

METALOKSIDNI VARISTORJI

J. Benda, M. Cergolj

Varistor je napetostno odvisen nelinearni upor. Njegova U-I karakteristika je simetrična in precej podobna Zenerjevi diodi. Ko je varistor izpostavljen visokonapetostnemu impulzu, se varistorska upornost od izredno velike vrednosti zniža na izredno majhno (nekaj ohmov).

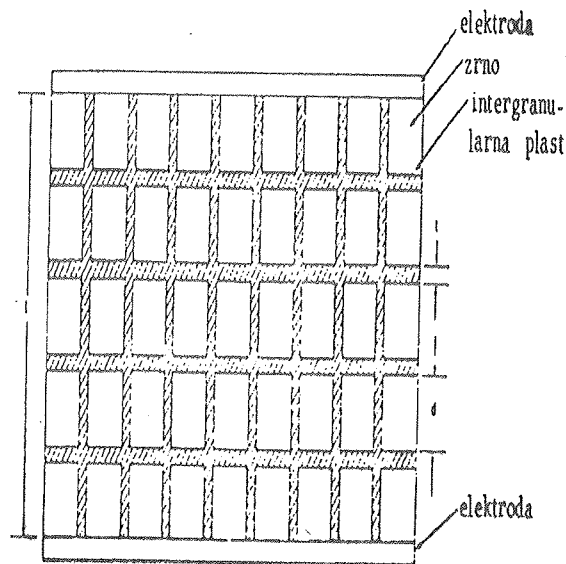
Varistorska masa je sestavljena v glavnem iz ZnO. Dodanih pa je še vrsta drugih oksidov (Bi_2O_3 , Sb_2O_3 , MnO, CoO, ...).

Glavna sestavina oksidnih varistorjev je ZnO z majhnimi dodatki ostalih oksidov. Bistven je dodatek Bi_2O_3 , ki ima največji vpliv na nelinearno karakteristiko varistorjev. Pomembni so še dodatki Co, Mn, Sb, Cr oksidov. Količinska sprememba dodanega Bi_2O_3 vpliva na spremembo nazivne napetosti in nelinearnega koeficienta varistorja.

Znano je, da neohmsko obnašanje varistorjev izhaja iz njihove mikrostrukture, v kateri so prevodna ZnO zrna ločena med seboj s tankim filmom izolativne intergranularne plasti (specifična upornost $\sim 10^{12}$ ohmcm). Ta vmesna plast pa postane pri določeni napetosti prevodna. Intergranularno plast sestavljajo dodani oksidi.

Na naslednji sliki je shematsko prikazana mikrostruktura varistorja.

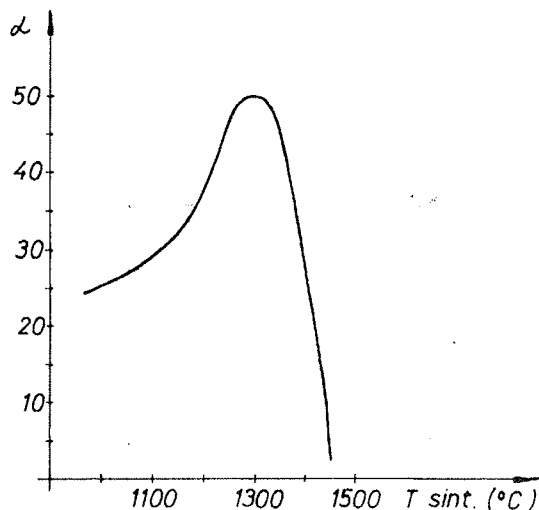
Pri pripravi materiala za varistorje je posebno pomembno kontrolirati mikrostrukturo, to se pravi velikost zrn, od katere je odvisna napetost varistorja. Napetost varistorja je obratno sorazmerna



Slika 1: Shematski prikaz mikrostrukture varistorja

velikosti zrn. Na velikost zrn vplivamo z dodatki, atmosfero in režimom sintranja.

Na vrednost nelinearnega koeficienta pa močno vplivata sestava in režim sintranja. Spreminjanje vrednosti α je v povezavi z dogajanjem v intergranularni fazi. Do temperature 1300°C vrednost α narašča, nato pada in na 1450°C postane varistor upor.



