

2010

# Ochrana proti přepětí na metalickém vedení.

K614 - Telekomunikační systémy

ČVUT Praha – Fakulta dopravní



## OBSAH

|   |    |
|---|----|
| Vznik přepětí na vedení.....                    | 3  |
| Přírodní zdroje .....                           | 3  |
| Umělé zdroje .....                              | 4  |
| Ochrana proti přepětí .....                     | 6  |
| Přepěťové ochranné prvky .....                  | 6  |
| Hrubá přepěťová ochrana .....                   | 6  |
| Jemná přepěťová ochrana .....                   | 8  |
| Zapojení přepěťových ochran.....                | 10 |
| Moderní trendy přepěťových ochran - závěr ..... | 11 |
| Rejstřík .....                                  | 14 |
| Seznam obrázků.....                             | 14 |

## VZNIK PŘEPĚTÍ NA VEDENÍ

Zdroje napěťového přepětí lze z hlediska jejich původu rozdělit na dvě skupiny:

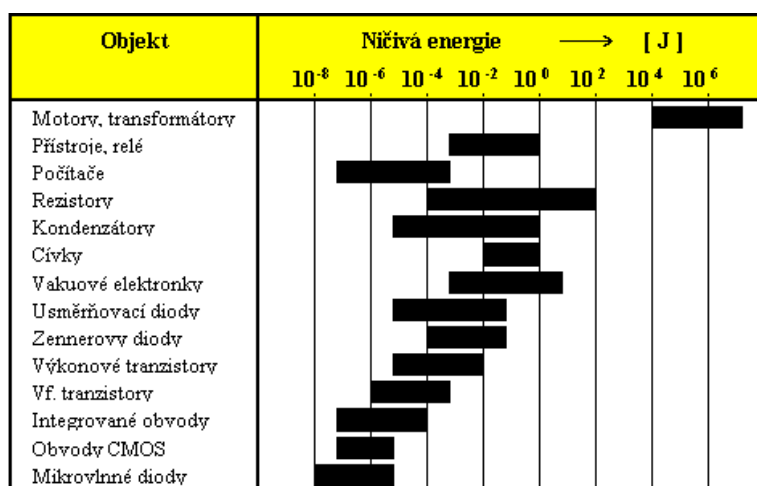
- 1) zdroje přírodní
- 2) zdroje umělé (vytvořené lidskou činností)

Hlavní příčinou neustálé a zvyšující se poruchovosti a klesající odolnosti proti přepětí je rostoucí hustota součástek v elektronických obvodech. Zatímco zařízení s diskrétními součástkami snesla napěťové přepětí až několik tisíce voltů, moderní integrované obvody (s počtem součástek až několik miliónů na čipu) bývají poškozovány napětími od několika voltů i při mizivě malé energii přepětí. Dalším nepříznivým faktorem je stále vyšší rychlost polovodičových součástek, které tak reagují na stále kratší rušivé signály. Lze tedy konstatovat, že rostoucí citlivost moderních součástí vůči rušení je daň placená technickému pokroku.

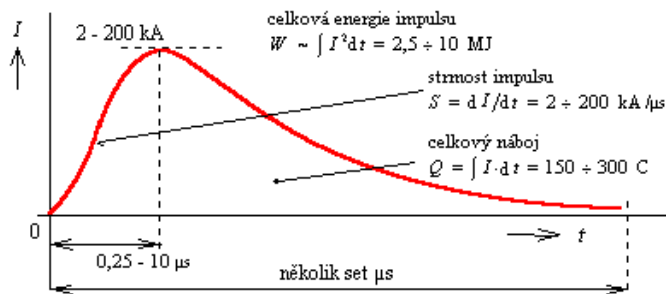
### PŘÍRODNÍ ZDROJE

Nejdůležitějším přírodním zdrojem přepětí je především bleskový výboj, jakožto nejsilnější přírodní elektrický výboj. Úder blesku ohrožuje elektrická zařízení až do vzdálenosti 4 km. Vybíjení atmosférické elektřiny bleskem způsobuje vznik strmého elektromagnetického impulsu (LEMP - *Lightning Electromagnetic Pulse*), který má na zasažená i vzdálenější zařízení rušivé až destruktivní účinky. Velikost vyrovnávacího proudu bleskového výboje může být až 200 kA. Z kmitočtového hlediska produkuje blesk rušení o hodnotě až 140 dBmV v pásmu 2-30 kHz, dále úroveň rušení klesá se strmostí 20 dB/dek. až do kmitočtu cca 100 MHz.

