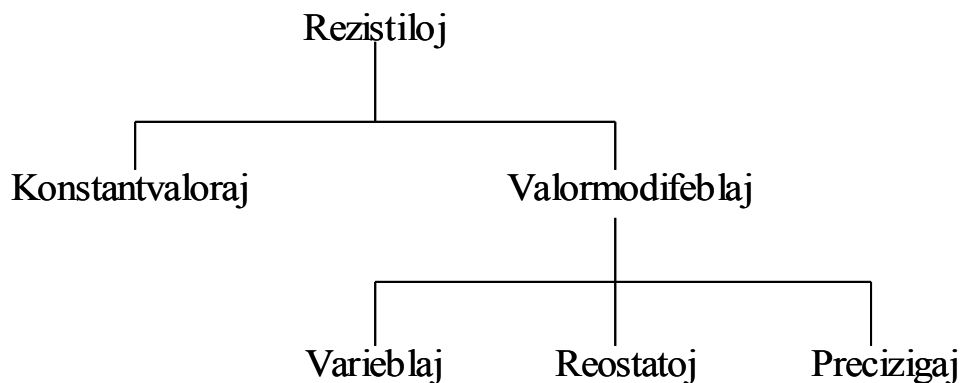


# REZISTILOJ

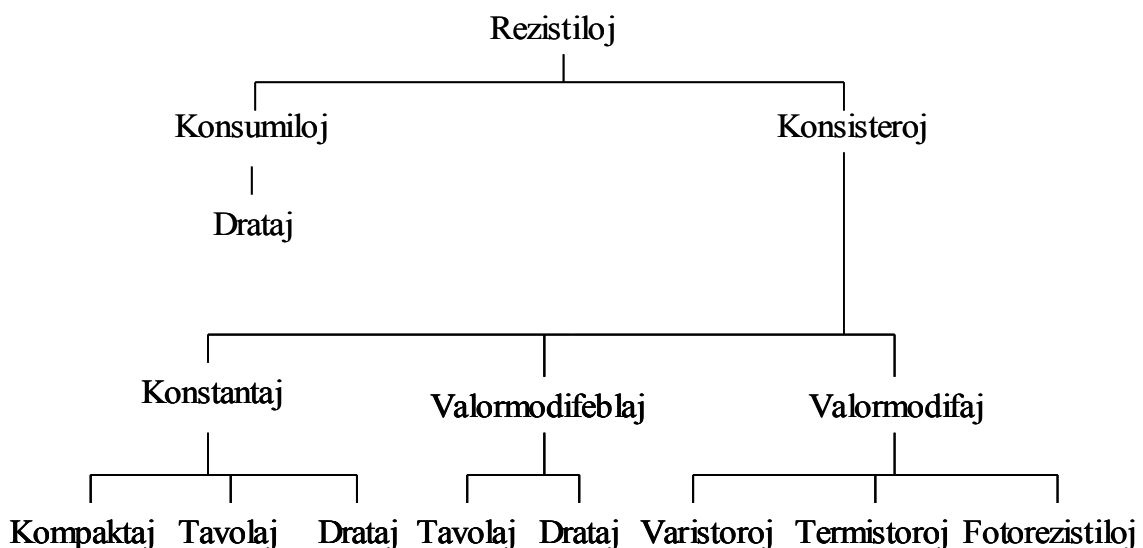
Se oni volas akiri tensiofalon, limigi la kurenton, aŭ volas krei el la elektra energio ekz. temperaturan energion, tiam devas meti specialan materion (*rezistaĵon*) en la kurentovojojn. La rezistaĵo konsistas el tia materio, kies propraĵo kristalstruktura baras la movadon de la ŝarĝoportantoj. Tiun fizikan fenomenon, kiun montras la rezistaĵoj kontraŭ la ŝarĝoportantoj, oni nomas *rezistanco*. Studu el la libro ELEKTRO I. (FUNDAMENTOJ)!

