3. Elektricky vodivé materiály

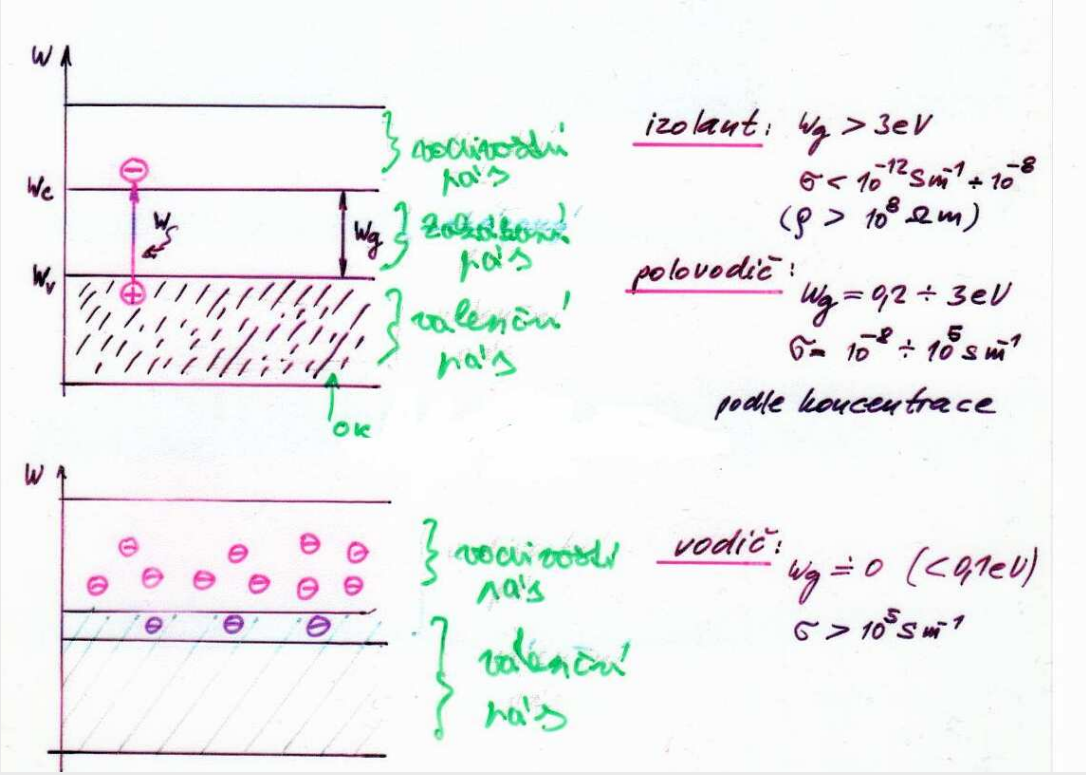
Elektrické materiály posuzujeme podle jejich elektrické vodivosti

KONDUKTIVITY (S/m)
častěji ***RESISTIVITY*** (Ω/m)

<u>Konduktivita</u> charakterizuje schopnost materiálu vést elektrický proud .

<u>Konduktivita</u> je úměrná koncentraci volných nosičů elektrického náboje v elektrickém poli.

Opakování



izolant

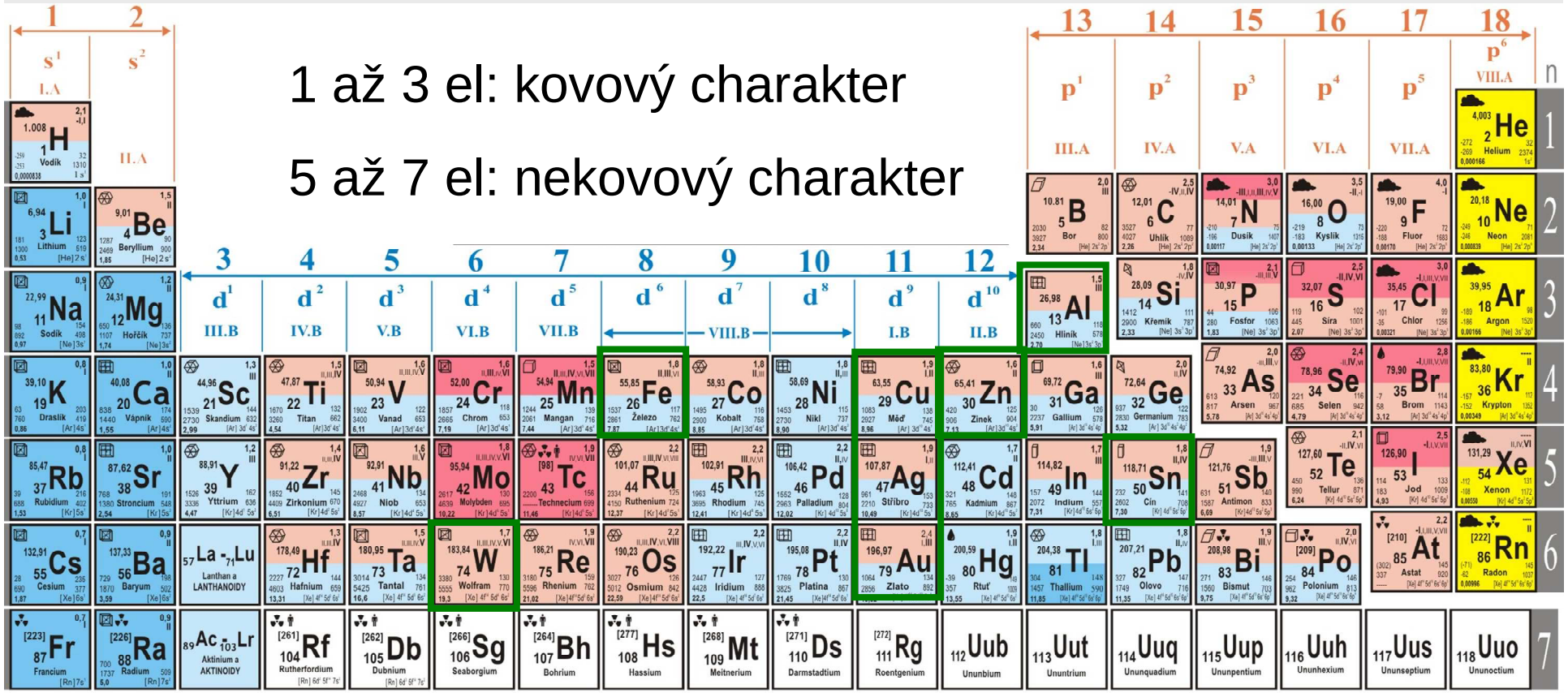
vodič

Volné elektrony ve vodivém pásu jsou i za normální teploty.

Cu, Ag, Au …1el, Al …3 elektrony ve valenční sféře. S rostoucí teplotou klesá vodivost vlivem tepelných kmitů mřížky.

1 až 3 el: kovový charakter

5 až 7 el: nekovový charakter



Rezistivita (Ω·mm²/m):

Ag.= 0,016 Al.= 0,0263 Fe.= 0,165

Cu.= 0,0172 Zn.= 0,059

Au.= 0,022 Sn.= 0,114 Wolfram.= 0,049

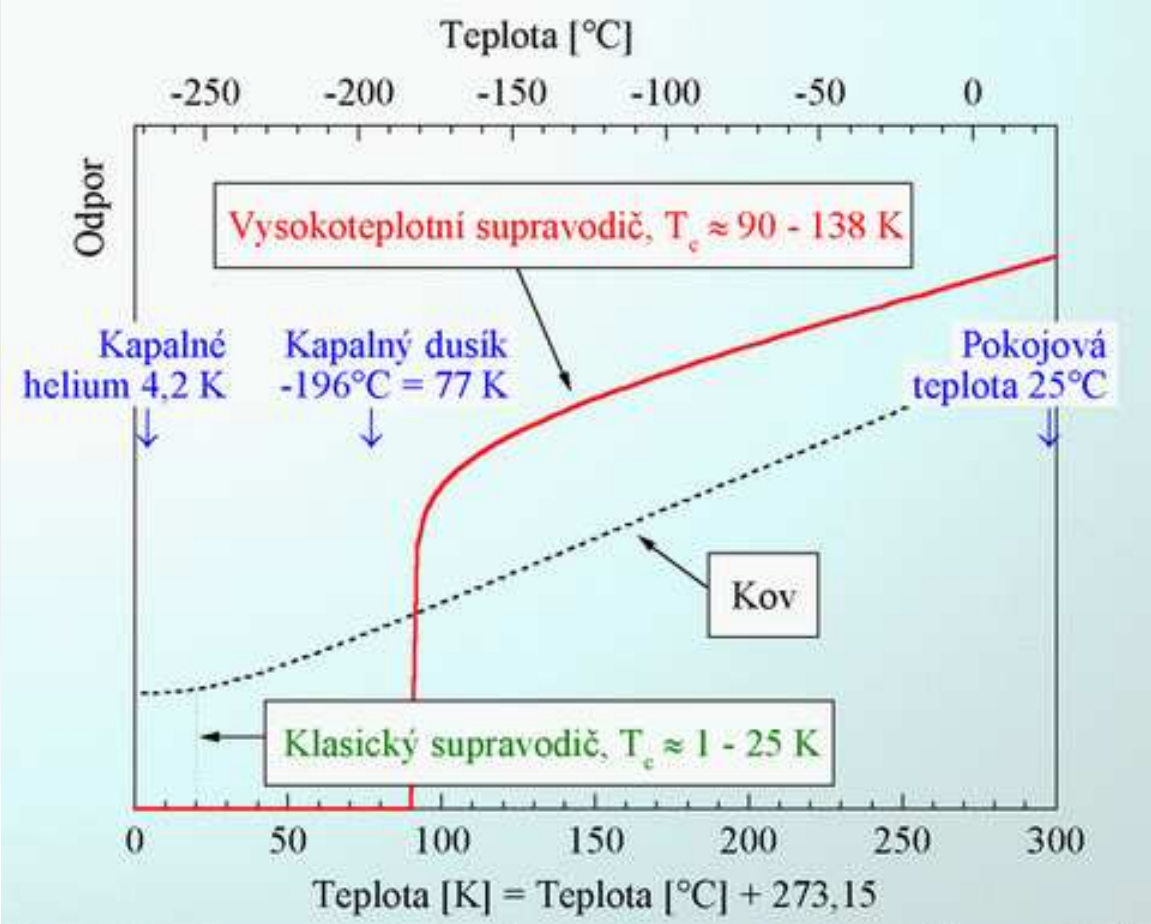
Podle mechanismu průtoku proudu rozeznáváme vodivost: **elektronovou a iontovou**

Elektronovou vodivost mají materiály s kovovou vazbou mezi atomy, ta obsahuje velké množství volných elektronů, které může vnější elektrické pole usměrňit a urychlit, čímž zvýší i jejich energii. (VODIČE I. TŘÍDY)

Iontovou vodivost tento typ vodivosti nastává především v roztocích (elektrolytech) a taveninách solí. (VODIČE II. TŘÍDY)

Vliv na rezistivitu materiálu:

S rostoucí teplotou u vodičů roste jejich rezistivita, příčinou jsou rozptyly usměrněně se pohybujících elektronů jako důsledek interakce s atomy a poruchami krystalické stavby.