Přímý úder blesku do budovy má za následek rázový impuls proudu, který neprotéká jen hromosvodovým svodem, ale může se uzavírat i přes kovové konstrukce budovy, a tedy protéká i vnitřkem budovy v blízkosti elektronických zařízení. Silné magnetické pole indukuje v síťovém rozvodu budovy sekundární napěťové rázy. Nepřímý účinek blesku spočívá v zavlečení napěťového rázového impulsu z vnějšího vedení nízkého, případně i vysokého napětí do vnitřního síťového rozvodu budov. Všem napěťovým či proudovým bleskovým impulsům je společná velká strmost náběžné hrany (jednotky  $\mu\text{s}$ ) a pomalejší pokles (stovky  $\mu\text{s}$ ), který závisí na velikosti náboje blesku.



Obrázek 1-Ničivá energie pro různé součástky



Obrázek 2-Proudový impuls při úderu blesku

## UMĚLÉ ZDROJE

Velikost vzniklého přepětí závisí především na velikosti spínaného proudu a napětí, na kvalitě spínacích prvků u mechanických zařízení, na rychlosti spínacího procesu a na impedančních poměrech v energetické síti. Za nebezpečné zdroje přepětí (a rovněž vysokofrekvenčního rušení) je nutno považovat všechna zařízení, v nichž dochází ke vzniku elektrického oblouku.

K umělým zdrojům přepětí, jejichž význam v posledních letech stále vzrůstá, patří lokální elektrostatické výboje (ESD - Electrostatic Discharge). S jejich vlivem je nutno počítat všude tam, kde se vyskytuje třecí pohyb mechanických částí (kovových a/nebo dielektrických - pevných, kapalných či plyných). Přestože energie lokálních výbojů je velmi nízká (často menší než 10 mJ), je jejich napěťová úroveň jednotek až desítek kV velmi nebezpečná pro elektronické prvky a zařízení. Pro většinu moderních elektronických součástek a integrovaných obvodů pracujících s nepatrnými proudy a vysokými pracovními odpory jako jsou napěťové obvody a obvody CMOS, je pravděpodobně největším provozním nebezpečím elektrostatický náboj vznikající na osobách při jejich chůzi, pohybu končetin či třením částí oděvu. Osoba tak může běžně dosáhnout napětí proti zemi 5 - 15 kV. K elektrostatickým výbojům dochází zejména při současné kumulaci následujících podmínek:

- Pracovníci obsluhující elektronické přístroje mají nevhodné oblečení z hlediska vzniku vysokého elektrostatického napětí - jejich oděvy jsou ze syntetických tkanin.
- Povrchy stolů, židlí i podlahová krytina jsou z umělých hmot s vysokým izolačním odporem.
- Nízká vlhkost vzduchu v místnosti.

Elektrostatický výboj je nebezpečný zejména v obytném prostředí (byty, kanceláře apod.), neboť zde jsou uvedené podmínky zpravidla dobře splněny - zejména nízká vlhkost vzduchu a syntetické podlahové krytiny. Zvláště v zimních měsících klesá vlhkost v obytných prostorech pod 40 % a napětí elektrostatického výboje může narůst až na 15 kV. Těmto extrémně vysokým hodnotám napětí lze zabránit klimatizací s řízenou vlhkostí a použitím antistatických materiálů podlah a čalounění. Rovněž u oděvů snižují přírodní materiály (např. vlna) napětí výboje ESD.

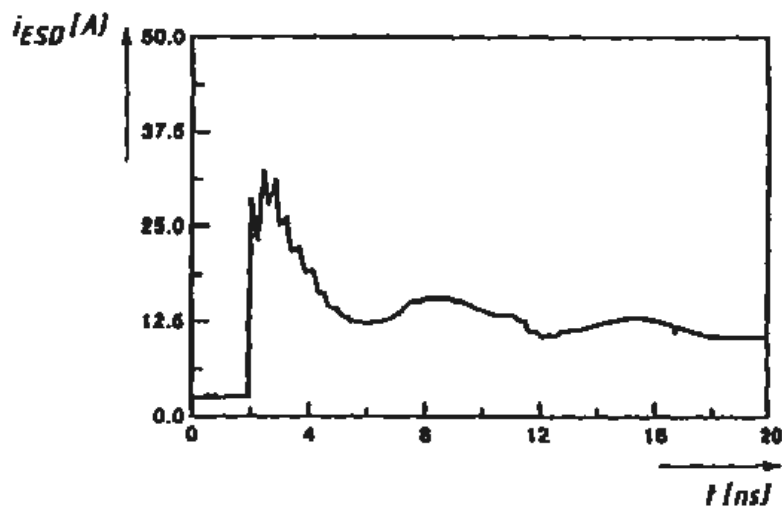
Pracovník vyvolává tření šatů a bot o izolační povrch náboje o vysokém elektrickém napětí, které dále narůstá s každým krokem pracovníka na izolačním povrchu (koberci, podlahové krytině). Při dotyku pracovníka s povrchem elektrického zařízení o vztažném potenciálu okolí se pak náboj kapacity těla člověka vybije. Ekvivalentní kapacita těla má hodnotu 100 - 200 pF, odpor "vybíjecí" paže člověka je 100 W až 2 kW. Vznikne pak výboj o napětí až 15 kV který má sice velmi malou energii, ale

