1. VÝROBA A ROZVOD ELEKTRICKÉ ENERGIE.

(druhy elektráren, druhy elektrických sítí, kde se jaké využívají, jaká mají napětí a proč, zajímavosti, práce pod napětím)

OBECNĚ A JEDNOTLIVÉ TYPY ELEKTRÁREN:

Z ekologického hlediska: zdroje obnovitelné a neobnovitelné.

Neobnovitelné zdroje energie
jejich množství je omezené, potenciální regenerace dlouhodobá a hrozí jejich brzké spotřebování (10-100 let). Většina elektrické energie se dnes vyrábí z neobnovitelných zdrojů, spalováním fosilních paliv v tepelných elektrárnách nebo štěpnou reakcí v jaderných elektrárnách. Spadají sem elektrárny:

- ***tepelné*** – uhelná
- jaderné.

Obnovitelné zdroje
v přírodě se samovolně regenerují (zdroje s velmi dlouhým horizontem vyčerpání, až miliardy let, např. slunce).
Elektrárny využívající obnovitelné zdroje:

- ***tepelné***, spalující biomasu
- ***vodní*** (včetně přílivových) – průtočná (Střekov na Labe), akumulační (Orlík, Slapy, Lipno, Vranov), přečerpávací (Dlouhé Stráně, Dalešice)
- větrné
- geotermální
- ***solární*** (tepelné nebo fotovoltaické).

DRUHY ELEKTRICKÝCH SÍTÍ

Sítě střídavé
používané pro všechny druhy napětí, protože střídavé napětí lze díky transformaci přenášet na značně dlouhé vzdálenosti. Střídavá síť může být jednofázová, nebo třífázová. ***Nejčastěji provozované sítě jsou třífázové.***

- vzniká sdružením tří jednoduchých střídavých proudů, jejichž napětí jsou proti sobě posunuta o třetinu periody → tzn. v jakémkoli okamžiku je součet okamžitých hodnot napětí roven nule $u_1 + u_2 + u_3 = 0$

Stejnosměrné sítě
historicky nejstarší sítě využívaly stejnosměrného napětí, které vyráběly první elektrárny (např. první elektrárna na Žižkově, kterou postavil František Křižík). Dnes se příliš neprovozují, ***protože vyrobené SS napětí nelze zvýšit nebo snížit pro přenos na dlouhou vzdálenost***. V některých zemích se využívá dálkového přenosu stejnosměrného velmi vysokého napětí.

Stejnosměrný proud
je nutné použít v obvodech, které využívají jeho vlastností – například proto, že obsahují součástky citlivé na směr proudu, například elektrolytický kondenzátor nebo tranzistor (počítače, mobily atd atd.).

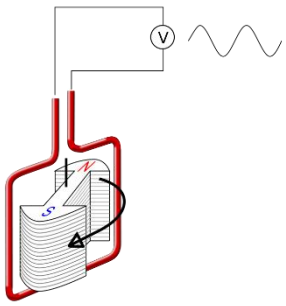
KDE SE JAKÉ VYUŽÍVAJÍ

Zdroje stejnosměrného proudu, které jsou nejrozšířenější

- ***galvanický článek*** – jedná se buď primární články (např. tužková baterie) určené k napájení spotřebičů s malým příkonem
- články sekundární – ***akumulátory*** – určené pro energeticky náročnější přenosné spotřebiče (např. mobilní telefon)
- ***fotovoltaický článek*** – používaný k napájení malých kapesních kalkulátorů, ale i pro stavbu mohutných fotovoltaických elektráren
- ***termočlánek*** – napájí meziplanetární sondy jako součást radioizotopového termoelektrického generátoru
- ***dynamo*** – dříve nejrozšířenější stejnosměrný zdroj, nyní zcela vytlačen alternátorem s usměrňovačem

- *usměrňovač* – umožňuje získat stejnosměrný proud ze střídavého, většinou síťového proudu

Generátory střídavého napětí = **alternátory**



- přeměňuje kinetickou energii rotačního pohybu na elektrickou
- má dvě části – rotor a stator, přičemž ***rotor*** se otáčí a vytváří magnetické pole, zatímco ***stator*** je v podstatě krabička složená z mnoha měděných vinutí ovinutých kolem dutého železného jádra
- když se rotor uvnitř statoru roztáčí, otáčí se i jeho magnetické pole a toto otáčení vytváří elektrický proud ve vinutí statoru, který je následně shromažďován a posílám do elektrické sítě
  - je v nich vyráběn střídavý proud cca o kmitočtu 50 Hz
- v elektrárnách pracují na napětích pouze několik kV, pro přenos na velké vzdálenosti je lepší použít vyšší přenosové napětí, kdy pro přenesení stejného výkonu postačí menší proud → napětí alternátorů se zvyšuje pomocí transformátorů

JAKÉ NAPĚTÍ A PROČ

Zvyšováním napětí zvyšujeme přenášený výkon, aniž bychom zvyšovali ztráty přenosem. Elektřina se přenáší vzájemně propojenými vedeními jednotlivých přenosových soustav. Přenosovou soustavu v České republice provozuje státní společnost ČEPS, a. s. Mezinárodně je síť sedmnácti vedeními propojena se sítěmi dalších členů ENTSO-E (Evropská síť provozovatelů přenosových soustav elektřiny).

- Úlohou ČEPS je udržet rovnováhu mezi spotřebou a výrobou jak v době maximální spotřeby (12 000 MW), tak i minimální (5 000 MW).

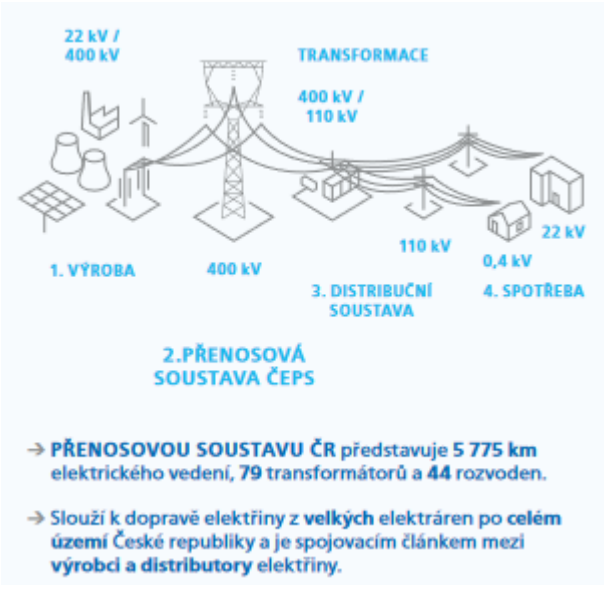
Rozdělení napětí dle velikosti (udávají se vždy sdružené hodnoty napětí)

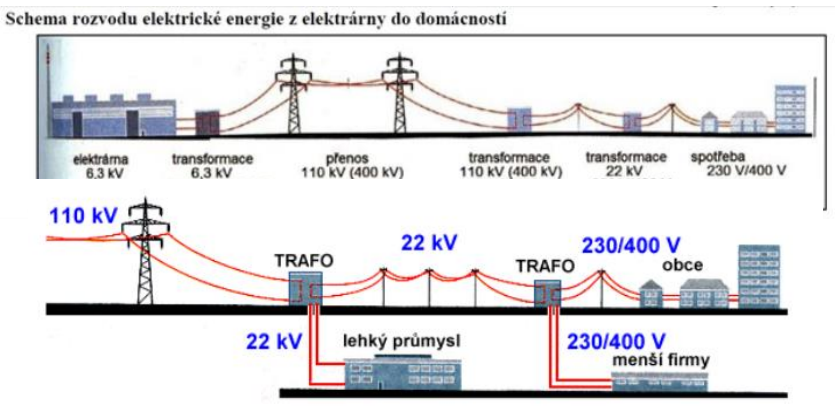
Napěťové stupně podle elektrotechnických norem	**hodnoty**	**distribuce v ČR na napěťových úrovních**
malé napětí (mn)	do 50 V	sítě na úrovni nízkého napětí ***400/230 V***
nízké napětí (nn)	do 1000 V	
vysoké napětí (vn)	do 52 kV	sítě na úrovni vysokého napětí 3, 6, 10, ***22 a 35 kV***
velmi vysoké napětí (vvn)	do 300 kV	sítě na úrovni velmi vysokého napětí ***110, 220, 400 kV***
zvláště vysoké napětí (zvn)	do 800 kV	
ultra vysoké napětí (uvn)	více než 800 kV	