Jev supravodivosti objevil roku 1911 holandský fyzik *Heike Kammerlingh Onnes* . Při sledování odporu čisté rtuti pozoroval náhlé vymizení elektrického odporu při teplotě 4 *K. Onnes* rozpoznal, že je svědkem nového, dosud nepopsaného fyzikálního jevu, když sám prohlásil: „rtuť přešla do nového stavu, který na základě jeho neobyčejných elektrických vlastností lze nazývat supravodivým stavem“. V roce 1913 obdržel za tyto objevy Nobelovu cenu.

Až do roku 1933 byly supravodiče považovány jen za látky s nulovým elektrickým odporem. Tohoto roku *Walther Meissner* a *R. Ochsenfeld* objevili, že supravodiče mají rovněž schopnost dokonale vytlačovat magnetické pole ze svého objemu. Tento jev se se nazývá *perfektní diamagnetismus*.

Postupně bylo objeveno velké množství látek se supravodivými vlastnostmi, všechny ovšem dosahovaly těchto vlastností až při velmi nízkých teplotách.

- V roce 1960 byl materiál (slitina niobu a germania) s nejvyšší teplotou přechodu do supr. stavu $Tc = 23\ K$.
- V roce 1986 byly připraveny supravodiče vyššími kritickými teplotami $Tc = 90\ K$. Důležitost tohoto objevu vyplyne ze srovnání s teplotou kapalného dusíku (77 K). Díky snadné dostupnosti a nízké ceně kapalného dusíku.
- Nynější nejvyšší dosažená kritická teplota je 138 K.

Supravodiči je prakticky možný bezeztrátový přenos elektrické energie.

Další vlivy na rezistivitu materiálu:

Tlak ….rostoucí tlak snižuje rezistivitu
Mechanické zatěžování …mech. napětí mění rezistivitu v závislosti na směru síly F.

Rezistivita je značně závislá na strukturální dokonalosti krystalové mřížky, ROSTE s množstvím jejich poruch a nečistot.

Závěrem: rezistivita závisí na množství pružných srážek elektronů s kmitajícími atomy, kde elektrony při srážce s atomy předávají část kinetické energie a zvětšují se tepelné kmity mžížky. Tento proces způsobuje ohřev materiálu, tj JOULEOVY ZTRÁTY

Základní druhy a použití materiálů

Z kovů s velkou vodivostí se zhotovují elektrovodné části, jako vodiče, kabely, vinutí elektrických strojů apod.

Měď, Hliník, Stříbro, slitiny Hliníku, bronzy, mosazi

Z kovů s velkým odporem se zhotovují odpory regulátorů a spouštěčů, topné přístroje. Odpor regulátoru a spouštěče způsobuje žádaný pokles napětí. Vzniklé teplo je NUTNÝM zlem. U topných odporů je přeměna na teplo žádoucí.

Nikelin, Konstantan, Nichrom (běžné účely)
Manganin, slitiny Au-Cr (měřící techniku)
Nichrom, Kanthal (topné účely)

Kovy a slitiny pro výrobu elektrovodných částí

Nejlepší vodivost mezi čistými kovy má stříbro, na druhém místě je měď, na třetím zlato, pak hliník.

Rezistivita ($\Omega \cdot mm^2/m$):

Ag.= 0,016 Al.= 0,0263 Au.= 0,022 Cu.= 0,0172

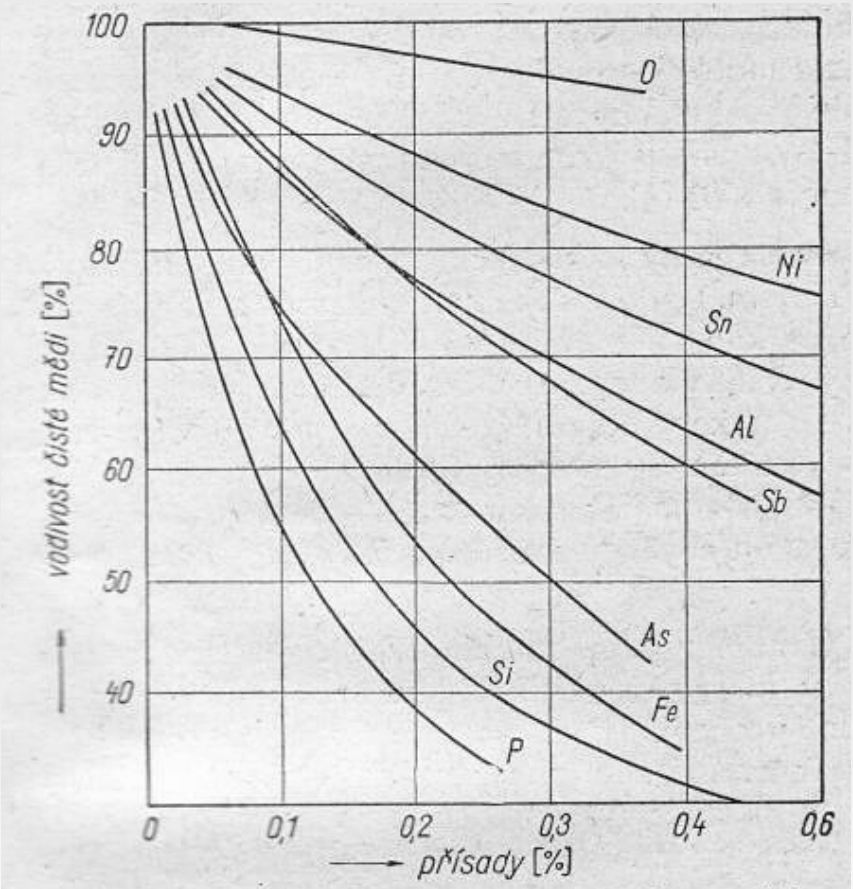
Pro vysokou cenu je použití zlata a stříbra omezeno pro zvláštní účely. Nejrozšířenější je tedy měď, hliník a jejich slitiny.

Elektrovodná měď

Nejrozšířenější je tedy měď a její slitiny.

Je to zpravidla elektrolytická měď získaná elektrolytickou rafinací surové hutní mědi. Musí obsahovat nejméně 99,9% Cu a Ag. Vyznačuje se **velkou vodivostí** a velkou **odolností proto korozi**.

Vlivem přísad se však elektrická i tepelná vodivost zmenšuje.



Obr. 1. Vliv různých přísad na vodivost mědi.

Elektrovodná měď

Podle mechanických vlastností se měď dělí na tři druhy:

•Měkkou má pevnost menší než 30 kg/mm^2
(instalační vodiče, šňůry, kabely silové i sdělovací, folie)

•Polotvrdou má zaručenou pevnost 30 až 36 kg/mm^2, je tvárná a mírně pruží
(dráty, lana a profilové vodiče pro stavbu sekundárních vedení, plechy užívané k výrobě přístrojů)

•Tvrdou má zaručenou pevnost až 40 kg/mm^2, je značně pružná. Použití ve tvaru lan venkovního vedení vysokého napětí, kontakty spínačů, lamely komutátorů, konstrukční části.

Slitiny mědi mají větší pevnost, avšak menší elektrickou vodivost.

Slitiny s vyšší pevností

a) ***Cu-Ag*** (do 0,1%) …lepší vlastnosti za vyšších teplot než čistá Cu a proto se používá jako materiálu pro součásti **el.strojů** (komutátory, alternátory, transformátorů při použití při zkratu), podstatně lepší mechanické vlastnosti.

b) ***Cu-Cr*** (chrom), výhodná kombinace mechanických a elektrických vratností, dá se vyžíháním zvednout vodivost až na 80% Cu. Použití tam, kde požaduji dobrou vodivost a vynikající mechanické vlastnosti při teplotách 250 až 350℃. …**elektrody** svařovacích strojů.

c) ***Cu-Cd*** (kadmium) lze dosáhnout ještě lepší pevnosti drátu než u Cu-Cr. Dráty pro holá venkovní vedení s velkým rozpětím, **troleje,** elektrovodné pružiny do 150℃.

Slitiny mědi mají větší pevnost, avšak menší elektrickou vodivost.

Bronzy: slitiny ***Cu*** s jinými kovy

a) **Cu-Sn (cínové bronzy)** jsou velice odolné proti korozi a mají poměrně dobré mechanické vlastnosti. Dosahují pouze 6% vodivosti mědi. Použití tam kde nejde z pevnostních a korozních důvodů použít **mosaz**, Zhotovují se pohyblivé pružné vodivé součásti, pružiny vypínačů. Např. *Cu-Al 5, CuAl9Fe*

b) **Cu-Sn-Pb (cínoolověný bronzy)** zlepšují se kluzné vlastnosti a proto se používají na části vystavené tření. Přidáním olova se tvrdost bronzu zmenšují. jsou velice odolné proti korozi a poměrně dobré mechanické.

c) **Cu-Al (hliníkový bronzy)** pro pružné části pracující za vyšších teplot.

