

ZSÁMBOK GÉZA:*

Túlfeszültségvédelem varisztorokkal

1. Bevezetés

A félvezető alkatrészek jelenleg az elektronikában olyan jelentős szerepet töltenek be, hogy egyre több alkatrészt kiszorítanak, nemcsak a gyengeáramú áramkörökből, de az erősáramúakból is. A különböző elektronikai berendezésekben ma már rendszeresen igen nagyszámú félvezető alkatrészt használnak fel, amelyek eltérő funkciót látnak el, és különböző tulajdonságokkal rendelkeznek. Egy valami azonban közös bennük: mindegyik erősen érzékeny túlfeszültségekre. Ezért egy-egy túlfeszültségű impulzus felmérhetetlen károkat tud okozni. Az ilyen károk elhárítására az elektronika több megoldást ismer. Az 1. táblázatban néhány jellemző adattal az alkalmazott módszerekből mutatunk be néhányat.

A táblázat legelső sorában szereplő fémoxid varisztor az eddigi megoldásoknál kisebb méretben a szokásos túlfeszültség védelmet szolgáló módszerek előnyeit egyesíti magában. A táblázatban nem szerepeltetett RC elemekből felépített módszertől eltekintve olcsóbb is a fémoxid varisztor.

2. A ZnO varisztorok struktúrája

Az oxidvarisztorok adalékolt fémoxidokból vagy az oxidok kombinációjából kerámiaipari technológi-

ával előállított félvezető eszközök. A főként n-típusú félvezető oxidkerámiáknál tapasztalható varisztor effektus akkor vált rendkívül érdekessé és fontossá, amikor 1968-ban MATSUOKA és munkatársai felfedezték, hogy több megfelelően megválasztott adalékanyag együttes alkalmazásával $\alpha > 30$ nemlineáris kitevővel rendelkező varisztor készíthető. Oxidvarisztorok előállítására leginkább a ZnO használatos. Az adalékanyagok közül a legjellemzőbbek a Bi, Co, Sb, Ni, Cr, Si, Ti, Pb, Sb stb. fémek oxidjai.

1968 óta a nemohmikus ZnO kerámiákat széles körben használják, mint varisztorokat feszültségstabilizálásra vagy túlfeszültség levezetésére. A ZnO varisztorokat kiváló nemlineáris tulajdonsága, az U-I görbe és egy nagyon széles hullám ellenállási képesség jellemzi. Az ZnO varisztorok sajátosságait főként a szemcsehatár jelenségeknek tulajdonítják, melyek az elektrokerámiák belső tulajdonságai. A nemohmikus tulajdonságok a Bi_2O_3 -ban gazdag szemcseközti réteggént jellemzett mikroszerkezethez kapcsolódnak szorosan [1] 1. ábra.

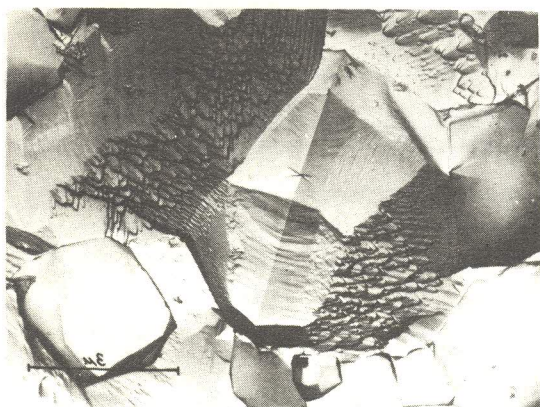
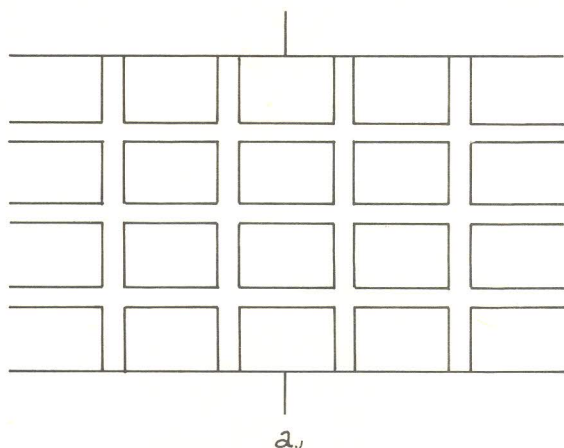
A varisztor egyik legfontosabb része a szemcsék határfelülete. Az 1. ábrán sematikusán vázolt szerkezet a kezdeti időkben alkotott varisztormodell követi. Az utóbbi időben több elkép-

Túlfeszültségvédő eszközök

1. táblázat

Eszköz		Üzemi fesz. (V)	Nem lin. jellemző α	Max. disszip. telj. (W)	T_k (%/°C)	Térfogat cm^3	Tömeg g
Szikraköz		> 150	∞	50	-	> 100	1,5
Szelén		35...700	5...10	9	$\sim 0,4$	20	35
Zener-dióda		1,8...200	> 50	$< 1,5$	0,1	2	1,5-30
SiC	Varisztor	5...1200	2,5...7	0,5...2	0,1	0,5...7	8
ZnO		14...1800	16...60	0,05...2	$\sim 0,02...0,03$	0,5...4,5	5