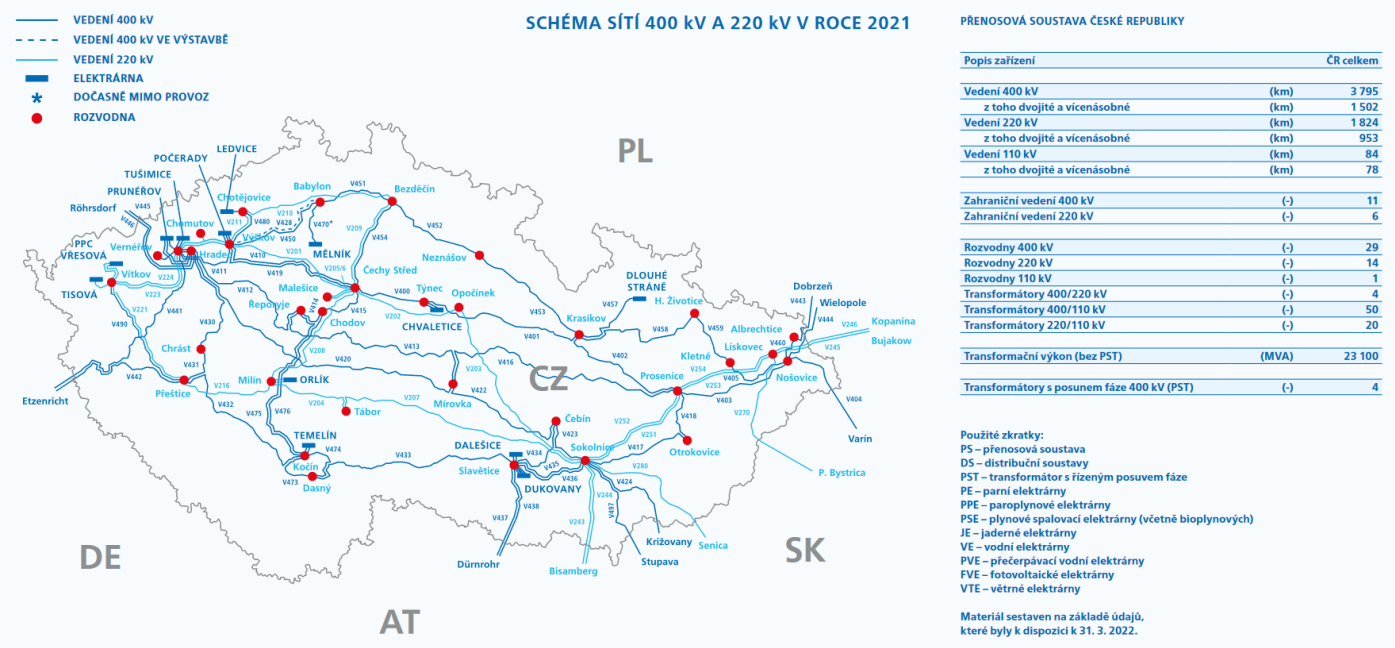
Používané hladiny napětí v ČR

- Rozvody NN (nízkého napětí) jsou 230/400V – po obcích, spotřebitelé
- Rozvody VN v ČR jsou 22kV a 35 kV – rozvody mezi obcemi
- Rozvody VVN pak 110, 220, 400 kV (existují i 750 kV, maximum, kam lze jít je 1500 kV, zatím nejsou) – mezistátní rozvody

V jiných zemích se pak používají i vyšší hodnoty např. 750 kV a 1 150 kV.







PŘENOSOVÁ SOUSTAVA ČESKÉ REPUBLIKY

Popis zařízení		ČR celkem
Vedení 400 kV	(km)	3 795
z toho dvojité a vícenásobné	(km)	1 502
Vedení 220 kV	(km)	1 824
z toho dvojité a vícenásobné	(km)	953
Vedení 110 kV	(km)	84
z toho dvojité a vícenásobné	(km)	78
Zahraniční vedení 400 kV	(-)	11
Zahraniční vedení 220 kV	(-)	6
Rozvodny 400 kV	(-)	29
Rozvodny 220 kV	(-)	14
Rozvodny 110 kV	(-)	1
Transformátory 400/220 kV	(-)	4
Transformátory 400/110 kV	(-)	50
Transformátory 220/110 kV	(-)	20
Transformační výkon (bez PST)	(MVA)	23 100
Transformátory s posunem fáze 400 kV (PST)	(-)	4

Použité zkratky:
PS – přenosová soustava
DS – distribuční soustavy
PST – transformátor s řízeným posuvem fáze
PE – parní elektrárny
PPE – paroplynové elektrárny
PSE – plynové spalovací elektrárny (včetně bioplynových)
JE – jaderné elektrárny
VE – vodní elektrárny
PVE – přečerpávací vodní elektrárny
FVE – fotovoltaické elektrárny
VTE – větrné elektrárny

Materiál sestaven na základě údajů, které byly k dispozici k 31. 3. 2022.

ZAJÍMAVOSTI

- nejvyšší stožár v ČR měří skoro 70 m a nachází se na jižní a severní Moravě
  - např. rozhledna Petřín je o 6 m nižší než nejvyšší stožár ČEPS!
- nejtěžší stožár váží 89 tun a nachází se před rozvodovnou Praha-Chodov
- ČEPS přenese 65 000 GWh elektřiny za rok
  - spotřeba elektřiny na jednoho obyvatele ČR činí 6229 kWh, jeden obyvatel by tedy spotřebovával objem přenesené elektřiny téměř 11 miliónů let

PRÁCE POD NAPĚTÍM

Práce pod napětím je veškerá práce, při které se osoba úmyslně dostává do styku s živými částmi nebo zasahuje do ochranného prostoru bud' částmi svého těla, nářadím, vybavením, nebo předměty, se kterými pracuje. Při této činnosti musí být zajištěno stabilní postavení pracovníka a musí mít obě ruce volné pro práci. Osoby musejí mít vhodné oblečení a odpovídající ochranné prostředky a pomůcky.

Jednotlivé typy:
Práce na vzdálenost – práce, při kterém osoba zůstává v určité vzdálenosti od živých částí a vykonává práci izolovanými tyčemi.
Práce v dotyku – práce s izolačními rukavicemi
Práce na potenciálu – práce, při které osoba vykonává práci v přímém styku s živými částmi, které mají potenciál těla a vhodnou izolaci proti okolí.
Práce pod napětím musí být zakázána nebo přerušena

- při silném větru, špatné viditelnosti nebo když osoby nemohou snadno ovládat nářadí.
- v případě blížící se bouřky nesmí být práce pod napětím zahájena nebo musí být přerušena.
- při složité práci, musí být zajištěno přímé komunikační spojení mezi pracovištěm a příslušným řídícím stanovištěm.

