

7.8 Transily a bleskojistky

V elektrotechnice jsou přístroje sloužící k potlačení či omezení napětového přepětí vznikajícího na přenosových vedeních v důsledku některých rušivých elektromagnetických dějů, např. blesku, elektrostatických výbojů, spínacích pochodů apod. Za **přepětí** můžeme považovat napětí, které je 2krát větší než jmenovité napětí (U_n). Překročení jmenovité hodnoty napětí U_n o 10-20% je považováno za normální provozní stav.

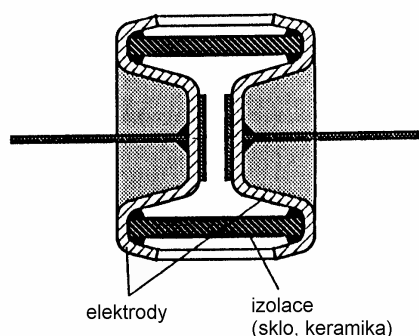
V odborné literatuře se obvykle rozlišuje tzv. hrubá ochrana (hard limiter) a jemná ochrana (fine limiter). Kromě konstrukční odlišnosti se oba typy ochran, tj. ochranných prvků, liší zejména ochrannou úrovní napětí a rovněž rychlostí své reakce. Mezi základní ochranné přepětové prvky pro hrubou ochranu patří jiskřiště a plynem plněné bleskojistky (výbojky), hlavními druhy jemných přepětových ochran jsou varistory, Zenerovy diody a speciální lavinové, tzv. supresorové polovodičové diody.

Název	Plynem plněné bleskojistky (výbojky)	Varistory VDR	Klasické Zenerovy diody	Supresorové diody (transil, ..)
Schematická značka				
Ochranné napětí	10 ÷ 12 000	6 ÷ 2 000	2,4 ÷ 200	6 ÷ 440
Maximální proud po dobu 1 ms [A]	500	120	10	200
Maximální absorbovaná energie [J]	60	2 000	0,1	1
Přípustné výkonové zatížení [W]	800	2	50	5
Vlastní kapacita [pF]	0,5 ÷ 10	40 ÷ 40 000	5 ÷ 15 000	300 ÷ 15 000
Doba reakce [ns]	> 1 000	25	10	0,01
Druhy ochran	hrubá	hrubá, jemná	jemná	jemná

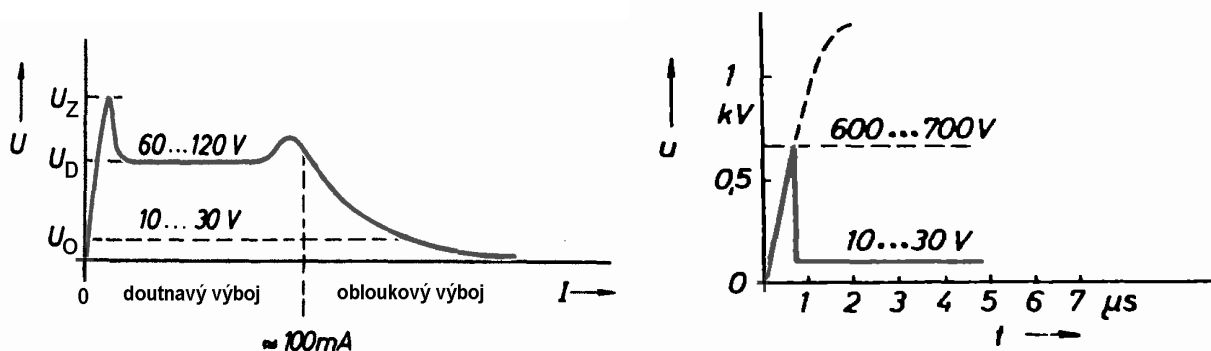
Prvky pro hrubou přepětovou ochranu

Historicky nejstarší přepětovou ochrannou součástí je vzduchové jiskřiště, jež je určeno především k ochraně proti vyšším napětím, řádově od 1 kV do několika MV. Vzduchové jiskřiště je tvořeno dvěma elektrodami ve vzduchu, mezi nimiž při přepětí dochází k výboji.

