chráněného portu serveru. Má své opodstatnění v situacích, kdy je kabel mezi SPD2 a serverem dlouhý (>10m), nebo prochází prostředím s vysokou úrovní průmyslového rušení. Správný typ ochrany SPD3 záleží na několika okolnostech.

Tou nejdůležitější je použití PoE napájení na chráněné lince. V tom případě (a je to i případ obr. 5) nelze použít jednoduché ochrany a i na této pozici je třeba ochrany řady **DL-xG-RJ45-PoE-AB** (popř. modul **DL-Cat.6-60V-M**). V případě, že je chráněna pouze datová linka (bez PoE), lze vybírat i z jednoduchých ochran řady DL-Cat.xx a to podle požadované datové propustnosti. Při instalaci nezapomeňte na správnou orientaci vstupu/výstupu SPD! Vstup SPD musí být připojen k lince, po které se může šířit nežádoucí přepětíový pulz, výstup SPD pak vždy na stranu zařízení, které chceme chránit.

2. Multikanálové aplikace a centrální routery/switche

Stále častěji se setkáváme se síťovými aplikacemi, kde je třeba ošetřit před přepětím více spolupracujících zařízení na jednom místě – tzv. multikanálové aplikace. Příkladem mohou být farmy větrných elektráren, multikamerové bezpečnostní systémy, parkoviště s mnoha nabíjecími stanicemi elektromobilů, systémy informačních technologií na letištích, nádražích atp.

Je nákladné a nepraktické realizovat ochranu mnoha individuálními SPD včetně mnoha zemnicích kabelů, svorek, boxů atp. Proto SALTEK nabízí flexibilní multikanálový box DL-PL-RACK-1U, který může integrovat až 16 nezávislých SPD pro 16 nezávislých Ethernetových linek. Box může být naistalován buď samostatně stojící (či visící) - nejčastěji na rozhraní LPZ0 a LPZ1 nebo integrován do 19" racku a osazen libovolnou kombinací SPD modulů k tomu uzpůsobených. Tyto moduly jsou elektricky shodné s individuálními SPD SALTEK řady DL, ale mechanicky jsou uzpůsobeny pro jednoduchou Plug&Play montáž do boxu DL-PL-RACK-1U. Smart konstrukce boxu i modulů umožňuje manipulaci s kterýmkoliv kanálem/linkou bez omezení provozu na ostatních linkách. Prostým povolením jediného šroubu, vysunutím starého a zasunutím nového modulu a následnou jeho fixací šroubem je výměna, záměna nebo doplnění nového modulu záležitostí několika sekund. A to vše

za plného provozu zbytku sítě bez nutnosti rozpojování mnoha kabelů, doplňování PE kabelů atd. Zemnění všech SPD je totiž realizováno přes konstrukci boxu, který je uzemněn jediným společným PE vodičem k ekvipotenciální svorkovnici.

Systém instalace modulů je znázorněn na obrázku 6. V tabulce 2 je seznam dostupných SPD modulů, které lze do DL-PL-RACK-1U boxu umístit. Moduly SPD jsou identifikovatelné příponou „-M“ nebo „-R-M“ v jejich názvu. Moduly s označením „-M“ mají po instalaci chráněný výstup na předním panelu boxu. V případě požadavku na opačně orientovaný box – tj. s chráněnými výstupy na zadní panel boxu je třeba objednat moduly označené „-R-M“.



obr. 6 Multikanálová ochrana systémem zásuvných Plug&Play modulů do boxu DL-PL-RACK-1U

NOVINKA



Tab. 2 Aplikační tabulka modulů SPD pro DL-PL-RACK-1U.

Typ SPD modulu	Třída ochrany	Vhodné pro PoE	Vhodné pro strukturovanou kabeláž	Max. přenosová rychlost	Typická aplikace
DL-1G-PoE-M	1+2+3	Ano	Ne	1 Gbps	Venkovní kamery, WiFi antény, senzory, vstup kabelů do objektu
DL-10G-PoE-M	1+2+3	Ano	Ne	10 Gbps	Mikrovlnné spoje, GSM opakovače, vstup kabelů do objektu
DL-1G-60V-M	1+2+3	Ano	Ano	1 Gbps	Venkovní přípojky k strukturované kabeláži, vstup kabelů do objektu, prvky technologie KNX, RS-485,...
DL-10G-60V-M	1+2+3	Ano	Ano	10 Gbps	Venkovní přípojky k strukturované kabeláži, vstup kabelů do objektu, prvky technologie KNX, RS-485,...
DL-Cat.6-60V-M	2+3	Ano	Ano	1 Gbps	Jemná ochrana vnitřních technologií s PoE
DL-Cat.5e-M	2+3	Ne	Ne	500 Mbps	Jemná ochrana vnitřních technologií bez PoE
DL-Cat.6-M	2+3	Ne	Ne	1 Gbps	Jemná ochrana vnitřních technologií bez PoE
DL-Cat.6A-M	2+3	Ne	Ne	10 Gbps	Jemná ochrana vnitřních technologií bez PoE