Bezpečný proud střídavý je do 3,5 mA, stejnosměrný do 10 mA, bezpečné prostředí je s nižší vlhkostí a teplotou (tady je ideal stejnosměrné napětí do 100 V a střídavé do 50 V)

- ***zvláště nebezpečné prostředí*** je s vysokou vlhkostí a vysokou teplotou (tady ještě ***bezpečné stejnosměrně do 24 V*** a střídavé do 12 V)

U střídavého nejnebezpečnější hodnota frekvence mezi 50-60 Hz (frekvence elektrické sítě), protože je blízká frekvenci pumpování srdce

- střídavý: od 0,5-3 mA pociťujeme v místě dotyku brnění a mravenčení → 1-8 m A dráždí nervy, stoupá krevní tlak → od 10 mA je sevření tak silné, že vodič nelze pustit z ruky → 20 mA může mít škodlivé následky (poškození tkání) → 25 mA způsobuje zástavu dýchání → 35 mA přechodná zástava srdce → 80 mA+ †

- stejnosměrný: 2 mA-25 mA pociťujeme mravenčení → 150 mA je sevření svalů tak silné, že vodič nelze pustit → 180 mA přechodná zástava srdce → 300 mA †

Velký podíl na odporu těla má odpor kůže + se snižuje v závislosti na psychickém stavu a alkoholu (může klesat až o stovky Ω!)

- odpor těla při napětí 230 V je přibližně 100-2500 Ω

První pomoc: je nutné přerušit spojení těla se zdrojem proudu (nevodivou holí, suchým oděvem/botami, u vn nutno vypnout proud) → oživování úderem pěstí do krajiny srdeční

2. DRUHY ELEKTRÁREN A PRINCIP ČINNOSTI.

(popiš jednotlivé druhy, jejich činnost, sfázování, kdy a proč, turbíny, generátory asynchronní/synchronní)

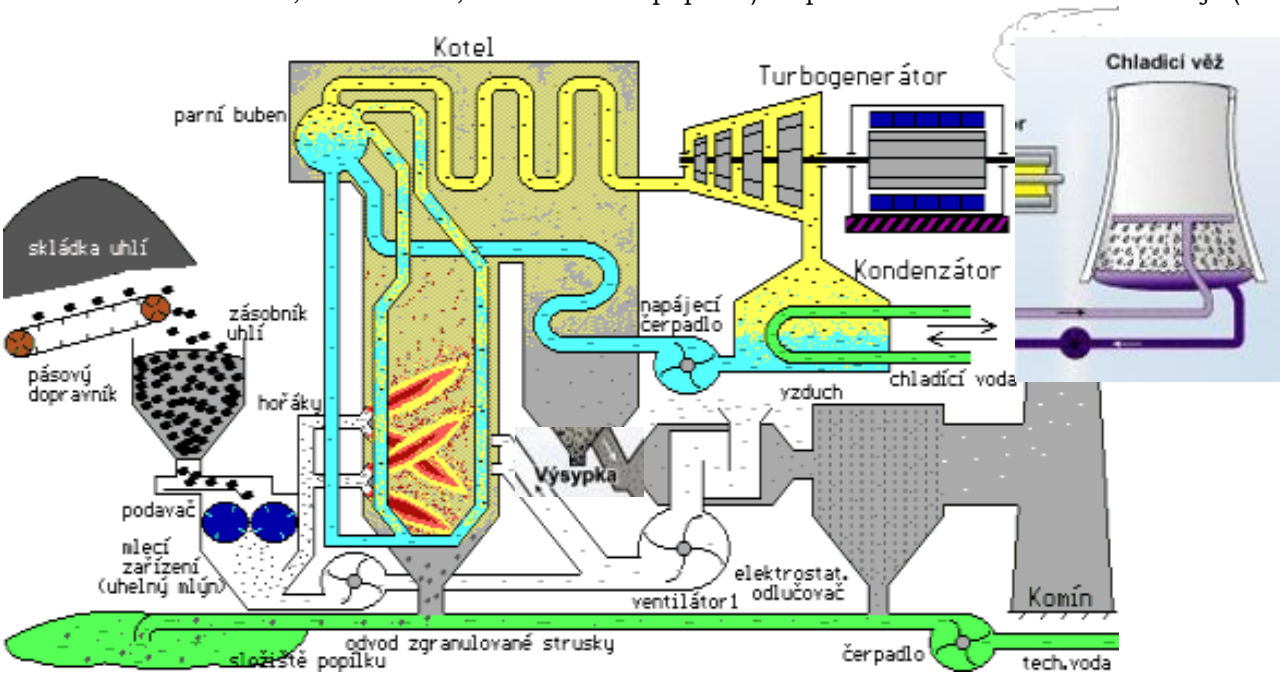
DRUHY ELEKTRÁREN

Elektrárny vyrábějí elektrickou energii. Rozlišujeme:

- ***tepelné elektrárny*** – uhelné elektrárny, jaderné elektrárny (většinou se neřadí mezi tepelné, ale mají velmi podobný princip funkce), paroplynové
- ***elektrárny využívající obnovitelné zdroje*** – větrné, sluneční, na bioplyn/biomasu, geotermální, vodní

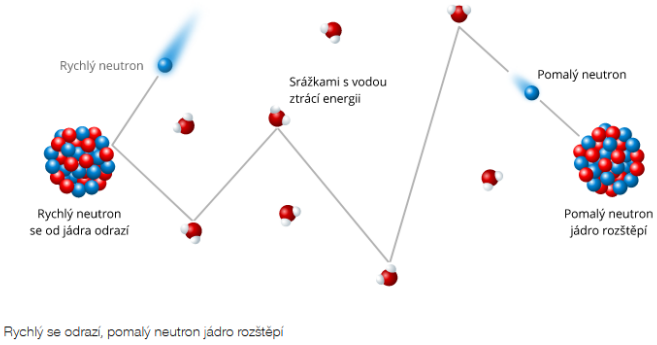
Uhelná elektrárna – v klasických tepelných elektrárnách se v kotli ohřívá voda, přeměňuje se v páru, která uvádí do pohybu turbínu, ta pohání alternátor, který elektřinu vyrábí (je odváděna vedením vysokého napětí)

- před spalováním se uhlí musí vysušit a v mlýnici se rozdrtí na uhelný prach
- stěny kotle jsou pokryty systémem vodního potrubí
- uhelný prach se fouká předehřátým vzduchem do ***kotle***, kde shoří (v kotli teplota 1300 °C) → vznikající teplo se předá vodě → uvnitř potrubí se voda mění v páru → ***přehřátá pára*** (500-550 °C) roztáčí ***lopatky turbíny*** (3000 otáček za minutu), které roztáčí hřídel ***generátoru*** → pára po roztočení lopatek má už jen 40 °C a v ***kondenzátoru*** se dále ochlazuje a sráží se ve vodu a vhání se čerpadly zpět do kotle
  - chladící voda (co se používá ke kondenzaci páry) se ochlazuje v ***chladících věžích*** (výška až 150 m), v nichž se teplá voda rozstřikuje a chladí venkovním vzduchem → chladná voda z bazénu pod věžemi se čerpá zpět do kondenzátoru
- v ***elektrostatických odlučovačích*** se ze spalin odstraňují znečišťující látky (prach, saze, popílek)
  - systém elektrod, kolem nichž spaliny procházejí (částice prachu ve spalinách se elektrostaticky nabíjí na nabíjecích elektrodách a přitáhnou se k opačně nabitým sběrným elektrodám, ze kterých se mechanicky oklepávají do výsypek)
- výhodou je poměrně velký výkon, nevýhodou znečišťování životního prostředí (produkce velkého množství emisí, vzniká až 3,5 milionu tun popílku) a spalování neobnovitelného zdroje (uhlí)