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 (argonem či neonem) pod slabým tlakem. Tato konstrukce zajišťuje vysokou přesnost a reprodukovatelnost parametrů výboje.



Při nízkém napětí je vliv výbojky na chráněný systém či obvod velmi nepatrný: izolační odpor výbojky je větší než $10^{10} \Omega$. Přesáhne-li napětí na výbojce hodnotu tzv. zápalného napětí U_z , 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 60 ÷ 120 V. Umožní-li impedance obvodu, v němž je bleskojistka zapojena, aby jí 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 ÷ 30 V.

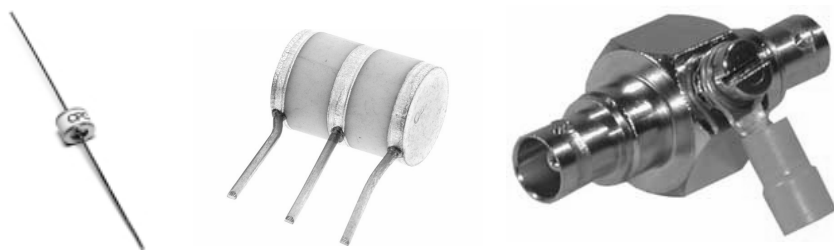


V-A charakteristiky plynem plněnébleskojistky. Časový průběh strmého napětíového impulsu.

Nevýhodou plynem plněnýchbleskojistek je poměrně dlouhá doba odezvy (jednotky až 100 μ s), velká závislost zapalovacího napětí na strmosti nárůstu napětí a poměrně nízké napětí na oblouku, které ztěžuje samovolné zhasnutí oblouku po odeznění přepětí. Pro jejich použití jako přepětíových ochran v obvodech nízkého napětí je proto třeba zajistit vnější obvodové podmínky pro zhasnutí oblouku, příp. zapojit tavné pojistky do vnějšího obvodubleskojistky. I přes tyto nevýhody jsou dnes plynem plněné výbojky základním prvkem hrubých přepětíových ochran 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 přepětíových prvků uvedených v tabulce.

Konstrukčně sebleskojistky vyrábějí buď jako "klasické" součástky s drátovými přívody, nebo v podobě "kapslí" s plošnými kontakty pro montáž do koaxiálních vedení, průchodek a konektorů.

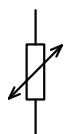
Příklady různých provedeníbleskojistek.



Širokopásmová koaxiální přepětíová ochrana s plynovoubleskojistkou, určená pro ochranu společných TV antén, zesilovačů a rozvodů TV signálů v pásmu 50-950 MHz s připojením koaxiálními konektory typu BNC.

Prvky pro jemnou přepětíovou ochranu

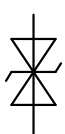
Mezi tyto prvky patří především tzv. varistory (Variable Rezistore), transily, trisily a zenerovy diody. Jsou to polovodičové prvky využívající nelineárních V-A charakteristik, kdy se součástka začne rychle otevírat. Zenerova dioda, transil, trisil stejně jako varistor se zapojuje paralelně ke chráněnému obvodu. Dojde-li k přepětí, jsou tyto prvky schopny pohltit poměrně značný krátkodobý impuls. Rozhodně se však nehodí k trvalému zatížení. Důležitou vlastností je to, že k aktivaci jejich funkce dochází po příchodu rázové vlny napětí s nepatrným časovým zpožděním, řádově v rozmezí 1 ns (varistor), respektive desítek až stovek pikosekund (transil, trisil).



