

APLIKACIJSKI PRISPEVKI - APPLICATION ARTICLES

KAKO IZBRATI VARISTOR

Iskra VARISTOR d.o.o. proizvaja napetostno spremenljive upore (v nadaljevanju varistorje), ki se zaradi vse večje uporabe elektronike v vsakdanjem življenju in občutljivosti le-te na prenapetosti, uporabljajo skoraj v vseh vezjih.

Ime varistor izhaja iz angleških besed VARIABLE resIS-TOR. Ker je njegova glavna sestavina cink oksid (ZnO), ki je kovinski oksid, se za ta element uporablja tudi ime MOV (Metal Oxide Varistor), v angleški literaturi pa se dostikrat uporablja okrajšava VDR (Voltage Dependent Resistor).

Zaradi pravilnega delovanja naprave ali vezja v katerega je vključen varistor in zaradi same življenjske dobe varistorja je pri projektiranju prenapetostne zaščite potrebno izbrati pravi varistor.

Na kratko izbiramo v treh korakih:

1. Izberemo varistor glede na delovno napetost v naši aplikaciji.
2. Nato izbiramo še:
 - a) udarni tok
 - b) energijo
 - c) povprečno moč na varistorju
 (Pri a in b moramo upoštevati tudi število ponovitev)
3. Na koncu preverimo še maksimalno preostalo napetost, ki ne sme biti večja od prebojne napetosti za izbrano vezje.

PRVI KORAK

Da bi zagotovili čim boljši zaščitni nivo, izberemo varistor, ki ima isto napetostno področje kot naša aplikacija ali le malce višje. Pri izbiri moramo upoštevati možen porast napetosti (približno 10% na napajalno napetost), ker se disipacija moči na varistorju občutno poveča (10% povečanje napajalne napetosti pomeni 15-kratno povečanje disipacije moči).

Opomba: Seveda lahko izberemo vsak varistor z višjo delovno napetostjo. Tako postopamo, kadar nam je izjemno nizek prepustni tok bolj pomemben, kot pa čim nižji zaščitni nivo.

DRUGI KORAK

Z izbiro maksimalne možne delovne napetosti v prvem koraku smo zmanjšali število ustreznih varistorjev na maksimalno 8 tipov (npr. za 220V AC, 8 tipov V250, V250K5 - V250S40).

Sedaj moramo določiti energijo, moč in maksimalni tok, ki jih mora prenesti varistor glede na delovne pogoje. Te vrednosti moramo primerjati z maksimalnimi vrednostmi, podanimi v tabelah. Izberemo lahko vse varistorje, katerih vrednosti za maksimalni udarni tok, energijo in moč ležijo nad vrednostmi za določeno aplikacijo.

Da bi se izognili dvomom in napakam pri izračunavanju vrednosti za določeno aplikacijo, moramo upoštevati naslednje:

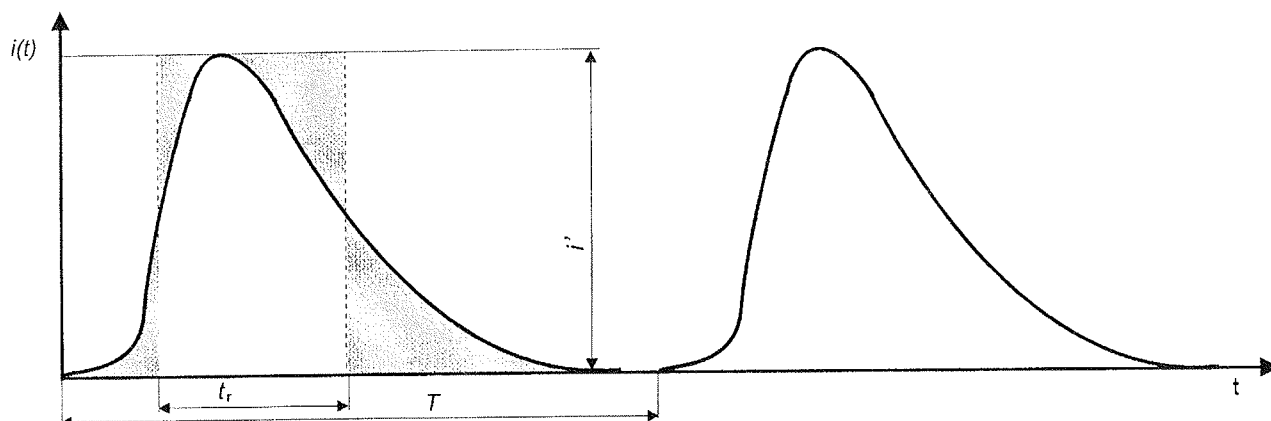
- maksimalne obremenitve varistorja, ki so odvisne od okolja (temperatura), bomo označili z "′"
- maksimalne mejne vrednosti, ki so omejene z udarnim tokom in absorpcijo energije, bomo označili z "max".