## a) Rezistilo ĝenerala

En la praktiko jam uzeblan rezistaĵon oni nomas *rezistilo*. Krom la konsister-rezistiloj oni uzas ankaŭ ŝarĝilojn, aŭ konsumilojn, kiuj simile havas rezistancon. Laŭ praktika uzado oni povas diferencigi la rezistilojn:



Laŭ la fabrika teknologio la rezistiloj povas esti:

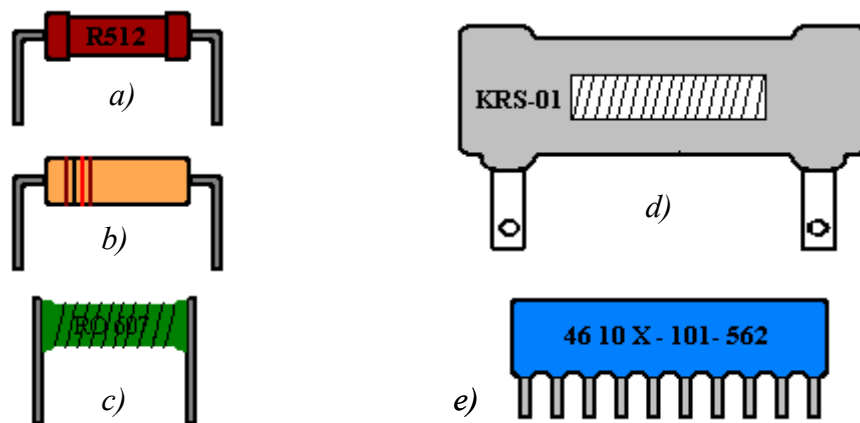


La plej grava dateno de la rezistiloj estas ties nominala rezistanco ( $R$ ). Ĉi tiun datenon la produktantoj signas sur la rezistilojn kun la maksimuma ŝanĝebla procento de la valoro, kiu procento estas la *valorekarto*. La valorekarto estas tial grava, ĉar ne estus efike produkti por ĉiu valoro rezistilon, kiu povus esti matematike. Laŭ la valorekarto oni diferencigas rezistilseriojn. Vidu la sekvantan tabelon! La tabelo estas kompilita laŭ la produktfabriko de REMIX.

<b>E6</b> ±20%	<b>E12</b> ±10%	<b>E24</b> ±5; ±2; ±1; ±0,5; ±0,25 [%]
1	1	1
		1,1
	1,2	1,2
		1,3
1,5	1,5	1,5
		1,6
	1,8	1,8
		2,0
2,2	2,2	2,2
		2,4
	2,7	2,7
		3,0
3,3	3,3	3,3
		3,6
	3,9	3,9
		4,3
4,7	4,7	4,7
		5,1
	5,6	5,6
		6,2
6,8	6,8	6,8
		7,5
	8,2	8,2
		9,1
10	10	10

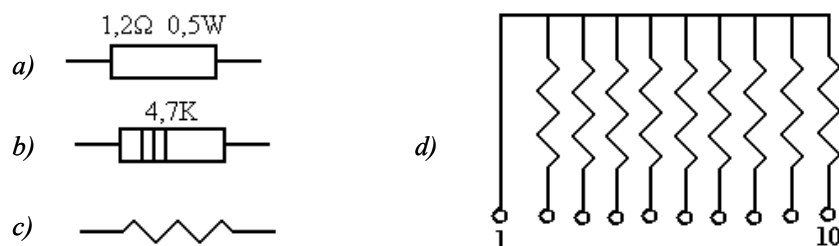
Ju pli malgranda la ekarto, des pli densa la listo de valoroj. Ekzemple en la serio E6 la lasta valoro 6,8 pro la 20%-a ekarto, kiu valoro povas esti:  $6,8 - (0,2 \cdot 6,8) = \mathbf{5,44}$ , kaj  $6,8 + (0,2 \cdot 6,8) = \mathbf{8,16}$ . La seriaj rezistiloj evidente povas esti kaj  $\Omega$ , kaj  $K\Omega$ , aŭ  $M\Omega$  valoraj. La rezistiloj estas multtipaj laŭ la formo kaj laŭ la fabrika materio. La tipoj determinas, por kia celo estas uzablaj la diversaj

rezistiloj. La tipelektado dependas de la tensiogrando, povumo, dumfunkcia temperaturo, frekvenco. Parto de la elektra energio varmigas la rezistilojn, ĉar la rezistiloj bremsas la kurentofluadon. Simile kiel en la mekaniko, la bremsado okazigas varmiĝon sur la surfaco de materioj pro la frotado. Ĉi tiu varmiĝo estas energioperdo, nomata tiu perdo en la elektroniko *likado*, se ne estas ĝuste tiu la celo produkti temperaturan altiĝon, energion. Pro la varmiĝo la fabrikoj signas ankaŭ la *ŝarĝeblecon* de rezistiloj. Tiun ŝarĝeblecon la rezistilo povas sendifekte elteni. La temperaturŝanĝo modifas la valoron, kiun montras la *temperatura koeficiento (TK)*. Ankaŭ la tensio ne estas senlimige altigebla sur la rezistiloj pro la danĝero de trarompigo. Tial ankaŭ la maksimuma tensio, *limtensio* estas prezentata. Ĉi tiu limtensio en tiu okazo estas, kiam sur la rezistilon, *impulsoj* estas konektataj. La impulsoj estas tre mallongtempaj tensioj. Dum daŭra tensionivelo estas grava la ŝarĝebleco. Oni diferencigas fiksvvalorajn (*konstantajn*) kaj valormodifeblajn rezistilojn. Pri kelkaj tipoj de konstantaj rezistiloj, vidu ekzemplerojn sur la Figuro 1!



