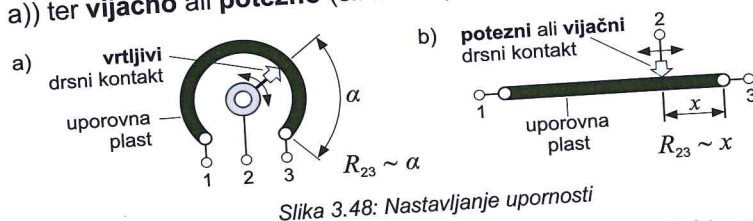


3.5 ELEKTRIČNI UPORI

Električna upornost je za električne vodnike neželena, v vezjih elektronskih naprav pa pogosto **potrebna** lastnost. Z električno upornostjo namreč v elektronskih vezjih prilagajamo električne **potenciale**, **napetosti** in **toke** potrebam delovanja vezij.

⇒ Elektronskim elementom, katerih osnovna lastnost je točno določena električna **upornost**, pravimo **upori**¹ (sl. 3.46 in 3.47).

Čeprav so upori najenostavnejši elektronski elementi, so najpogostejši gradniki elektronskih naprav. Za moči do 2 W ($U \cdot I$ -upora) so narejeni kot ustrezno zaščiteni **uporovna plast** ogljika ali kovinskih oksidov na izolacijskem telesu (sl. 3.46). Za **večje moči** je na izolacijsko telo navita **uporovna žica** iz nikelina ali konstantana (sl. 3.46). Upori so izdelani za **konstantno** (sl. 3.46) ali **nastavljivo** upornost (sl. 3.48). Nastavljivo upornost dosežemo z nastavljanjem aktivne **dolžine** uporovne plasti ali žice s pomikom drsnika po uporovni plasti oziroma žici (sl. 3.47). Pomik drsnika dosežemo z **vrtenjem** (sl. 3.47 a), c) in 3.48 a)) ter **vijačno** ali **potezno** (sl. 3.47 c), d), e) in 3.48 b)).



Slika 3.48: Nastavljanje upornosti

Nastavljivo izvedbo uporov uporablamo v elektronskih napravah za nastavljanje električnega **potenciala**, zato jim pravimo tudi **potenciometri**. Na sliki 3.47 b) je še **napetostno** nastavljivi čip potenciometer, ki ga elektronska naprava nastavlja samodejno, na sliki 3.47 e) pa potenciometer, ki je del **mehatronskega** sklopa.

V avtomatizirani proizvodnji elektronskih vezij prevladujejo miniaturni upori (sl. 3.49), ki so prirejeni **SMD-tehnologiji**² izdelave tiskanih vezij. V **integriranih** polprevodniških vezjih (IC) so upori izdelani kot notranji, polprevodniški in **neločljivi** sestavni deli čipa. Klasična izvedba plastnih uporov (sl. 3.46) je v praksi že bolj malo prisotna.

3.5.1 Označevanje uporov

⇒ Značilni podatki upora so nazivna **upornost** v Ω , proizvodno **odstopanje** upornosti (toleranca³) v % in **obremenljivost** v W.

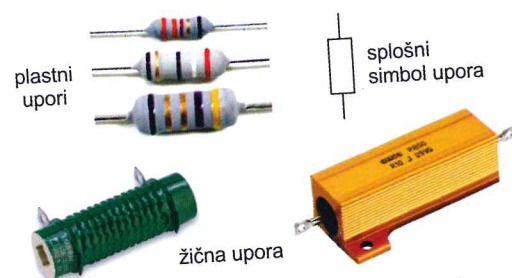
Navedeni podatki so napisani na telesu upora. Pri plastnih cilindričnih uporih (sl. 3.46) je to zapis z **barvno kodo** (pregl. 3.7), pri drugih (sl. 3.46 in 3.49) pa s **črkami** in **številkami**.

Barvna koda (pregl. 3.7 in poglavje Dodatek) omogoča enostavnejši **prepoznavnos** oznak na cilindrična telesa, boljši pregled in možnost **prepoznavanja** oznak vgrajenih elementov, berljivost tudi v primeru poškodb oznak ipd. **Alfanumerično** označevanje uporov je razvoj uporov praktično izrinil. Ostaja predvsem na uporih velike moči (sl. 3.46) in SMD-uporih (sl. 3.49). Pravila označevanja pa se od proizvajalca do proizvajalca lahko razlikujejo in jih je treba pogledati v njihovih katalogih.