Slitiny mědi mají větší pevnost, avšak menší elektrickou vodivost.

Mosaz je slitina mědi a zinku (Zn), popřípadě ještě s přísadou dalšího kovu (olova, cínu, niklu, manganu, křemíku). Použití k výrobě konstrukčních a instalačních dílů ve tvaru drátů, tyčí a plechů. Dosahuje 30% vodivosti mědi. Dobré korozní vlastnosti, nemagnetičnost, dobrá pajitelnost.

např: ***CuZn37*** …*spínače, objímky žárovek,*
CuZnNi …*pružiny*

Závěr: měď

Přednosti:

Vynikající vodivost (elektrická, tepelná)
Dobré kontaktní vlastnosti
Výborná tvárnost za studena i za tepla
Dobrá spojovatelnost (pájením, svařováním)

Nedostatky:

Malá pevnost
Velká měrná hmotnost (8,9 g/cm^3)
Malá odolnost proti působení siry a oxidaci

Elektrovodný hliník

Je po mědi nejdůležitějším vodivým materiálem. Ve srovnání s ***Cu*** je nižší cena a větší dostupnost. Má lepší měrnou váhu 2,7 g/cm^3 (měď 8,9).

Má větší ***Rezistivitu*** (Al.= 0,0263 Cu.= 0,0172 $\Omega \cdot mm^2/m$) a tedy menší vodivost. Žíháním hliníku lze zlepšit měrný odpor.

Pozn. Vodivost je menší o 62% na objemovém základě, ALE JE VODIVĚJŠÍ NEŽ MĚĎ PŘI STEJNÉ HMOTNOSTI.
Aby ***Al*** a ***Cu*** vodič měl stejnou vodivost, musí být průřez hliníku 1,6x větší než mědi, jeho hmotnost je však poloviční. Dále, při stejném proudovém zatížení se hliník méně zahřívá, protože má větší povrch.

Elektrovodný hliník

Hliník se hodí tam, kde je důležitá váha a nevadí větší průřez. Jsou to rozvodná zařízení v elektrárnách a transformačních stanicích, elektrická instalace domovní i průmyslové, rozvodné sítě, kabely silové (méně už kabely sdělovací).

Méně vhodný je i tam, kde zvětšení průřezu vodiče nutně způsobí i zvětšení ostatních částí (např. u el. strojů je nutné zvětšit drážku a tedy i průměr stroje.

Dále jsou pokusy o použití vinutí z hliníkového drátu elektrolyticky oxidovaného, který by nezabíral více místa než měděné vinutí s normální izolací. Izolační vrstvu lze zlepšit vpálením bakelitových nebo glyptalových laků při 120℃.

Elektrovodný hliník

Hliník se na vzduchu pokrývá vrstvou Al_2O_3, která zhoršuje kontaktní vlastnosti a stěžuje vzájemné spojování hliníkových dílů i spojování hliníku s jinými vodiči (např. Cu).

•Zvlášť čistý hliník (99,996 %)se používá na anodové folie elektrolytických kondenzátorů.

•Použití jako náhrada mědi pro výrobu silových rozvodu (vodičů). Slitiny mají větší pevnost, ale zhoršují jak vodivost, tak i mechanické vlastnosti.

Např. ***Al-Mg-Fe*** …vinutí rotorů as. strojů;
Al-Mg-Si …vyšší ohebnost, vodiče rozvodných zařízení, vinutí transformátorů vyšších výkonů.

Závěrem: *Al* není vhodným materiálem pro vodiče často ohýbané a při spojování s jinými vodiči.

Jiné vodivé kovy

Zinek: využívá se na galvanické články suchých baterií. *Rezistivita* (Zn.= 0,059 $\Omega \cdot mm^2/m$)

Olovo: využívá se na pláště kabelů a dále na akumulátory. Používá se v pojistkách na malé proudy. *Rezistivita* (Pb.= 0,206 $\Omega \cdot mm^2/m$)

Cín: velmi deficitní a jeho použití je proto velmi omezena, hlavní spotřeba v pájkách, dříve používaná cínová folie na kondenzátorech je dnes nahrazena hliníkovou folií. Sn.= 0,115 $\Omega \cdot mm^2/m$)

Nikl: je tvrdý, velká odolnost proti chemickým vlivům a proto se využívá všude tam, kde to dovoluje vysoká cena. využívá se na galvanické články suchých baterií. Ni.= 0,073 $\Omega \cdot mm^2/m$). Pro elektrotechniku významný jako slitina železa a niklu (přívodní drátky k žárovkám ***FeNi48*** nebo ***FeNi42***).

Jiné vodivé kovy

Wolfram: pro vysokou tavící teplotu se používá na vlákna žárovek (bod tání 3370 ℃). Nevýhodou je, že se vlák no vlivem žáru částečně rozprašuje a proto se plní žárovky neutrálním plynem (dusík, argon, krypton).
Dříve se vlákna dělala také z osmia a tantalu.

Elektrický odpor se velmi rychle zvětšuje za vyšších teplot (odpor rozžhaveného vlákna žárovky je asi 15x větší než vlákna studeného). (W.= 0,049 $\Omega \cdot mm^2/m$)

Zlato: měkký tvárlivý kov, lze jej vytepat do tloušťky 0,1um a vytáhnout jako drát průměru 5 um. Znamenitá je chemická odolnost, neoxiduje na vzduchu, snadno se připojuje k ostatním kovům.

Použití: **na elektrické kontakty**.

Jiné vodivé kovy

Stříbro: je nejlepším vodičem tepla a elektřiny. Dá se vytepat na folie tloušťky až 0.002 mm. Dobře je lze svařovat, na vzduchu je stálé a neporušuje se ani ve styku s jinými kovy. Je i odolné proti slabším oxidačním činidlům.

- Použití u galvanického postříbření,
- v radiotechnice se postřibřují vodiče vysílačů, aby se nezvětšoval jejich odpor vlivem skinefektu
- malé kondenzátory jsou vyrobeny z postříbřené slídy
- ze stříbra bývá též drátek pojistek,
- ze stříbra a jeho slitin se zhotovují kontakty, nebo alespoň se postříbřují
- stříbrných pájek se využívá k tvrdému pájení (nad 450℃) tam, kde součást nemůžu nahřát na vysokou teplotu, jak toho vyžadují pájky mosazné (1020 ℃).

Vodiče, kabely

Vodiče užívané pro venkovní vedení jsou vyráběny z:
MĚDI, HLINÍKU A OCELI.

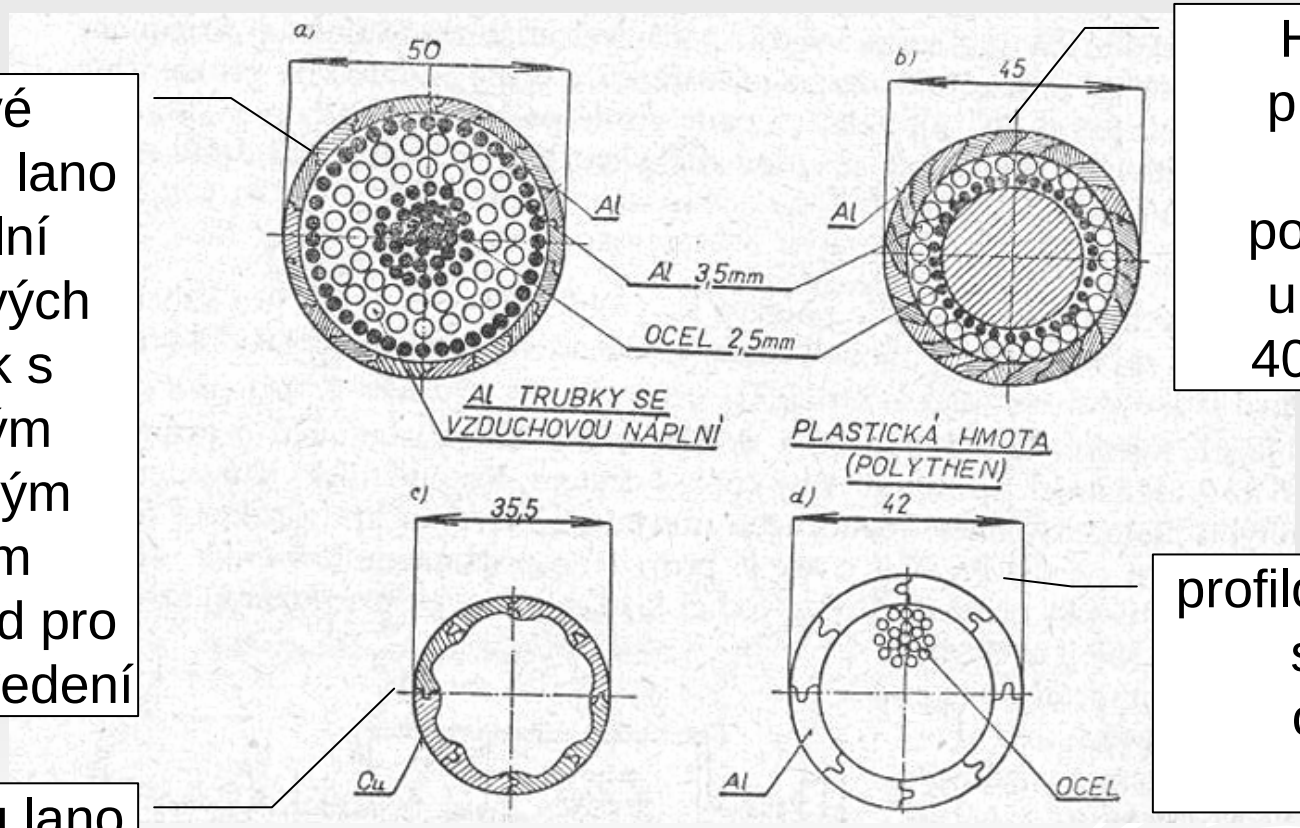
<u>Podle tvaru dělíme na:</u>

- jednoduché vodiče kruhového průřezu tzv. dráty
- jednoduché vodiče tvarové (profilové)
- lana tj. vodiče složené z většího počtu drátů pravidelně stočených kolem jednoho a nebo více drátů