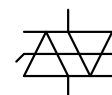
Varistor



Transil
jednosměrný



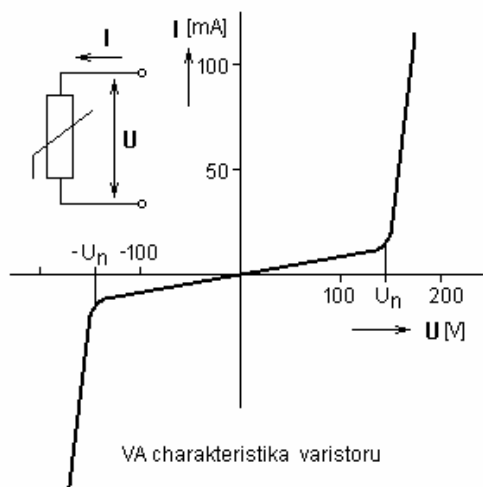
Transil
obousměrný



Trisil

Varistor je napětíově závislý nelineární prvek pracující na principu skokové změny impedance ve hmotě vyrobené lisováním a spékáním práškové směsi složené z oxidů některých kovů. Přesto, že varistory fungují na zcela jiném fyzikálním principu než jiskřiště, z elektrického hlediska je jejich chování podobné jako u jiskřiště. Pokud je hodnota napětí na jeho svorkách nižší než tzv. kritická hodnota napětí, chová se varistor jako „rozpojený“. Při dosažení kritického napětí se začne ve varistoru lavinovým způsobem zvyšovat hodnota protékajícího proudu, což vede ke výraznému zvyšování teploty

tzv. lokálních mikrooblastí. To má za následek další lavinovitý nárůst proudu tekoucího varistorem až do stavu „otevřeno“. Hodnota napětí na otevřeném varistoru výrazně poklesne pod hodnotu kritického napětí. Tento stav trvá do té doby, než hodnota proudu tekoucí varistorem neklesne pod tzv. kritickou nebo též přídržnou hodnotu. Pak dojde k obnovení jeho nevodivého stavu.

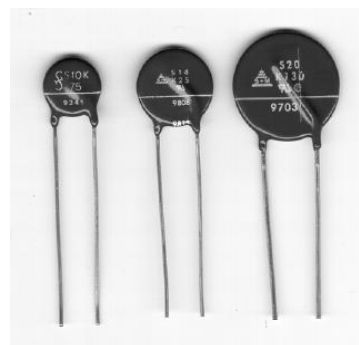


Další výhodou varistoru je to, že je možné určitou technologií významně zvětšit kapacitu varistoru. Lze ho tak využít i jako ochranu proti indukovaným špičkám vysokofrekvenčního rušení. Běžně se proti tomuto rušení k ochraně vstupů používají blokové kondenzátory. U varistorů je možné dosáhnout kapacity řádově stovky až statisíce pikofaradů. Jednou součástí se tak ušetří potřebný prostor i celkové náklady. Proto se stále ve větší míře používají i v mnoha nízkonapěťových obvodech včetně moderní elektroniky automobilů.

V některých případech nelze z důvodu vysoké hodnoty parazitní kapacity varistory jako přepětíovou ochranu použít, např. u videotechniky, kde je požadována značná šířka přenášeného kmitočtového pásma chráněného signálu.

Hlavní parametry varistorů:

- U_{rms} – max. hodnota sinusového napětí trvale připojeného
- U_{dc} – maximální hodnota stejnosměrného napětí trvale připojeného
- U_c – Špičková hodnota napětí při proudovém impulsu
- I_c – Špičková hodnota opakovaného impulsu
- P – max. výkon opakovaných proudových impulsů



Příklady několika typů:

SIOV-S20K20 - varistor $U_{ef}=20V, 33V/1\text{ mA}$ $\varnothing 22.5 \times 4.5\text{ mm}$

VCR-07D275V - Varistor 275VAC, 350VDC, $U=430V/1\text{mA}$, $\varnothing 9,0 \times 5,7\text{mm}$, RM5, $I_p=1200A$

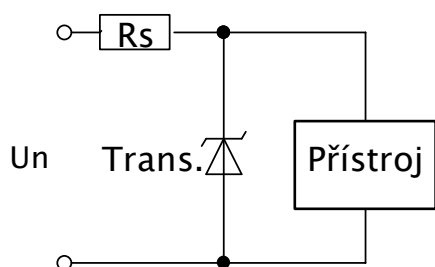
Moderním přepětíovým prvkem pro jemnou ochranu jsou polovodičové lavinové diody. Ve formě Zenerových diod jsou běžně užívané v elektronických omezovačích a stabilizátorech napětí již řadu let. Pro přepětíové ochrany se užívají Zenerovy diody s hodnotami Zenerova, tj. ochranného napětí od cca 3 V do 200 V. Pro ochranu vůči rychlým přepětíovým 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, či pod obchodními názvy např. Transil. Supresorové diody jsou obvykle zapouzdřeny jako pár diod zapojených antisériově proti sobě; vzniká tak bipolární součástka se symetrickou V-A charakteristikou velmi podobnou charakteristice varistoru.