Figuro 1. Konstantaj rezistiloj

La konstantajn rezistilojn oni simbolas en la cirkvitaj skemoj laŭ la sekvantaj formoj:



Figuro 2. Simboloj de konstantaj rezistiloj

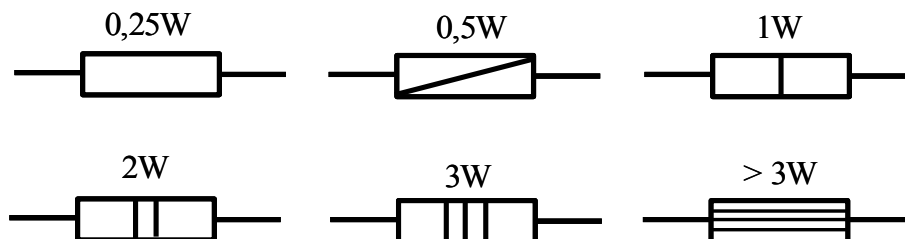
La valorsigno povas esti, aŭ stampita, aŭ kolorkodita. Ofte pro la malgrandaj geometriaj mezuroj la datenoj estas limigataj sur la rezistiloj. La stampita valoro estas kodita tiel, ke ĉe la loko de la decimala punkto estas la prefikso, do ekz. la valoroj:  $0,470\Omega$ ,  $3,3\Omega$ ,  $47,5k\Omega$ ,  $5,9M\Omega$  estas surskribitaj: R470, 3R3, 47K5, 5M9. La valorekarto estas kodita kun literoj.

Tolero%	Eksterordinara	$\pm 0,1$	$\pm 0,25$	$\pm 0,5$	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 2,5$	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 15$	$\pm 20$
Signo	A	B	C	D	F	G	H	I	K	L	M

La temperaturan koeficienton (*TK*) oni signas kun geometriaj figuroj:

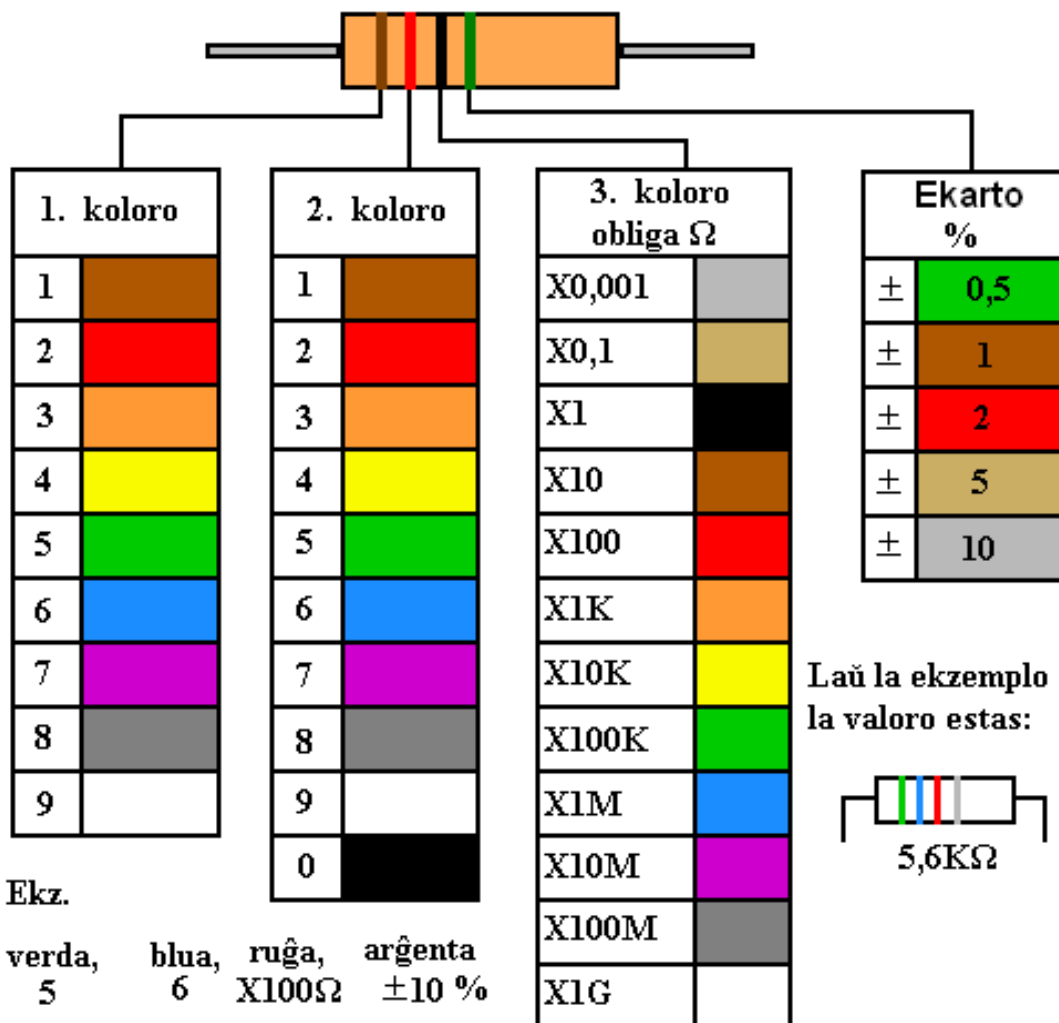
<i>TK</i> , %/°C	$\pm 0,02$	$\pm 0,001$	$\pm 0,005$	$\pm 0,0025$	$\pm 0,0015$
Kodo	O	$\Delta$	$\square$	*	**