Vodiče, kabely – vodiče holé pro venkovní vedení

Konstrukce lan pro velmi vysoká napětí s ocelovou duší

Hliníkové profilové lano s výplní hliníkových trubek s nosným ocelovým lanem uprostřed pro 400 KV vedení



Hliníkové profilové lano s výplní polyetylénovou uprostřed pro 400 KV vedení

profilové **Al** lano s nosným ocelovým lanem

profilové **Cu** lano pro 287 KV vedení

Vodiče, kabely – vodiče HOLÉ

lana

pláty, tyče

Vodiče, kabely – vodiče IZOLOVANÉ

Vodiče jsou z *Cu* a nebo z měkkého nebo polotvrdého *Al*

<u>Druhy izolace:</u>

- smaltování (nanesen emailový lak)
- opředěním a opletením vlákninou (bavlna,hedvábí, punčoška)
- ovinutím papírem (vodiče transformátorů…
- nanesením praže nebo jiné syntetické látky

Vodiče, kabely – izolované vodiče pro venkovní vedení

35–ADX–K

VN vrchní vedení s izolací ze zesítěného PE
Technická specifikace: TP PRAKAB 18/03

Použití:
Vodiče jsou určeny pro venkovní rozvod elektrické energie v závěsném provedení.

Jmenovité napětí: 35 kV

Zkušební napětí: 40 kV/50 Hz

Rozsah teplot:
při pokládce: min. –10 °C
při provozu: –50 °C až +90 °C
při zkratu: max. +200 °C/5 sec

Značení žil: barva izolace černá

Poloměr ohybu (min.): 12 x ∅ kabelu

Konstrukce:
1 AlMgSi jádro (RM)
2 Izolace (zesítěný PE černý, odolný proti UV záření)

Počet žil x průřez vodiče [mm²]	Maximální odpor jádra [Ω/km]	Zaručená pevnost jádra [kN]	Proudová zatížitelnost na vzduchu [A]	Informativní průměr vodiče [mm]	Obsah Al [kg/km]	Informativní hmotnost [kg/km]	Obvyklé balení [m]
35–ADX–K							
35 RM	0,967	9,5	200	14,4	105	200	B 1000
50 RM	0,690	13,5	245	15,6	150	253	B 1000
70 RM	0,507	19,0	310	17,3	210	316	B 1000
120 RM	0,285	33,5	430	20,5	360	489	B 1000

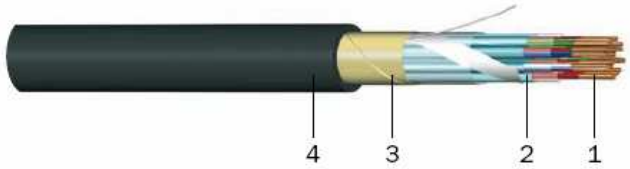
Vodiče, kabely – izolované vodiče pro sdělovací kabely a vodiče

SDĚLOVACÍ KABELY A VODIČE

BYFY–M

Sdělovací kabely vnitřní s Al stíněním duše i párů
Technická specifikace: TP PRAKAB 11/97

Použití:
Nízkofrekvenční úložné kabely, které jsou určeny pro pevné vnitřní rozvody ve sdělovací technice a pro signalizaci.



Konstrukce:
1 Cu jádro
2 Izolace (PVC), žíly stočené do párů a jednotlivé páry ovinuté laminovanou Al folií s příložným Cu drátem a stočené do duše kabelu
3 Duše kabelu stíněna laminovanou Al folií s příložným Cu drátem
4 Plášť (PVC černý, odolný proti UV záření)

Jmenovité napětí: 100 V

Zkušební napětí:

ž/ž ∅ 0,4; 0,5; 0,6 mm	0,5 kV/50 Hz
ž/ž ∅ 0,8 mm	1,5 kV/50 Hz
ž/s ∅ 0,4–0,8 mm	0,25 kV/50 Hz

Rozsah teplot:

při pokládce:	–5 °C až +50 °C
při provozu:	–30 °C až +70 °C

Značení žil: ČSN IEC 189-2

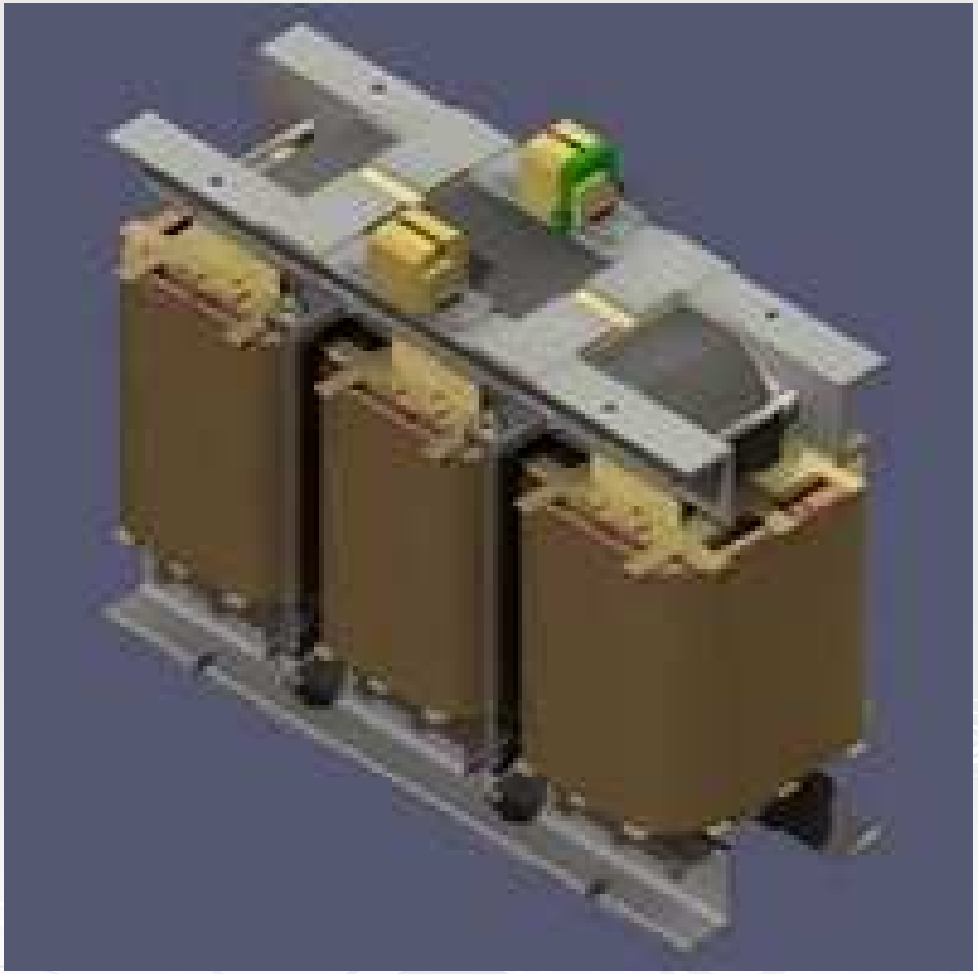
Poloměr ohybu (min.): 10 x ∅ kabelu

Požární charakteristika:
samozhášivost: ČSN EN 50265-2-1

Elektrické parametry

Průměr vodiče	[mm]	0,4	0,5	0,6	0,8
Odpor smyčky, max.	[Ω/km]	306,0	195,6	135,8	75
Provozní kapacita, max.	[nF/km]	180	180	180	180
Izolační odpor, min.	[MΩ.km]	300	300	300	300

Vodiče, kabely – izolované vodiče ovinutím papírem (vodiče transformátorů…



Kontaktní materiály

Kontakty jsou nejdůležitější částí spínačů. Jsou to vodivé části, převádějící proud vzájemným stykem a umožňující spojení a rozpojení obvodu během provozu. Kontakty jsou namáhány mechanicky a tepelně. Zvlášť silně zahřívá kontakty elektrický oblouk při vypínání.

Požadavky:

- musí mít malý přechodový odpor
- vysokou teplotu tání
- odolné proti okysličování
- odolné proti mechanickému opotřebení

Nejčastěji: tvrdá **měď**, mosaz, čisté stříbro, slitiny stříbra (Ag-Si, Ag-Au, Ag-Cu, Ag-Ni), bimetal (kontaktový dvojkov vznikne naplátováním drahého kovu (Ag) na podložku levnějšího (Cu, bronz, mosaz).