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot (100 \sim 200) \cdot 10^{-12} \cdot (15 \cdot 10^3)^2 = (10 \sim 20) \text{ mJ}$$

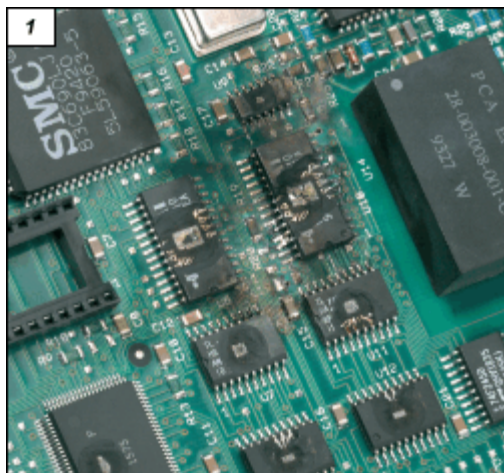
impuls vybíjecího proudu je však velký a velmi rychlý. Jak je vidět z jeho typického časového průběhu na (Obrázek 3), je vybíjecí proud elektrostatického výboje tvarově podobný bleskovému proudovému impulsu na (Obrázek 2), avšak s výrazně odlišnými kvantitativními parametry:

během jediné ns dosáhne vybíjecí proud ESD velikosti několika A a následně klesá k nule po dobu několika desítek ns.

Elektrostatický výboj tak může ovlivnit funkci i životnost elektronického zařízení či jeho součástí buď přímo nebo další indukci magnetickým či elektrickým polem do jiných signálových obvodů. Výboje mikroskopického charakteru nemusí přitom v integrovaných obvodech způsobit jen jejich okamžité zničení, ale mohou např. vyvolat jen drobné poškození vodivých drah, jejich zúžení hůře propálením či zhoršení jejich izolačních parametrů. To se projeví jako zjevná závada až později, avšak v době mnohem kratší, než je normální životnost dané součástky či integrovaného obvodu.



Obrázek 3-Proudový impuls při vybití elektrostatického náboje

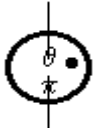
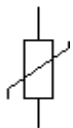




Obrázek 4-Nepříjemné důsledky přepětí si nevybírají

## PŘEPĚŤOVÉ OCHRANNÉ PRVKY

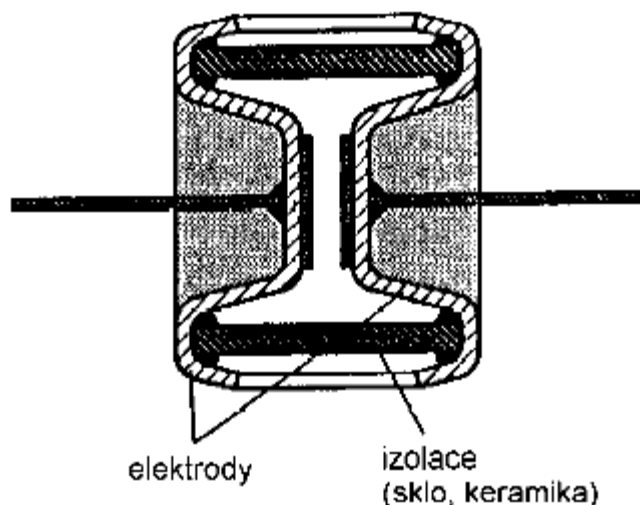
Jako přepěťové ochranné prvky označujeme součástky, příp. jejich kombinace, sloužící k potlačení či omezení napěťového přepětí vznikajícího na přenosových vedeních v důsledku některých rušivých elektromagnetických dějů, např. blesku, elektrostatických výbojů, spínacích pochodů apod. V odborné literatuře se obvykle rozlišuje tzv. hrubá ochrana (hard limiter) a jemná ochrana (fine limiter). Kromě konstrukční odlišnosti se oba typy ochrany, tj. ochranných prvků, liší zejména ochrannou úrovní napětí a rovněž rychlostí své reakce. Mezi základní ochranné přepěťové prvky pro hrubou ochranu patří jiskřiště a plynem plněnébleskojistiky (výbojky), hlavními druhy jemných přepěťových ochrany jsou varistory, Zenerovy diody a speciální lavinové, tzv. supresorové polovodičové diody. Přehledové srovnání nejdůležitějších parametrů hlavních typů přepěťových ochranných prvků je v (Tabulka 1)