* Kőporc Elektronikai Alkatrész és Műszaki Kerámiaipari Vállalat



b,

1. ábra

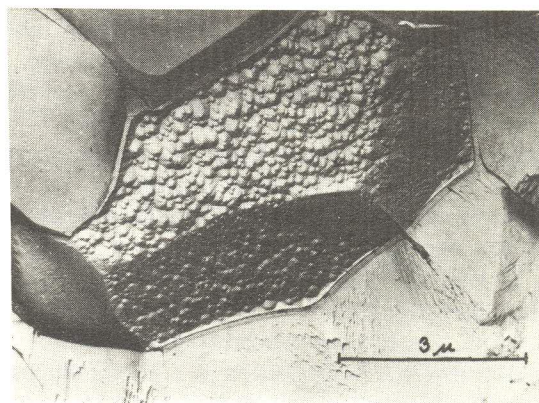
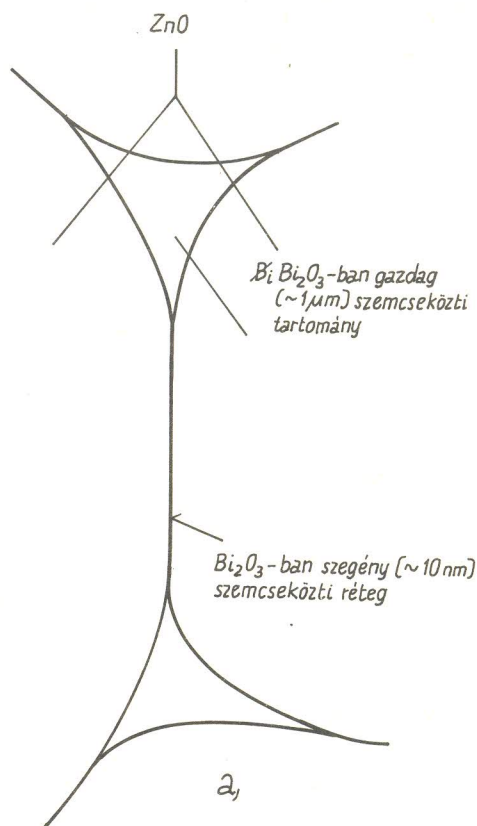
Az ZnO varisztor elméleti szerkezete (a) és elektronmikroszkópos felvétele (b)

zelés megkérdőjelezi az eddig általános feltevést, hogy a Bi_2O_3 olvadékból kialakult szemcseközi fázis folytonos térhálót alkot. A mikroszerkezeti vizsgálatok szerint a szemcsék határán a 2. ábra szerinti változó vastagságú szemcseközi réteg van.

A változást a ZnO szemcsék felületi energiája és a Bi_2O_3 -nak a sajtoló testben feltételezhető egyenetlen eloszlása okozza. Egyes helyeken a Bi_2O_3 olvadék be tud hatolni a szemcsék közé, más helyeken viszont nem, itt a Bi ionok diffundálhatnak a szemcsehatár mentén az égetés alatt. Ezen a Bi_2O_3 -ban szegény, igen vékony - néhány nm - határfelületen játszódik le az U-I karakterisztika nemlineáris működése [2].

3. Működési jellemzők:

A fentiekben leírtakból megállapíthatjuk, hogy a varisztorok felhasználásánál a karakterisztika formájából, jellemzőiből kell kiindulnunk. A 3.