Kontaktní materiály

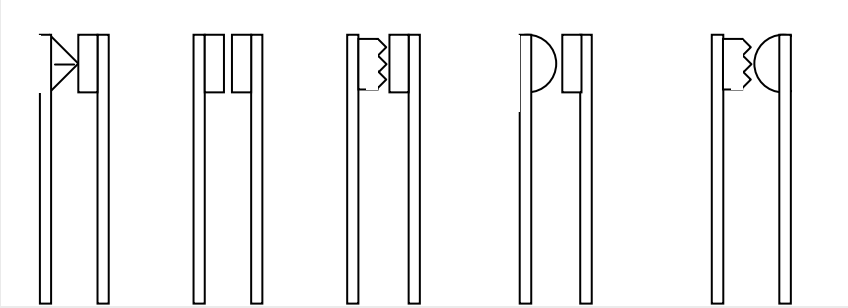
Dělíme na:

- <u>čelní</u> (odtrhávací) …pohybují se kolmo k stykové ploše
- <u>smykové a kluzné</u> …vykonávají při spínaní nebo vypínání pohyb ve směru stykové plochy ***např. sběrací kartáč***

Kontaktní materiály

Dělíme na:

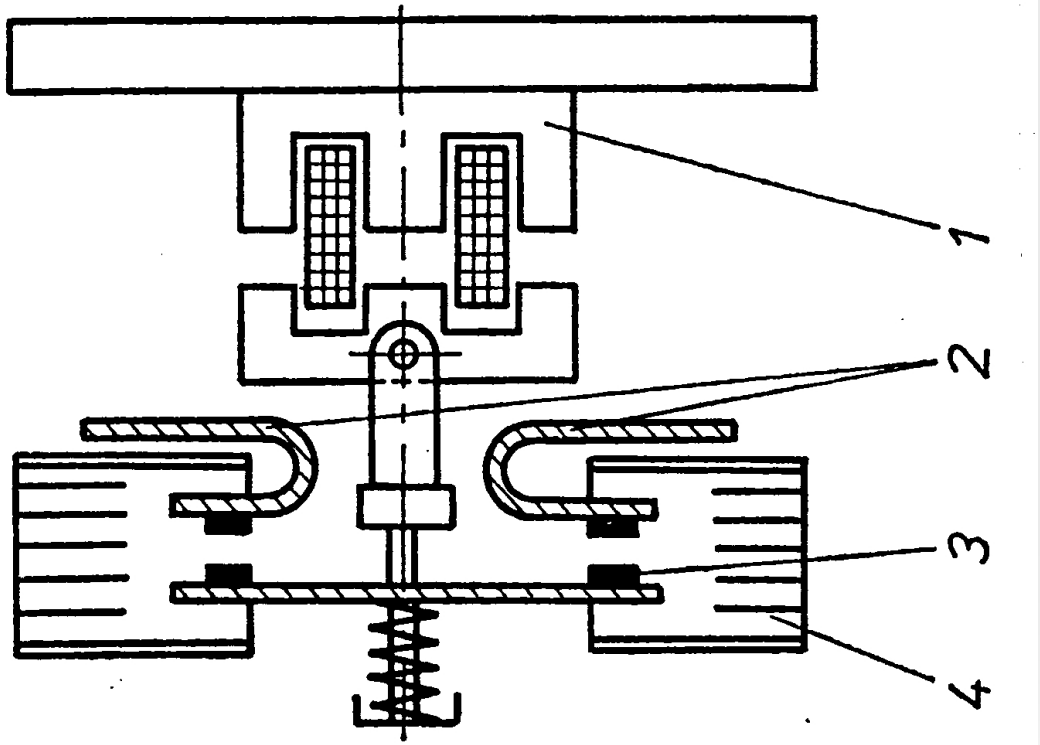
- čelní (odtrhávací) …pohybují se kolmo k stykové ploše
- smykové a kluzné …vykonávají při spínaní nebo vypínání pohyb ve směru stykové plochy ***např. sběrací kartáč***



Druhy tvaru kontaktů
a) bodový kontakt, b) plošný kontakt, c) rýhovaný kontakt, d) kulový kontakt, e) kombinovaný kontakt.