Tabulka 1- Základní parametry hlavních druhů přepěťových ochranných prvků

|                                   | Plynem plněné<br>bleskojistiky   | Varistory  | Klasické<br>zenerovy<br>diody   | Supresorové<br>diody  |
|-----------------------------------|--|--|---|---|
| Značka                            |  |  |  |  |
| Ochranné napětí [V]               | 10 - 12000   | 6 - 2000   | 2,4 - 200   | 6 - 440   |
| Max. proud po dobu 1ms [A]        | 500  | 120  | 10  | 200   |
| Maximální absorbovaná energie [J] | 600  | 2000   | 0,1   | 1   |
| Přípustné výkonové zatížení [W]   | 800  | 2  | 50  | 5   |
| Vlastní kapacita [pF]             | 0,5 - 10   | 40 - 40000   | 5 - 15000   | 300 - 15000   |
| Doba reakce [ns]                  | > 1000   | 25   | 10  | 0,01  |
| Druh ochrany                      | hrubá  | hrubá  | jemná   | jemná   |

## HRUBÁ PŘEPĚŤOVÁ OCHRANA

Historicky nejstarší přepěťovou ochrannou součástkou je vzduchové jiskřiště, jež je určeno především k ochraně proti vyšším napětím, řádově od 1 kV do několika jednotek MV. Vzduchové jiskřiště je tvořeno dvěma elektrodami ve vzduchu, mezi nimiž při přepětí dochází k výboji. Jejich základní nevýhodou je nízká reprodukovatelnost procesu vzduchového výboje, neboť hodnota ochranného napětí, tj. napětí, při němž dojde k výboji, je silně závislé nejen na konstrukci elektrod jiskřiště, ale i na vlhkosti a tlaku vzduchu mezi nimi. Jiskřiště se proto dnes používají jen jako "nepřesné" hrubé ochranné prvky, např. na vnějších spojových vedeních v podobě jednoduchého kovového pásku odděleného vzduchovou mezerou přibližně 1 mm od druhého pólu. Tato jednoduchá jiskřiště zde slouží pro "odvedení" přepětí o hodnotách několika kV.



Obrázek 5-Obvyklá konstrukce plynem plněné výbojky

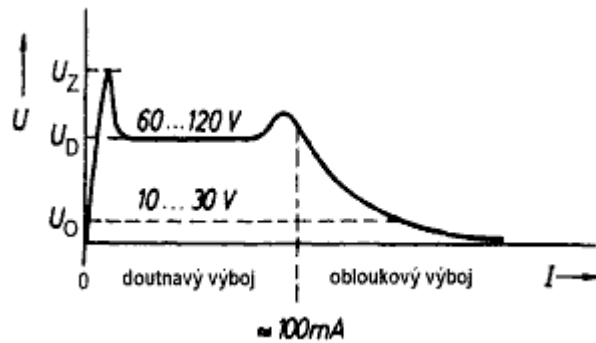
Dokonalejší a dnes nejčastěji používanou hrubou přepětovou ochranu představují plynem plněné výbojky (bleskojistky). Jejich elektrody jsou umístěny v keramickém či skleněném pouzdru naplněném vzácným plynem (nejčastěji argonem či neonem) pod slabým tlakem. Tato konstrukce (Obrázek 1) zajišťuje vysokou přesnost a reprodukovatelnost parametrů výboje. Plynové bleskojistky se používají buď jako přepětová ochranná součástka, nebo jako galvanické oddělení vodičů, které za normálního provozu nemají být vzájemně vodivě spojeny. Jde např. o různé zemní systémy či konstrukce vystavené působení korozních proudů. Jakmile napětí mezi těmito konstrukcemi přesáhne hodnotu zápalného napětí bleskojistky, dojde k jejich galvanickému propojení, a to po dobu trvání přepětí.

Na Obrázek 6 je uveden průběh statické V-A charakteristiky plynem plněné bleskojistky. Při nízkém napětí je vliv výbojky na chráněný systém či obvod velmi nepatrný: izolační odpor výbojky mezi elektrodami je větší než  $10^{10} \Omega$  a vlastní kapacita výbojky je mnohem menší než 10 pF. Přesáhne-li napětí na výbojce hodnotu tzv. zápalného napětí  $U_Z$  (podle konstrukce bleskojistky v rozmezí od několika desítek V do několika kV), dojde k "zapálení" výbojky a její odpor prudce klesá až o deset řádů. Výbojka přitom přechází do režimu doutnavého výboje, při němž je napětí mezi elektrodami omezeno na hodnotu cca  $60 \div 120$  V. Umožní-li impedance vnějšího obvodu, v němž je bleskojistka zapojena, aby jí v tomto režimu protékal vyšší proud než cca 100 mA, přejde výbojka při těchto vyšších proudech do režimu obloukového výboje a napětí na ní klesne na nízké hodnoty  $10 \div 30$  V.

