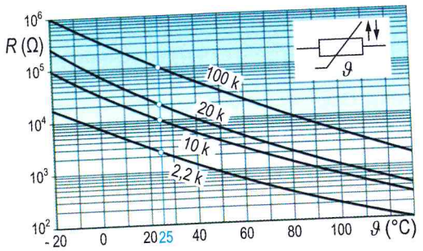
kemiji in medicini ter **regulacijo** temperature v gospodinjskih aparatih (pralnih in pomivalnih strojih in hladilnikih), v ogrevalnih in hladilnih napravah prostorov ...

Pri večjem toku termistorja (sl. 3.63) **lastno** segrevanje dvigne temperaturo termistorja **nad** temperaturo okolja oziroma ima odločujoči toplotni vpliv na upornost NTC-termistorja njegov lastni tok. V tem načinu delovanja uporabljamo termistor v **krmilni** tehniki, npr. za zakasnitev vklopov relejev, za temperaturno **stabilizacijo** napetosti v elektronskih vezjih, ... s čimer se bomo srečali v nadaljevanju.



Slika 3.64: Karakteristika ϑ-R in simbol NTC-termistorja (logaritemska skala upornosti R)

Primer:

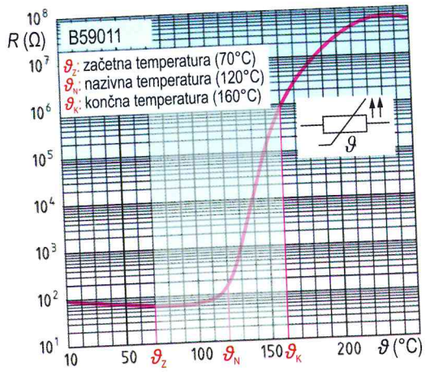
Iz karakteristike ϑ-R NTC-termistorja z nazivno upornostjo in oznako 10 k (sl. 3.64) ugotovi njegovo upornost pri temperaturi 0 °C, 25 °C in 100 °C.

$R_0 \approx 30\ k\Omega$, $R_{25} = 10\ k\Omega$, $R_{100} \approx 700\ \Omega$

3.5.3.2 PTC-termistor

⇨ **Upornost** PTC-termistorja se z **naraščanjem** temperature povečuje. Pravimo, da **segret** termistor prevaja **slabše**.

Potek karakteristike *R-ϑ* PTC-termistorjev (sl. 3.65) je nekoliko zahtevnejši. V praksi se uporablja predvsem njen osrednji del, določen s temperaturnim območjem ϑ_Z-ϑ_K (z začetno in končno temperaturo).



Slika 3.65: Karakteristika R-ϑ in simbol PTC-termistorja (logaritemska skala upornosti R)

Pri napetosti le **do nekaj V** in **majhnem** toku je segrevanje termistorja z **lastnim** tokom **zanemarljivo** oziroma temperaturo termistorja določa **temperatura okolja**. V tem načinu delovanja PTC-termistor omogoča, podobno kot NTC-termistor, **merjenje** in **regulacijo** temperature. Njegove majhne dimenzije in hitra temperaturna odzivnost omogočajo njegovo rabo tudi kot temperaturni **senzor**, še posebej pri **zaščiti** npr. navitij elektromotorjev pred pregrevanjem (pogl. 23.5).

Pri večjem toku termistorja ima odločujoči toplotni vpliv na upornost PTC-termistorja njegovo **lastno** segrevanje oziroma lastni tok. V tem načinu delovanja pogosto uporabljamo PTC-termistor kot **avtomatsko varovalko** pred tokom kratkega stika in drugimi tokovnimi preobremenitvami elektronskih naprav, pa tudi v **merilni** tehniki.

Primer:

Iz karakteristike ϑ-R PTC-termistorja B59011 (sl. 3.65) ugotovi njegovo najmanjšo upornost, nazivno temperaturo začetka naraščanja upornosti in končno upornost termistorja.

$R_{\vartheta Z} \approx 60\ \Omega$, $\vartheta_N = 120\ °C$, $R_{\vartheta N} \approx 150\ \Omega$, $R_{\vartheta K} \approx 900\ k\Omega$

3.5.4 Varistor

⇨ **Varistor**[1] (tudi VDR[2]-upor) je vrsta **nelinearnega** upora, katerega upornost je odvisna od električne **napetosti**.

⇨ Pri **višji napetosti** na sponkah varistorja je njegova **upornost manjša** in obratno.

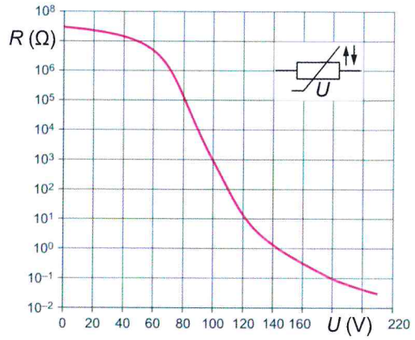
Tudi varistorji so relativno nizkocenovni elementi, narejeni iz zmesi oksidov **polprevodnih** materialov, predvsem v obliki majhnih diskov ali blokov z dvema priključkoma (sl. 3.66). Obdani so z zaščitno plastjo,

Slika 3.66: Izvedbe varistorjev

[1] Angl. *varistor*, od *variable* – spremenljiv in *resistor* – upor.
[2] Angl. *varistor*, od *Voltage Dependent Resistor* – napetostno odvisni upor.

glede na način uporabe pa so lahko vgrajeni v ohišja različnih oblik. Podobno kot pri termistorjih lastnosti varistorja razberemo predvsem iz njegovih karakteristik *U-R* in nazivnih podatkov, ki jih podaja proizvajalec.