Kontaktní materiály

Stykač



elektromagnet

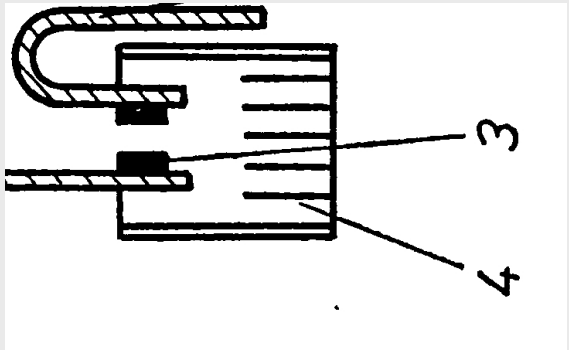
pevné kontakty

pohyblivé kontakty

zhášecí komora

Kontaktní materiály

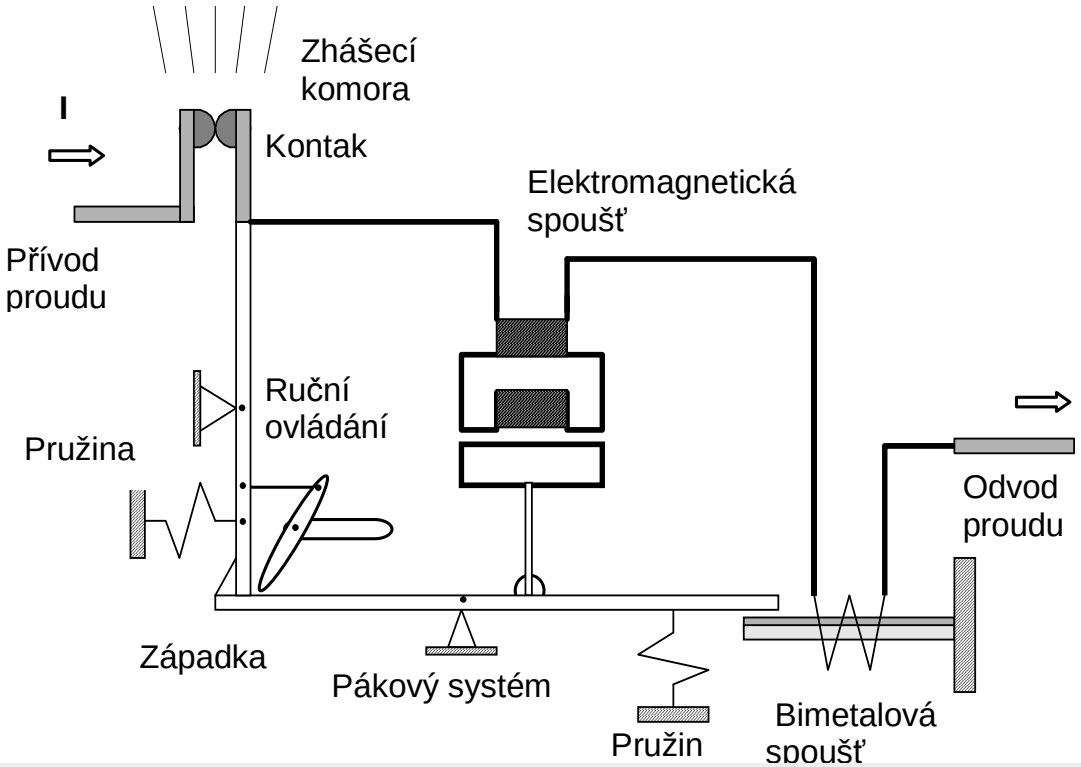
Stykač



zhášecí komora

Kontaktní materiály

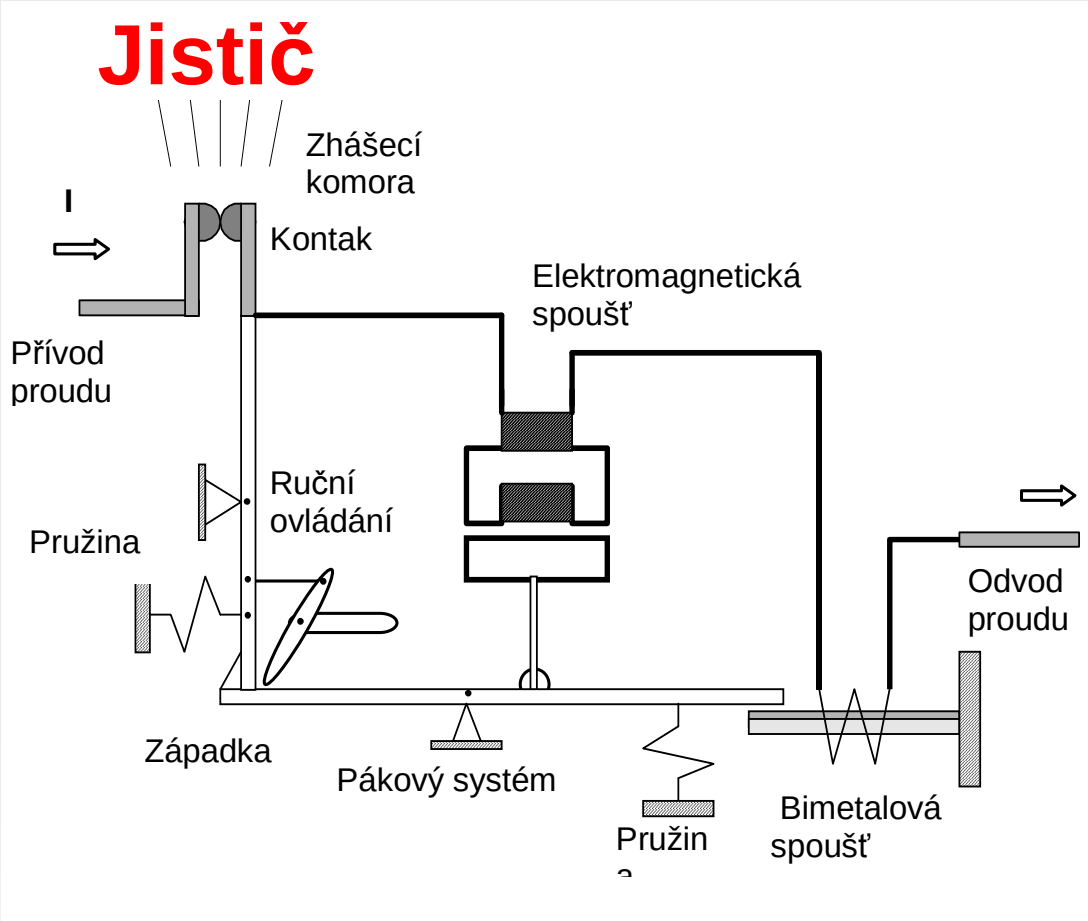
Jistič

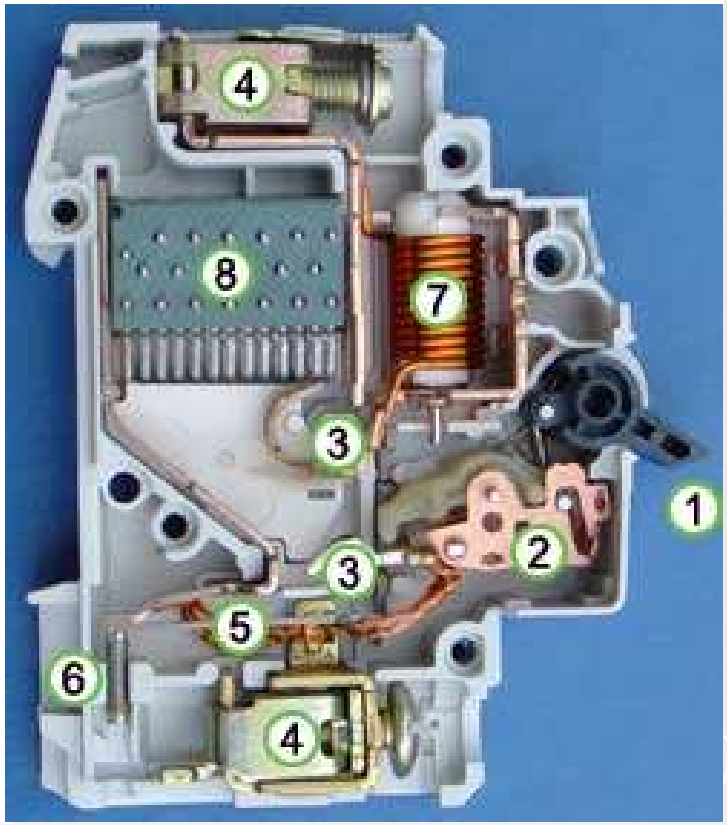


1. **Při zkratu přitáhne elektromagnet kotvu, tím že uvolní pákový mechanismus**
2. **Při přetížení zapůsobí bimetalová tepelná ochrana (dvojkov) o různé roztažnosti, že se prohne a rozpojí**

<u>bimetal</u> (kontaktový dvojkov vznikne naplátováním drahého kovu (***Ag***) na podložku levnějšího (***Cu***, bronz, mosaz).

Kontaktní materiály



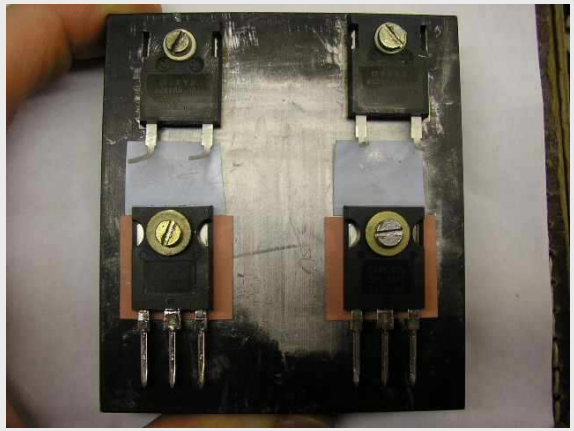


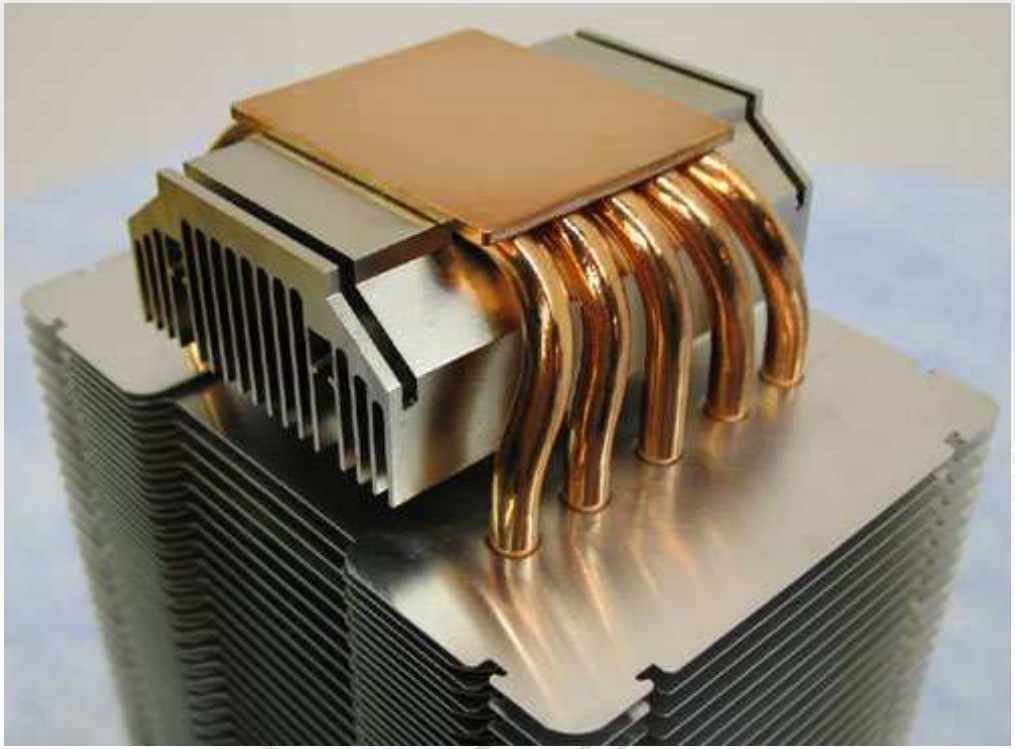
Kontaktní materiály

Nejčastěji:
tvrdá měď, mosaz, stříbra (Ag-Cu, Ag-Ni)

Kontaktní materiály

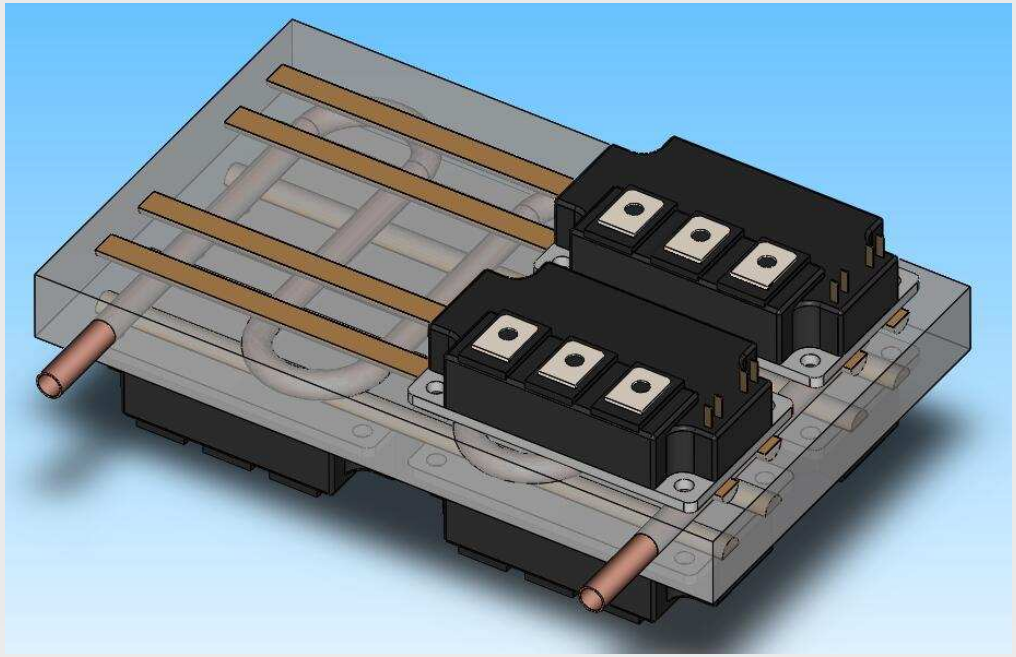
Důležitý parametr: <u>tepelná vodivost</u>