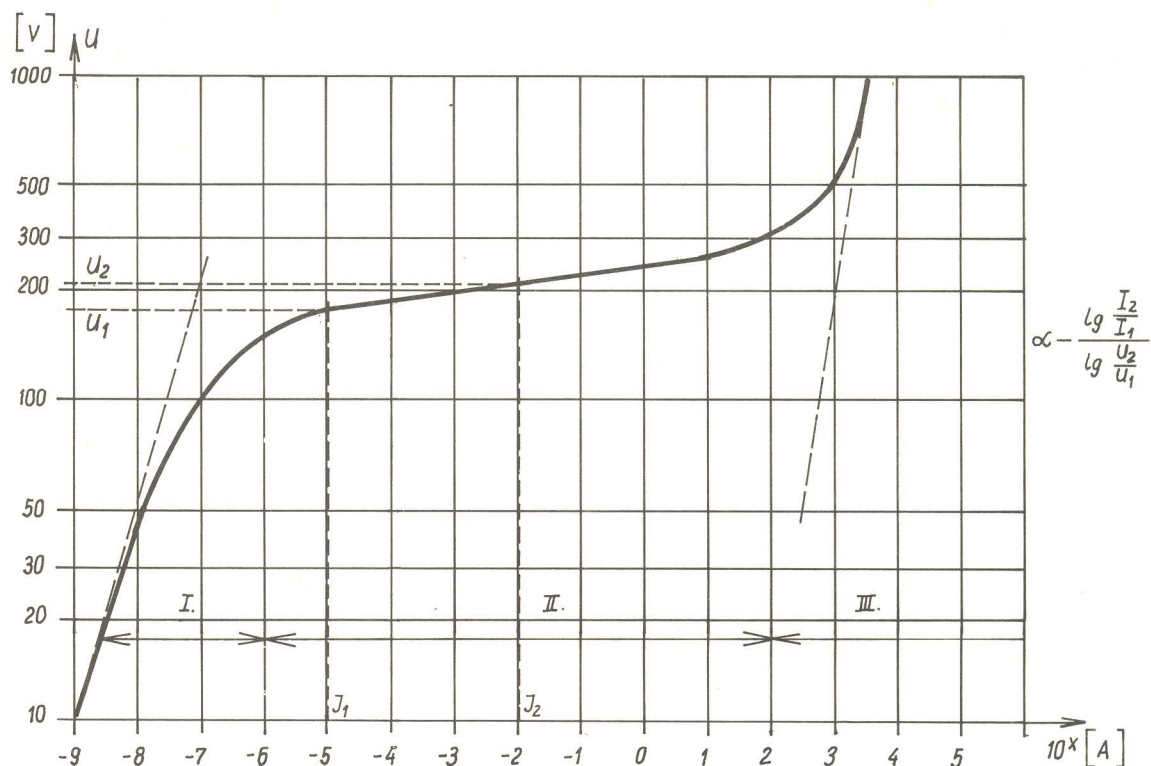


b,

2. ábra [2]

Egy szemcsehatár elméleti felépítése (a) és egy szemcse elektronmikroszkópos képe

ábrán vázolt karakterisztika I. szakaszában egy adott varisztor esetén az ellenállás igen nagy, ohmos jellegű, hőmérséklettől erősen függ. Az ellenállás értéke ebben a szakaszban 10^7 ohm minimálisan. A karakterisztikán továbbhaladva egy erősen nemlineáris szakasz következik, ahol a feszültség igen csekély mérvű emelkedésre az áram nagyságrendekkel nö-



3. ábra
Egy ideális varisztor U-I karakterisztikája

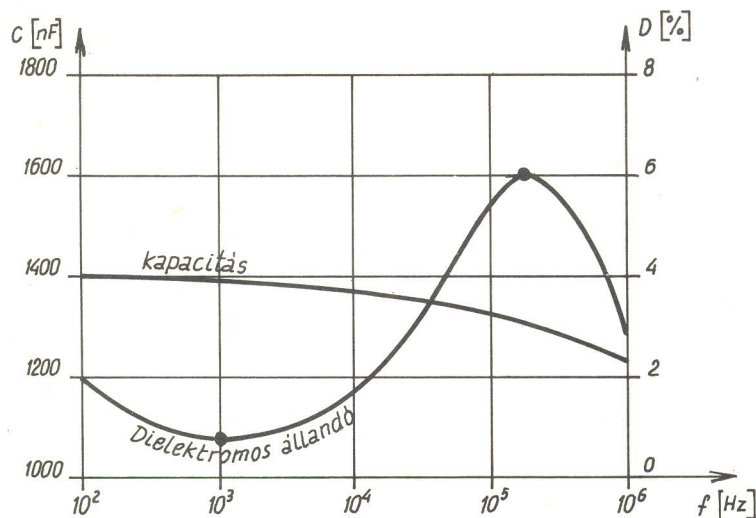
vekszik és így az ellenállás értéke néhány ohm lesz (1-10 ohm). Az U-I görbe III. szakaszán a feszültség növekedésével az áram már nem növekszik exponenciálisan, mivel az eszköz a letörési tartományban működik. A szemcsehatárokon található zárórétegek kinyitottak és az áram útjában csak a szemcsék belső ellenállása képez csekély akadályt. Mivel ez a működési tartomány igen nagy áramokkal és típustól függően különböző feszültséggel terheli a varisztort, igen nagy energiák haladnak át a kerámia-testen. Ezért ebben a tartományban hosszú ideig nem szabad működtetni. Amennyiben ezt nem tartjuk be, az átfolyó áram erősen felmelegíti a kerámiát és újabb töltéshordozókat indukál, ami tovább növeli az áramot. Így létrejön egy megfutás, ami az eszköz tönkremeneteléhez vezet. Ezért fontos betartani a katalógusokban megadott maximum értékeket. Az ajánlások figyelmen kívül hagyása a varisztor meghibásodását okozza, és ezáltal az általa védendő berendezést, alkatrészt veszélynek tesszük ki.

A kapacitás és a dielektromos veszteség frekvencia függése a 4. ábrán [1] látható. A görbék változásai az 5. ábrán látható helyettesítő kapcsolással magyarázhatók, és a szinterelt

kerámiatestek mikroszerkezetéből következik. A veszteségi tényező ($\tan \delta$) frekvencia függése 100 kHz körül jellegzetes csúcsot mutat, mely függ a hőmérséklettől. A kapacitás négyzete fordítottan arányos a mérő-feszültséggel. Ez arra utal, hogy a szemcsék határfelületén Schottky-típusú zárórétegek alakulnak ki. [1][2].