Slika 2: Odvisnost vrednosti α od temperature sintranja

Varistorji so uporabni zlasti pri omejevanju visokonapetostnih konic, ki zelo škodljivo vplivajo na elektroniko. Ko je varistor izpostavljen visokonapetostnemu impulzu, se varistorska impedanca od skoraj neskončne vrednosti zniža na zelo majhno (nekaj ohmov). Tako se nevarni prenapetostni impulzi znižajo na dovoljen nivo in na ta način zaščitijo občutljive elektronske dele pred uničenjem. Varistor v takem primeru absorbira energijo visokonapetostnega impulza in jo oddaja okolici v obliki toplote.

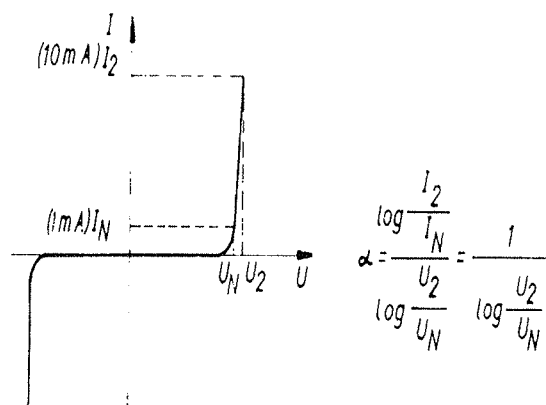
Za primerjavo pogledimo razlike med posameznimi zaščitnimi elementi.

ZnO varistor

Tipična vrednost nelinearnega koeficienta α , je pri ZnO varistorjih 40-60 in tudi več.

Prepustni tok I_L pri stalni priključeni napetosti je relativno majhen (nekaj μA). Pri standardni ponudbi se nazivne napetosti gibljejo od približno 11 V do 750 V, trajne enosmerne napetosti pa od 14 V do 1060 V.

Odzivni čas teh varistorjev je kratek in znaša pod 25 ns.

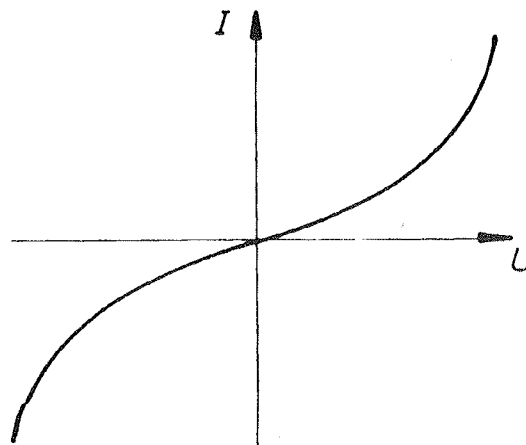


Slika 3: Napetostno tokovna karakteristika ZnO varistorja

SiC varistor

SiC varistor je nelinearni upor z razmeroma majhnim koeficientom α (2-7). Zato ta varistor ponavadi uporabljamo v seriji z iskriščem (energetika). Ker je α nizek, je tudi koleno karakteristike slabo izrazito, zato že pri majhni delovni napetosti lahko teče prevelik tok skozi varistor. To pa povzroči močno segrevanje varistorja in odpoved.

Primer $\alpha = 1$: navaden upor

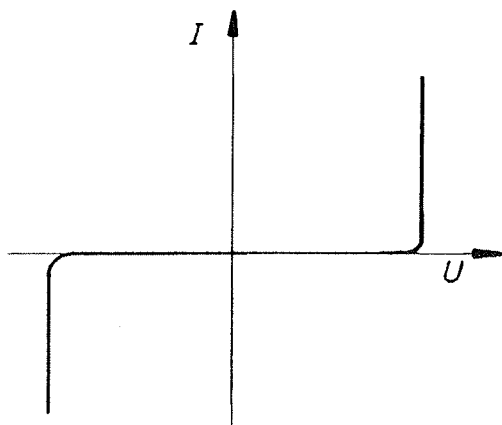


Slika 4: Napetostno tokovna karakteristika SiC varistorja

Posebna dvojna Zener dioda

To so Zener diode s simetrično karakteristiko. Koleno karakteristike je izredno močno izrazito, saj se vrednost nelinearnega koeficienta α giblje tudi do 120 in več.

