

NORMALIZACE , UNIFIKACE

Pasivní součástky jsou nejčastějšími součástkami elektronických zařízení. Součástky vhodné pro realizaci běžných odporů, kapacit a v poslední době i indukčností v elektronických obvodech jsou hromadně vyráběny a distribuovány odběratelům. Pro zajištění široké použitelnosti a vzájemné nahraditelnosti součástek vyrobených různými výrobci jsou vlastnosti obvyklých pasivních součástek do značné míry normalizovány a unifikovány.

ŘÁDY HODNOT

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| E6 | 1,0 | 1,5 | 2,2 | 3,3 | 4,7 | 6,8 | | | | | | | | | | | |
| E12 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 2,2 | 2,7 | 3,3 | 3,9 | 4,7 | 5,6 | 6,8 | 8,2 | | | | | |
| E24 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 3,6 | 3,9 | 4,3 | |
| | 4,7 | 5,1 | 5,6 | 6,2 | 6,8 | 7,5 | 8,2 | 9,1 | | | | | | | | | |
| E48 | 100 | 105 | 110 | 115 | 121 | 127 | 133 | 140 | 147 | 154 | 162 | 169 | 178 | 187 | 196 | 205 | |
| | 215 | 226 | 237 | 249 | 261 | 274 | 287 | 301 | 316 | 332 | 348 | 365 | 383 | 402 | 422 | 442 | |
| | 464 | 487 | 511 | 536 | 562 | 590 | 619 | 649 | 681 | 715 | 750 | 787 | 825 | 866 | 909 | 953 | |
| E96 | 100 | 102 | 105 | 107 | 110 | 113 | 115 | 118 | 121 | 124 | 127 | 130 | 133 | 137 | 140 | 143 | |
| | 147 | 150 | 154 | 158 | 162 | 165 | 169 | 174 | 178 | 182 | 187 | 191 | 196 | 200 | 205 | 210 | |
| | 215 | 221 | 226 | 232 | 237 | 243 | 249 | 255 | 261 | 267 | 274 | 280 | 287 | 294 | 301 | 309 | |
| | 316 | 324 | 332 | 340 | 348 | 357 | 365 | 374 | 383 | 392 | 402 | 412 | 422 | 432 | 442 | 453 | |
| | 464 | 475 | 487 | 499 | 511 | 523 | 536 | 549 | 562 | 576 | 590 | 604 | 619 | 634 | 649 | 665 | |
| | 681 | 698 | 715 | 732 | 750 | 768 | 787 | 806 | 825 | 845 | 866 | 887 | 909 | 931 | 953 | 976 | |
| E192 | 100 | 101 | 102 | 104 | 105 | 106 | 107 | 109 | 110 | 111 | 113 | 114 | 115 | 117 | 118 | 120 | |
| | 121 | 123 | 124 | 126 | 127 | 129 | 130 | 132 | 133 | 135 | 137 | 138 | 140 | 142 | 143 | 145 | |
| | 147 | 149 | 150 | 152 | 154 | 156 | 158 | 160 | 162 | 164 | 165 | 167 | 169 | 172 | 174 | 176 | |
| | 178 | 180 | 182 | 184 | 187 | 189 | 191 | 193 | 196 | 198 | 200 | 203 | 205 | 208 | 210 | 213 | |
| | 215 | 218 | 221 | 223 | 226 | 229 | 232 | 234 | 237 | 240 | 243 | 246 | 249 | 252 | 255 | 258 | |
| | 261 | 264 | 267 | 271 | 274 | 277 | 280 | 284 | 287 | 291 | 294 | 298 | 301 | 305 | 309 | 312 | |
| | 316 | 320 | 324 | 328 | 332 | 336 | 340 | 344 | 348 | 352 | 357 | 361 | 365 | 370 | 374 | 379 | |
| | 383 | 388 | 392 | 397 | 402 | 407 | 412 | 417 | 422 | 427 | 432 | 437 | 442 | 448 | 453 | 459 | |
| | 464 | 470 | 475 | 481 | 487 | 493 | 499 | 505 | 511 | 517 | 523 | 530 | 536 | 542 | 549 | 556 | |
| | 562 | 569 | 576 | 583 | 590 | 597 | 604 | 612 | 619 | 626 | 634 | 642 | 649 | 657 | 665 | 673 | |
| | 681 | 690 | 698 | 706 | 715 | 723 | 732 | 741 | 750 | 759 | 768 | 777 | 787 | 796 | 806 | 816 | |
| | 825 | 835 | 845 | 856 | 866 | 876 | 887 | 898 | 909 | 920 | 931 | 942 | 953 | 965 | 976 | 988 | |