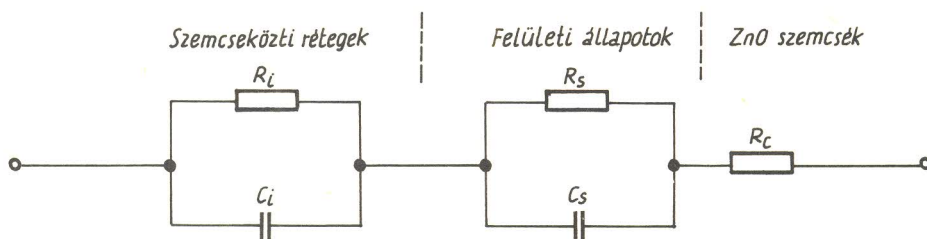
A varisztorok működésének a felhasználás szempontjából fontos jellemző értékeit összefoglaltuk a 2. táblázatban. A táblázatban szereplő adatok értelmezését az alábbiakban adjuk meg:

- U_{ref} = varisztorfeszültség leolvasható az U-I jelleggöréből egy adott áramérték mellett. Ez az adott áramérték nemzetközileg elfogadottan 1 mA. Egyes típusoknál ez az áramérték 0,1 mA
- $U_{U(max)}$ = az a maximális váltakozó és egyenfeszültség amely a varisztorra tartósan és folyamatosan rákapcsolható, annak bármilyen meghibásodását nem okozhatja. Megjegyezzük, hogy úgy kell megválasztani ezt az üzemi feszültséget, hogy annak 10 %-os ingadozása (növekedése) a varisztoron kedvezőtlen esetben husz-szorosra növekedett diszipációt is okozhat.



4. ábra [1]

A varisztorok kapacitása és dielektromos állandója a frekvencia függvényében.



5. ábra [1]

Varisztorok helyettesítő kapcsolása

A varisztorra érvényes tűrési határokat tekintetbe véve a legkedvezőtlenebb értéket szokás ezen rubrikában megadni. A varisztoron fellépő feszültségésés nem haladhatja meg a védendő alkatrész - berendezés - feszültségállóságát. Ez különösen félvezető alkatrészeknél fontos szempont.

- $\hat{I}$ = maximális terhelőáram, melynek értéke 3 tényezőtől függ:

- 1.) az impulzus hosszától,
- 2.) az impulzus ismétlődésének gyakoriságától,
- 3.) a varisztor geometriájától.

A felhasználónak, amikor egy adott típust alkalmazni akar, meg kell vizsgálnia, hogy milyen nagyságú áramlökést kell levezetnie. A választott típus megadott határadata nagyobb kell, hogy legyen, mint az üzem közben fellépő lehetséges érték. Ezt matematikailag elég bonyolult kiszámítani, ezért ajánlatosabb a várható áramköri viszonyok között megvizsgálni az alkalmasságot.

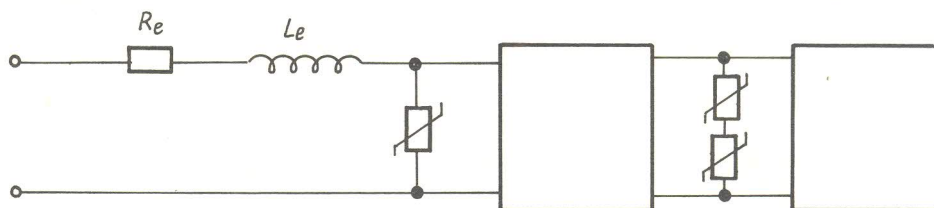
- P = tartós terhelés, melyből kiszámítható

$$P = \frac{E}{T} \text{ egyenlettel az igénybevétel gyakorisága.}$$

A $P(W)$ -ban T periódusidő (s)-ban. A képletben szereplő E energia értékét megkapjuk, ha $E = \hat{U} \cdot \hat{I} \cdot t$ egyenletet alkalmazzuk, ahol $\hat{I}$ a maximális terhelő áram (A)-ben, $\hat{U}$ a hozzátartozó feszültség (V)-ben és t a terhelés ideje szabványosan 20 μs .

A fenti képlet átalakításával $T = \frac{E}{P}$ megtudhatjuk, hogy minimálisan mennyi időnek kell eltelnie a következő energiabevitelig úgy, hogy az eszközeink ne károsodjanak.

- C = a varisztor kapacitása, felépítéséből következően igen jelentős. Amennyiben olyan áramkörben óhajtjuk használni, ahol a kapacitás adott értéken tartása fontos szempont, úgy ezt nem szabad figyelmen kívül hagyni. A táblázatban és a katalógusban megadott értékek általában csak tájékoztató jellegűek.



6. ábra

Példa a berendezés védelmére és variszorok soros kapcsolására a hálózat felől érkező tranziensek ellen

Felhasználásnál jobb az adott szériát mérés-sel szétválogatni.

A varisztor kapacitása fontos tényező a túlfeszültségek levezetésénél. Rendkívüli gyorsaságát e jellemzője segíti érvényre juttatni. Túlfeszültség fellépésekor ugyanis először az érkező impulzus ezt a "beépített" kondenzátort tölti fel. Gyakran, a nagyon rövid idejű impulzusoknál e kapacitás ellátja a védelmi funkcióit [3].

4. Varisztorok az áramkörökben

A. Varisztorok kapcsolási módjai.

Soros kapcsolás

1.) Az adott feltételhez jobban lehet illeszkedni több varisztor sorbakapcsolásával. Például egy 450 V-os hálózat esetén a táblázatunkban szereplő OVT 14/680 típust túlterhelnénk, az OVT14/820 pedig nem védené elég hatásosan alkatrészünket. Ellenben, ha sorba kötünk egy OVT14/680 és egy OVT14/82 típust együtt 470 V lesz a rájuk kapcsolható feszültség és máris 5 %-on belül lesz az eltérés. Több, kisebb feszültségű típus felhasználásával még közelebb kerülhetünk a kívánt értékhez.

2.) A gyártónál kisebb tűrésű típust kell megrendelni.