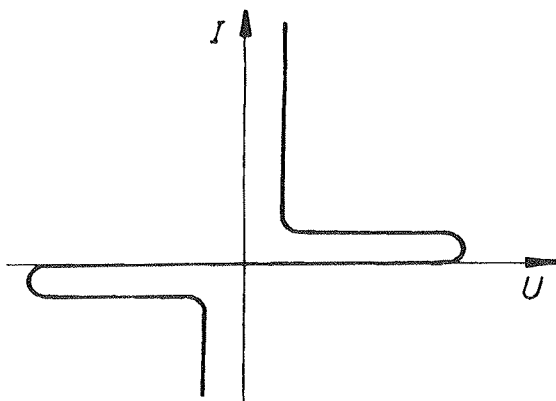
Slabost teh elemenotv pa je v tem, da ne prenesejo tako velikih udarnih tokov in energij kot varistorji. Imajo pa še eno dobro lastnost. Pri pravilni montaži imajo namreč izredno kratek odzivni čas (približno 10 ps).



Slika 5: Napetostno tokovna karakteristika dvojne Zener diode

Plinski odvodniki

Odvodniki običajno prenesejo večje udarne tokove in absorbirajo večjo energijo, imajo pa relativno dolg odzivni čas ($0,5 \mu\text{s}$). To pomeni, da je plinski odvodnik približno 20-krat počasnejši kot ZnO varistor.



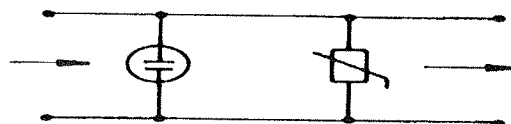
Slika 6: Napetostno tokovna karakteristika plinskega odvodnika

Taka počasnost je prevelika za današnje občutljive elektronske elemente. Slaba stran plinskih odvodnikov je tudi v tem, da pod 90 V vžigne napetosti niso na razpolago.

KOMBINIRANI SISTEMI ZAŠČITE

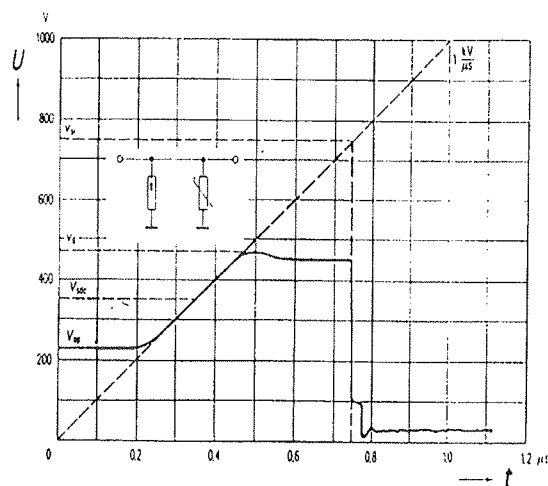
- direktna paralelna vezava plinskega odvodnika in varistorja

ZnO varistor s svojim kratkim odzivnim časom vsekakor pomeni v tem primeru veliko pridobitev.



Slika 7: Direktna paralelna vezava plinskega odvodnika in varistorja

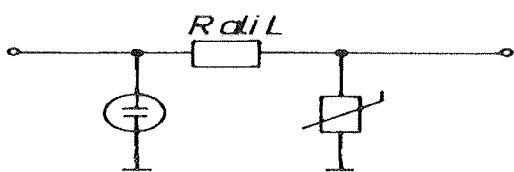
Ker je odzivni čas plinskega odvodnika relativno dolg ($0,5 \mu\text{s}$), pride tudi pozno do aktiviranja le-tega. S paralelno vezavo ZnO varistorja to situacijo bistveno popravimo.



Slika 8: $U(t)$ prikaz direktne paralelne vezave plinskega odvodnika in varistorja

- indirektna paralelna vezava plinskega odvodnika in varistorja

Tako vezavo uporabimo, če je zaščitni nivo nižji od 100 V. Zato med plinski odvodnik in varistor vstavimo upor ali induktivnost.