$$i' \leq i_{\max}$$

$$E' \leq E_{\max}$$

$$P' \leq P_{\max}$$

Ko določamo obremenitve na varistorju, moramo vedno upoštevati maksimalne možne obremenitve (npr. varistor mora absorbirati vso shranjeno energijo 1/2 Li² tuljave). Tak izračun bo potem vedno imel določeno rezervo zaradi izgub v ostalih komponentah vezja.



Slika 1

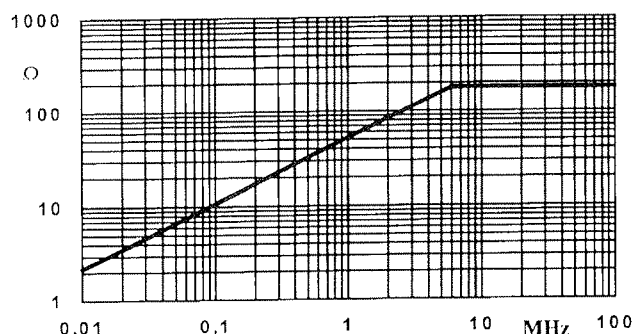
a) Udarni tok

Vrednost maksimalnega toka varistorja je odvisna od dolžine impulza in števila ponovitev. To vrednost lahko razberemo iz U/I krivulj. Maksimalni možni udarni tok varistorja v določeni aplikaciji nam tako služi kot osnova za primerjavo.

U/I krivulje nam prikazujejo maksimalne vrednosti toka pravokotne oblike. Da bomo lahko pravilno primerjali maksimalne vrednosti, moramo dejansko obliko vala pretvoriti v pravokotni impulz. Najbolj preprost način je grafična metoda.

Ohranjajoč vršno vrednost, udarni tok pretvorimo v pravokotnik z isto površino. Tr predstavlja dolžino impulza in je identičen dolžini impulza v U/I krivuljah. Periodo T potrebujemo za izračun povprečne izgube moči kot rezultat periodičnih energijskih impulzov.

Opomba: To pomeni, da za izbiro potrebujemo tok in ne napetost, ki povzroča tok. Zelo nizka impedanca napajalnih linij pri delovnih frekvencah je največkrat napačno uporabljena za izračun amplitude toka potujočega vala na močnostnih ali podatkovnih linijah. Upoštevati moramo, da pri frekvencah v kHz in MHz področju (tranzientni tokovi) občutno višje karakteristične impedance linije določajo razmerje med tokom in napetostjo.



Slika 2

Na zgornjem grafu lahko vidimo vrednosti impedance v odvisnosti od frekvence za omrežje.

Tabela 1

Tip	Maksimalne vrednosti T _A =+85°C (+185°F)					Karakteristika T _A =+25°C (+77°F)				
	RMS Napetos t	DC Napetos t	Izgubni faktor moči	Maks. tok (8/20μs)	Energija (2ms)		Nazivna napetost (1mA)	Toleranca	Maximum Clamping Voltage at Test Current (8/20μs)	
	V _{RMS} (V)	V _{DC} (V)	P _{max} (W)	I _{max} (A)	E _{max} (J)	E _{neskončn} (J)	V _N (V)	(%)	U (V)	I (A)
V250D25	250	320	1.0	15000	390	0,1	430	±10	340	150
V250D32				25000	800	0,2				200
V250D40				40000	1440	0,2				300

Ostale vrednosti, ki niso navedene v zgornji tabeli, lahko najdete v katalogu Iskre VARISTOR.