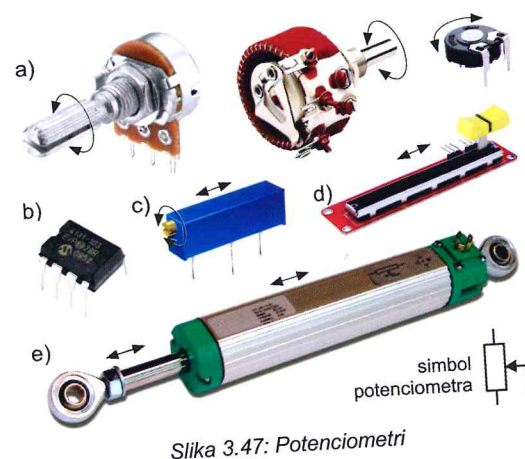
¹ Ponekod v fiziki pravijo upornosti kot lastnosti upor, »našemu« upor pa upornik.

² Surface Mounted Devices – površinsko vgrajeni elementi.

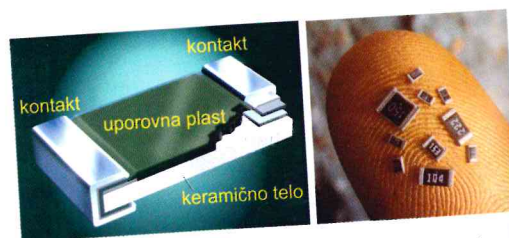
³ Lat. *tolerantia*, dopustno odstopanje od predpisane mere, teže ...



Slika 3.46: Upori s konstantno upornostjo



Slika 3.47: Potenciometri



Slika 3.49: Izvedba miniaturnih SMD-uporov

Preglednica 3.7: Barvno označevanje uporov

barva	pas (obroč)			krat	± %
	1.	2.	3.		
črna	-	0	0	10^0	-
rjava	1	1	1	10^1	1
rdeča	2	2	2	10^2	2
oranžna	3	3	3	10^3	-
rumena	4	4	4	10^4	-
zelena	5	5	5	10^5	0,5
modra	6	6	6	10^6	0,25
vijoličasta	7	7	7	10^7	0,1
siva	8	8	8	10^8	0,05
bela	9	9	9	10^9	-
zlata	-	-	-	0,1	5
srebrna	-	-	-	0,01	10
brez barve	-	-	-	-	20

Proizvodnja uporov s **poljubno** upornostjo bi bila **negospodarna**. Upornosti uporov so **standardizirane** tako, da se **meje** tolerančnih območij sosednjih nazivnih upornosti (pregl. 3.8 in sl. 3.50) **dotikajo** ali rahlo **prekrivajo**, kar minimizira proizvodni **izmet** uporov. Tako dobimo **geometrijsko**¹ vrsto **končnega** števila nazivnih upornosti uporov na **dekado**, kar pa za izdelavo elektronskih vezij zadostuje.

Preglednica 3.8: Vrste standardiziranih upornosti uporov (Renardove vrste) po IEC

vrsta	nazivne upornosti uporov v dekadi									
E 3 ± 40 %	1,00		2,20				4,70			
E 6 ± 20 %	1,00	1,50	2,20	3,30	4,70	6,80				
E 12 ± 10 %	1,00	1,20	1,50	1,80	2,20	2,70	3,30	3,90	4,70	5,60
E 24 ± 5 %	1,00	1,20	1,50	1,80	2,20	2,70	3,30	3,90	4,70	5,60
E 48 ± 2 %	1,00	1,21	1,47	1,78	2,15	2,61	3,16	3,83	4,64	5,62
	1,05	1,27	1,54	1,87	2,26	2,74	3,32	4,02	4,87	5,90
	1,10	1,33	1,62	1,96	2,37	2,87	3,48	4,22	5,11	6,19
	1,15	1,40	1,69	2,05	2,49	3,01	3,65	4,42	5,36	6,49

Vrsto nazivnih upornosti na dekado imenujemo **Renardova vrsta**. Označujemo jo z **E** in številko vrste, uporabljamo pa jo tudi za nazivne vrednosti **kondenzatorjev** in **Z-diod**. Npr., pri E 24 (pregl. 3.8) imamo na dekado 24 nazivnih upornosti² in toleranco $\pm 5\%$, pri E 48 pa dvojno število nazivnih upornosti in polovično toleranco. Ker za izpis upornosti do **E12** potrebujemo **dve** cifri (pregl. 3.8) in množitelja, zadoščajo za upornost trije barvni obroči in obroč tolerance (sl. 3.51), za E 24 in višje pa tri cifre in množitelj, torej štirje obroči. Še **ožje** tolerance in večje število nazivnih upornosti določata vrsti **E 96** ($\pm 1\%$), **E 192** ...