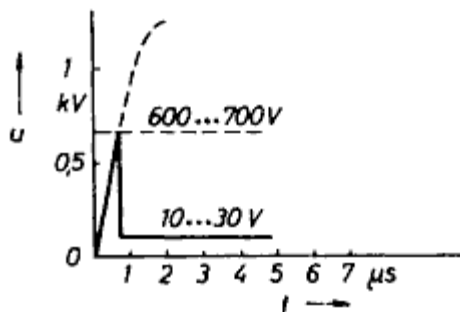
Velikost zápalného napětí  $U_Z$  bleskojistky závisí velmi silně na strmosti časového nárůstu přicházejícího napětěvého impulsu, tedy na hodnotě  $\frac{\Delta U}{\Delta t}$ . Statické zapalovací napětí  $U_{Zstat}$  je definováno pro nárůst napětí pomalejší než 100 V/s a jeho typické hodnoty se pohybují podle typu a konstrukce výbojky mezi cca  $90 \div 1200$  V. Dynamické zapalovací napětí bleskojistky je definováno pro nárůst napětěvého impulsu  $\frac{\Delta U}{\Delta t} = 1 \frac{kV}{ms}$ . Jeho hodnota souvisí s reakční dobou bleskojistky a bývá v rozmezí  $600 \div 700$  V. Typický časový průběh napětí na bleskojistce při působení rychlého přepětěvého impulsu je uveden na Obrázek 7. Při velmi strmých impulsích ( $< 30$  ns) většina plynových bleskojistek nezapálí.

Nevýhodou plynem plněných bleskojistek je poměrně dlouhá doba odezvy (jednotky až 100 ms), velká závislost zapalovacího napětí na strmosti nárůstu napětí a poměrně nízké napětí na oblouku, které stěžuje samovolné zhasnutí oblouku po odeznění přepětí. Při odpojování vysokonapětěvých stykačů v rozvodnách se používá pro přerušení (zhasnutí) oblouku, stlačený vzduch, který oblouk jednoduše přeruší. Pro jejich použití jako přepětěvých ochran v obvodech nízkého napětí je proto zajistit vnější obvodové podmínky pro zhasnutí

oblouku, příp. zapojit tavné pojistky do vnějšího obvodu bleskojistky. I přes tyto nevýhody jsou dnes plynem plněné výbojky základním prvkem hrubých přepětových ochranných elektrotechnických a elektronických zařízení i energetických a telekomunikačních vedení. Jejich předností jsou vysoké sváděné proudy, vysoká výkonová zatížitelnost a velmi malá vlastní kapacita, která je nejnižší ze všech ochranných přepětových prvků (viz. Tabulka 1). Konstrukčně se bleskojistky vyrábějí buď jako "klasické" součástky s drátovými přívody (viz. Obrázek 5), nebo v podobě "kapslí" s plošnými kontakty pro montáž do koaxiálních vedení, průchodek a konektorů.



Obrázek 6- Statická V-A charakteristika plynem plněné výbojky



Obrázek 7-časový průběh strmého napětového impulsu na výbojce

## JEMNÁ PŘEPĚŤOVÁ OCHRANA

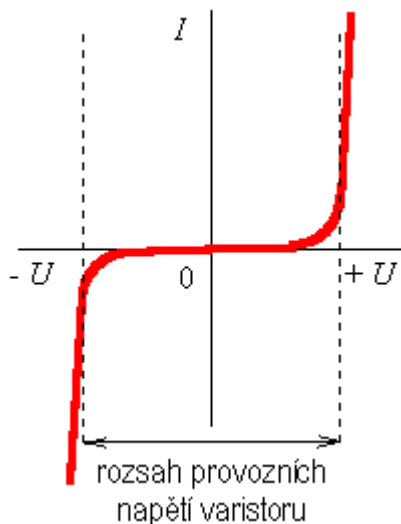
Mezi tyto prvky patří především tzv. varistory (Variable Resistors), rovněž označované jako odpory VDR (Voltage Dependent Resistors). Varistor je nelineární napětově závislý polovodičový rezistor se symetrickou A-V charakteristikou naznačenou na Obrázek 8. Z ní především plyne zásadně odlišný princip přepětové ochrany varistorem a bleskojistky: zatímco bleskojistka nebezpečné přepětí na vstupu chráněného zařízení v podstatě zkratuje, varistor je omezí na určitou hodnotu téměř nezávislou na protékajícím proudem. Varistory se vyrábějí zejména z kysličníku zinečnatého ZnO (pak se často označují zkratkou MOV - Metal Oxide Varistor) nebo z karbidu křemičitého SiC. Oba druhy se liší především strmostí své charakteristiky dle Obrázek 8. Její průběh lze vyjádřit vztahem

$$I = K \cdot U^a$$

v němž K je konstanta závislá na geometrii varistoru a exponent  $a$  je dán zejména použitým materiálem varistoru: pro SiC je  $a = 3 \div 7$  pro ZnO dosahuje vysokých hodnot  $a = 25 \div 40$ . Rozsah provozních napětí varistoru (Obrázek 8), neboli velikost ochranného napětí varistoru činí dle konstrukce jednotky V až jednotky kV. V rozsahu provozních napětí má odpor varistoru vysokou hodnotu řádu  $10^{12} \Omega$  a varistorem protéká jen zanedbatelný proud. Při překročení velikosti ochranného napětí odpor varistoru prudce klesá na velikost  $1 \div 10 \Omega$ , přičemž varistorem může protékat proud až desítek A. Varistor přitom může absorbovat značnou energii vysokonapětových rušivých impulsů. Reakční doba varistoru činí nízké desítky ns a je tedy mnohem kratší, než