MATEMATICKÝ ROZBOR

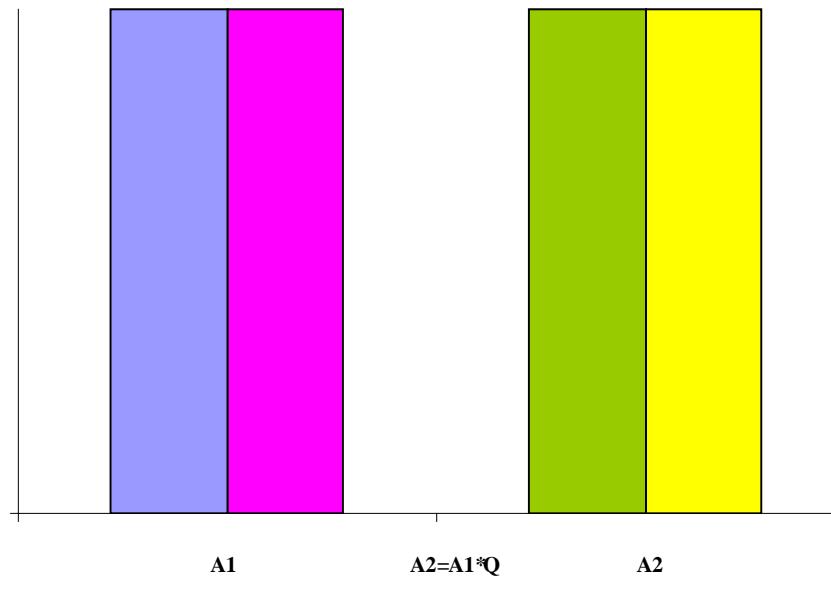
GEOMETRICKÁ POSLOUPNOST

$$a_n = a_1 q^{n-1}$$

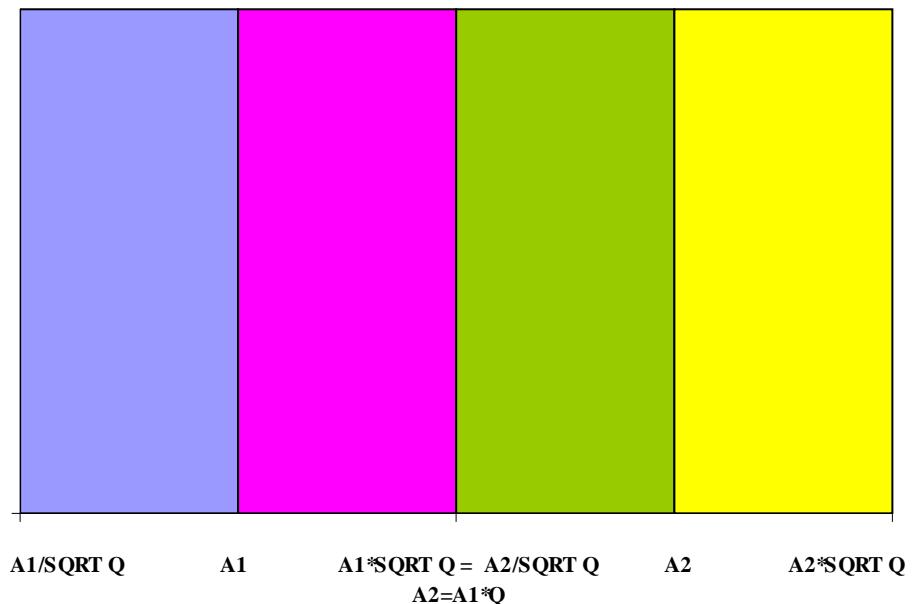
$$s_n = a_1 \frac{q^n - 1}{q - 1} \quad \text{pro } q \neq 1$$

$$s_n = n a_1 \quad \text{pro } q = 1$$

Reálná hodnota má určitou toleranci



Ideální stav – toleranční pásy se dotýkají

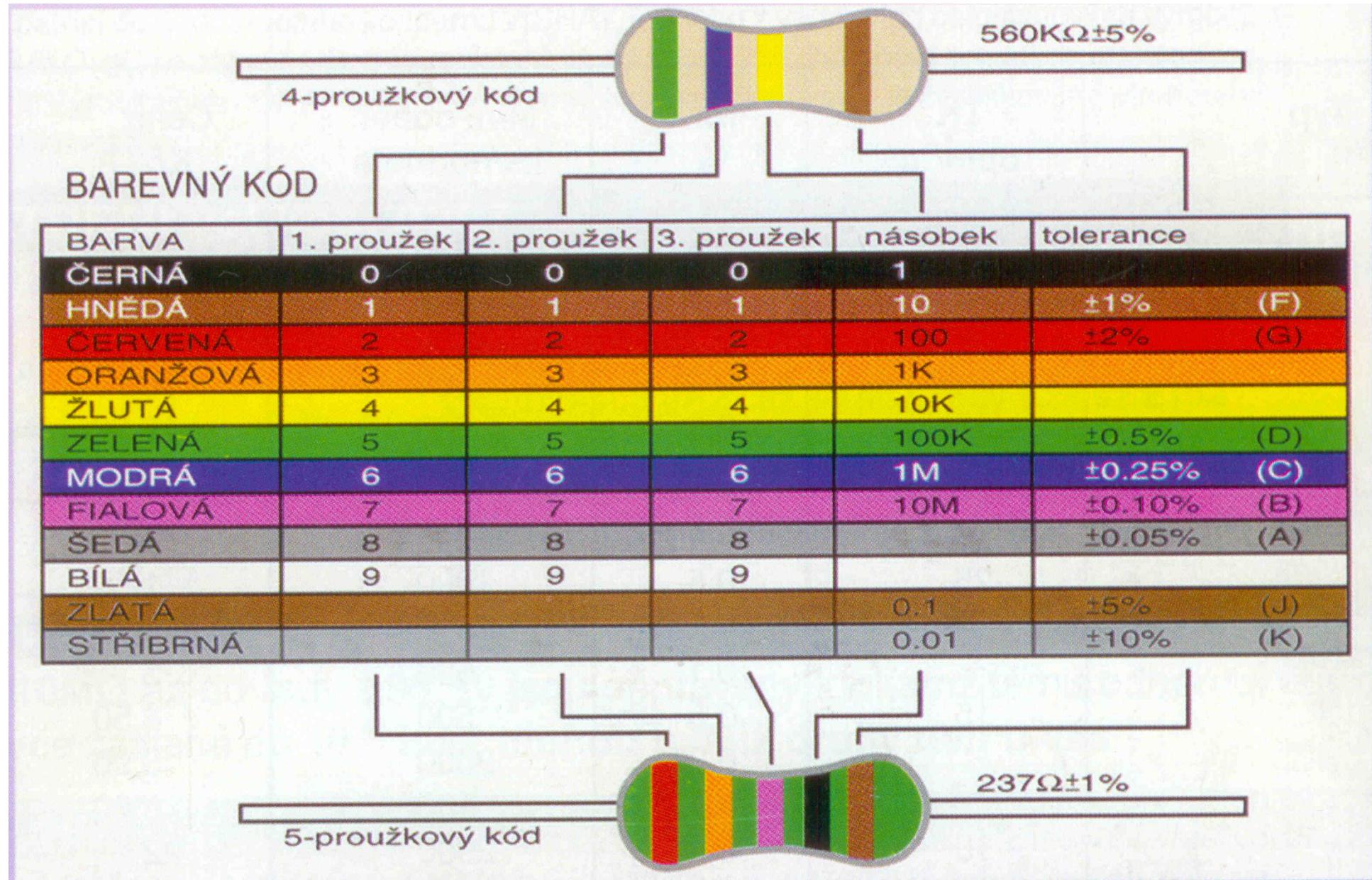


$$\text{SQRT Q} = (1 + \Delta/100)$$

| ŘADA | KVOCIENT | TOLERANCE |
|------|----------|-----------|
| E6 | 1,46 | 20% |
| E12 | 1,21 | 10% |
| E24 | 1,1 | 5% |
| E48 | 1,049 | 2% |
| E96 | 1,024 | 1% |
| E192 | 1,012 | 0,5% |

KÓDY

| BAREVNÝ KÓD OZNAČENÍ REZISTORU | | | | | |
|--------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| barva | 1. proužek | 2.proužek | 3.proužek | násobitel | tolerance % |
| stříbrná | - | - | - | 10^{-2} | 10 |
| zlatá | - | - | - | 10^{-1} | 5 |
| černá | 0 | 0 | 0 | 10^0 | - |
| hnědá | 1 | 1 | 1 | 10^1 | 1 |
| červená | 2 | 2 | 2 | 10^2 | 2 |
| oranžová | 3 | 3 | 3 | 10^3 | - |
| žlutá | 4 | 4 | 4 | 10^4 | - |
| zelená | 5 | 5 | 5 | 10^5 | 0.5 |
| modrá | 6 | 6 | 6 | 10^6 | 0.25 |
| fialová | 7 | 7 | 7 | 10^7 | 0.1 |
| šedá | 8 | 8 | 8 | 10^8 | - |
| bílá | 9 | 9 | 9 | 10^9 | - |



- Kde je začátek, která barva je která

STARŠÍ

Hodnota součástky vyznačována číselně

Řád (násobitel) je vyznačován písmenem, které zastupuje desetinnou čárku.

kilo - k, mega - M, giga - G.