Jaderná elektrárna – stejná jako klasická elektrárna uhelná, rozdíl ve zdroji tepla – teplo vzniká jaderným štěpením

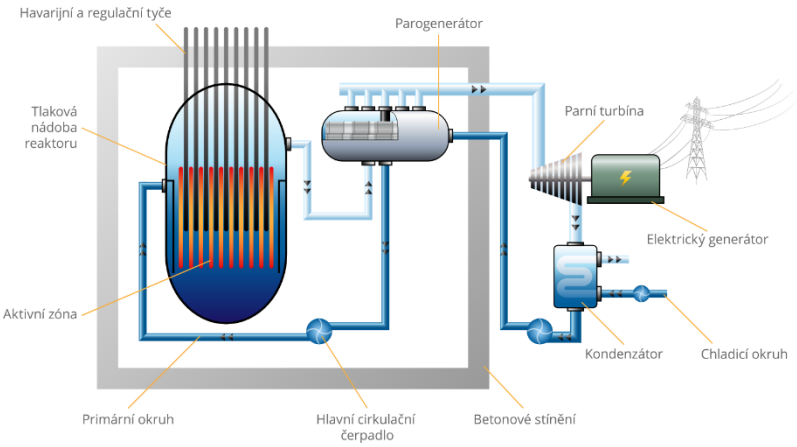
- palivem je obohacený uran (zvýšený obsah izotopu U^{235} z cca 0,07 % přírodních na 2,5 %)
- výhoda: výroba je efektivní a spolehlivá, dá se dobře regulovat, cena paliva tvoří pouze malou část z ceny elektřiny, prakticky nulové exhalace a stále se zvyšující bezpečnost
- nevýhoda: vysoké náklady na výstavbu, problém vyhořelého paliva, havárie (1984 Černobyl, 2011 Fukušima)
- 35 % z celkové výroby elektřiny v ČR
- štěpná reakce: projektil zvaný ***neutron*** je z pomyslné zbraně vystřelen směrem ***k jádru*** → nestabilní uranové jádro jej pohltí, rozkmitá se a ***rozpadne se na dva štěpné produkty***
    - kromě nich ale z místa rozpadu vyletí ještě další 2 až 3 neutrony → dochází k zřetězení štěpení jader uranu (neutrony jednoho štěpení vyvolají další štěpení) a tím k soustavnému uvolňování energie rozpadu



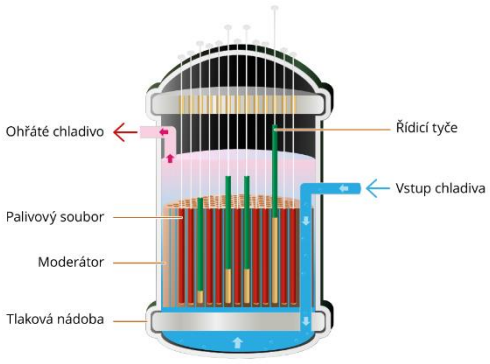
Rychlý se odrazí, pomalý neutron jádro rozštěpí

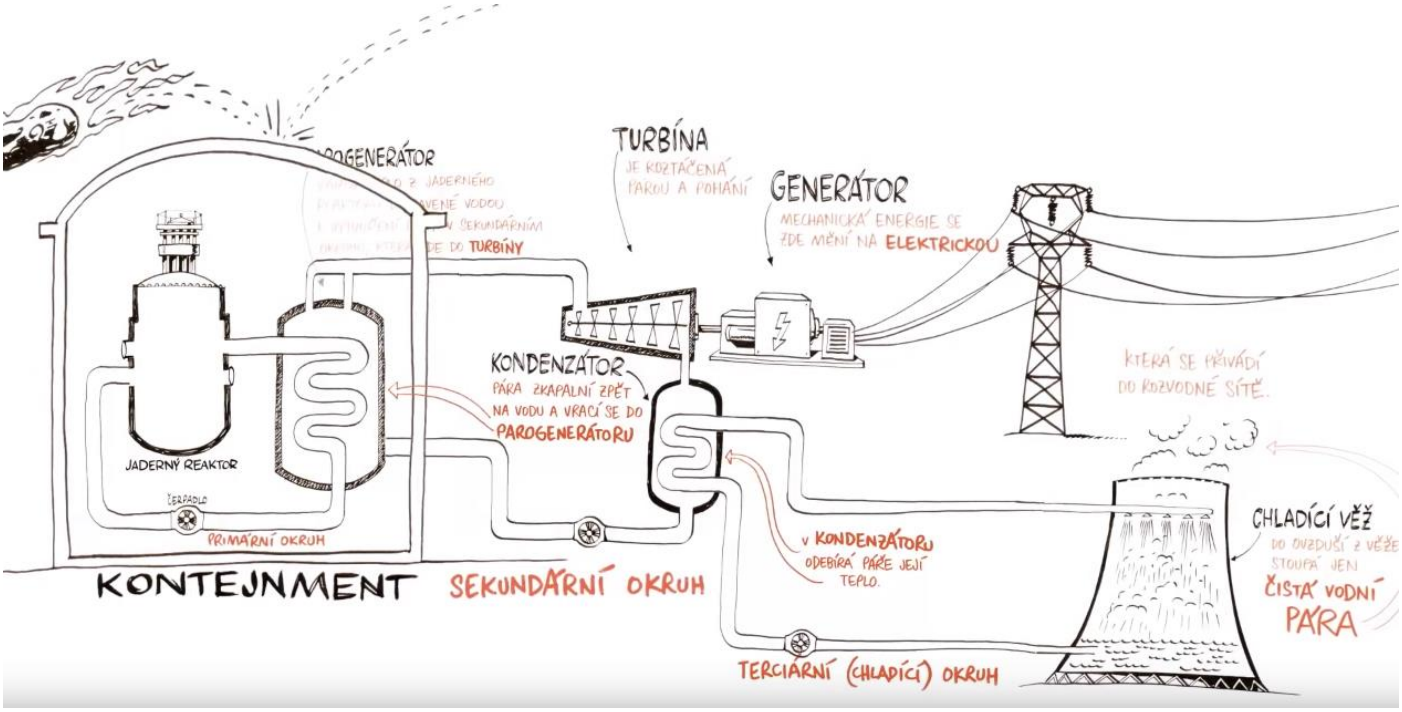
    - při štěpné reakci vznikají neutronové projektily, které letí prostorem obrovskou rychlostí → když narazí do jádra paliva, s velkou pravděpodobností se od něj pouze odrazí jako pingpongový míček od bowlingové koule → aby došlo k rozštěpení jádra paliva, musí neutron letět podstatně pomaleji → a to je práce pro zpomalovače (***moderátory***) neutronů – látky tvořící určité překážky v dráze neutronů
        - při každé srážce neutronu s moderátorem se neutron trochu zbrzdí (odevzdá část své energie), až je z něj po několika srážkách ***pomalý neutron, schopný rozštěpit další jádro***
    - do reakce jeden neutron vstupuje a 2 až 3 z něj vystupují → pokud by každý nový neutron vyvolal další štěpení, jejich počet by lavinovitě rostl a sled jaderných reakcí by přerostl ve výbuch → v jaderném reaktoru tomu zabraňují ***pohlcovače (absorbátory***) neutronů – materiály, které ***odchytávají přebytečné neutrony*** (jsou z nich vyrobeny řídicí tyče)
        - množství odchytávaných neutronů se řídí mírou zasunutí pohlcovačů mezi palivo
        - povytahováním kadmiových tyčí řídil svůj první reaktor Enrico Fermi (1942), koncentrací kyseliny borité (absorbátor) a vytahováním tyčí s bórem se řídí většina reaktorů dnešní doby
    - ***řízení pracujícího reaktoru (zasouváním nebo vysouváním řídicích tyčí) je vlastně udržování řetězové štěpné reakce na stejné úrovni*** → křehká rovnováha v počtu štěpících neutronů se malinko vychýlí jen při zvyšování výkonu reaktoru nebo při jeho odstavování
        - v podstatě je to jako v kotli na uhlí (i ten potřebuje ke spalování určité množství vzduchu a pokud je vzduchu víc, hoření je intenzivnější a výkon kotle roste, pokud je vzduchu míň, spalování probíhá nedokonale a výkon klesá)
    - teplo vzniklé při štěpení jader uranu ohřívá palivové proutky → pokud bychom toto teplo neodváděli pryč z reaktoru, palivové články by se roztavily a bylo by zaděláno na havárii → proto je základní zásadou bezpečnosti všech jaderných elektráren zachování spolehlivého ***chlazení reaktoru*** (odvádění tepla)