Transil je napěťově závislý polovodičový prvek s V-A charakteristikou podobnou V-A charakteristice zenerovy diody. To znamená, že pokud hodnota napětí na svorkách prvku je nižší než hodnota ochranného napětí na prvku vyznačeného, protéká jím pouze nepatrný proud a stav prvku je blízký stavu „rozpojeno“. Hodnota ochranného napětí se udává při jmenovitém měřicím proudu 1 mA. Při zvýšení hodnoty napětí nad hodnotu ochranného napětí prudce klesá hodnota tzv. diferenciální impedance. To prakticky znamená, že na rozdíl od varistorů neklesá hodnota napětí na transilech pod hodnotu ochranného napětí ani v „otevřeném“ stavu. V propustném směru se transil chová jako běžná dioda.

Výkonová ztráta platí pouze pro krátký okamžik jedné milisekundy. Při delším impulsu a celkově malém odporu chráněného obvodu může dojít ke zkratu transilu. Proto by v obvodu neměla chybět pojistka, která při zkratovém proudu obvod přeruší.

Ochranné diody typu transil se vyrábí jak v provedení jednosměrném, tak i obousměrném. Jedsměrné provedení se používá k potlačení přepětí pouze jedné polarity, obousměrný transil je vhodný pro potlačení přepětí obou polarit. Obousměrný transil lze obejít zapojením dvou jednosměrných transilů do série proti sobě.

Trisil je vícevrstvá symetrická polovodičová součástka s charakteristikou podobnou triaku a funkcí připomínající diak. V provozním stavu jím prochází nepatrný proud, avšak překročením spínacího napětí U_{BR} , tj. s příchodem napětíového impulsu ihned sepne a napětí (a impedance) na něm klesne na nepatrnou hodnotu. Tím prakticky zkratuje přístroj ke kterému je připojen, a chrání jej tak před zvýšeným



napětím. Pokud by v obvodu nebyl zařazen odpor, jednalo by se o zkratový proud který může trisil zničit. Pomine-li příčina mžikového sepnutí trisilu a proud klesne pod úroveň vratného proudu I_H , součástka opět nabývá původních vlastností v obvodu.

Zapojení transilu nebo trisilu při ochraně elektronického zařízení. R_s představuje součet všech odporů od zdroje až po chráněný přístroj.

Hlavní parametry transilu a trisilu:

- U_{RM} – maximální závěrné napětí
- U_{BR} – spínací napětí, při kterém prudce vzrůstá proud (koleno na VA charakteristice)
- U_{CL} – maximální napětí při maximálním proudovém impulsu
- I_{PP} – špičkový proud v pracovním režimu
- P_p – ztrátový výkon za dobu 1 ms

Příklady několika typů:

Základní řada transilů typu BZW. Dodávané hodnoty: 5V8, 12V, 18V, 22V, 36V, 39V, 75V.

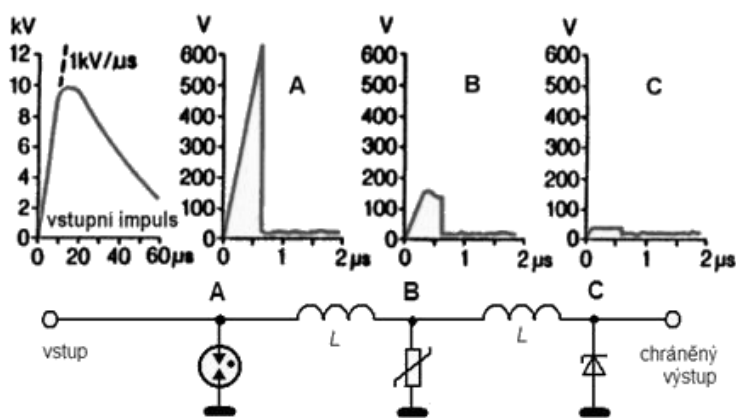
BZW06-12V - Transil jednosměrný 12V / 600W DO126