3.) Előtét ellenállást kell alkalmazni. Ez kis-áramu típus esetén ohmos ellenállás. Nagy áram esetén induktív ellenállás pl. 1 mH induktivitású tekercs (6. ábra)

- Párhuzamos kapcsolás

A nagyobb áramok levezetésére szóba jöhet a varisztorok párhuzamos kapcsolása. Ehhez azonban a varisztor feszültség értékének kevesebb, mint 1 %-ára össze kell válogatni (U_{ref})

Ellenkező esetben nagyon eltérő áramterhelések adódnak az egyes elemeken, esetenként 10...100-szoros is lehet.

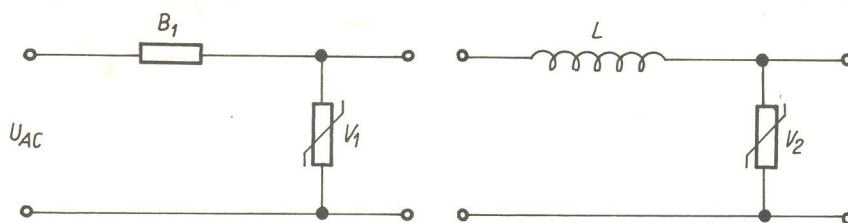
- Túlterhelés határa

Ha a levezető energiaértékeket túllépjük, akár átütés is létrejöhet az elektródák között, aminek következménye lehet rövidzár is. Rendkívüli esetben pl. villámcsapás a közvetlen környezetben a varisztor túlterhelés hatására felrobbanhat és megszakítja azt az áramkört, melybe beépítettük. Célszerű olyan beépítési lehetőséget teremteni, melynél a vele sorbakapcsolt biztosítékok működésbe léphetnek, ha túlterhelés esetén rövidzárra kerülne a varisztor.

B. A varisztor alkalmazásának szempontjai

Amikor egy berendezés védelmére varisztor akarunk alkalmazni, igen sok szempontot kell figyelembe venni. Az alábbiakban felsorolunk néhányat [4] :

- Mi a túlfeszültség oka? - Hálózati eredetű vagy a berendezésből származik?
- A túlfeszültségű impulzus milyen útvonalon, mely vezetéken haladhat?
- Hová tegyük a varisztor? (Pl. vezeték, és föld?)
- Milyen feszültségű varisztor szükséges?
 $U_{ref} 60\% - a \approx U_{AC}$
- Mekkora lehet az áramlökések ($\hat{I}_{max}$) ?
- Mekkora energiaabszorpcióra van szükség?
($W = U \cdot I \cdot t_p$)
- Mekkora tartós terhelés lehetséges?
$$\left(P = \frac{U \cdot t_p}{T} \right) \left| \begin{array}{l} t_p = \text{imp. szélesség} \\ T = \text{periódus idő} \end{array} \right.$$



7. ábra

Biztosíték és induktivitás alkalmazása a védelem növelésére

- Veszélyezteteti-e a varisztoron eső feszültség a védendő elemet?
- A környezeti hőmérséklet megfelel-e?
- A varisztor helyszükséglete?
- Zavar-e a varisztor kapacitása?
- A berendezés összes bemenetét védi-e a varisztor?
- Elég nagy-e a varisztor burkolatának feszültségállósága?

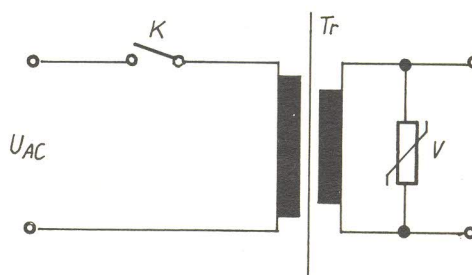
És ezen kívül még mindenki találhat fontos szempontot, amely a saját szakterületén adódhat.

5. Tipikus alkalmazási területek:

- Berendezések védelme a hálózat felől érkező túlfeszültségek ellen.
- Transzformátorok, relék, mágneskapcsolók és egyéb tekercsek védelme a túlfeszültségek ellen
- Relé kontaktusok védelme
- Félvezető elemek védelme
- SIC varisztorok helyettesítése ZnO varisztorokkal.

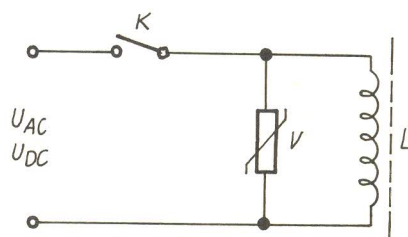
És most nézzük részleteiben az egyes pontokat.