Varistorje uporabljamo na zelo širokem področju elektrotehnike, predvsem za **prenapetostno zaščito** napetostno občutljivih elektronskih elementov (diod, tranzistorjev, integriranih vezij ...), za zaščito pred napetostnimi konicami v induktivnih krogih, pred učinki strel v električnih inštalacijah (pogl. 20.5.3.2) ... in za stabilizacijo napetosti.



Slika 3.67: Karakteristika U-R varistorja

Primer:

Iz karakteristike U-R varistorja (sl. 3.67) ugotovi spremembo njegove upornosti, če mu na sponkah spremenimo napetost od 50 V na 180 V.

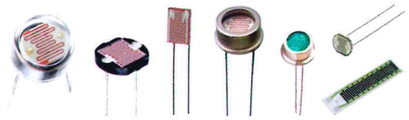
$R_{50} \approx 10^7\ \Omega = 10\ M\Omega$, $R_{180} \approx 10^{-1}\ \Omega$, $R_{\vartheta 50} - R_{180} \approx 10\ M\Omega$

3.5.5 Fotoupor

⇨ **Fotoupor**[1] (tudi LDR[2]-upor) je vrsta **nelinearnega** upora (sl. 3.68), katerega upornost je odvisna od njegove **osvetljenosti**.

Poskus 3.8: *Poljuben fotoupor priključimo na Ω-meter (sl. 3.69), ga čim bolj zakrijemo pred sobno svetlobo, ga odkrijemo in ga nato še dodatno osvetlimo z baterijsko svetilko.*

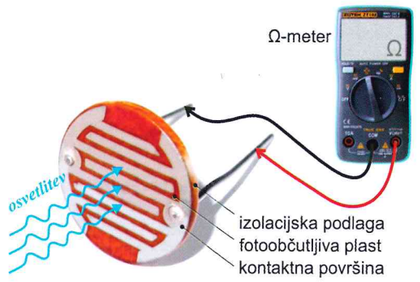
⇨ *Zatemnjen fotoupor ima veliko upornost. Z osvetlitvijo se upornost fotoupora zmanjša tem bolj, kolikor večja je njegova osvetljenost.*



Slika 3.68: Izvedbe fotouporov

⇨ Pri **večji osvetljenosti** površine fotoupora je njegova **upornost manjša** in obratno.

Fotoupor je enostaven elektronski element, katerega osnovni del je na **svetlobo** občutljiva plast npr. kadmijevega sulfida (CdS, sl. 3.69). Energija svetlobe (fotonov) sprosti v omenjeni plasti **dodatne** proste nosilce elektrine[3] in s tem poveča njeno prevodnost. Učinek svetlobe na prevodnost fotoobčutljive plasti povečamo še z meandru podobno izvedbo na dani aktivni površini upora (sl. 3.69). Omeniti je treba tudi dejstvo, da je za novo stanje prostih nosilcev elektrine ob osvetlitvi fotoupora potrebnih pribl. 20 ms in po zatemnitvi, da jih atomi »polovijo« nazaj, tudi 100 ms.

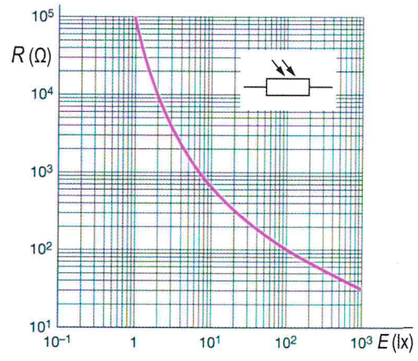


Slika 3.69: Zgradba fotoupora

Upornosti fotouporov se z osvetljenostjo *E* (lx)[4] spreminjajo med pribl. **1 MΩ** pri zatemnjenem uporu in nekaj **deset Ω** pri osvetljenem uporu (sl. 3.70). Tipična podatka fotoupora sta upornost v popolni **temi** in pri osvetljenosti **10 lx**. Za občutek o osvetljenosti površin je podana preglednica 3.9.

Preglednica 3.9: Orientacijske vrednosti osvetljenosti površin v lx

sončna svetloba	oblačen dan	**svit / somrak**	polna luna	zvezdna noč	učilnica	operacijska soba
100000	1000	**10**	1	0,01	300	5000–10000



Slika 3.70: Karakteristika E-R fotoupora

Fotoupor je eden od najpogostejših elektronskih elementov v elektronskih sklopih in vezjih za **krmiljenje** procesov s **svetlobo**. To so npr. svetlobna in zatemnilna **stikala**, svetlobni **senzorji** ..., s čimer se bomo pogosto srečali v nadaljevanju.

[1] Angl. *varistor*, od *variable* – spremenljiv in *resistor* – upor.
[2] Angl. *varistor*, od *Voltage Dependent Resistor* – napetostno odvisni upor.
[3] Ustvarjanju **prostih** nosilcev elektrine s fotoni pravimo **fotoefekt.**
[4] V sistemu SI je enota za osvetljenost *E* luks (lx). 1 lx = svetlobni tok 1 lumen/m².