TLAKOVODNÍ REAKTOR PWR



- nejpoužívanějším médiem, které plní funkci ***chladiva i moderátoru***, je obyčejná ***voda*** → aby si zachovala kapalné skupenství i při vysokých teplotách (okolo 300 °C), musí cirkulovat pod vysokým tlakem (i přes 12 MPa)





SFÁZOVÁNÍ, GENERÁTORY

Kdysi se k výrobě elektřiny používaly stejnosměrné generátory, dynama. Později byly nahrazeny **alternátory vyrábějícími přímo střídavý proud**. Střídavý proud má proti stejnosměrnému velkou výhodu.

- v transformátorech lze totiž zvýšit jeho napětí, a tím předejít ztrátám způsobeným odporem vodiče při rozvádění elektřiny na velké vzdálenosti
- hřídel alternátoru je připojena ke hřídeli turbíny, celá jednotka se otáčí rychlostí 3 000 otáček za minutu
- elektřina vyrobená z generátoru má napětí 10 -15 kV podle velikosti generátoru → vede se do blokového transformátoru a transformuje se na velmi vysoké napětí
- u většiny velkých elektráren je to 400 kV a od vývodového blokového transformátoru se odvádí venkovním vedením do rozvodné sítě

Všechny větší uhelné, ale i vodní a jaderné elektrárny jsou propojeny sítí elektrického vedení. Tato soustava s velmi vysokým napětím 220 kV a 400 kV dopravuje velké elektrické výkony od elektráren přes rozvodny do napájecích uzlů v krajích a okresech, odkud se po snížení napětí na 110 kV nebo 22 kV dostávají tzv. distribuční sítí až k odběratelům, kde se napětí dále transformuje.

K tomu, abychom mohli alternátor vyrábějící elektrickou energii připojit přes transformátor k této elektrizační soustavě, musí mít vyráběná elektřina stejné parametry jako ta, která již v ní teče. **Alternátor je proto třeba nafázovat**.

Při fázování se používají dva způsoby:

- přesné fázování (přesná ***synchronizace***) = alternátor musí dávat stejně velké napětí jako je napětí v síti (nesmí být mezi nimi fázový posun, kmitočet a sled fází napětí alternátoru musí odpovídat napětí sítě)
- ***asynchronní*** fázování (samosynchronizace) = nenabuzený alternátor se roztočí na otáčky blízké synchronním, zapne se na síť a okamžitě se přibudí → alternátor se tím sám vtáhne do synchronismu

S tím, jak se spotřeba elektrické energie postupně zvyšovala, stavělo se v elektrárnách víc kotlů, turbín a generátorů. Později se přešlo na tzv. **blokové uspořádání elektráren**.

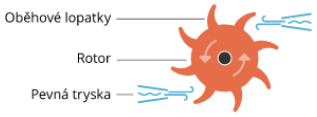
- Elektrárenský blok znamená v podstatě samostatnou výrobní jednotku elektřiny sestávající se z jednoho kotle, navazující turbíny a příslušenství, generátoru, odlučovačů popílku, chladící věže a blokového transformátoru.
- Celá elektrárna se skládá z několika bloků, které mají společnou pouze správní budovu, uhelné hospodářství, vodní hospodářství, komín a společnou elektrickou síť za blokovými transformátory, do které dodávají vyrobenou energii.
- Blokové uspořádání elektrárny přináší řadu výhod:
    - V případě havárie nebo při špatných rozptylových podmínkách lze blok či několik bloků odstavit, aniž by se výrazně ohrozily dodávky elektrické energie do rozvodné sítě.
    - V poslední době dochází ke zcela plánovitému odstavování bloků, které se nejvíce podílely svými emisemi na znečišťování životního prostředí.

TURBÍNY

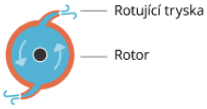
Parní turbíny jsou nejpoužívanější tepelné rotační lopatkové motory sloužící k přeměně vnitřní energie páry na mechanickou (otáčení rotoru turbíny).

- rovnotlaká akční turbína = k expanzi a poklesu tlaku páry dochází jen při jejím průtoku rozváděcími lopatkami
- přetlaková reakční turbína = k expanzi a poklesu tlaku páry dochází na lopatkách obou kol turbínového stupně
- v sekundárním okruhu temelínských bloků měří turbína s generátorem 60 m a váží asi 2000 tun, má 3000 otáček za minutu, její nejdelší lopatka měří 1, 22 m

IMPULSNÍ TURBÍNA



REAKČNÍ TURBÍNA



3. ROZVOD ELEKTRICKÉ ENERGIE V DOMĚ.

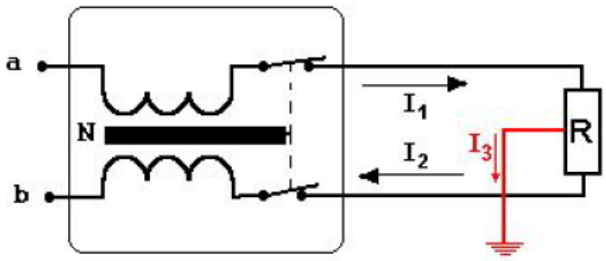
(ochrana proti nebezpečnému dotyku, proti zkratu, proti přepětí, činnost proudového chrániče, značení a průřez vodičů, řazení vypínačů, zapojení zásuvek a zástrček, instalační a montážní schéma, zásady poskytnutí první pomoci při úrazu elektrickým proudem)

OCHRANA PROTI NEBEZPEČNÉMU DOTYKU

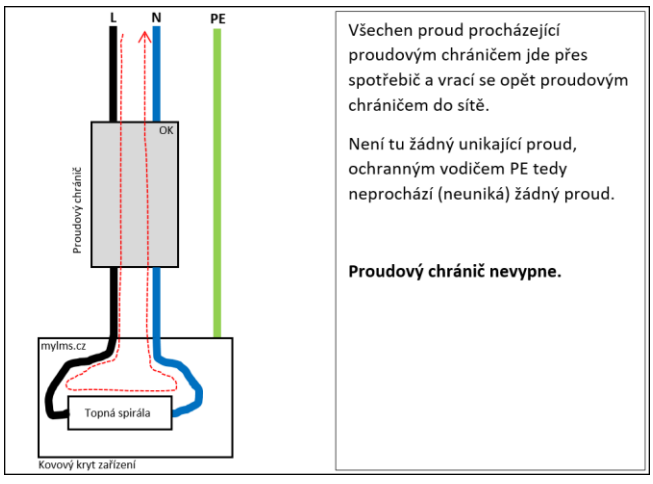
- ***izolace vodičů***, například nevodivou gumou.
- proudový chránič