Ankaŭ la povecon oni devas indiki en la skemo. Eblas simple apudskribi kiel vi povis vidi ĉe la *a)* figuroparto sur la Figuro 26. Sed eblas ankaŭ tiel, kiel montras la *b)* figuroparto, kiu simbolas 3W-an rezistilon. La simbolojn de rezistiloj pri la diversaj povecoj vidu sur la sekvanta figuro.



Figuro 3. Povecoj de la rezistiloj

Pri la E6, E12 kaj E24 rezistilserioj vi povas vidi kolorkod-tabelon sur la sekvanta paĝo.



Figuro 4. Kolorkod-tabelo

La signoj de la retrezistilo (Figuro 25/e, kaj Figuro 26/d.) signifas la sekvojn:

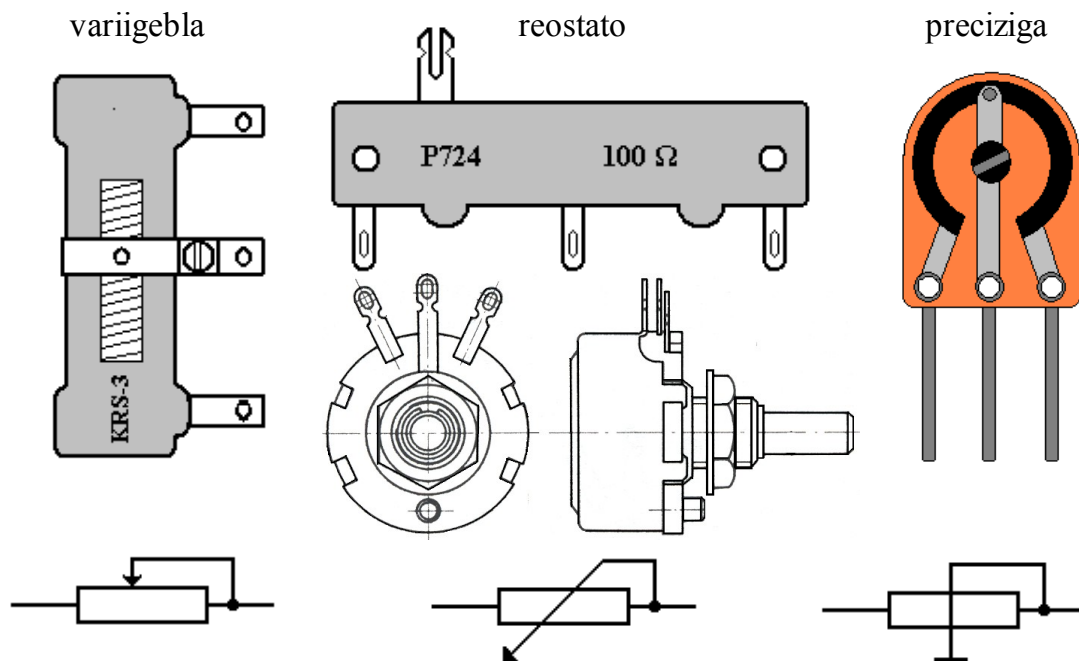
**46      10      X      –      101      –      562**