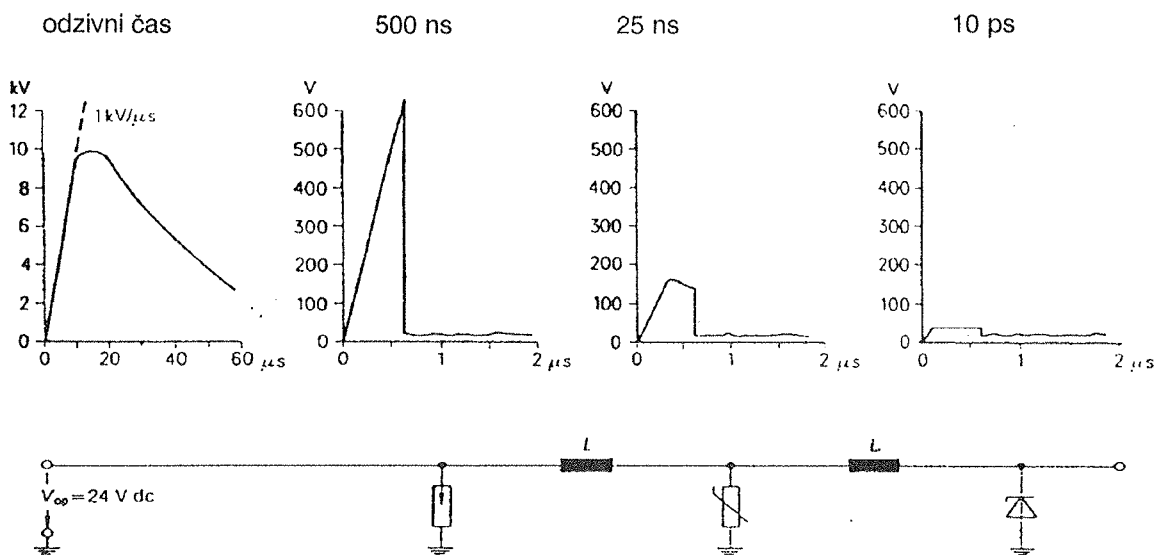
Slika 9: Indirektna paralelna vezava plinskega odvodnika in varistorja

Takšna zaščita se praktično uporablja v nizkoohmskih vezjih.



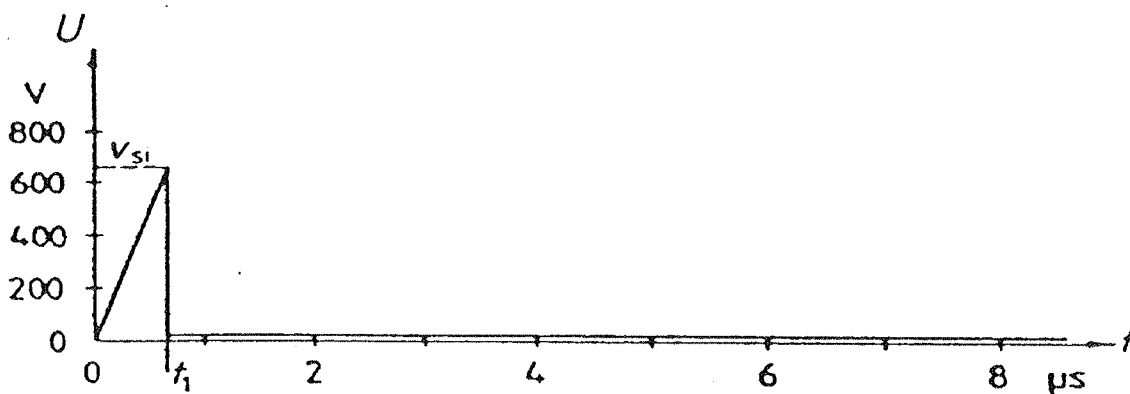
Slika 11: Serijska vezava plinskega odvodnika in varistorja