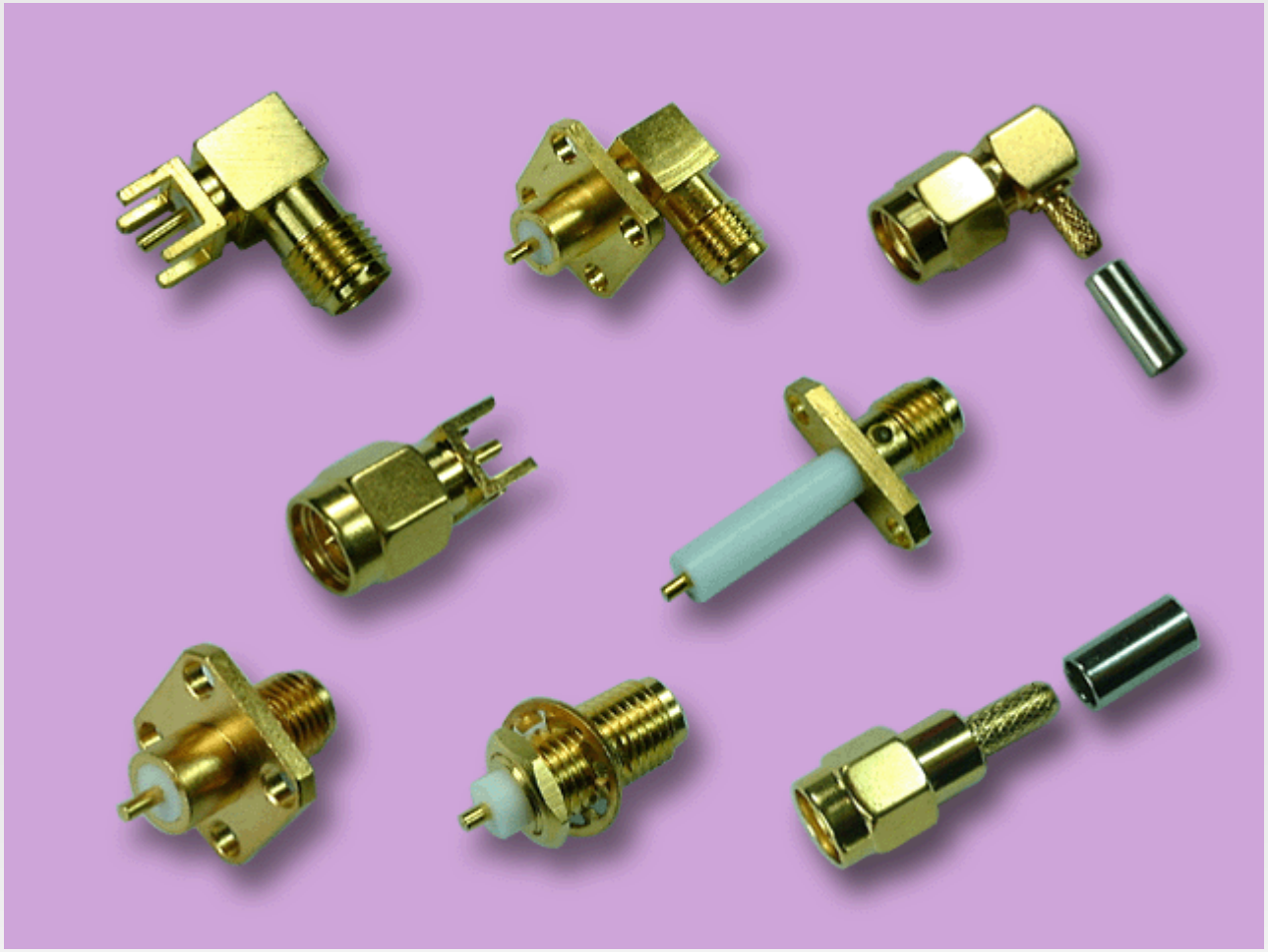


Kontaktní materiály

Důležitý parametr: tepelná vodivost



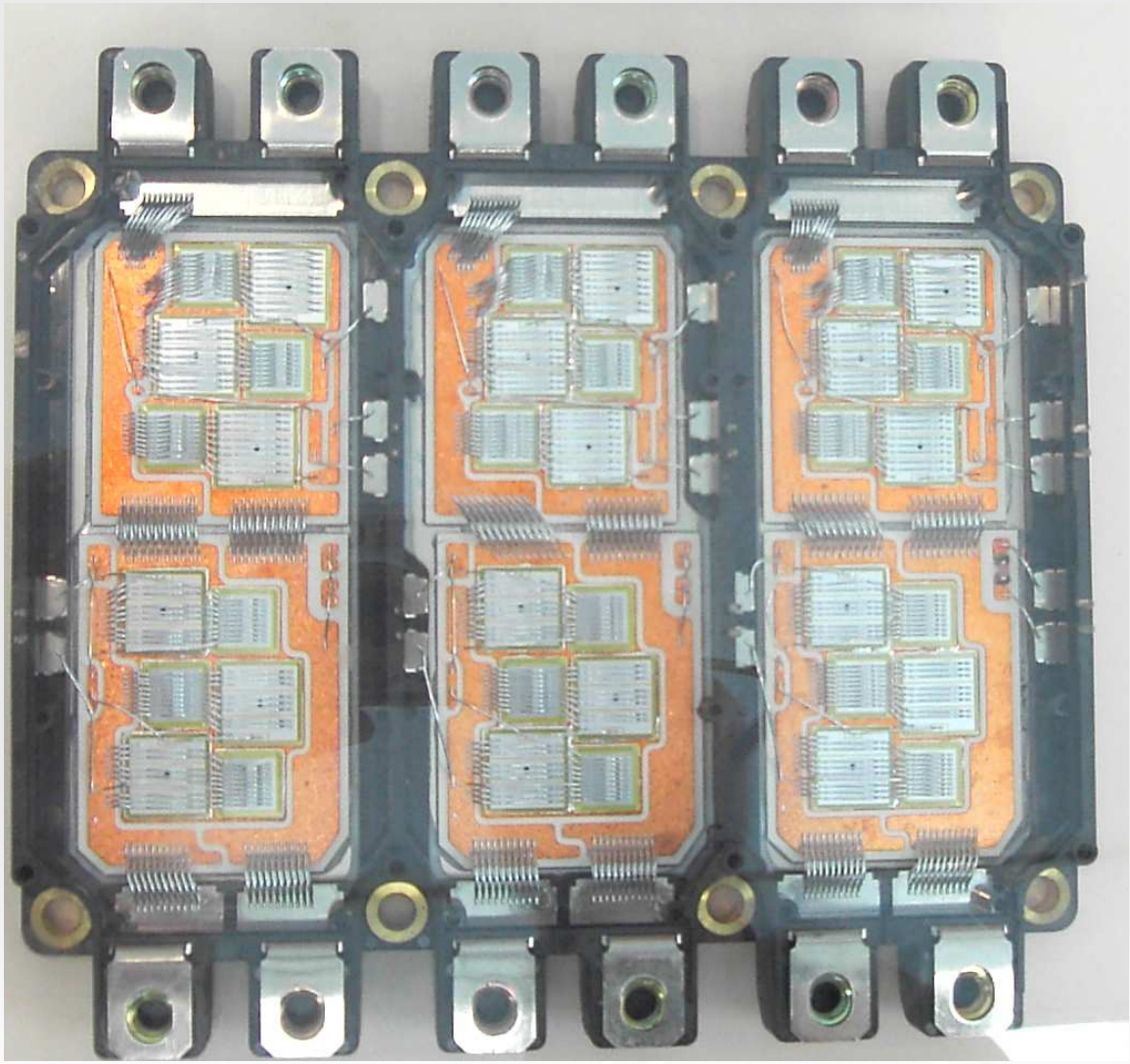
Kontaktní materiály



<u>Nejčastěji:</u> čisté zlato, stříbro

či jejich slitiny
Ag-Au,
Ag-Cu .. 10%Cu,
Ag-Ni .. 5%Cu,
Au-Ni .. 15%Cu.

Kontaktní materiály polovodičů



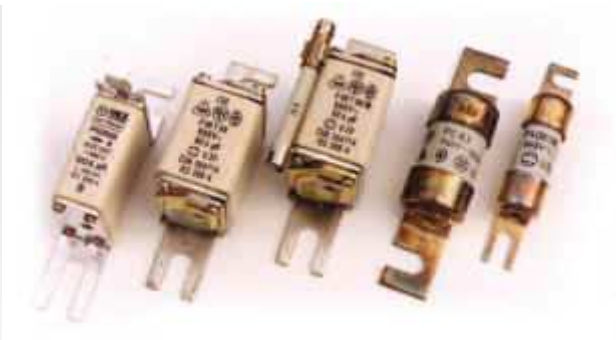
<u>Nejčastěji:</u> čisté zlato, stříbro

Kovy pro pojistky

Pojistková vložka musí být z takového kovu, který se neokysličuje. Okysličením dochází ke zmenšení průřezu a tím také proud, při němž se vložka přetaví.

Nejlepším materiálem pro pojistky je stříbro, poněvadž se neokysličuje.

Používá se i tavných měděných drátků, dříve se dělaly tavné vložky z olova. Olovo je stále, ale při přetavení se roztřikuje a ohrožuje okolí.



Kovy a slitiny pro elektrické odpory

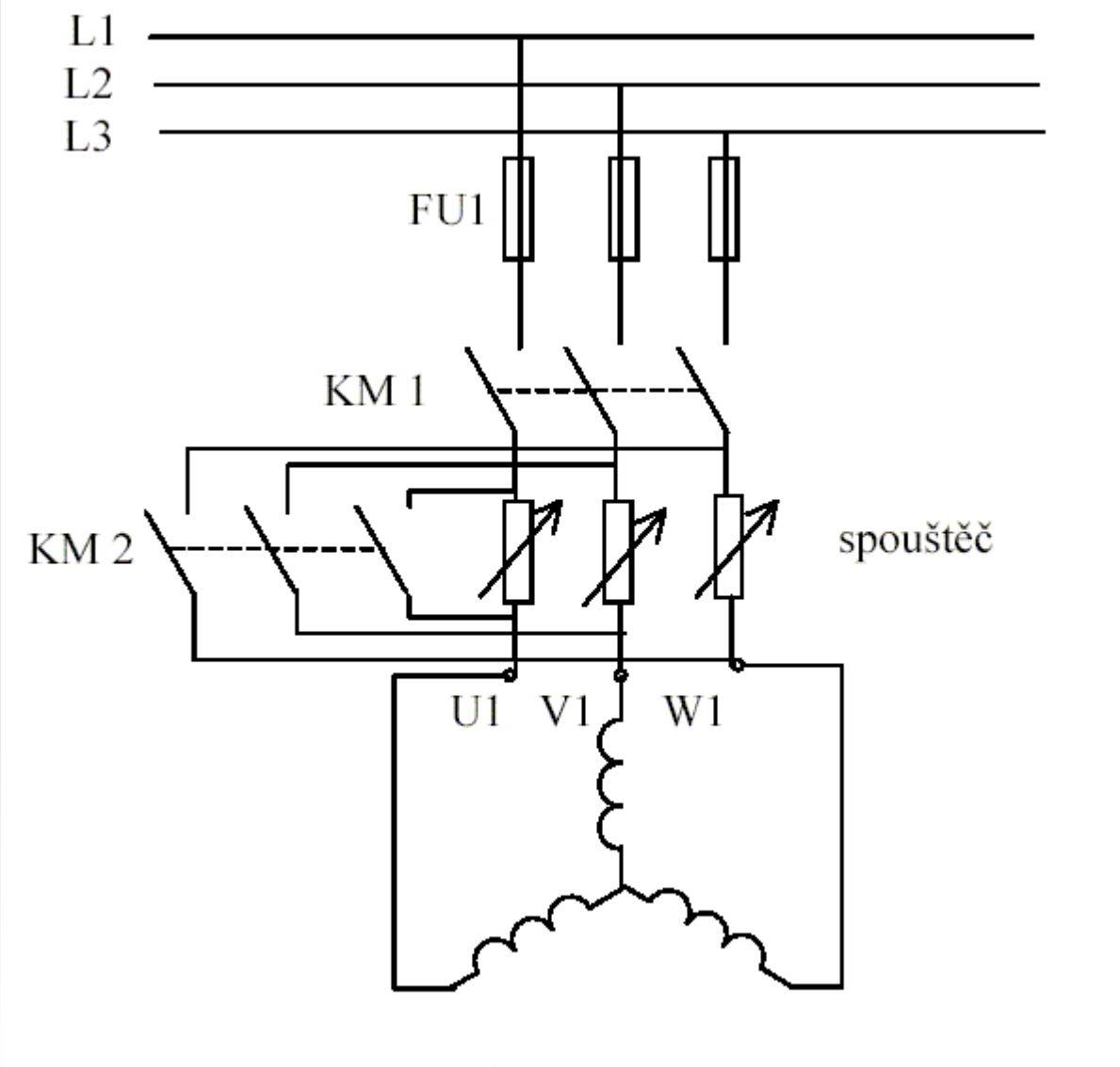
Odporových materiálů se používá na ty části elektrického obvodu, na nichž má vzniknout **úbytek napětí**