Temperaturna odvisnost upornosti in obremenljivost uporov

Električna upornost je snovno-geometrijska lastnost, zato velja:

⇒ **Upornost** uporov je odvisna tudi od **temperature** (sl. 3.52).

Nazivne upornosti uporov veljajo za **20 °C**, njihova temperaturna odvisnost pa je določena s temperaturno odvisnostjo upornosti snovi, iz katere so upori narejeni. Za izdelavo elektronskih vezij, katerih delovanje mora biti čim **manj** odvisno od **temperature**, moramo uporabiti upore s čim **manjšim** temperaturnim **koeficientom upornosti**.

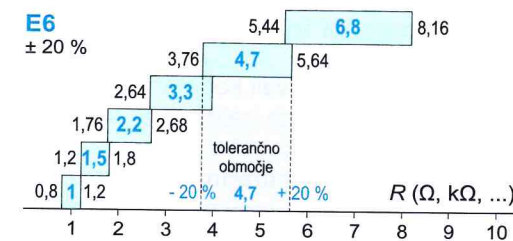
Energijo električnega toka upori v celoti pretvorijo v **toplotno** energijo, kar je lahko za upor tudi **usodno**.

⇒ Upore izdelujemo za nazivno **moč** (ⓘ) pri temperaturi **70 °C**.

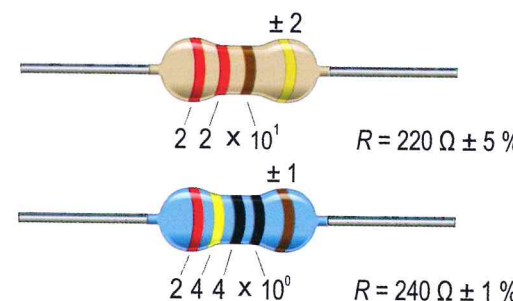
Upori na področju elektronike večinoma niso močno obremenjeni. Za moči od **1/8 W** do **2 W** jih izdelujemo kot plastne upore (sl. 3.53), za moči 3 W in več pa kot žične upore. Temperatura upora je odvisna od **odvajanja** ustvarjene toplotne energije oziroma **hlajenja** upora, le to pa od njegovih **sevalnih** površin in zunanje temperature. Zato so **dimenzije** uporov (sl. 3.54) prilagojene njihovim nazivnim močem.

¹ Faktor povečanja člena zaporedja dekade izračunamo z izrazom $r = \sqrt[10]{10}$. Pri tem je »k« število členov zaporedja v dekadi (E 3, $k = 3$, $r \approx 2,15$).

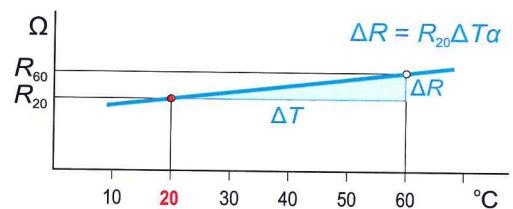
² Velja za upornosti dekade 1–10 Ω ali 10–100 Ω ali 100–1000 Ω ...



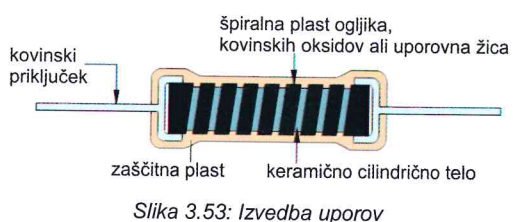
Slika 3.50: Renardova vrsta upornosti E6



Slika 3.51: Odčitavanje barvne kode uporov

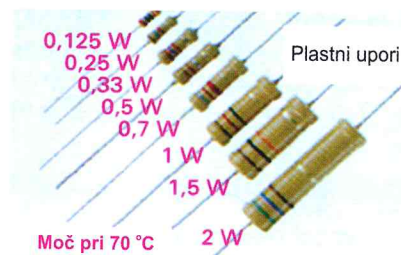


Slika 3.52: Temperaturna odvisnost upornosti upora



Slika 3.53: Izvedba uporov

Dopustna moč obremenitve upora je določena z zmnožkom dopustne **napetosti** in dopustnega **toka** upora. Merimo jo v vatih (W). Več o moči delovanja električnih porabnikov v 4. poglavju.



Slika 3.54: Dimenzije in moči plastnih uporov