- tristopenjska kombinirana zaščita

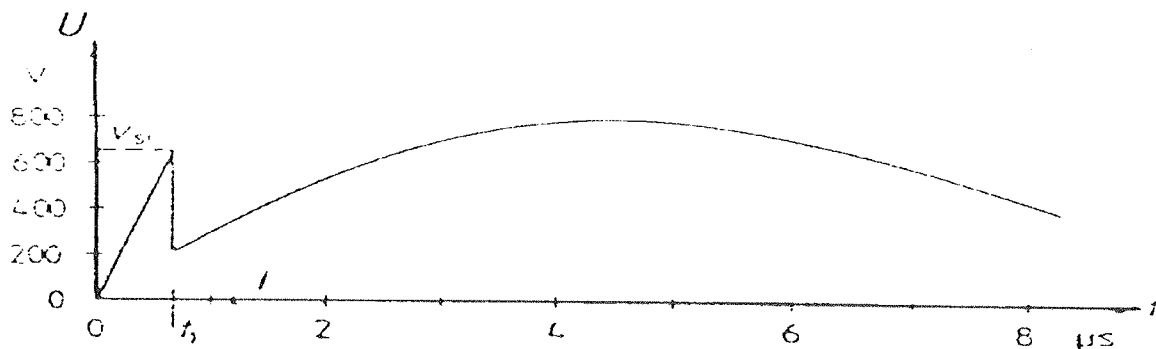


Slika 10: Tristopenjska zaščita

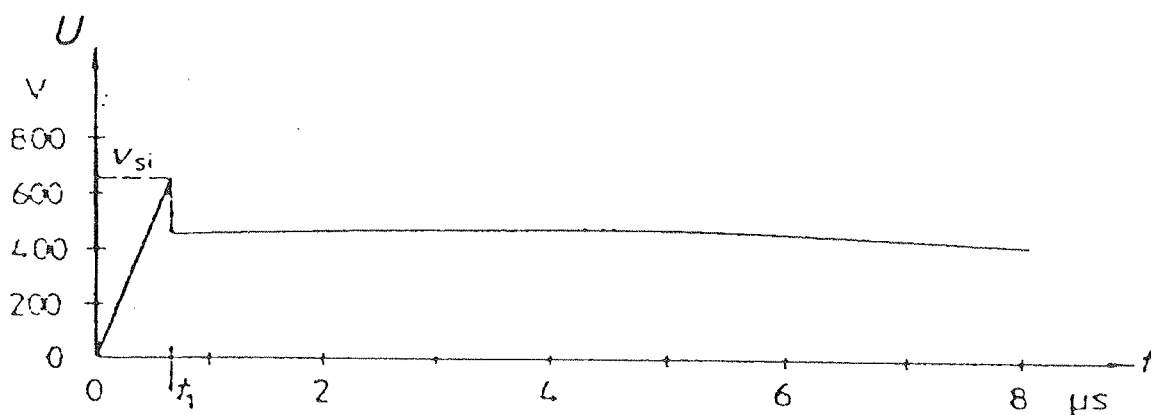
- serijska povezava plinskega odvodnika in varistorja



Slika 12: U (t) karakteristika, če je uporabljen samo plinski odvodnik



Slika 13: $U(t)$ karakteristika, če je plinski odvodnik v seriji s SiC varistorjem

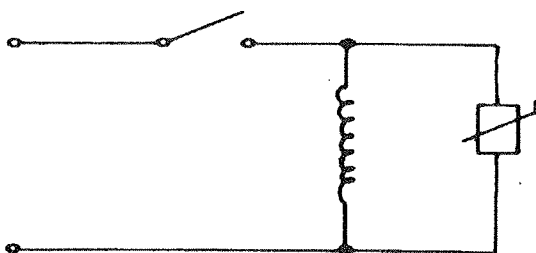


Slika 14: $U(t)$ karakteristika, če je plinski odvodnik v seriji s ZnO varistorjem

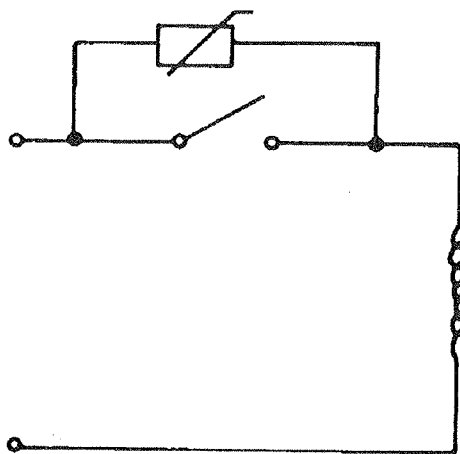
NEKATERE APLIKACIJE VARISTORJEV

- preprečevanje visokonapetostnih konic pri vkapljanju in izklapljanju induktivnih bremen

Z uporabo varistorja lahko zmanjšamo ali preprečimo iskenje na stikalu.