MODELO    PIEDOJ    FORMO    KONFIGURACIO    VALORKODO

**VALORKODO:** La unuaj du ciferoj signas la valoron,  
 la tria cifero montras kiom da 0 estas post la valoro.  
 La rezulton vi ricevas en Ohmo.

Ekz.: 562=5600Ω=5,6KΩ

La valormodifeblaj rezistiloj povas esti *variigeblaj*, *precizigaj* kaj *reostatoj*.  
 Laŭ la konstruo la reostatoj povas esti *rotaciaj* kaj *ŝovmovaj*. Vidu la figuron 5!



Figuro 5. Valormodifeblaj rezistiloj

Laŭ la fabrika teknologio oni diferencigas kompaktnajn, dratajn, karbotavolajn kaj metaltavolajn rezistilojn. La dratrezistiloj apartenas al la linearaj rezistiloj, kiuj povas esti, kaj konstantaj, kaj valormodifeblaj. La draton oni volvas sur keramika trunko, kiu trunko devas havi grandan izolecon. La valoron difinas la materio de drato, kaj ties diametro, kaj longeco. La uzataj materioj plejparte estas: kunfandaĵoj de konstantano, *manganino*\*, kromio-nikelo. Mekanike stabiligi la rezistilojn tiuj estas kovritaj kun lako, cemento aŭ kun emajlo. Ĉi tipaj rezistiloj estas fabrikataj de 0,5 ĝis mult-cent W-aj. La valoro de dratrezistiloj pro la temperatura ŝanĝiĝo nur malpli variigas.

La tavoloj rezistiloj povas esti, kaj konstantaj, kaj valormodifeblaj. La konstantaj estas linearaj, la valormodifeblaj povas esti, kaj linearaj, kaj logaritmaj.

Fabriki varmigajn rezistantojn por konsumiloj, oni uzas nur rezistildratojn. Tiuj rezistildratoj povas esti el *cekaso*\*\*, kromio-nikelo kaj *kantalo*\*\*\*. La konstrua kalkulado dependas de la tensionivelo, de la atingenda temperaturo kaj de la poveco. Ĉi tipajn rezistilojn oni aplikas ekz. en la elektraj kuirfornoj, elektraj akvovarmigiloj, harsekigiloj, gladiloj ktp.

\**manganino* – speciala metalfandaĵo, konsistanta el mangano-kupro-mikelo.

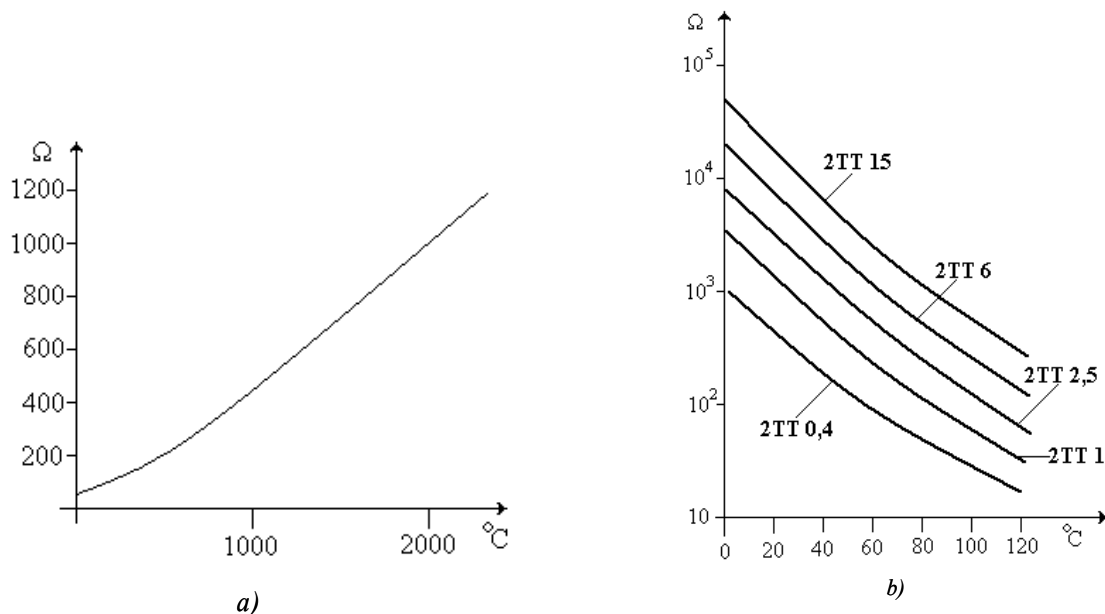
\*\**cekaso* – speciala metalfandaĵo, konsistanta el fero-nikelo-mangano-kupro.