Tolerance jsou označovány písmeny A, B, C, D, E pro hodnoty (po řadě) 10% až 0,5%, $\pm 20\%$ se neoznačuje.

NOVĚJŠÍ

Hodnota součástky je vyznačena třemi číslicemi

První dvě mají význam hodnoty

Třetí číslice udává násobitel. Číslicím 0 až 7 odpovídá násobitel 10^0 až 10^7 , číslicím 8 a 9 násobitel 10^{-2} a 10^{-1} .

Tolerance jsou značovány písmeny, jejich význam je však jiný, než v předchozím případě:

C značí $\pm 0,25\%$, D značí $\pm 0,5\%$, F značí $\pm 1\%$, G značí $\pm 2\%$, J značí $\pm 5\%$, K značí $\pm 10\%$, M značí $\pm 20\%$, S značí $-20\% +50\%$.

SMD Resistor Coding

SMD Resistors are usually coded with a numerical equivalent of the familiar three band colour code. In the same way as wire ended components, precision resistors (1% or better) may be marked with a four digit code. The first two (or 3) digits are the first two (or 3) digits of the resistance in ohms, and the third(or 4th) is the number of zeros to follow - the 'multiplier'.

Resistances of less than 10 ohms have a 'R' to indicate the position of the decimal point.

Some examples will make this clearer:

| Three Digit Examples | Four Digit Examples |
|--------------------------------------|---|
| 330 is 33 ohms - <i>not 330 ohms</i> | 1000 is 100 ohms - <i>not 1000 ohms</i> |
| 221 is 220 ohms | 4992 is 49 900 ohms, or 49.9 kohm |
| 683 is 68 000 ohms, or 68 kohm | 16234 is 162 000 ohms, or 162 kohm |
| 105 is 1 000 000 ohms, or 1 Mohm | 0R56 or R56 is 0.56 ohms |
| 8R2 is 8.2 ohms | |

A similar scheme can be used for **2, 5 and 10%** tolerance types. The multiplier letters are identical to the 1% ones, but occur **before** the number code. Just to make it even more fun, a **different** coding scheme is used. Here it is:

| 2% | | 5% | | 10% | |
|------|-------|------|-------|------|-------|
| code | value | code | value | code | value |
| 01 | 100 | 13 | 330 | 25 | 100 |
| 02 | 110 | 14 | 360 | 26 | 110 |
| 03 | 120 | 15 | 390 | 27 | 120 |
| 04 | 130 | 16 | 430 | 28 | 130 |
| 05 | 150 | 17 | 470 | 29 | 150 |
| 06 | 160 | 18 | 510 | 30 | 160 |
| 07 | 180 | 19 | 560 | 31 | 180 |
| 08 | 200 | 20 | 620 | 32 | 200 |
| 09 | 220 | 21 | 680 | 33 | 220 |
| 10 | 240 | 22 | 750 | 34 | 240 |
| 11 | 270 | 23 | 820 | 35 | 270 |
| 12 | 300 | 24 | 910 | 36 | 300 |
| | | | | 48 | 910 |
| | | | | 49 | 100 |
| | | | | 50 | 120 |
| | | | | 51 | 150 |
| | | | | 52 | 180 |
| | | | | 53 | 220 |
| | | | | 54 | 270 |
| | | | | 55 | 330 |
| | | | | 56 | 390 |
| | | | | 57 | 470 |
| | | | | 58 | 560 |
| | | | | 59 | 680 |
| | | | | 60 | 820 |

SMD Ceramic Capacitor Coding

SMD ceramic capacitors are sometimes marked with a code, consisting of one or two letters and a digit. The first letter if present is a manufacturer code (i.e K for Kemet, etc.), the second letter the mantissa and the digit the exponent (multiplier) of the capacitance in pF. For example **S3** is a 4.7nF (4.7×10^3 pf) capacitor from an unknown manufacturer, while **KA2** is a 100 pF (1.0×10^2 pF) capacitor from Kemet.

SMD Electrolytic Capacitor Coding

SMD electrolytic capacitors are often marked with their capacitance and working voltage, e.g. **10 6V** is $10 \mu\text{F} 6\text{V}$. Sometimes a code is used instead, which normally consists of a letter and 3 digits. The letter indicates the working voltage and the 3 digits (2 digits and multiplier) give the capacitance in pF.

| Letter | Voltage |
|--------|---------|
| e | 2.5 |
| G | 4 |
| J | 6.3 |
| A | 10 |
| C | 16 |
| D | 20 |
| E | 25 |
| V | 35 |
| H | 50 |

The band or stripe indicates the positive terminal.

For example, a capacitor marked **A475** is a $4.7\text{m F} 10\text{V}$ unit.

$$475 = 47 \times 10^5 \text{ pF} = 4.7 \times 10^6 \text{ pF} = 4.7\text{m F}$$

REZISTORY

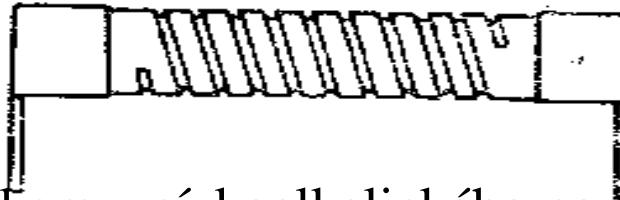
Základní parametr – ELEKTRICKÝ ODPOR
Disipovaný výkon

Důležité parametry – Elektrický odpor
Ztrátový výkon
Teplotní závislost
Maximální provozní napětí a napěťová závislost odporu
Kmitočtová závislost
Šum
Stárnutí

Konstrukce: Vrstvové uhlíkové, s kovovou vrstvou, metaloxidové
lakové, drátové, tlustovrstvé, tenkovrstvé

Proměnné rezistory
Nelineární rezistory Termistory NTC, PTC, varistory

UHLÍKOVÉ



Rezistor je tvořen válcovým tělísčkem z nízkoalkalického porcelánu, popř. korundové keramiky, na něž je nanesena uhlíková vrstva.

Funkční uhlíková vrstva je nanesena na keramické tělísco pyrolytickým rozkladem některého uhlovodíku.

Rozklad uhlovodíku probíhá v peci, bud' ve vakuu, nebo v inertní atmosféře, při teplotě 800 až 1000 °C.

Vrstvova uhlíku má odpor v rozmezí $1\ \Omega$ až $30\ k\Omega$ předhodnoty.