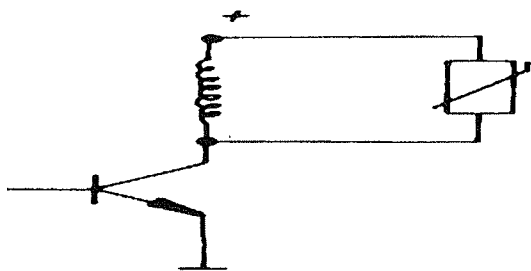


Slika 15: Prva možnost preprečevanja iskenja

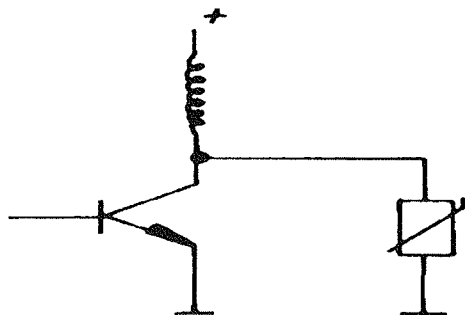


Slika 16: Druga možnost preprečevanja iskenja

Vlogo stikala pa največkrat prevzame tranzistor. Visokonapetostne konice izredno slabo vplivajo na občutljive elektronske elemente (največkrat pride do odpovedi elementa).



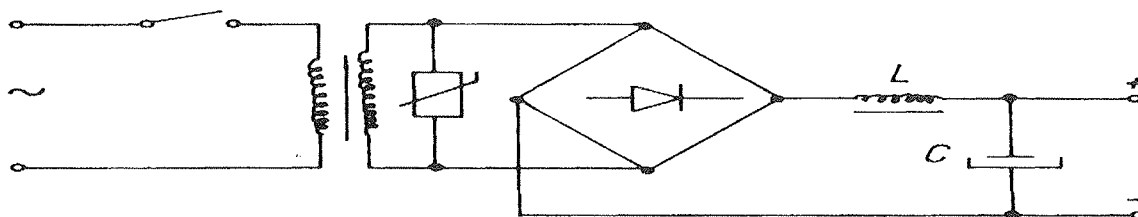
Slika 17: Prva možnost preprečevanja škodljivih visokonapetostnih konic



Slika 18: Druga možnost preprečevanja visokonapetostnih konic

Varistor je idealni zaščitni element za zaščito kontaktov relejev in preprečevanje iskrenja. Pri normalni delovni napetosti teče skozi varistor relativno nizek tok. Ko se pojavi visoka napetost, se varistorjeva upornost zelo zmanjša. Tok skozi varistor se zato poveča, energijo pa tako absorbira varistor. Napetostni nivo pa je tako ohranjen na varni vrednosti.

Enak problem se pojavlja pri vklopih in izklopih napajalnikov.

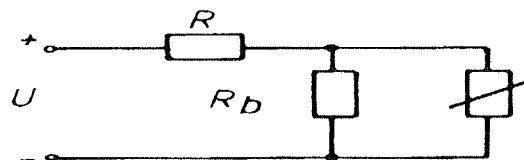


Slika 19: Reševanje problema visokonapetostnih konic pri vklopih in izklopih napajalnikov

- uporaba varistorja za stabilizacijo napetosti na bremenu

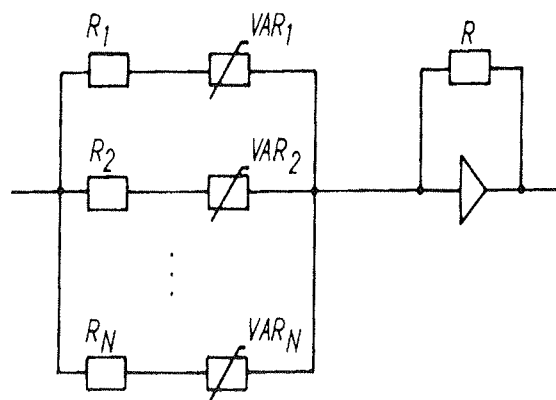
Taka rešitev je zlasti ugodna pri višjih napetostih, za katere ni Zener diod.

Napetost na bremenu je tem manjša, čim večja je upornost R .