3. Aplikace a sítě provozované na obecné strukturované kabeláži

Jak už bylo zmíněno výše, obecná strukturovaná kabeláž je univerzální kabeláží nejen pro Ethernet, ale i pro další signály s vyššími napětovými hladinami (cca do 50V_{ss}), pro které je infrastruktura kroucených párů vhodnou fyzickou přenosovou vrstvou. Pro tyto sítě jsou vhodné dvoustupňové přepěťové ochrany třídy ST1+2+3 podobné konstrukce jako pro Ethernet, jen s vyšším dovoleným provozním napětím $U_c \leq 60V_{DC}$. Jsou to **DL-1G-RJ45-60V** a **DL-10G-RJ45-60V**, liší se pouze maximální přenosovou rychlostí (popř. jejich modulární verze **DL-..G-60V-M**). V třídě jemných ochran ST2+3 je pak k dispozici modul **DL-Cat.6-60V-M** do multikanálového boxu **DL-PL-RACK-1U**.

Aplikačně je ochrana před přepětím v sítích strukturované kabeláže stejná jako v předchozích odstavcích. Tj. lze použít schéma na obrázku 5 a na pozici SPD dosadit tyto výrobky:

SPD1 = DL-..G-RJ45-60V
 SPD2 = DL-..G-RJ45-60V
 SPD3 = DL-Cat.6-60V-M

V tomto případě naplatí omezení pro přenos PoE u ochrany třídy ST2+3 a všechna SPD lze nasadit do jakéhokoliv typu přenosu PoE.

Základní pravidla realizace ochrany Ethernet sítí před přepětím

Pokud bychom shrnuli základní pravidla pro ochranu sítí Ethernet nebo obecné strukturované kabeláže do několika základních bodů, je třeba dbát alespoň na tyto zásady:

- Umístění venkovních koncových zařízení (WiFi antény, IP kamery,...) do zóny LPZ 0_B (popř. tuto zónu vytvořit).
- Kvalitní pospojování technologických zařízení a SPD ke společné ekvipotenciální svorkovnici (co nejkratší PE vodiče, bez zbytečných ohybů a smyček pro minimalizaci reaktance sítě pospojování).
- Princip komplexní ochrany = SPD nejen na datových ale i ostatních technologických rozhraních (napájení, signalizace,...).
- Předcházení indukce přepěťových pulzů z vodičů (svodů) LPS = dostatečný odstup signálových kabelů od svodů LPS, popř. jejich stínění, vyloučení indukčních (drátových a kabelových) smyček
- Zamezení paralelnímu vedení datových a napájecích kabelů a kabelů chráněných proti přepětí s nechráněnými kabely
- Odstup signálových kabelů od „silových“ kabelů (s velkými proudy), spínačů, svářecích strojů, strojoven výtahů,...
- Odstup či odstínění ICT sítí od zdrojů rušení a interferencí (výtahy, vyslače, transformátory a další zdroje elmg. polí)
- Použití uzavřených plechových kabelových lávek/žlabů pro vedení signálových kabelů k odstínění rušivých elmg. polí (průmyslových i atmosférických)

Detailní technické informace o vhodných přepěťových ochranách naleznete v katalogu on-line na www.saltek.eu/vyroby/ict



SALTEK s.r.o.

Drážďanská 85
400 07 Ústí nad Labem
Tel.: +420 475 655 511
E-mail: info@saltek.cz

Technická podpora

Tel.: 800 818 818
E-mail: podpora@saltek.cz
www.saltek.eu

SALTEK Slovakia s.r.o.

Kutlíkova 17
851 02 Bratislava
Tel.: +421 262 250 311
E-mail: info@saltek.sk
www.saltek.sk