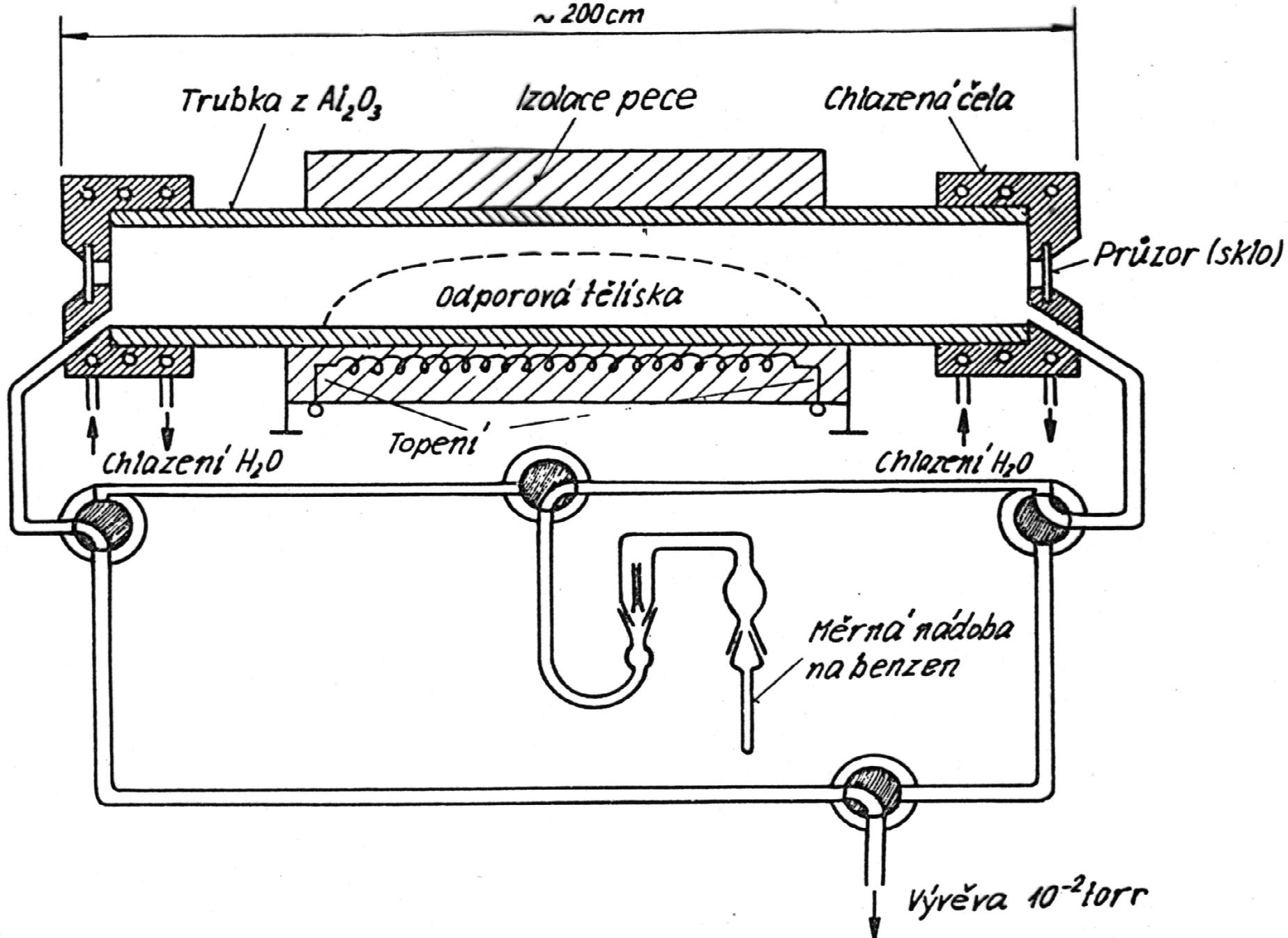
Pro zmenšení TKR se přidává bór ($5\ 10^{-5}$)

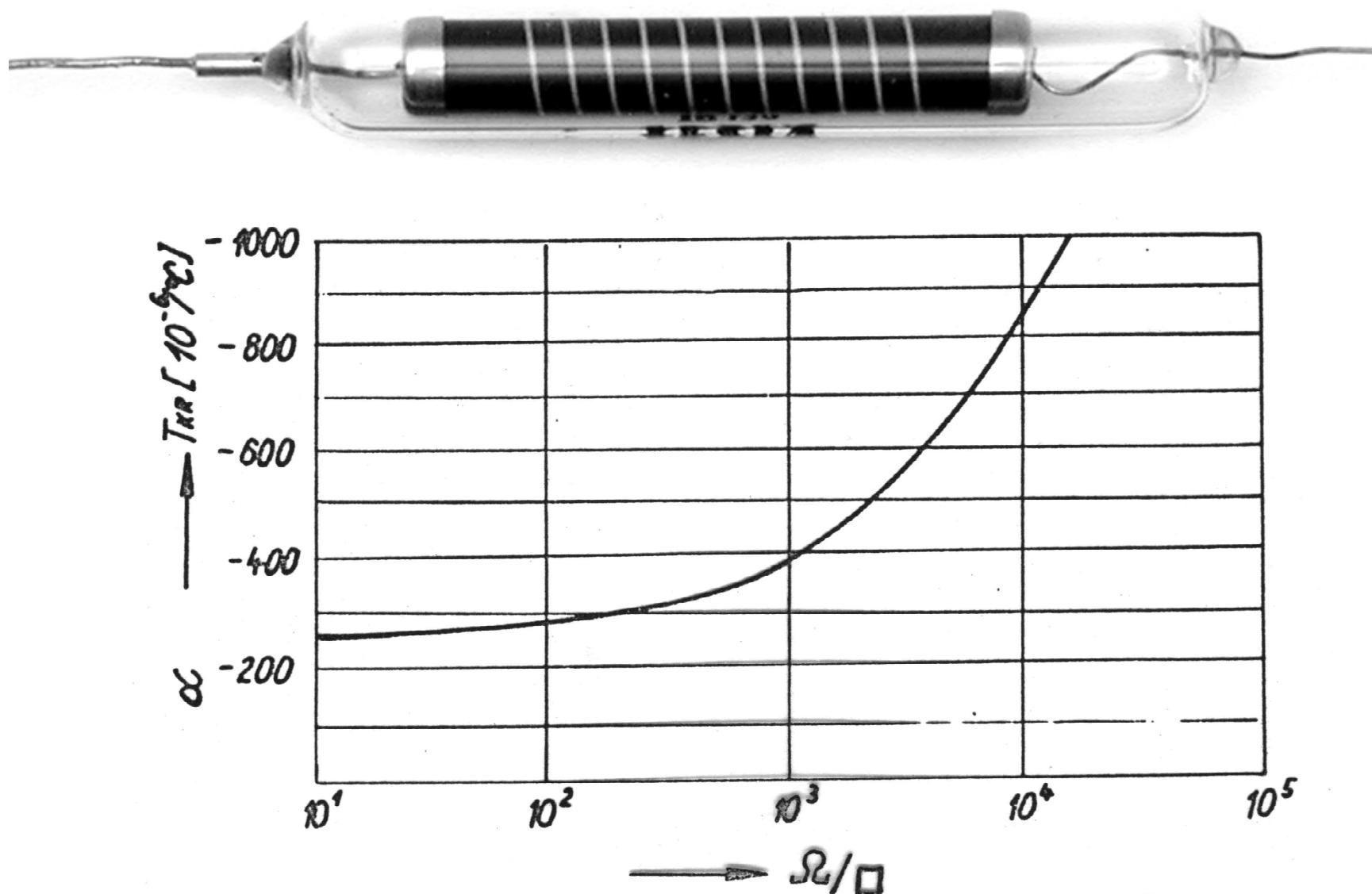
Na pouhlíkovaná tělíska se natahují čepičky s vývody.