Primerjava vrednosti energij pomeni, da ni vedno potrebno določiti udarnega toka in časa trajanja impulza (glej a. Udarni tok).

b) Energija

Če teče tok skozi varistor, ga največkrat navezujemo na energijsko absorpcijo. Na splošno velja sledeče:

$$\int_{t_0}^{t_1} v(t) i(t) dt$$

Ta integral je najbolj preprosto rešljiv z grafičnim načinom (pretvorba v ekvivalentni pravokotni tok in napetost):

Če je bil tok, ki teče skozi varistor ugotovljen s pomočjo spominskega osciloskopa in pretvorjen v ekvivalentni pravokotnik, lahko absorpcijo energije varistorja izračunamo s preprostim zmnožkom toka in padca napetosti, ki se pojavi na varistorju:

$$E' = v' i' t_R \quad [J] \quad \begin{matrix} v' [V] \\ i' [A] \\ t_R [s] \end{matrix}$$

v' lahko vzamemo iz pripadajoče U/I krivulje kot vrednost napetosti v odvisnosti od i' ali pa jo določimo s pomočjo spominskega osciloskopa kot maksimalni padec napetosti na varistorju.

Če je prenapetost posledica preklopa induktivnih bremen, moramo pri izračunu energijske absorpcije upoštevati induktivni tok.

Energija, absorbirana v varistorju, ne more biti večja od energije, shranjene v tuljavi:

$$E = 1/2 L i^2 \quad [J] \quad \begin{matrix} L [H] \\ i [A] \end{matrix}$$

Ta izračun vedno upošteva rezervo glede na izgube drugih komponent v vezju, ki ga ščitimo. Impulzi, ki se pojavljajo pri preklonih induktivnih bremen, navadno ležijo v področju milisekund.

Energijo, določeno na podlagi zgornjega izračuna, lahko primerjamo z vrednostmi energije (2ms), podanimi v tabeli 1. V tem primeru je maksimalna energija, ki jo varistor lahko absorbira, skoraj neodvisna od trajanja energijskega impulza.

c) Izgubni faktor moči (trajna moč, ki se lahko troši na varistorju)

Če je bil varistor določen glede na prvi korak, je to zagotovilo, da bo moč na varistorju pri delovni napetosti zanemarljivo nizka.

Če je zahtevano, da varistor absorbira energijo periodično, je to povezano s povprečno močjo, ki se lahko troši na varistorju:

$$P = \frac{E}{T} = \frac{v}{T} \cdot i \cdot t_r \quad [W]$$

T [s] = dolžina periode

E je vrednost posameznega energijskega vala (izračunanega na podlagi "metode pravokotnika"), T pa predstavlja čas med eno in drugo ponovitvijo impulza. Iz enačbe lahko izračunamo minimalni čas, ki mora preteči med enim in drugim impulzom, ne da bi presegli maksimalno moč disipacije:

$$T_{\min} = \frac{E}{P_{\max}} \quad [s]$$

ZnO varistorji so manj primerni za statične obremenitve (npr. napetostna stabilizacija). Za te namene raje uporabljamo Z diode.

TRETJI KORAK

Maksimalno preostalo napetost na varistorju v primeru prenapetosti lahko razberemo iz U/I krivulje. To vrednost lahko razberemo direktno, če poznamo udarni tok.

Če razbrana vrednost presega prebojno trdnost komponent, ki jih ščitimo, imamo na voljo sledeče možnosti, da znižamo zaščitni nivo:

- zmanjšamo varnostni nivo pri izbiri napetosti (npr. za mrežno napetost 220V uporabimo V230 namesto V250.)
- izboljšamo ujemanje varistorja z napetostjo mreže (npr. za 320 AC napetost +10% dobimo 350V). Glede na prvi korak izberemo varistor V385. Lahko pa vezemo dva varistorja V175 v serijo in s tem dobimo V350, kar pomeni za 35V boljši zaščitni nivo.
- izberemo lahko tudi specialno toleranco varistorja (npr. samo spodnji del tolerančnega območja, kar izboljša zaščitni nivo za 10%).

- lahko pa izberemo varistor z večjim K - jem (npr. V250K20 namesto V250K14). S tem smo pridobili večji zaščitni nivo, ker ima varistor pri istem udarnem toku nižjo preostalo napetost in nenazadnje tudi daljšo življenjsko dobo, ker je manj obremenjen.