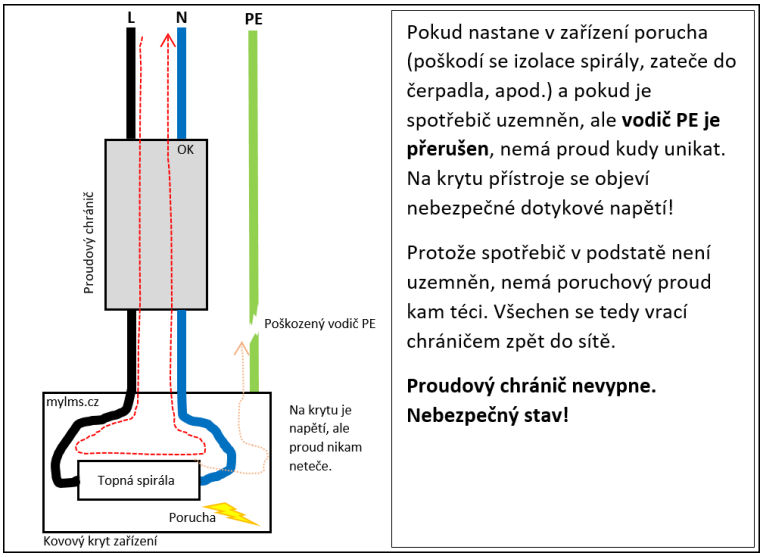
Proudový chránič (fičko) – elektrický přístroj, který odpojí chráněný elektrický obvod, pokud část přitékajícího proudu uniká mimo obvod, například při poškození izolace nebo při dotyku člověka. Proudové chrániče jsou velmi citlivé. Běžné typy pro zásuvkové obvody domovních instalací mají předepsanou citlivost 30 mA a fungují v rozsahu od 15 mA do 30 mA unikajícího proudu.

- **Princip** je jednoduchý – chránič měří/detekuje unikající proud z obvodu. Zjednodušeně řečeno: Všechen proud, který jde do spotřebiče, musí jít „nulákem“, nebo jinou fází zpět do zásuvky. Pokud jde proud vodičem PE, nebo jinudy (do země, …), je to vyhodnoceno jako porucha. Pokud unikající proud překročí určitou mez (běžně 30 mA, 100 mA, 300 mA) chránič vypne a odpojí chráněný obvod. Do chrániče se připojují všechny pracovní vodiče (tedy všechny fáze a střední nulový vodič, tzv. „nulák“). Ochranný vodič PE se nesmí připojit a vodiče PE a N se za chráničem nesmí spojit. Vodič PEN se v instalaci s chráničem neuvažuje, proto nelze použít proudový chránič v síti TN-C*. Za chráničem je vždycky síť TN-S.
- Víc technicky: Pokud je přitékající proud I_1 roven odtékajícímu proudu I_2, zůstává relé sepnuté. V okamžiku, kdy dojde k poruše a část proudu (I_3) začne téci např. přes lidské tělo do země, změní se intenzita magnetického pole vytvářeného superpozicí magnetických polí dolní cívky a horní cívky a dojde k rozepnutí kontaktů.



- ***měří rozdíly mez přívodem a odvodem proudu*** (např. do lednice poteče 500 mA, zpět 469 mA, ale kdyby odtíkalo 400 mA, tak to odpojí a rozdělí proud – obvykle rozdíl 10-30 mA v rámci 10-30 ms → čím vyšší proud, tím rychlejší odpojení)





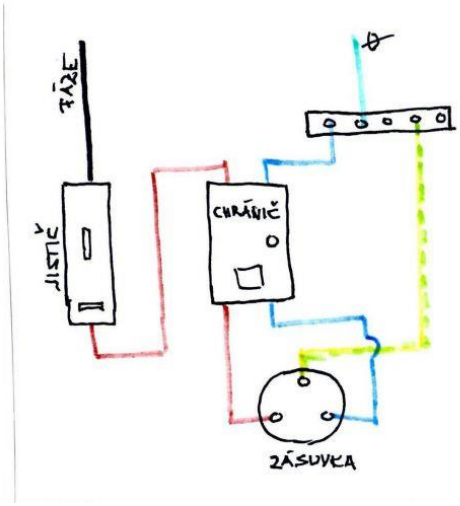
- ***sleduje spotřebu a pokus zjistí větší rozdíl, tak obvod odpojí*** (= pokud unikající proud překročí citlivost chrániče)
- ***kontroluje zkraty, únik energie*** X JISTIČ kontroluje, jestli se nepřepálí vodiče – hlídá dodávku energie a brání riziku shoření kabelů X POJISTKA – nejslabší místo v el. obvodu, přerušuje obvod, když vznikne chvilkové nadměrné přetížení
- ***zapojení***: napojení na tři fáze (meziprvek: z rozvaděče na proudových chránič a pak na zásuvku)

Druhy dotyku
Styk člověka s elektrickým zařízením se může uskutečnit jako:
- ***Jednopólový dotyk*** – je dotyk těla jedné fáze, přičemž stojíme na vodivé podložce.
- ***Dvoupólový dotyk*** – je dotyk těla, stojícího na izolované podložce, kdy se člověk chytne dvou fází. Dvoupólový dotyk se stává nebezpečným, jestliže se člověk současně dotkne (přiblíží) dvou částí s rozdílným potenciálem, zpravidla částí, které jsou určeny k vedení proudu, tedy částí živých. Takový dotyk je nebezpečný, i když není napájecí soustava (síť) v žádném bodě trvale spojena se zemí. V sítích, jejichž určitý bod je záměrně trvale spojen se zemí (v trojfázových sítích je to uzel napájecího zdroje) je však nebezpečný i jednopólový dotyk, při čemž se člověk současně dotýká cizí vodivé části, která má, nebo je blízká potenciálu země. K jednopólovému dotyku nejčastěji dochází při poruše izolace a napětí se z živé části dostane na část neživou, tj. část, na níž normálně napětí není, avšak může ho dostat při nahodilé poruše.

Dotyk může být také nahodilý (*neúmyslný*) nebo *úmyslný*

OCHRANA PROTI ZKRATU

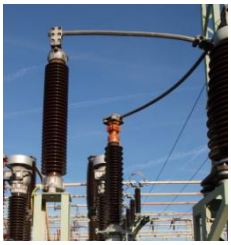
Dojde-li ke zkratu, je třeba co nejrychleji **přerušit elektrický obvod**.
K ochraně elektrického obvodu proti zkratu slouží elektrické **pojistky** a **jističe**.
- U ***pojistky*** se vlivem tepla roztaví tenký drátek, u elektromagnetického ***jističe*** silné magnetické pole přitáhne kotvu a vypne obvod.
    - Kombinovaný jistič obsahuje navíc bimetalový pásek, který se teplem ohýbá a obvod se vypne i při slabším (slabě vyšším než jmenovitým), ale dlouhotrvajícím elektrickém proudu.
    - Citlivější přístroje (elektronické přístroje) často obsahují přístrojovou pojistku (tavnou pojistku), která se větším teplem přepálí. Zničené tavné pojistky je nutno vyměnit vždy za stejnou, výrobcem předepsanou hodnotu proudu.
- Jističe se dají zapnout do opětovného provozu přepnutím páčky, příp. stisknutím tlačítka.