- Ha adott egy hálózat 250 V effektív feszültséggel, akkor már az első szelekciót megtehetjük. Olyan típus kell, amelynek $U_{u(max)}$ értéke (váltakozó áram) legalább 250 V. Ilyenek az OVT.../390 sorozat tagjai. Ha adott hálózatunk hullámellenállása mondjuk 50 ohm, és ezen a hálózaton 20 kV-os túlfeszültségek jelentkezhetnek, akkor első közelítésben $I = \frac{U}{Z} = \frac{20 \text{ kV}}{50 \Omega} = 400 \text{ A}$ áramértéket kell alapul venni. 2. táblázatunkat



8. ábra

Transzformátorok védelme

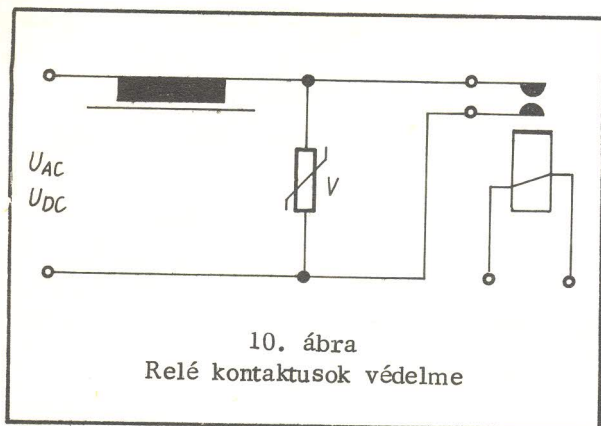


9. ábra

Relé tekercsek védelme

megnézve szóbjajhető típusok az OVT10/390, az OVT14/390 és az OVT18/390. Döntésünkhöz meg kell vizsgálni az adott körülményeket, hogy milyen gyakorisággal milyen hosszú impulzusokban érkeznek a túlfeszültségű terhelések. Ha csak egyszer kell elbírnia egy kb 20 μ s-os impulzust, akkor választhatnánk az OVT10/390 típust, gyakoribb igénybevételhez az OVT14/390 típus szükséges. Ha méréseink azt mutatják, hogy igen erős terhelésre számíthatunk, akkor válasszuk a következő típust a sorból, amely az OVT18/390.

A varisztorok U-I karakterisztikájából tudjuk, hogy egy $U_{ref}=390 \text{ V}$ paraméterrel rendelkező varisztoron 400 A áramánál $U \sim 850 \text{ V}$ esik. Tehát a túlfeszültségünk az eredetinek a 4 %-ára esett.



10. ábra
Relé kontaktusok védelme

Ha a túlfeszültség elleni védelmet további kiegészítésekkel akarjuk növelni, mint pl. a 7. ábrán látható induktivitással, akkor a varisztoron még kisebb áramok átfolyása lehetséges. Pl. $L = 10 \text{ mH}$ induktivitás esetén. $Z = 2\pi \cdot f \cdot L = 1068 \text{ ohm}$ lesz ($f \approx 17 \text{ kHz}$ -szinuszos, amely közelítőleg megfelel egy $20 \mu\text{s}$ négyyszögjel frekvenciájának). Ennek alapján a legnagyobb rövidzárlati áram $i = \frac{858 \text{ V}}{1068 \text{ ohm}} \approx 0,8 \text{ A}$ lesz, ha V_1 varisztor zárlatossá válna.

B_1 biztosíték mindig a hálózat felé legyen bekötve, míg a varisztor a védendő elem, berendezés közvetlen közelében.

B) C) Transzformátorok, relék, relékontaktusok védelmét a 8, 9 és 10. ábrán szemléltettük. Megjegyezzük, hogy a 9. ábrán látható esetben,

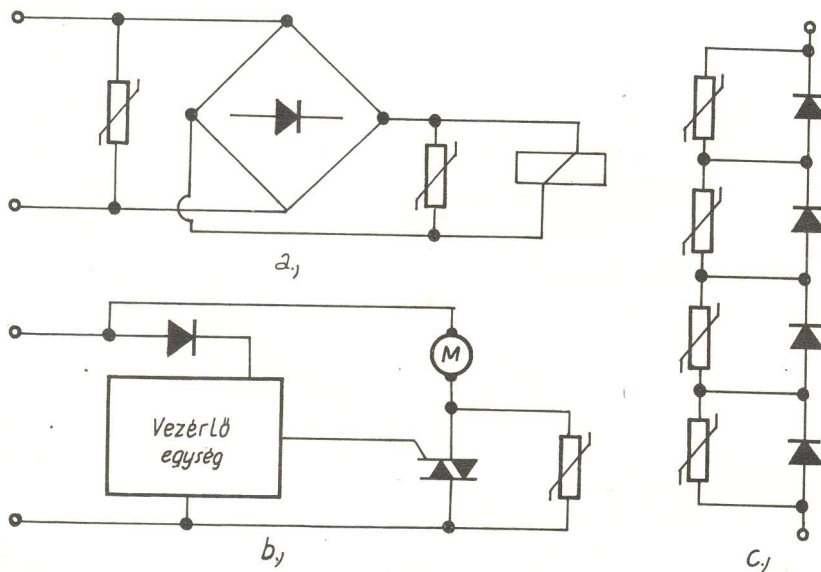
amikor relék mágnesstekercsét védjük varisztorral, előny mutatkozik abban is, hogy a relé elérésztésének késleltetése kisebb, mint az RC tagos, vagy más egyéb túlfeszültség védelem esetén.

Relé kontaktusok védelme (10. ábra) akkor táncsolható, ha 80 V -ot meghaladó feszültségről van szó, és a kapcsolandó áram meghaladja az 1 A -t. Különösen akkor léphetnek fel a kontaktuson nagyfeszültségek, ha induktív terhelést tartalmazó áramkörökben működik. A kikapcsolt induktivitás sarkain fellépő feszültség $U = -L \cdot \frac{di}{dt}$. Tehát a fellépő feszültség annál nagyobb lesz, minél gyorsabb a kapcsolás. A szikrák, átívelések nagyon rövid idő alatt tönkreteszik a kontaktus felületét. Célszerű ilyen esetben is a varisztorra a lehető legközelebb elhelyezni a védendő egységhez.