Polotovary - předhodnoty -se nechávají předepsanou dobu přirozeně stárnout za účelem odstranění zbytkových pnutí, která nepříznivě ovlivňují stabilitu rezistoru.

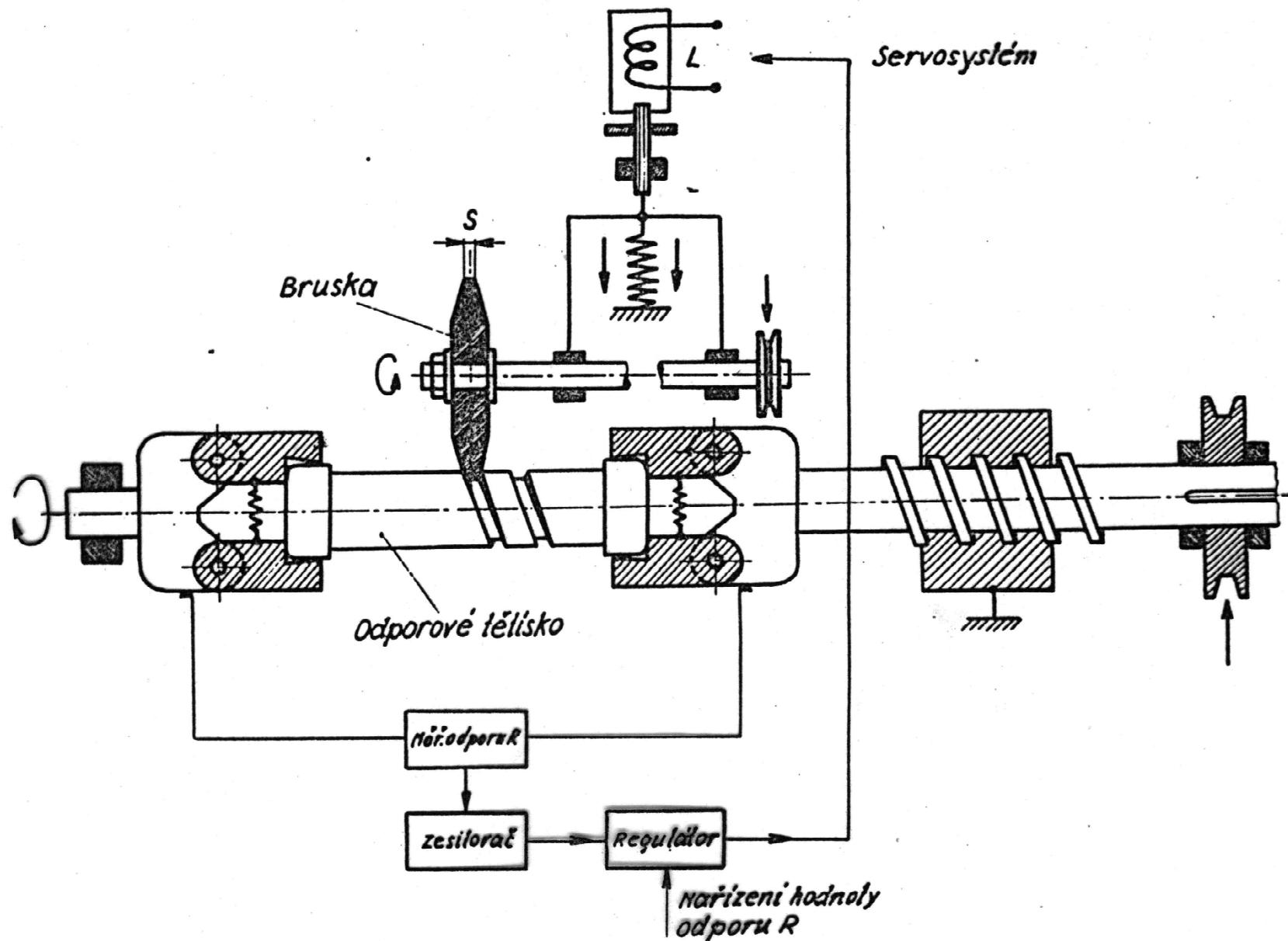
Zvětšení hodnoty odporu a nastavení konečné hodnoty odporu se provádí broušením šroubovice do uhlíkové vrstvy. Volbou předhodnoty a různého stoupání šroubovice lze získat jakoukoliv hodnotu od $1\ \Omega$ do $10\ M\Omega$.

Rezistory se opatří povrchovou ochranou (syntetickým lakem s barevným pigmentem nebo vrstvou epoxidové pryskyřice) a jsou označeny.





Obr. 5.31 Závislost teplotního koeficientu odporu TK_R na odporu na čtverec u uhlíkové vrstvy



Obr. 6.8 Schema zařízení pro nastavování odporu vybroušením šroubovicové drážky

REZISTORY S KOVOVOU VRSTVOU

Jsou konstrukčně řešeny obdobně jako vrstvové rezistory uhlíkové.

Odporová vrstva tvořena vrstvou kovu, obvykle slitiny - chromník Cr - Ni nebo silkoferochrom Si-Fe-Cr.

Kovová vrstva se na tělíska z máloalkalického porcelánu, popř. korundové keramiky vytváří vakuovým napařováním, katodovým naprašováním nebo chemickým nanášením, které je založeno na principu bezproudového pokovování.