Není-li v obvodu pojistka ani jistič, je třeba vypnout obvod ručně. **Není vhodné se dotýkat vodivých částí obvodu rukou,** ale použít k tomuto účelu elektrický izolant.
Někdy se elektrický obvod při zkratu přeruší *samovolně,* dojde-li energie elektrického zdroje nebo dojde-li k přepálení vodičů. To však již znamená poškození obvodu.
Prevencí proti zkratu je používat kvalitní nepoškozené elektrické spotřebiče, v žádném případě nezapojovat vadné nebo amatérsky vyrobené přívodní šňůry, nepoužívat elektrické spotřebiče ve vlhkém prostředí, nevystavovat je nadměrnému teplu a dodržovat další běžné zásady bezpečné práce s elektrickými zařízeními.

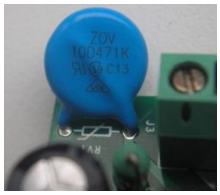
OCHRANA PROTI PŘEPĚTÍ

Přepěťové ochrany chrání elektrická zařízení před poškozením izolace přepětím vyšším, než které je schopná izolace vydržet. Nazývají se též "bleskojistky" nebo "svodiče přepětí".
- Za přepětí můžeme považovat ***napětí (U),*** které je oproti jmenovitému napětí (Un) dvojnásobné. Překročení jmenovité hodnoty napětí Un o 10-20 % je považováno za normální provozní stav. Nastavená ochranná hladina, kdy přepěťová ochrana začne omezovat napětí průchodem vnitřního proudu, musí být nižší, než je izolační hladina zařízení.



Bleskojistka, alias GDT (*gas discharge tube*) má obvykle formu keramického válečku se dvěma, nebo třemi vývody. Uvnitř je jedno, nebo dvě jiskřiště a několik napěťově závislých odporových bloků zapojených do série. Výhodou bleskojistek je, že vydrží velký proud, obvykle stovky A až 1,5 kA, nevýhodou poměrně velký rozptyl zapalovacího napětí a při vyšším napájecím napětí (stovky V) je nutné, by nějaký další prvek vypnul proud a tím zhasl výboj.
- ventilové bleskojistky se usazují na přívodu vedení do rozvodny, k transformátorům apod.
- vyfukovací mají horší ochranné vlastnosti – při přeskoku na jiskřišti se fáze spojí se zemí a dojde ke zkratu → pouze pro ochranu venkovních vedení do 22kV

Varistor, alias VDR (voltage dependent resistor), konstrukčně připomíná velký keramický kondenzátor. Místo dielektrika má ale materiál, který začne být od určitého napětí vodivý. Vyrábí se pro napětí v řádu jednotek až stovek V. Kromě napětí výrobci obvykle uvádějí maximální energii, kterou je varistor schopen nedestruktivně absorbovat. Bývá v řádu jednotlivých J až desítek J. Při jejím překročení se mohou parametry změnit, při ještě větším nastane trvalý zkrat. Někdy bývá rozlišena energie opakovatelná a neopakovatelná.



- ke stabilizaci stejnosměrných napětí, ochrana relé kontaktů před přepětím
- elektrický odpor závisí pouze na přiloženém napětí, lépe absorbuje velké množství energie (např. v síti 230 V)
- je nainstalován paralelně s obvodem, který chrání (proto při napěťovém impulzu chráněného obvodu energie nevstoupí do zařízení, ale je rozptylována ve formě tepla na varistoru) → pokud je pulsní energie příliš vysoká, varistor shoří

ZNAČENÍ A PRŮŘEZ VODIČŮ

Vodiče jsou důležitou součástí elektrických rozvodů. Každý vodič má jádro a izolaci, dohromady tvoří žílu. Nemá-li docházet k jejich záměně, což může mít i tragické následky, je důležité, aby byly jednotně nazývány i označovány. Proto rozlišujeme:

- **fázový vodič –** přenáší el. energii do spínače/zásuvky, v zásuvkách vlevo
  - připojen na svorku L (live)
- **střední/nulový vodič** – vodič připojený na střed /nulový bod (uzel) zdroje, bez ohledu, zda je spojen se zemí či nikoliv (ss síť).
  - u nás nemá napětí proti zemi
  - vrací proud do sítě, připojen na svorku N (neutral)
- **ochranný vodič** – úmyslně vedený vodič pro spojení částí neživých za účelem ochrany před nebezpečným dotykovým napětím bez ohledu na to, zda je současně vodičem pracovním či nikoliv
- **PEN vodič** – spojující funkci nulového a ochranného (uzemnění) vodiče.
  - musí mít nejmenší průřez 10 mm^2 u Cu (C) a 16 mm^2 u Al (A)

Značení vodičů a svorek

Název vodiče	Značka vodiče	Značka svorky		Barva holého vodiče	Barva izolovaného vodiče
1. Fáze	L1	U	A	Oranžová + jeden černý pruh	černá, hnědá, šedá
2. Fáze	L2	V	B	Oranžová + dva černé pruhy	černá, hnědá, šedá
3. Fáze	L3	W	C	Oranžová + tři černé pruhy	černá, hnědá, šedá
Střední st	N	N		Světle modrá	Světle modrá
Ochranný	PE	PE		Zeleno-žlutá	Zeleno-žlutá
Vodič PEN	PEN	PEN			Zeleno-žlutá s modrými konci
Kladný	L+	C	(+)	Rudá (červená)	červená
Záporný	L-	D	(-)	Tmavě modrá	Tmavě modrá
Střední	M	M		Světle modrá	Modrá
Ochranný	PE	PE		Zeleno-žlutá	Zeleno-žlutá

Proudová zatížitelnost kabelů
Orientačně dle ČSN 3320000-5-523

Vodiče Cu								
Průřez	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25
Max. proud	16	20	27	35	46	65	86	115

Vodiče Al						
Průřez	2,5	4	6	10	16	25
Max. proud	21	28	37	46	64	97

Při průchodu el. proudu vznikají ve vodiči ztráty, které rostou s teplotou → ***přehřívání izolace, poškození kabelku shořením izolace*** → proto při určování průřezů vodičů mus íbýt zohledňováno:

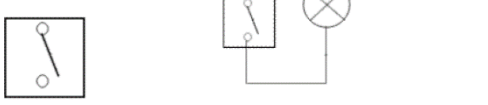
- maximální procházející proud, teplota okolí, izolace vodiče, povolený úbytek napětí na vodiči, vliv skin efektu
  - fyzikální děj, při kterém dochází k vytlačování el. proudu k povrchu vodiče → v důsledku se s rostoucí frekvencí zvyšuje elektrický odpor vodiče (ale můžeme omezit tak, že vodič rozdělíme v podélném směru na větší počet vzájemně izolovaných vláken, která neumožňují průtok vířivých proudů v příčném směru)

SCHÉMATA ZAPOJENÍ VYPÍNAČŮ

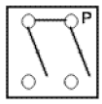
***Řazení 1* – jednopólový vypínač**

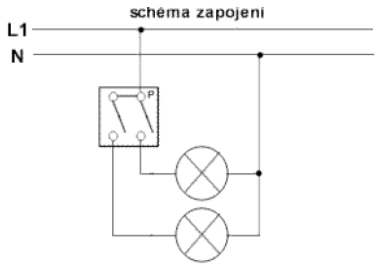
POUŽITÍ – spínání jednoho světelného okruhu z jednoho vypínače

V tomto světelném obvodu je zapojen ***jeden spínač a jedna, nebo více žárovek paralelně.*** Používá se v drtivé většině místností s jedním vchodem, v ložnicích, malém pokoji, koupelně, WC.