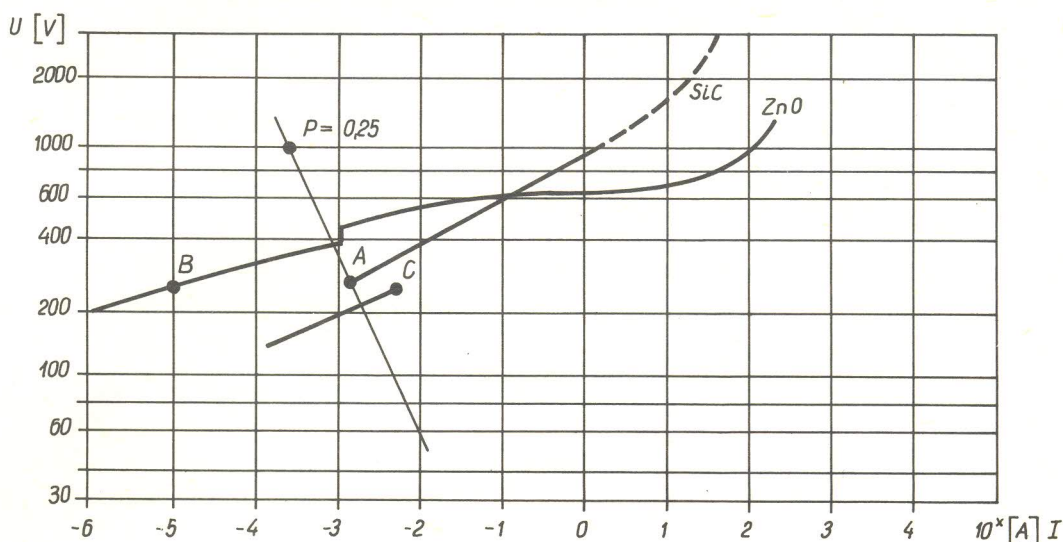
D. Félvezető elemek védelmét a túlfeszültségek ellen a 11. ábrán mutatjuk be.

- hálózati és a berendezésből önmagából eredő túlfeszültségek ellen
- motorvezérlő triak védelme
- nagyfeszültségű egyenirányító védelme.

Mint, ahogy a 4. részben leírtuk, az egyes varisztorok korlátozás nélkül sorbakapcsolhatók. Arra azonban ügyelni kell, hogy a sorozat együttes üzemi feszültsége ne haladja meg azt a határt, amely az egyes elemekre előírt értékek összegéből adódik.



11. ábra
Különböző félvezető alkatrészek védelme



12. ábra
SiC varisztor helyettesítése ZnO varisztorral

Példa:

a 11./c ábrán megadott dióda sorozat minden elemének zárófeszültsége 1200V. A sorozat zárófeszültsége tehát 4800 V. Megfelelő biztonsági tényezőt szem előtt tartva, a túlfeszültséget is figyelembe véve, minden egyes diódánál 540 V csúcspeszültséget (380 V effektív) veszünk figyelembe. Ezzel a varisztor kiválasztására a 2.táblázatból az OVT.../680 típus jöhet számításba. Az egyéb körülményeket is figyelembe véve (térfogat, teljesítmény stb.) választhatunk az OVT14/...vagy az OVT18/...között.

E.) SiC varisztorok helyettesítése ZnO varisztorokkal. Vegyük szemügyre a 12. ábrát.

Már első pillantásra látszik, hogy a ZnO varisztor sokkal jobb, mint a SiC.

Válasszunk most ki egy-egy típust, hasonlítsuk össze adataikat:

A 10. ábrán az A. pont szerint számolva 250 V adódik.

Ha a munkaegyenesen elmozdulunk, meghatározhatjuk az egyenértékű ZnO elem feszültségosztályát OVT.../390

Az adott igénybevétel nagysága határozza meg ezek után, hogy melyik típust választjuk, az OVT10/390, vagy az OVT14/390 típust.

A SiC varisztor gyártói általában kevés jellemzőjét adják meg az alkatrészeknek. Így a max. váltakozó vagy egyenfeszültség értékét, a karakterisztika I A feletti szakaszát, a megengedett lököáramokat, tehát nem számolhatunk

Jellemzők		SiC	ZnO
		25 VT390	OVT10/390 OBZ14/390
10 A-nél eső feszültség a varisztoron	U_V	kb 1500 V	kb 700 V
250 V effektív feszültségnél folyó szivárgási áram. (B-C pont)	I_{SZ}	kb 5 mA	$< 10 \mu A$
tűrés	%	± 20	± 10
helyigény átmérőben	mm	$\varnothing 25$	$\varnothing 12$ ill. 16
helyigény vastagságban	mm	~ 7	~ 5

vele. A 12. ábrából kiolvashatjuk azt is, összehasonlítva a B és a C pontokat, hogy a ZnO varisztorok már alaphelyzetben energiatakarékosan működnek, mert az áramfelvételük 3 nagyságrenddel kisebb, mint a SiC-é.