doba přepěťové reakce plynem plněných bleskojistek. Vlastní kapacita varistorů je poměrně velká ( $0,4 \div 40 \text{ nF}$ ) a komplikuje či znemožňuje jejich použití jako přepěťových ochran ve vysokofrekvenčních systémech. Současně však tato kapacita působí pozitivně jako přídavná kapacita odrušovacího filtru LC, v němž je ochranný varistor zapojen. Nepříjemnou vlastností varistorů je i to, že při dlouhodobé zátěži se zvětšuje jejich svod a narůstá jejich svodový proud.



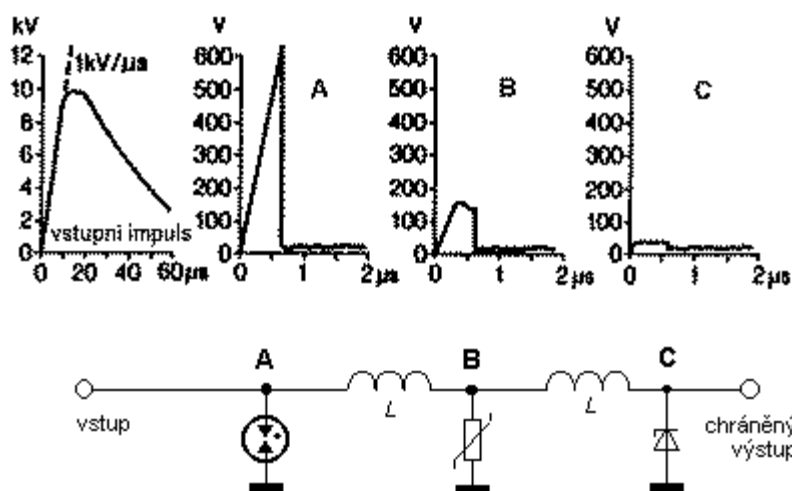
Obrázek 8-A-V charakteristika a náhradní schéma varistoru

Konstrukčně se varistory vyrábějí jako tyčinkové, čočkové či krabicové s drátovými vývody, příp. i jako prvky SMD pro povrchovou montáž. Svým vnějším vzhledem připomínají kondenzátory.

Moderním přepěťovým ochranným prvkem pro jemnou ochranu jsou polovodičové lavinové diody. Ve formě Zenerových diod jsou známé a běžně užívané v elektronických omezovačích a stabilizátorech napětí již řadu let. Pro potřeby přepěťové ochrany se používají Zenerovy diody s hodnotami Zenerova, tj. ochranného napětí od cca 3 V do 200 V. Pro ochranu vůči rychlým přepěťovým impulsům byly vyvinuty speciální křemíkové lavinové diody, které proti "klasickým" Zenerovým diodám vykazují vyšší proudovou zatížitelnost v závěrné Zenerově oblasti, kratší reakční dobu (řádově jednotky až desítky ps) a schopnost absorbovat větší energii signálu. Tyto speciální diody se dodávají pod názvem supresorové diody, příp. TAZ diody (Transient Absorbing Zener) či pod obchodními názvy např. Transil (Thomson) nebo Transzorb (General Semiconductor). Supresorové diody jsou obvykle zapouzdřeny jako pár diod zapojených antisériově proti sobě, vzniká tak bipolární součástka se symetrickou A-V charakteristikou velmi podobnou charakteristice varistoru na Obrázek 8. Rozsah ochranných napětí činí u supresorových diod obvykle  $6 \div 440 \text{ V}$ . Podobně jako varistory vykazují i supresorové diody značnou vlastní kapacitu (až 15 000 pF), která ztěžuje jejich použití jako ochranného prvku ve vysokofrekvenčních systémech (velká kapacita diody způsobuje velký útlum užitečného vysoko-frekvenčního signálu). Hlavní výhodou supresorových diod je tedy jejich velmi krátká reakční doba, která je předurčuje pro ochranu zařízení i vůči velmi rychlým (velmi krátkým) přepěťovým impulsům.