\*\*\**kantalo* – speciala metalfandaĵo, konsistanta el fero-kromio-aluminio.

Grava dateno de rezistiloj estas la valorŝanĝo (valorstabileco) depende de la temperaturo. La valoro de rezistiloj variigas laŭ la temperaturo. Ĉi tiu ŝanĝo povas esti pozitiva aŭ negativa. Estas pozitiva la valorŝanĝo, se la temperatura altiĝo okazigas grandiĝon de valoro. Oni tiam parolas pri negativa ŝanĝo, se la temperatura altiĝo la valoron de rezistilo malgrandigas. Ekzistas tiaj rezistiloj, kies valorŝanĝo estas pli intensa ol de tiu ĝenerale.

## b) Termistoro

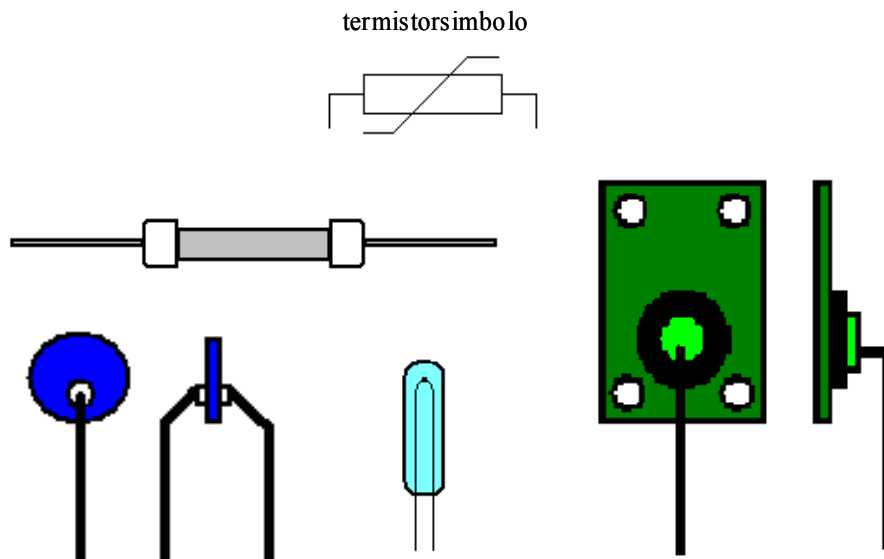
Tiun rezistilon, kies valoro variigas grave pro la temperaturŝanĝo, oni nomas *termistoro*. La valorŝanĝo povas esti, kaj negativa, kaj pozitiva. La negativŝanĝon oni nomas *negativtemperatur-koeficienta* (NTK), la pozitivŝanĝon *pozitivtemperatur-koeficienta* (PTK) rezistilo. Sur la sekvantaj du ecaroj vi povas vidi ecarojn pri la valorŝanĝiĝo laŭ la temperaturo. La *a)* ecaro montras ekzemplon pri rezistilo (konkrete pri ampolo), kaj la *b)* ecaro apartenas al la termistoroj. Ekzistas kelkaj metalkunfandaĵoj, kies rezistanco sengrave ŝanĝiĝas pro la temperaturŝanĝo. Tiuj estas ekz.: manganino, konstantano. La rezistancoŝanĝo de metaloj ĉirkaŭ la t.n. *ĉambrotemperaturo* estas lineara. Ĉe pli alta temperaturo la valorŝanĝo estas pli intensa.