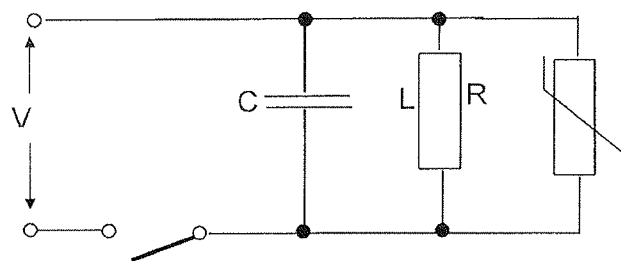
PRIMERI

PREKLAPLJANJE INDUKTIVNIH BREMEN

Pri odklopu induktivnih bremen se pojavijo prenapetosti, ki lahko poškodujejo stikalo (npr. tranzistor) ali pa celo samo tuljavo. Glede na enačbo je energija shranjena v tuljavi $1/2 L i^2$. Pri odklopu ta energija napolni kondenzator, ki je vezan paralelno tuljavi (ta kondenzator je seveda lahko tudi kapacitivnost same tuljave). Če ne upoštevamo izgub, to pomeni: $1/2 C v^2 = 1/2 L i^2$

$$v' = i' \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{0.1}{250 \times 10^{-12}}} = 20000V$$

Varistor mora biti vezan paralelno tuljavi, da lahko zniža prenapetost.



$V = 24 V_{DC}$
 $L = 0,1 H$
 $R = 24 \Omega$
 $I = 1 A$
 $C = 250 pF$
 št. preklopov $> 10^6$

PRVI KORAK

Za dosego čim nižjega zaščitnega nivoja, izberemo varistor V20 glede na njegovo maksimalno enosmerno napetost (glede na katalog Iskre VARISTOR so ti varistorji primerni za enosmerne napetosti do 26V), kar pomeni da lahko izberemo katerikoli varistor od V20K5 do V20K20.

Tip	Maksimalne vrednosti $T_A=+85^\circ C (+185^\circ F)$						Karakteristika $T_A=+25^\circ C (+77^\circ F)$			
	RMS Napetost	DC Napetost	Izgubni faktor moči	Maks. tok (8/20 μ s)	Energija (2ms)		Nazivna napetost (1mA)	Toleranca nazivne napetosti	Maximum Clamping Voltage at Test Current (8/20 μ s)	
	V_{RMS} (V)	V_{DC} (V)	P_{max} (W)	I_{max} (A)	E_{max} (J)	$E_{neskoncn}$ (J)	V_N (V)	(%)	U (V)	I (A)
V20K5	20	26	0,02	250	0,8	0,05	33	± 10	65	1
V20K7					1,6	0,12				2,5
V20K10					3,8	0,33				5
V20K14					7	0,34				10

Ostale vrednosti, ki niso navedene v zgornji tabeli, lahko najdete v katalogu Iskre VARISTOR

DRUGI KORAK

a) Tok skozi varistor

Ko izključimo tuljavo, se tok skozi tuljavo in varistor ne spremeni v trenutku. Nekaj časa se še vzdržuje delovni tok 1A, nato pa eksponentialno začne padati proti ničli. Ta tok lahko določimo z osciloskopom ali z eksponentialno krivuljo. Po pretvorbi v ekvivalentno kvadratno obliko impulza lahko to vrednost uporabimo za primerjavo z U/I krivuljami ter za določitev tipa varistorja. Seveda pa je najlažje izbrati pravi tip varistorja glede na energijo.

b) Energijska absorpcija varistorja

Iz enačbe lahko razberemo, da mora varistor absorbirati energijo

$$E' = 1/2 L i^2 = 1/2 \times 0.1 \text{H} \times 1 \text{A}^2 = 0.05 \text{J}$$

za en preklap.

Take prenapetosti ležijo v področju milisekund, zato izberemo vrednosti pri 2ms za izračun ter neskončno preklapov. Za te vrednosti odgovarja varistor V20K5, vendar brez varnostne rezerve. Zato je bolje, da izberemo V20K7.

c) Povprečna izgubna moč

Maksimalna povprečna izgubna moč za varistor V20K7 je 0.02W. Glede na enačbo je minimalni čas med dvema intervaloma:

$$T_{\min} = \frac{E'}{P_{\max}} = \frac{0.05 \text{J}}{0.02 \text{W}} = 2.5 \text{s}$$

Če so intervali pogostejši, je potrebno izbrati varistor z višjo močjo (glej katalog Iskra VARISTOR, stran 8).