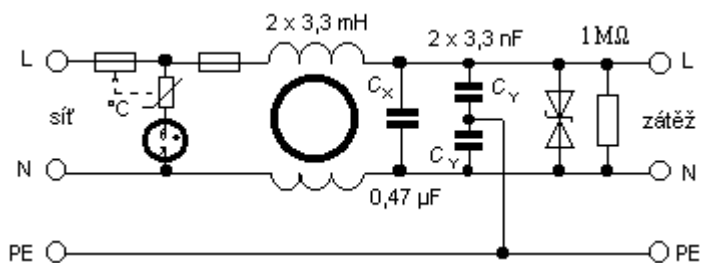
## ZAPOJENÍ PŘEPĚŤOVÝCH OCHRAN

Jak plyne z předchozích rozborů, neexistuje univerzální ochranný přepěťový prvek (součástka), který by vyhověl všem - často protichůdným požadavkům na přepěťovou ochranu jakéhokoli elektronického zařízení. Hlavními protikladnými požadavky v tomto směru bývají vysoký propustný proud a vysoké výkonové zatížení součástky na jedné straně a rychlost reakce přepěťové ochrany na straně druhé. Pro účinnou přepěťovou ochranu se proto ochranné obvody často zapojují jako tzv. kombinované ochrany tvořené kaskádním zapojením několika typů ochranných prvků do společného vedení. Typický příklad je uveden na Obrázek 9. Zapojení je tvořeno kombinací plynem plněnébleskojistky jakožto hrubé přepěťové ochrany a kaskádou varistoru a supresorové Zenerovy diody jako jemných přepěťových ochran. Jak je naznačeno na napěťových průbězích v jednotlivých bodech zapojení na Obrázek 9,bleskojistka omezí špičkovou velikost strmého vstupního přepěťového impulsu na cca 600 V, tuto hodnotu pak varistor omezí na cca 150 V a následně Zenerova dioda sníží toto omezení na výslednou úroveň cca 40 V. Protože rychlejší prvky jemné ochrany by reagovaly dříve než výkonová leč pomalejší hrubá ochrana (bleskojistka), omezily by tyto prvky vstupní napěťovou vlnu dříve. Tím by však došlo jednak k vyřazení hrubé ochrany (bleskojistka by vůbec "nezapálila"), jednak k nepřijatelnému přetížení prvků jemné ochrany příliš vysokým napětím. Z tohoto důvodu je třeba jednotlivé stupně kombinované ochrany oddělit zpěťovacími články LC či RC, které jsou tvořeny buď sériovými indukčnostmi  $> 20$  mH (Obrázek 9) nebo rezistory s odporem  $> 5$  W. Příslušnou kapacitu zde tvoří vlastní kapacita ochranného přepěťového prvku. Při montáži hrubých a jemných ochran do napájecích rozvodů nn se k vytvoření těchto oddělovacích zpěťovacích článků někdy využívá přímo impedance příslušných kabelů. Tyto ochrany pak nesmí být vzájemně montovány blíže než asi 6 m. Uvedeným kaskádním zapojením lze vytvořit univerzální přepěťovou ochranu s vysokou výkonovou zatížitelností a zároveň se všemi výhodami jemných ochran.



Obrázek 9-Zapojení třístupňové kombinované přepěťové ochrany a průběhy napětí v jednotlivých bodech

Přepěťové ochranné prvky se v posledních letech staly běžnou součástí odrušovacích filtrů LC. Vznikly tak komplexní odrušovací filtry EMP. Hlavním úkolem přepěťových ochranných prvků v těchto filtrech je omezit velikost přepěťových rušivých impulsů, které se mohou dostat na vstup filtru, a tím snížit nároky na velikost vloženého útlumu následného filtru LC. Konkrétní zapojení jednofázového síťového odrušovacího filtru se zabudovanou hrubou a jemnou přepěťovou ochranou je uvedeno na Obrázek 10. Teplotně závislý odpor (termistor) sériově zapojený do větve plynovébleskojistky je tepelně vázán se vstupní tavnou pojistkou celého filtru a způsobí její rychlé přetavení v případě velmi vysokého vstupního přepěťového impulsu, jímž je výbojka zapálena.



Obrázek 10-síťový odrušovací filtr s přepětovými ochranami (filtr EMP)

## MODERNÍ TRENDY PŘEPĚŤOVÝCH OCHRAN - ZÁVĚR

V telekomunikačních sítích se velmi často setkáváme s přepětovými ochranami na síťových kabelech UTP nebo pak na vysokofrekvenčních kabelech určených pro Wifi.

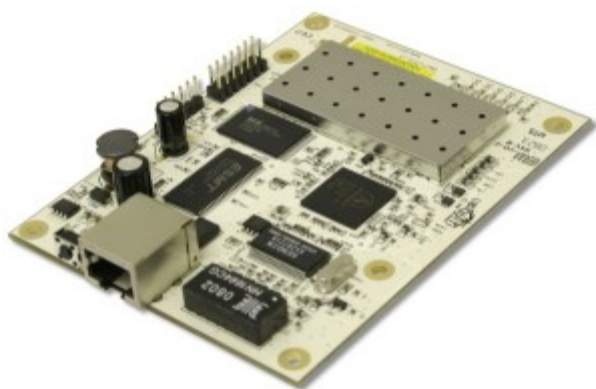
Dnes je celá řada přepětových pojistek na UTP, z těch nejznámějších se jedná APC ProtectNet (Obrázek 11) pro síťové kabely typu Ethernet s koncovkou RJ45. Modro zelený kabel je, pro správnou funkci přepětové ochrany, je potřeba správně uzemnit. V ideálním případě v síti TN-S stačí uzemnit na střední ochranný vodič PE.