Tloušťka vrstvy – od několika desítek nm do několika set nm

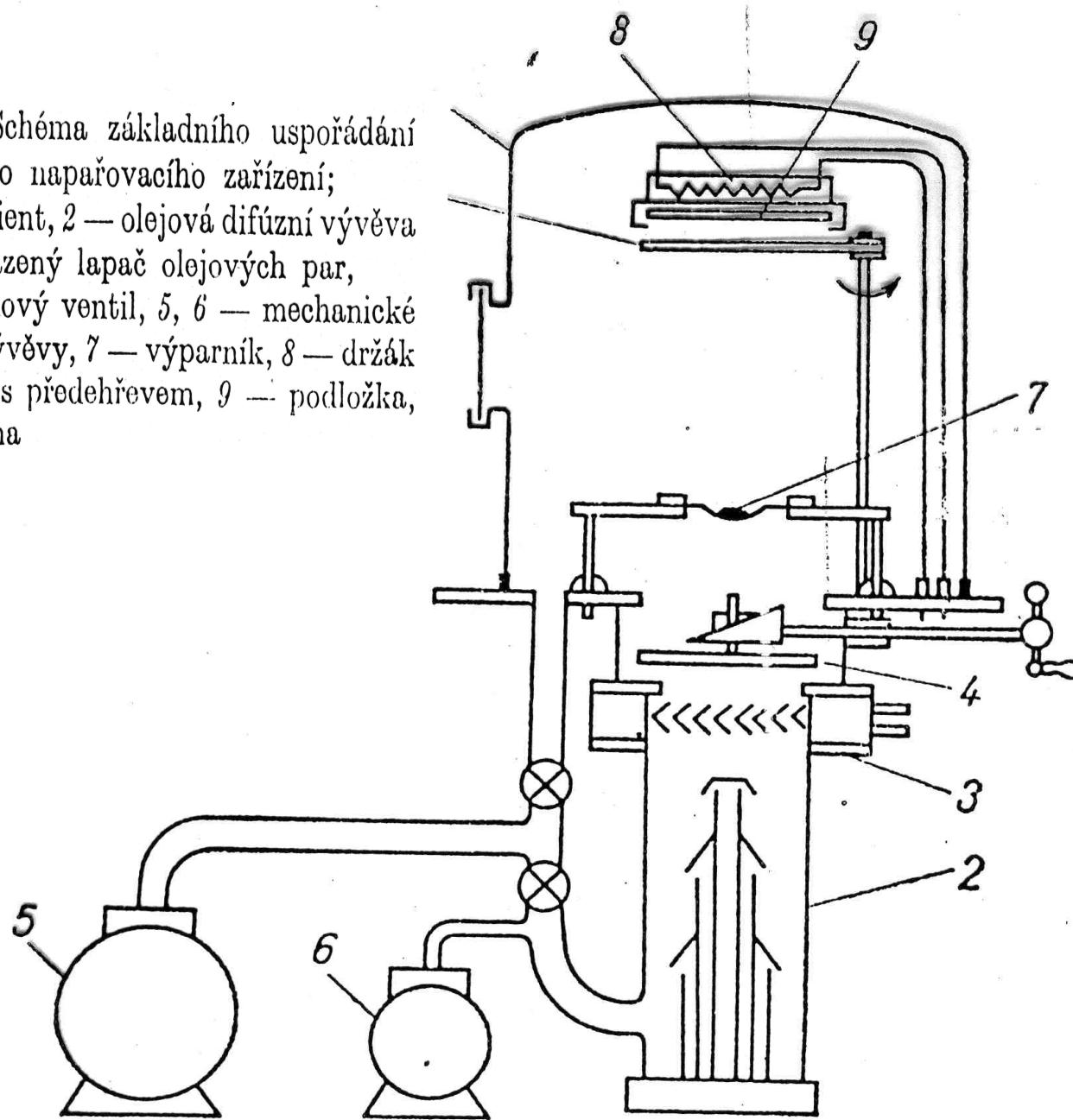
NAPAŘOVÁNÍ VE VAKUU: sublimace z pevné fáze. Kov je odpařován z rozžhaveného drátu, jehož teplota je asi 20°C pod bodem tání materiálu (slitina Cr-Ni, 20/80). Proces probíhá ve vysokém vakuu 10^{-3} až 10^{-4} Pa. Cr se odpařuje rychleji, vrstvy jsou zhruba 2x obohacené na Cr, někdy napařování ze 2 zdrojů.

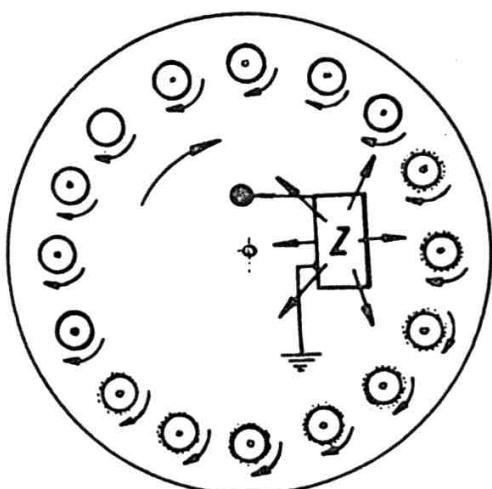
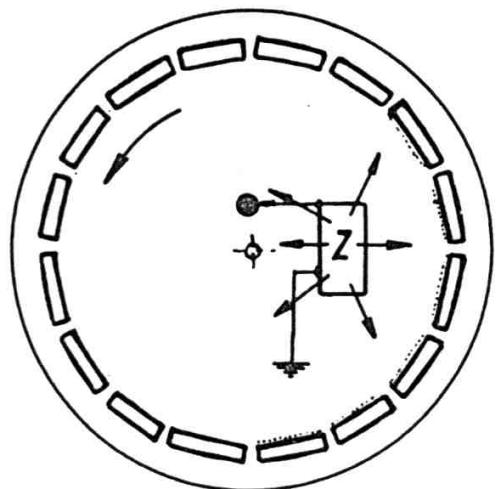
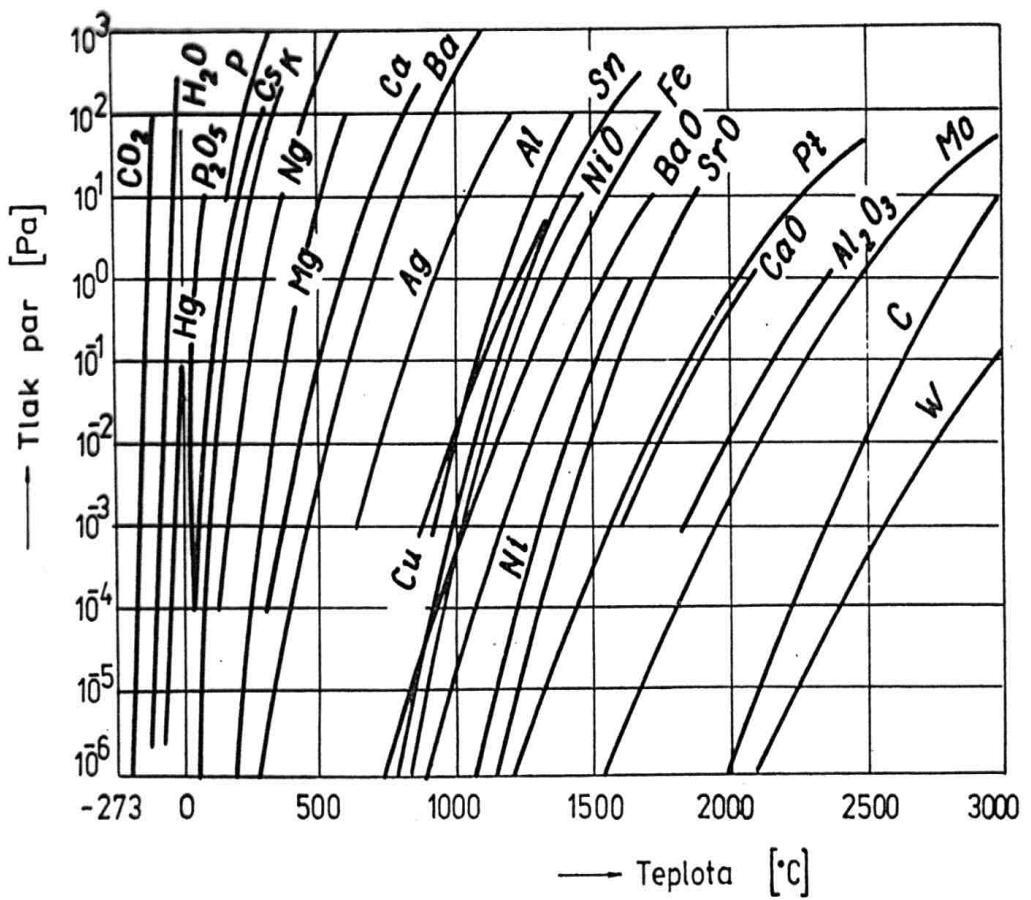
Flash - určité množství látky (slitina Si-Fe-Cr, silkoferochrom) v práškovém tvaru nanese na výparník z vysokotavného materiálu a prudce zahřeje, čímž dojde k velmi rychlému odpaření.