Az eddig felsoroltakon kívül a varisztor még sok más célra is felhasználható. Az alábbiakban cimszószerűen felsorolunk még néhányat:

Mérőberendezések, távvezérlések, közuti, vasúti jelző berendezések, tűz és betörésselző ri-

asztóberendezés védelme, telefon és automatikus üzenetközvetítő, fényerőszabályozó berendezés, gépkocsik elektronikus berendezései, tv- és rádió vevőkészülékek, antennaerősítők védelme, elektromos háztartási berendezések, gáz és olajfűtőberendezések gyújtószabályozása.

Megjegyezzük még, hogy a 2.b. táblázatban szereplő típusok a KŐPORC-nál megrendelhetők. Az /a. táblázat típusai még fejlesztés alatt állnak, ezért csak korlátozott számban tudjuk szállítani.

KŐPORC GYÁRTMÁNYÚ VARISZTOROK ADATLAPJAI 2/a. táblázat

Tipus	U _{ref} (Î = ImA)			U _{ü(max)}		C _{max.}	P	I _{max} (8/20/us)		
	mim.	névl.	max.	AC	DC			X10	X100	X∞
	V	V	V	V	V			A		
1.	2	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9	10.	11
OVT 18				52						
39	35	39	43	25	30	15000	0,8	2500	950	25
47	43	47	52	30	38	13000				
56	52	56	62	35	45	11000				
68	62	68	75	42	55	7000				
82	75	82	90	53	65	5500				
100	90	100	110	60	75	4800				
120	110	120	132	75	90	3800				
150	135	150	165	95	120	3000				
180	165	180	198	120	140	2500				
220	198	220	242	140	175	1800				
OVT 14										
39	35	39	43	25	30	6500	0,6	1200	500	25
47	43	47	52	30	38	5500				
56	52	56	62	35	45	4500				
68	62	68	75	42	55	3300				
82	75	82	90	53	65	2900				
100	90	100	110	60	75	2400				
120	110	120	132	75	90	1900				
150	135	150	165	95	120	1500				
180	165	180	198	120	140	1200				
220	198	220	242	140	175	900				
OVT 10										
100	90	100	110	60	75	1400	0,4	530	250	25
120	110	120	132	75	90	1100				
150	135	150	165	95	120	900				
180	165	180	198	120	140	700				
220	198	220	242	140	175	450				
OVT 7										
100	90	100	110	60	75	500	0,2	250	130	15
120	110	120	132	75	90	450				
150	135	150	165	90	120	350				
180	165	180	198	120	140	300				
220	198	220	242	140	175	250				
2./b. táblázat										
270	243	270	297	175	225	220	0,2	250	130	15
330	297	330	363	200	250	175				
390	355	390	429	250	310	150				
470	425	470	515	300	385	120				

6 + p OVT 14/1000

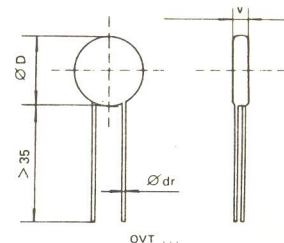
(2/b. táblázat folytatás)

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
OVT 10										
270	243	270	297	175	225	350				
300	297	330	363	200	250	310	0,4	530	250	25
390	355	390	429	250	310	270				
470	425	470	515	300	385	230				
560	510	560	615	350	450	200				
680	615	680	748	420	560	160				
OVT 14										
270	243	270	297	175	225	750				
330	297	330	363	200	250	620				
390	355	390	429	250	310	500				
470	425	470	515	300	385	400	0,6	1200	500	25
560	510	560	615	350	450	320				
680	615	680	748	420	560	250				
820	740	820	910	510	630	200				
1000	900	1000	1100	625	770	150				
1200	1100	1200	1320	750	910	130				
OVT 18										
270	243	270	297	175	225	1600				
330	297	330	363	200	250	1300				
390	355	390	429	250	310	1000				
470	425	470	515	300	385	900	0,8	2500	950	25
560	510	560	615	350	450	700				
680	615	680	748	420	560	500				
820	740	820	910	510	630	400				
1000	900	1000	1100	625	770	300				
1200	1100	1200	1320	750	910	250				

Az OVT7 típusok U_{ref} értéket $\hat{I} = 0,1$ mA-nél mértük

áramérték, amelyet a varisztor 10-szer, 100-szor, ill. 010-szer képes levezetni.

Tipus	Dmax	Vmax	r max	d max
OVT 7	10	5	7,5	0,6
OVT 10	12	6	7,5	0,8
OVT 14	14,8	10	10	0,8
OVT 18	22	15	15	1,0



13.ábra OVT... varisztorok körvonalrajza

IRODALOM

- [1] Michio Matsuoka:
"Progress in research and development of Zinc oxide varistors" (Advanced in Ceramic 1. Grain boundary phenomena in electronic ceramics 290-308 oldal)
- [2] Kazuo Eda:
"Electrical properties of ZnO-Bi₂O₃ metal-oxid heterojunction - a clue of a role of intergranular layers in ZnO varistors" Copyright 1982 by Elsevier Science Publishing Company, Inc. Grain boundaries in semiconductors Pike (Seager) Lemy, editors (381-391 oldal.)
- [3] H.R. Philipp and Lionel M. Levinson:
"Short-time pulse response of ZnO varistor grain boundaries" (ugyanott, mint [1] 394-414 oldal)
- [4] Wetzel P: Metalloxid - Varistoren - Dimensionierung, Einsatz und Anwendung" Azonosíthatatlan folyóirat 3-14 oldal)