Obrázek 11-APC ProtectNet

V dnešní době výrobci síťových a komunikačních zařízení začínají přepětově ochrany vkládat už i do zařízení. S oddělovacími transformátory na vstupu síťových zařízení se setkáváme už od začátku vývoje těchto zařízení. Výhoda těchto oddělení je v tom že při naindukování vysokého napětí na kabel dojde k zničení pouze těchto transformátorů a ne celého zařízení. Po výměně těchto transformátorků je zařízení schopno opět pracovat.

Dále bych chtěl upozornit na zařízení (Obrázek 12), které má v sobě zabudovanou přepětovou ochranu na vysokofrekvenční části tato ochrana je realizována přímo na PCB desce a funguje na principu L/4 zkratovaného dipólu. Tato ochrana je vhodná proti naindukované statické elektřině. Proti přímému úderu blesku jsou tyto bleskojistky nevhodné.



Obrázek 12-WispStation board



Obrázek 13-Zkratová přepěťová ochrana PKO-N (5 GHz)

## AKTUALIZACE

Po roce se začali objevovat nové ochranné prvky proti přepětí. Stále častěji se setkáváme už s integrovanými prvky přepěťové ochrany. Jako je mPCI karta R52n (Obrázek 14-R52n). Tato karta obsahuje přepěťovou ochranu na vstupu do antény.

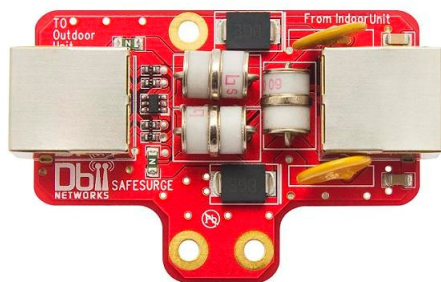
*ESD protection against +/-10kV ESD discharge on Antenna port (i4wifi.cz)*



Obrázek 14-R52n

Nebo přepětová ochrana pro ethernet podporující i 802.11e (PoE) viz (Obrázek 15-SafeSurge).

*Přepětová ochrana zaručí funkci připojeného zařízení i při 14 kV výboji trvajícím 8 us nebo 10 kV po dobu 20 us. Samozřejmě pouze v případě správného uzemnění (routerboard.com)*



Obrázek 15-SafeSurge

## BIBLIOGRAFIE

**i4wifi.cz.** <http://www.i4wifi.cz>. [Online]

**routerboard.com.** [routerboard.com](http://routerboard.com). [www.routerboard.com](http://www.routerboard.com). [Online]

## REJSTŘÍK

|                                 |    |                                  |   |                                  |    |
|---------------------------------|----|----------------------------------|---|----------------------------------|----|
| APC ProtectNet.....             | 11 | jemná ochrana (fine limiter) ..  | 6 | R52n .....                       | 12 |
| Electrostatic Discharge.....    | 4  | LEMP .....                       | 3 | varistory (Variable Resistors) . | 8  |
| ESD.....                        | 4  | <i>Lightning Electromagnetic</i> |   | VDR (Voltage Dependent           |    |
| hrubá ochrana (hard limiter) .. | 6  | <i>Pulse</i> .....               | 3 | Resistors) .....                 | 8  |

## SEZNAM OBRÁZKŮ

|  |    |
|--|----|
| Obrázek 1-Níživá energie pro různé součástky.....  | 3  |
| Obrázek 2-Proudový impuls při úderu blesku .....   | 4  |
| Obrázek 3-Proudový impuls při vybití elektrostatického náboje.....                                     | 5  |
| Obrázek 4-Nepříjemné důsledky přepětí si nevybírají .....  | 5  |
| Obrázek 5-Obvyklá konstrukce plynem plněné výbojky .....   | 7  |
| Obrázek 6- Statická V-A charakteristika plynem plněné výbojky.....                                     | 8  |
| Obrázek 7-časový průběh strmého napěťového impulsu na výbojce .....                                    | 8  |
| Obrázek 8-A-V charakteristika a náhradní schéma varistoru .....  | 9  |
| Obrázek 9-Zapojení třístupňové kombinované přepětí ochrany a průběhy napětí v jednotlivých bodech..... | 10 |
| Obrázek 10-síťový odrušovací filtr s přepětí ochranami (filtr EMP) .....                               | 11 |
| Obrázek 11-APC ProtectNet .....  | 11 |
| Obrázek 12-WispStation board.....  | 12 |
| Obrázek 13-Zkratová přepětí ochrana PKO-N (5 GHz).....   | 12 |
| Obrázek 14-R52n .....  | 13 |
| Obrázek 15-SafeSurge.....  | 13 |