Figuro 6. Ecaroj pri termistoro

Tiuj materialoj, kiuj havas *negativan temperatur-koeficienton*, jam estas konataj de longe, sed praktike uzeblajn termistorojn oni fabrikas proksimume

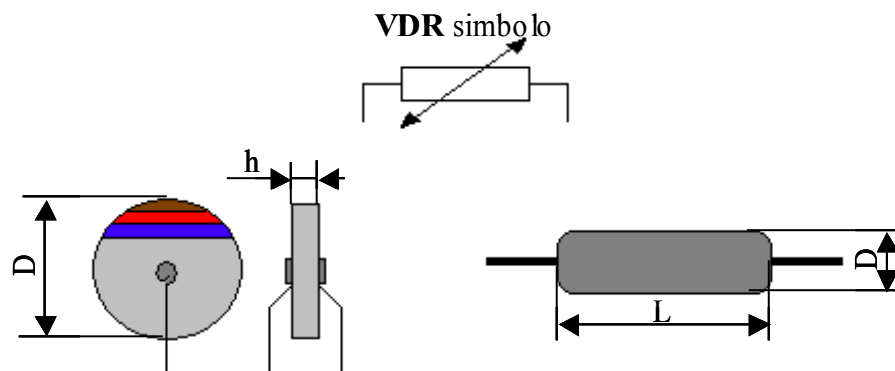
nur tridekjare. La termistoroj estas fabrikitaj el diversaj metaloksidoj. Pri la fabrikaj formoj vi povas vidi ekzemplojn sur la Figura 7.



Figuro 7. Termistoroj

### c) Varistoro

Ni devas paroli ankaŭ pri speciala rezistilo, nomata tiu *varistoro*. Varistoro estas *tensiodependa* rezistilo **VDR** (**Volt-Dependa Rezistilo**). Ĉi-tipaj rezistiloj estas fabrikitaj el siliciokarbido. La rezistanco inter la pulveroj de siliciokarbido malgrandiĝas pro la tensioaltiĝo. La tensio konektita sur la varistoro ne estas lineara koncerne al la kurento. Tiuj rezistiloj plejofte havas disko- aŭ stangoformon.



Figuro 8. Varistoro



Kiam estas konektita unudirekta tensio sur la varistoron, inter la tensio kaj kurento estas la sekvanta ekvacio:  $U=C \cdot I^\beta$ , kie la U estas, en [V], I estas en [A], C estas konstanto depende de la materio kaj dimensio,  $\beta$  estas faktoro mallineara; simile depende de la materio.

Se en la formulo supra  $I=1A$ , tiam  $U=C$ , do C estas tiu tensiofalo, kiu apartenas al 1A-a kurento. La katalogoj konigas ĉi tiun C. La disko-diametro „D” signifas la povecon de varistoro. Ekz.:

$$D \simeq 9\text{mm}, P_{\text{maks}} \simeq 0,5\text{W}$$

$$D \simeq 13\text{mm}, P_{\text{maks}} \simeq 0,8\text{W}$$

$$D \simeq 20\text{mm}, P_{\text{maks}} \simeq 1\text{W}$$

$$D \simeq 25\text{mm}, P_{\text{maks}} \simeq 2\text{W}$$

$$D \simeq 42\text{mm}, P_{\text{maks}} \simeq 3\text{W}$$

La D povas variigi, eĉ en sama produktotipo, je  $\pm 10\%$ .

La ĝustan valoron de varistoro oni povas determini laŭ katalogo. La katalogoj havas la valoron laŭ la surskriboj de varistoroj, aŭ laŭ ĝiaj kolorigado. Sen la tuteco vi povas vidi kelkajn ekzemplojn en la sekvantaj tabeloj.

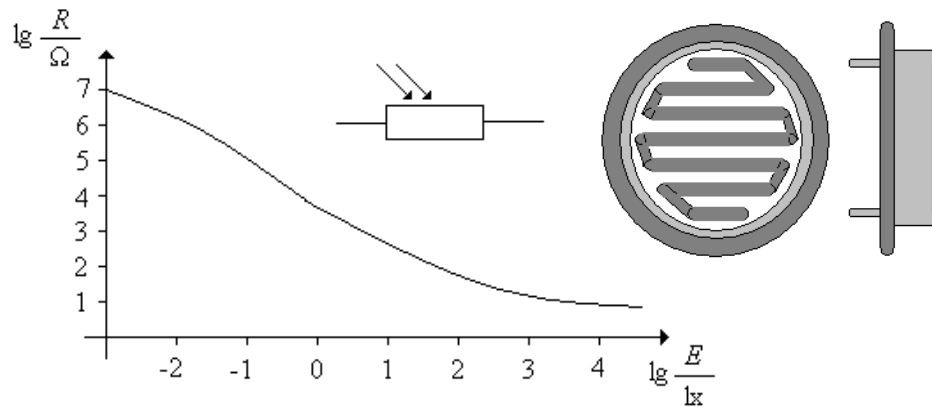
P <sub>maks</sub> =0,5W, D=9mm β=0,19±0,03		
Tipo	U [V, ±20%]	h (mm)
SV 560 – 9	560	8
SV 680 – 9	680	8
SV 820 – 9	820	9
SV1000 – 9	1000	11
SV1200 – 9	1200	11
SV1300 – 9	1300	12