- Odpory pro měřící přístroje
- Spouštěče
- Regulátory

Nebo v nichž se má elektrická energie přeměnit na **teplo**

- Vařiče
- Pece

Kovy a slitiny pro elektrické odpory



Kovy a slitiny pro elektrické odpory

Skupiny podle měrného odporu:

OS 13, OS 30, OS 43, OS 50, OS 100, OS 120

- Ocel, železná litina cínová, zinková (0,13 $\Omega \cdot mm^2/m$)
- Slitiny ***Cu*** a ***Ni***, popřípadě ***Zn*** (0,30 $\Omega \cdot mm^2/m$)
- Manganin (slitiny ***Mn-Ni-Cu***) (0,43 $\Omega \cdot mm^2/m$)
- Slitiny ***Cu*** s ***Ni*** nebo s ***Mn*** (bez Zn a Fe) (0,50 $\Omega \cdot mm^2/m$)
- Slitiny ***Fe-Ni***, ***Cr-Ni***, ***Cr***, ***Ni-Fe*** (1,00 $\Omega \cdot mm^2/m$)
- Slitiny ***Cr-Ni*** s přísadou ***Fe.*** (1,20 $\Omega \cdot mm^2/m$)

Skupiny podle použití:

- materiály pro měřící přístroje a odporové normály
- materiály pro regulační účely
- materiály pro topné účely

Materiály pro měřící přístroje a odporové normály, k výrobě přesných rezistorů

U těchto materiálů je důležité, aby se **hodnota odporu** za žádaných okolnosti **NEMĚNILA**

Vyžaduje se: poměrně velký měrný odpor, malý teplotní součinitel roztažnosti

Manganin je manganový bronz, obsahuje ***86% Cu, 12% manganu a 2% niklu.***

Slitina ***Cu-Mn 13-Ni*** (pracovní teplota do 60℃), lze dobře vytáhnout v tenký drátek (až do průměru 0.003 mm). Měrný odpor je 0.43 $\Omega \cdot mm^2/m$

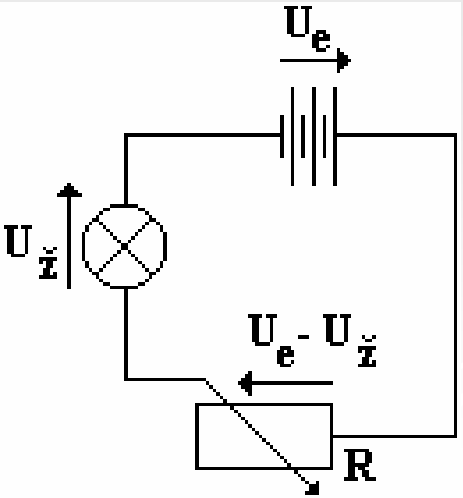
výhoda: stálost měrného odporu
použití: nejlepší materiál pro odporové normály a dekády pro měřící účely.

Materiály pro měřící přístroje a odporové normály, k výrobě přesných rezistorů

<u>Konstantan</u> je niklový bronz, obsahuje ***54-60% Cu, 40-45% niklu a 1% manganu.*** *Již název říká, že se jeho odpor s teplotou nemění.*

Slitina ***Cu-Ni 45-Mn*** (pracovní teplota do 60℃), lze dobře vytáhnout v tenký drátek (až do průměru 0.02 mm), nebo válcovat. Měrný odpor je 0.5 $\Omega \cdot mm^2/m$

<u>použití:</u> reostaty, nehodí se pro zvlášť přesné odpory



Materiály pro měřící přístroje a odporové normály, k výrobě přesných rezistorů

- **Materiál NBW (Ag-Mn-Sn)** slitina 78 % stříbra s manganínem (13%) a cínem (9%) , má větší odolnost proti chemickým vlivům

- **Slitina zlata s chromem** pro přesné měřící odpory,

Odporové materiály pro regulační účely

Vyžaduje se: tepelná odolnost, dostatečná pevnost při teplotách 100 až 200℃, nízká cena

Nikelin je niklový bronz, obsahuje 67% Cu, 31% niklu a 2% manganínu.

Slitina ***Cu-Ni 30-Mn*** (Měrný odpor je 0.4 $\Omega \cdot mm^2/m$

použití: běžné technické a regulační a spouštěcí reostaty. provozní teplota do 400 ℃.

Alpaka je niklová mosaz, obsahuje 60% Cu, 20% niklu a 20% zinku. (Měrný odpor je 0.4 $\Omega \cdot mm^2/m$, do teplot 350℃.

Odporové materiály pro topné účely

Vyžaduje se:

- musí vydržet vysokou provozní teplotu (i nad 1000 ℃)
- mají mít co největší měrný odpor
- mají mít malou teplotní roztažnost
- dlouhou životnost
- nesmí se okysličovat.

Slitiny niklu s chromem materiály pro vinutí, elektrických žehliček, pro regulační účely. Jsou žáruvzdorné a měrný odpor je 1 $\Omega \cdot mm^2/m$ (**Nichrom**, Cekas, Chronin)

Slitiny chromu, hliníku a železa materiály pro zvlášť vysoké teploty (1350℃), (**Kanthal**)

Vlastnosti odporových slitin

Odporový materiál	Měrný odpor [Ω mm²/m]	Teplotní součinitel odporu x 10^{-4}	Součinitel teplotní roztažnosti x 10^{-6}	Pevnost v tahu [kg/mm²]	Tažnost [%]	Použitelná teplota [°C]	Počátek tavení [°C]
Konstantan	0,50	−0,4	14,0	50	30	500	1227
Nikelin	0,40	1,1	16,0	44	15 až 30	400	1230
Manganin	0,43	0,1	18,0	55	25	300	960
NBW 139	0,61	0,8	—	45	1	300	900
Nichróm (cekas II)	1,05	1,4	14,0	75	30	1150	1400
Antoxyd	1,03	3,5	11,5	75	25	1100	1360
Megapyr I	1,4	0,4	15,5	80	15	1300	1500
Kanthal A 1	1,45	0,6	17,0	80	18	1350	1600
Megapyr II	1,20	0,4	11,6	65	14	1300	1475

Materiály pro pájky

Jsou určeny k vytvoření nerozebiratelných spojů kovových materiálů, spoj vznikne roztavením pájky, jejichž teplota je nižší než teplota tání spojovaných materiálů.

<u>Pájky dělíme na:</u>

- tvrdé (nad 400 ℃)
- měkké (220 až 450℃) …mají menší mech. odolnost
- nízkotavitelné (pod 220℃)

Materiály pro pájky - **tvrdé** (nad 400 ℃)

- **Měděné** pájky s přídavkem Ag, Ni, Mn (max 2%) s přídavkem Al, Si k pájení Wolframu

- **Mosazné** pájky s obsahem Zn (od 15 do 46%) s teplotou tání 1020℃, pro nižší teploty tání Cu-Zn-Sn, Cu-Zn-Ni, Cu-Zn-Ag

- **Stříbrné** pájky (mají výbornou tekutost, dobré mechanické vlastnosti), slitiny Ag-Cu-Zn-P, Ag-Cu-Cd-Zn (640 – 900℃), slitina **AgCu28** s teplotou tání 780℃ pro pájení ve vakuu.

- **Hliníková** pájka AlSi13 pro tvrdé pájení hliníku a jeho slitin s pájecí teplotou 580℃.

Materiály pro pájky - <u>měkké</u>

- slitiny **Pb-Sn** …k pájení mědi, zinku, slitin zinku, ocelí, litin.
  do 20% Sn …málotekuté

  Sn8-Pb (8% Sn)…..250-310℃ … spoje podřadné
  Sn25-Pb (25% Sn)…183-270℃ … pájení oceli, mědi
  Sn30-Pb (30% Sn)…183-250℃ … pro většinu
  Sn50-Pb (50% Sn)….183-210℃ … jemné pájení přístrojů

- **Pb-Sn-Cd,** za účelem úspory cínu

- bezcínové pájky **Pb-Sb** (10%) s teplotou tání 260℃

- Zinkocínová pájka **ZnSn30** s teplotou tání 320℃

- slitiny **PbAg3** s obsahem stříbra s pájecí teplotou 304℃.

Závěr

1. Elektrovodné materiály

Měď, hliník, stříbro
Slitiny hliníku. Bronzi

2. Odporové materiály

a) Pro běžné technické účely: Nikelin, konstantan, nichrom, ...
b) Pro měřící techniku: Manganin, isabellin, slitiny Au-Cr, NBW, ...
c) Pro topné účely: Nichrom, Kanthal, ...

3. Kontaktní materiály

- Stříbro a jeho slitiny
- Drahé kovy: Au, Pt, Pd
- Wolfram, molybden
- Slinutiny: W-Ag, Mo-Cu, W-Cu, Mo-Ag. Ag-CdO

4. Kovy a slitiny pro vakuovou techniku

- Zátavné kovy a slitiny: W, Mo, Fe-Cr, Fe-Ni-Co
- Konstrukční materiály: Ni, Fe, Cu, W, Mo, Ta, Ti
- Plátované konstrukční materiály: Ni/FE, Fe/Al, Ni/Fe/Ni