Při napařování Cr-Ni lze získat vrstvy s plošným odporem $2\ \Omega$ až $1\ \text{k}\Omega$, pro Si-Fe-Cr $50\ \Omega$ až $15\ \text{k}\Omega$.

NAPÁŘOVÁNÍ: teplota 1500°C , tlak 10^{-4}Pa , tloušťka vrstvy –desítky stovky nm, TKR 10^{-5}

Obr. 35. Schéma základního uspořádání vakuového napářovacího zařízení;
1 — recipient, 2 — olejová difúzní vývěva
3 — chlazený lapač olejových par,
4 — děskový ventil, 5, 6 — mechanické rotační vývěvy,
7 — výparník, 8 — držák podložek s předeheřevem, 9 — podložka,
10 — clona





Po nanesení se kovové vrstvy tepelně zpracovávají - vrstvy Cr-Ni při teplotě 300 °C, vrstvy Si-Fe-Cr v rozmezí teplot 350 až 850 °C. Přitom se rozhodující měrou upravují jejich konečné vlastnosti, zejména stabilita a teplotní součinitel odporu.

Nastavení konečné hodnoty odporu se stejně jako u uhlíkových rezistorů provádí broušením šroubovice na povrchu tělíska.

Vývody rezistorů jsou z pocínovaných měděných drátů, které jsou bodově navařeny k čepičkám tělíska .

BEZČEPIČKOVÉ: čepičky jsou nahrazeny vrstvou mědi nebo niklu na čelech tělíska, k níž jsou vývody připájeny. Bezčepičkový kontakt je spolehlivější a zlepšuje např. proudový šum rezistoru.

Povrchovou ochranu tvoří např. expoxiesterový lak.

Předností metalizovaných rezistorů je velká tepelná zatížitelnost při současné velké stabilitě odporu, malý teplotní součinitel odporu a malý proudový šum.

METALOXIDOVÉ REZISTORY

Metaloxidové rezistory jsou konstrukčně obdobné a vyrábějí se obdobnými postupy jako rezistory s kovovou vrstvou.

Rozdíl je pouze v užívaném materiálu odporové vrstvy, která je nanášena nejčastěji z SnO_2 technologií reaktivního naprašování.

Povrchovou ochranu rezistorů tvoří např. keramický tmel, který vykazuje stabilitu i při teplotách kolem 250 °C.

LAKOVÉ ODPORY

Odporová vrstva je tvořena vrstvou vytvrzeného laku na keramickém tělísce. Nanáší se stříkáním.

Lak – polymerní pojivo (tereftalát), odporová složka- saze, grafit. LAK MÁ VELKÝ ODPOR

Vysoký je i TKR 0,1 až 1 %/°C, napěťová závislost odporu

Vrstva se zpracovává jako uhlíková: čepičky, vybroušení drážky

Nutná je dokonalá ochrana povrchu, odpory jsou zatacovány do skleněných trubek, do vakua

Hodí se na VYSOKOOHMOVÉ ODPORY, 10 až 1000000 MΩ

DRÁTOVÉ REZISTORY.

Obvykle keramické tělíska, na němž je navinut vodič z odporového materiálu.

Výkonové rezistory pro provoz při vysokých povrchových teplotách (cca. $350\text{ }^{\circ}\text{C}$), mají vinutí jednovrstvé, vodič, nejčastěji chromnicklový ($\text{TKR}=10^{-4}/\text{K}$), je izolován pouze oxidovou vrstvou.

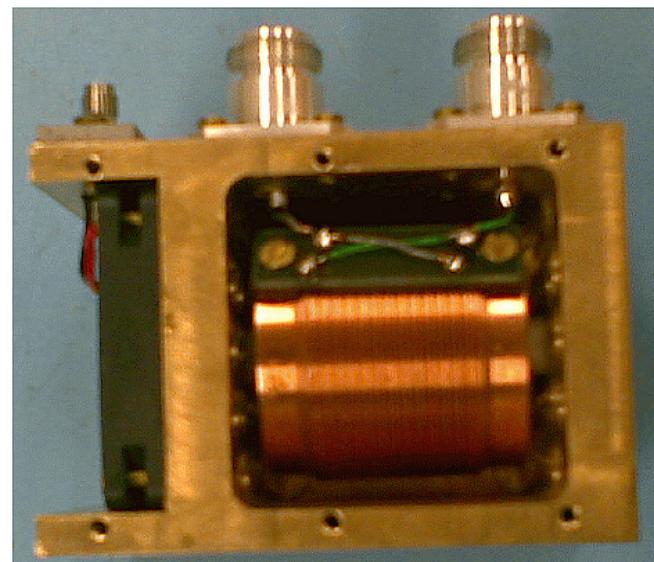
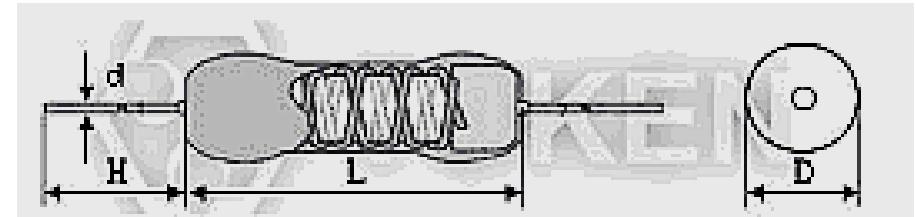
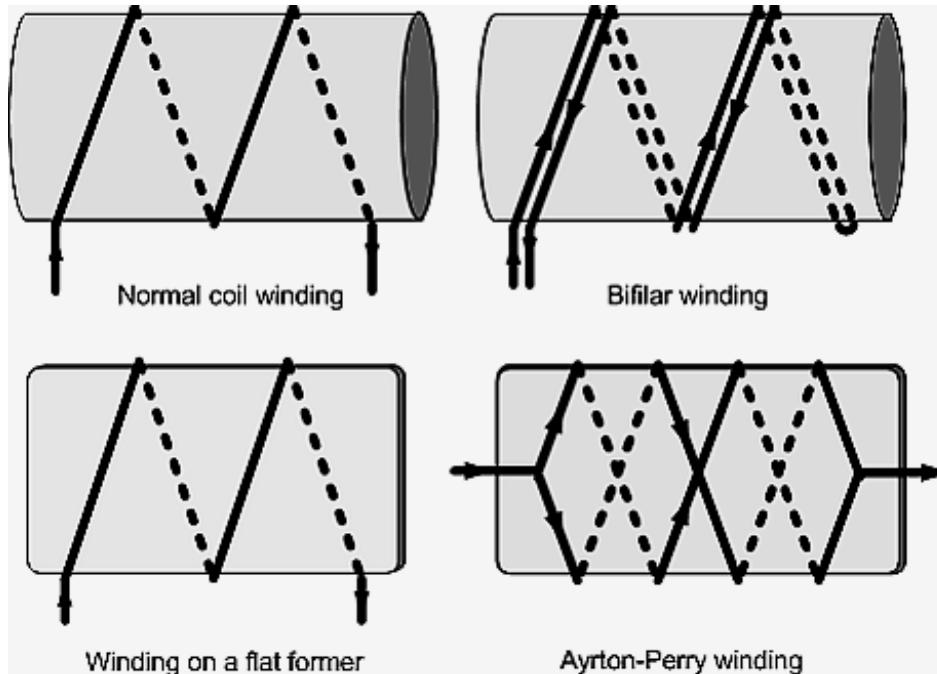
Konce vinutí jsou spolehlivě a teplotně odolným způsobem připojeny na armatury tělíska a vývody.