P6KE6V8-BIDIR - Transil obousměrný 6,8V / 600W DO15

P6KE400-BIDIR - Transil obousměrný 400V / 600W DO15

Obvodové zapojení přepět'ových ochran

Lze říci, že neexistuje univerzální ochranný přepět'ový prvek (součástka), který by vyhověl všem - často protichůdným požadavkům na přepět'ovou 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 přepět'ové ochrany na straně druhé. Pro účinnou přepět'ovou ochranu se proto ochranné obvody zapojují prakticky vždy jako tzv. **kombinované ochrany** tvořené kaskádním zapojením několika typů ochranných prvků do společného vedení.



Zapojení třístupňové kombinované přepět'ové ochrany a průběhy napětí v jednotlivých bodech

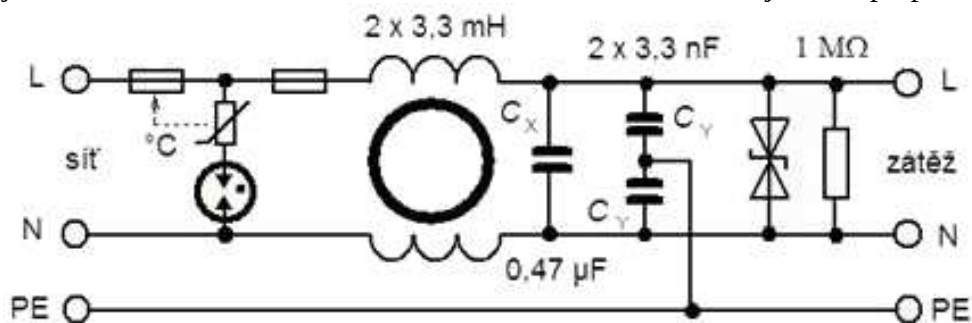
Zapojení je tvořeno kombinací plynem plněné bleskojistky jako hrubé přepět'ové ochrany a kaskádou varistoru a supresorové Zenerovy diody jako jemných přepět'ových ochran. Jak je naznačeno na napět'ových průbězích v jednotlivých bodech zapojení na obrázku, bleskojistka omezí špičkovou velikost strmého vstupního přepět'ového impulsu na cca 600 V, tuto hodnotu pak varistor omezí na cca 150 V a následně Zenerova dioda sníží toto omezení na úroveň cca 40 V. Protože rychlejší prvky jemné ochrany by reagovaly dříve než výkonové, leč pomalejší hrubé ochrany (bleskojistka),

omezily by tyto prvky vstupní napět'ovou vlnu dříve. Tím by však došlo jednak k vyřazení hrubé ochrany (bleskojistka by vůbec "nezapálila"), jednak k nepřipustnému přetížení prvků jemné ochrany příliš

vysokým napětím. Z tohoto důvodu je třeba jednotlivé stupně kombinované ochrany oddělit zpožďovacími články LC či RC, které jsou tvořeny buď sériovými indukčnostmi $> 20 \mu\text{H}$ nebo rezistory s odporem $> 5 \Omega$.

Přepět'ové ochranné prvky se staly běžnou součástí odrušovacích filtrů LC. Vznikly tak **odrušovací filtry EMP**. Hlavním úkolem přepět'ových ochranných prvků v těchto filtrech je omezit velikost přepět'ových rušivých impulzů, které se mohou dostat na vstup filtru, a tím snížit nároky na velikost vloženého útlumu vlastního filtru LC.

Příklad zapojení síťového odrušovacího filtru se zabudovanou hrubou a jemnou přepět'ovou ochranou.



Zdroj: Dílenská příručka – Elektronika I