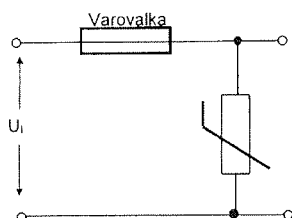
TRETJI KORAK

Zaradi toka skozi varistor (1A) dobimo na tuljavi maksimalno napetost 60V (za varistor na zgornji tolerančni meji). To vrednost razberemo iz U/I krivulj v katalogu Iskre VARISTOR, stran 17.

ZAŠČITA PROTI OMREŽNIM PRENAPETOSTIM

Risba spodaj kaže zaščito proti omrežnim prenapetostim, ki jih lahko pričakujemo v izpostavljenih omrežjih.

Omrežna napetost	...	$U_L = 220 \text{V}$
Prenapetostna amplituda	...	$U_T = 5 \text{kV}$
Karakteristična impedanca mreže	...	$Z = 25 \Omega$
Širina tokovnega impulza	...	$t_R = 500 \mu\text{s}$
Maksimalno število prenapetosti v življenjski dobi	...	$< 100 \text{ krat}$



PRVI KORAK

Za napetost 220V lahko glede na katalog Iskre VARISTOR izbiramo med osmimi tipi V250 (če upoštevamo 10% toleranco mreže):

VARISTOR-V250K5

.

.

.

VARISTOR-V250S40

DRUGI KORAK

a) Tok skozi varistor

Amplitudo toka lahko izračunamo iz vrednosti prenapetosti in karakteristične impedance Z_{ch} - (predpostavimo, da je ta vrednost 25Ω , slika 2).

$$i' = \frac{V_T}{Z_{ch}} = \frac{5 \text{kV}}{25 \Omega} = 200 \text{A}$$

Obliko in trajanje tokovnega vala (po pretvorbi v pravokotno obliko) moramo preračunati tako, da je rezultat širina impulza $500 \mu\text{s}$. Za trajanje in število prenapetosti lahko rečemo, da so naključna, zato moramo upoštevati vsaj 100 impulzov v življenjski dobi.

Vrednostim 200A, $500 \mu\text{s}$, 100-krat ustreza varistor V250D32 $i_{\max} = 350 \text{A}$ (kar razberemo iz krivulj v katalogu Iskra VARISTOR, stran 35).

b) Energijska absorpcija varistorja

Kot smo že ugotovili, je maksimalna energija, ki jo varistor lahko sprejme, v odvisnosti od maksimalnega toka. Zato varistor, ki ga izberemo na osnovi toka, ustreza tudi zahtevam za energijsko absorpcijo

$$E' \leq E_{\max}$$

Vseeno pa moramo določiti energijsko absorpcijo varistorja V250D32 glede na enačbo:

$$E' = V' i' t_R = 620 \text{V} \times 200 \text{A} \times 500 \mu\text{s} = 62 \text{J}$$

c) Maksimalna povprečna moč disipacije

Zaradi narave omrežne napetosti ne moremo predvideti, da se neka prenapetost z zgoraj navedeno amplitudo periodično ponavlja. Iz tega je razvidno, da ni nujen pogoj $P' \leq P_{\max}$. Minimalni čas med dvema energijskima impulzoma bomo izračunali le zaradi popolnosti izračuna:

$$T_{\min} = \frac{E'}{P_{\max}} = \frac{62 \text{J}}{12 \text{W}} = 5.16 \text{s}$$

TRETJI KORAK

Zaščitni nivo (za varistor na zgornji tolerančni meji) smo že določili v poglavju b. To pomeni, da je prenapetost omejena na vrednost nekaj odstotkov od začetne vrednosti.

Opomba: Prenapetosti ne moremo natančno izračunati ali predvideti in jih zato ne moremo simulirati v laboratorijih. Zato je vedno pametno izbrati večji varistor kot smo izračunali (v našem primeru V250D40).

Iskra Varistor d.o.o.
Hariš Mitja
Stegne 35, 1000 Ljubljana
SLOVENIJA