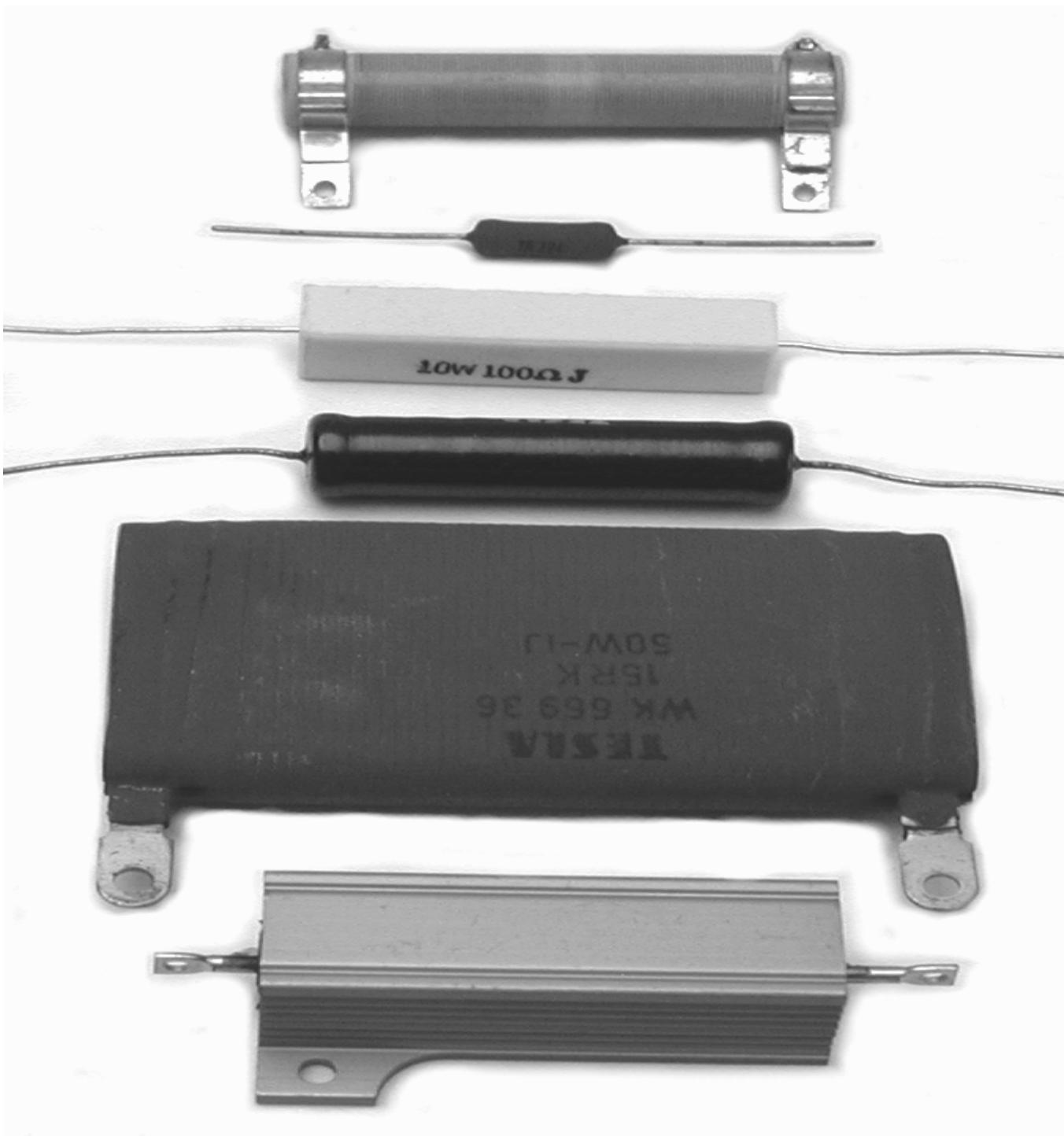
Ochrana před korozí: Povrch rezistoru je obvykle chráněn vrstvou tmelu nebo skelného smaltu, rezistory mohou být chráněny keramickým pouzdrem nebo jsou umístěny do kovového pouzdra, které je přizpůsobeno pro montáž na chladič.

Rezistory mohou být opatřeny tepelnou pojistkou.

INDUKČNOST !!!!

Speciální způsoby vinutí





PŘESNÉ ODPORY

Nejsou určeny pro velká výkonová zatížení a vysoké provozní teploty.

Vinutí monohovrstvým vinutím z izolovaného manganinového nebo konstantanového drátu na tělíska z keramiky nebo i plastických hmot.

VELMI MALÝ TKR

manganin (86 Cu, 12 Mn, 2Ni) 10-5/K

konstantan (54 Cu, 45 Ni, 1Mn) –3 10-5/K (termo k Cu $43\mu\text{V}/\text{K}$)

novokonstantan (82,5 Cu, 15 Mn, 4Al, 1,5 Fe) 2 10-5/K

Pro zajištění časové stálosti se nechávají rezistory po navinutí uměle stárnout při teplotě přibližně 100 °C v několika déle trvajících cyklech, aby se uvolnilo mechanické napětí. Po stárnutí se vinutí rezistoru impregnuje nebo zalévá.