P <sub>maks</sub> =2W, D=25mm β=0,18±0,03		
Tipo	U [V, ±20%]	h (mm)
SV 82 – 25	82	7
SV100 – 25	100	7
SV120 – 25	120	7
SV150 – 25	150	8
SV180 – 25	180	8
SV220 – 25	220	8

$P_{\text{maks}}=0,8\text{W}$ , $D=15\text{mm}$ , $T_{\text{maks}}=150^{\circ}\text{C}$ <b>La aspekto estas diskoforma.</b>					KOLOROJ		
Tipo E299DD/P	U [V, $\pm 20\%$ ]	$\beta$	h (mm)	C	I.	II.	III.
116	8	0,25÷0,4	5	14	bruna	bruna	blua
118	10	0,25÷0,4	5	18	bruna	bruna	griza
120	12	0,25÷0,4	5	21	bruna	ruĝa	nigra
216	8	0,25÷0,4	5	25	ruĝa	bruna	blua
218	10	0,25÷0,4	5	32	ruĝa	bruna	griza
220	12	0,25÷0,4	5	40	ruĝa	ruĝa	nigra
222	15	0,25÷0,4	5	48	ruĝa	ruĝa	ruĝa
224	18	0,21÷0,35	5	57	ruĝa	ruĝa	flava
226	22	0,21÷0,35	5	60	ruĝa	ruĝa	blua
228	27	0,21÷0,35	5	70	ruĝa	ruĝa	griza
230	33	0,18÷0,25	5	85	ruĝa	oranĝa	nigra
232	39	0,18÷0,25	5	100	ruĝa	oranĝa	ruĝa

a) **Fotorezistilo (Lumo-Dependa Rezistilo)**

La *fotorezistilo* estas duonkonduktilo sen *ferma junto*, kies rezistanco dependas de la allumigado (Lum-Dependa Rezistilo, LDR). Ĉi-tipa rezistilo funkcias simile, kiel la omaj rezistiloj, ĝia rezistanco ne dependas, de la sur tiu konektita tensio kaj de ties poluso. La fotorezistiloj plejofte estas fabrikataj el kadmio-sulfido. Pro lumo la rezistanco ne tuj havas la ĝustan valoron, tiu bezonas iometan alĝustiĝan tempon. Je kelkmil *lukso* (lx), la alĝustiĝa tempo bezonas milisekundojn. Se la lumo estas nur 1lx, tiam la alĝustiĝa tempo povas esti eĉ multaj sekundoj. Kiam la lumo estas ne tro intensa, la valoro de la rezistanco dependas ankaŭ de la temperaturo. La kadmiobazaj fotorezistiloj povas funkcii en la intervalo ondolonga 400÷800nm (nanometro). Oni fabrikas tiajn fotorezistilojn, kiuj povas funkcii en la tuta lumintervalo. Estas fabrikataj ankaŭ specialaj fotorezistiloj, funkciantaj nur en difinita kolorintervalo. Tiuj, kiuj funkcias nur en la ultraruĝa (*infraruĝa*) lumintervalo, havas bazmaterialon el plumbo-sulfido, aŭ indium-antimonido. Ĝiaj funkciaj ondolongoj estas 3÷7 $\mu\text{m}$  (mikrometro). Sur la sekvantaj ecaroj vi povas vidi ekzemplon pri la kohero de la rezistanco kaj la lumintenso.



Figuro 9. Fotorezistilo

Ĉe mezgrada lumintenso:

$$R \sim E^{-y} \quad (y=0,5\div 1)$$

Estas dateno grava, la proporcio inter la hela kaj la malhela rezistanco. Ĉi tiu proporcio povas esti, eĉ  $10^6$ .

Ĉe la fino de ĉapitro **Rezistiloj** mi ŝatus atentigi vin kara studento pri la rilato de la rezistanco al la aliaj du plej gravaj elektrodatoj, tensio kaj kurento. Ne forgesu la Ohm-tezon!