Slika 20: Stabilizacija napetosti s pomočjo varistorja

- generiranje kvadratnih in kubnih napetostno-tokovnih karakteristik

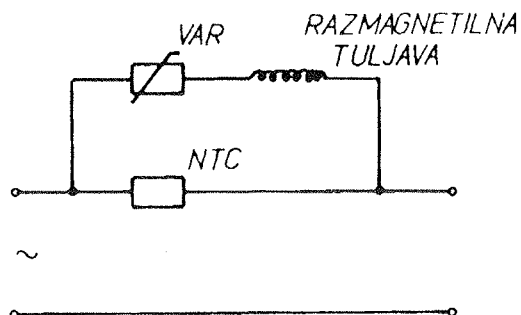


Slika 21: Vezje za generacijo kvadratnih in kubnih napetostno tokovnih karakteristik

Za čim boljše ponazarjanje kvadratnih in kubnih $U-I$ karakteristik, moramo vzeti čim večje število varistorjev in uporov. Varistorji morajo imeti čim nižjo toleranco nazivnih napetosti in približno enake nelinearne koeficiente α .

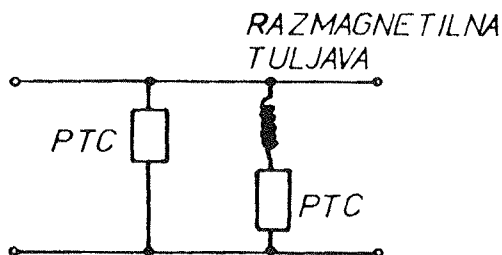
- razmagnetenje slikovnih cevi pri barvnih TV sprejemnikih

Ob vključitvi napetosti ima NTC upor relativno veliko upornost. Zato steče velik tok skozi varistor in razmagnetilno tuljavo. NTC upor pa se segreva in njegova upornost se zmanjšuje, zato skozenj lahko teče vedno večji tok.



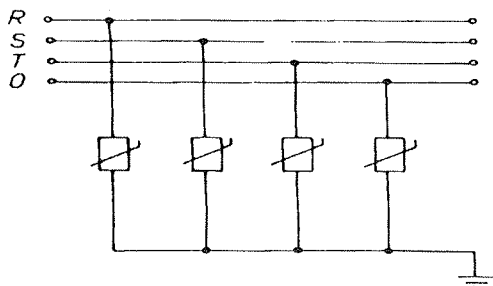
Slika 22: Vezje za razmagnetenje slikovnih cevi s pomočjo varistorjev

Klasična rešitev razmagnetenja slikovnih cevi je izvedena z dvema PTC uporoma in razmagnetilno tuljavo:



Slika 23: Klasična rešitev za razmagnetenje slikovnih cevi

- zaščita potrošnikov v hišah pred atmosferskimi razelektritvami



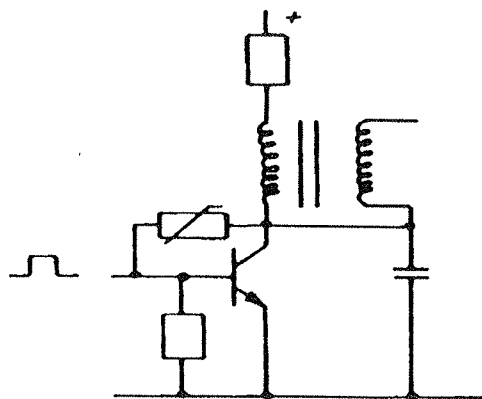
Slika 24: Vezje za zaščito potrošnikov v hišah

- uporaba varistorjev v telefoniji

Dandanes, ko je v centralah in telefonih vse več občutljivih elektronskih vezij, je zaščita linij samo s plinskimi odvodniki zaradi počasnega reagiranja le-teh premalo. Zato paralelno k odvodnikom montiramo še varistorje.

- uporaba varistorjev v avtomobilski tehniki

Tu ponavadi ščitimo potrošnike (radio...) pred prenapetostnimi konicami, ki prihajajo iz napajalnega dela. Tudi druge uporabe so vse pogostejše.



Slika 25: Zaščita elektronike pri elektronskem vžigu

Janez Benda, dipl.ing
Mirjam Cergolj, dipl.ing
Iskra Elementi -TOZD Keramika
Stegne 27-Ljubljana