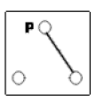
***Řazení 5* – sériový vypínač**

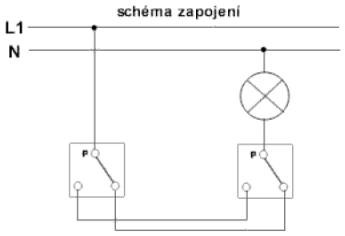




POUŽITÍ – spínání dvou světelných okruhů z jednoho vypínače (obývací pokoj s dvojramenným lustrem)
V tomto světelném obvodu je zapojen ***jeden spínač s řazením 5 a dvě světla,*** každé ovládané samostatně. Používá se většinou v koupelnách (strop a zrcadlo), obýváku (dvojramenný lustr), ložnicích apod. Jedním vypínačem („dvouklapkou“) lze rozsvítit dvě světla.

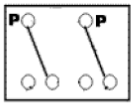
***Řazení 6* – střídavý vypínač**

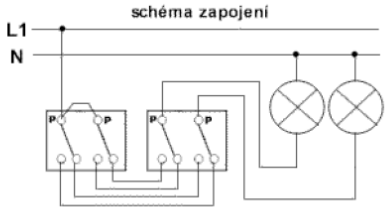




POUŽITÍ – spínání světelného okruhu ze dvou míst (chodba, schodiště). Pro správnou funkci nutno použít další vypínač stejného typu, nebo rozšířit obvod o spínač ř.7 nebo 6+6.
V tomto světelném obvodu jsou zapojeny ***dva spínače a jedna, nebo více žárovek paralelně***. Používá se na krátkých chodbách a na schodištích (přístup pouze ze dvou stran). Jako spínače se používají spínače s řazením 6, což jsou jednoduché přepínače.

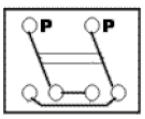
***Řazení 6+6* – dvojitý střídavý vypínač**

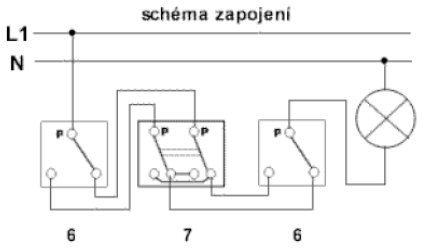




POUŽITÍ – spínání dvou světelných obvodů ze dvou, samostatných míst (chodba, schodiště) a musí být použity vždy dva vypínače společně.
V tomto světelném obvodu jsou zapojeny ***dva spínače a dvě, nebo více žárovek paralelně***.
Jedná se o ovládání osvětlení rozděleného do dvou větví (dvě světla) ovládané ze dvou míst. Používá se na chodbách a na schodištích (přístup pouze ze dvou stran), nebo obývací pokoj s víceramenným lustrem ovládaným ze dvou míst.
K tomuto účelu se použije dvou kombinovaných spínačů řazení 6+6 (dřívější označení 5B).

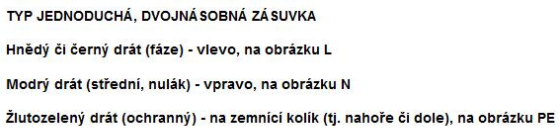
Řazení 7 – křížový vypínač

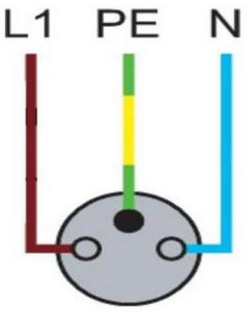




POUŽITÍ – pro spínání chodeb a schodiště s možností vypnutí či zapnutí ze třetího místa. Používá se vždy společně s vypínači č.6
V tomto světelném obvodu jsou zapojeny ***tři a více spínačů a jedna, nebo více žárovek paralelně***. Používá se na místech, kde je potřeba rozsvěcet z většího počtu míst; typicky větší a delší chodby a schodiště. Jako spínače se používají spínače s řazením 7, na obou stranách zakončenými spínači s řazením 6.

ZÁSUVKY





Zapojení zásuvky na 230 V (dříve 220 V) není nijak složité, jen je zapotřebí pečlivosti při připojování jednotlivých vodičů, které nelze zaměnit! Vždy zapojujeme **fázový vodič L** (černý nebo hnědý) na levou zdířku, **nulový vodič N** (modrý) na pravou zdířku a **ochranný vodič PE** (zelenožlutý) na kolík.
Při zapojování je třeba se bát, aby nebyla izolace vodičů přichycena pod šroubky a taktéž je zapotřebí nechat přiměřenou rezervu pro pozdější případné opravy. „*Vlevo fáze, vpravo nulák, kdo to neví, ten je čurák*“.

ZÁSADY PRVNÍ POMOCI

Dostat postiženého z dosahu elektrického proudu buď jeho odsunutím (odvalením, odtažením) prostřednictvím izolovaného předmětu, např. dřevěnou latí, pruhem látky apod., nebo, je-li to možné, vypnutím přívodu elektrické energie. Ať je příčina úrazu jakákoliv, nesmíte se dotknout postiženého, dokud se nepřesvědčíte, že byl proud vypnut a že nehrozí žádné nebezpečí.

- Je-li postižený v bezvědomí, zkontrolujte jeho puls a dýchání.
- Nezjistíte-li puls, začněte s nepřímou masáží srdce.
- Je-li postižený v bezvědomí a dýchá, uložte ho do stabilizované polohy.

- Přivolejte lékařskou pomoc. Zde je vhodné připomenout telefonní číslo 155 na záchrannou službu a číslo 112 na tísňová volání.
- Uložte postiženého na rovnou a pevnou podložku a klekněte si u něj v úrovni hrudníku.
- Přiložte prostředník a ukazovák k dolnímu okraji hrudní kosti a k nim dolní hranu zápěstí druhé ruky.
- První ruku přiložte zápěstím na druhou (prsty se nesmějí dotýkat hrudníku a ruce se dotýkají jen hrudní kosti).
- Hrudní kost stlačujte rovnými pažemi do hloubky 4 až 5 cm rychlostí 60 až 70krát za minutu. Po každém stlačení vyčkejte opětovného rozepnutí hrudníku.
- Správně prováděná srdeční masáž se pozná podle hmatného tepu na krkavici.

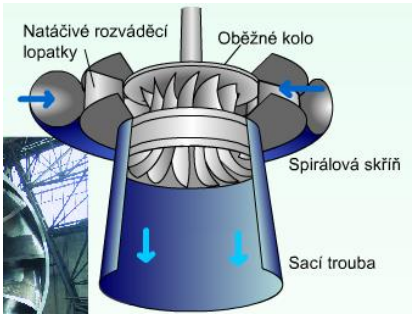
4. ALTERNATIVNÍ ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE.

(druhy, výhody, nevýhody, princip činnosti)

Z hlediska výroby elektrické energie sice nehrají rozhodující roli, jejich význam však spočívá v šetrném přístupu k životnímu prostředí a případně v možnostech budoucího využití ve větším rozsahu.
K obnovitelným zdrojům energie se v podmínkách ČR řadí využití ***energie vody, větru, slunečního záření, biomasy a bioplynu, energie prostředí využívaná tepelnými čerpadly, geotermální energie a energie kapalných biopaliv.***
V rámci Evropské unie došlo k dohodě na zvýšení ambice u cílů pro obnovitelné zdroje a energetickou účinnost. Členské země EU budou muset specifikovat svůj příspěvek ke splnění těchto cílů v připravovaných integrovaných energeticko-klimatických plánech. Cílová hodnota pro podíl obnovitelných zdrojů na spotřebovávané energii se z původních 27 % zvýšila na 32 %, což pro elektřinu v roce 2030 znamená nadpoloviční podíl výroby z obnovitelných zdrojů, a tedy i zmenšování prostoru pro klasickou energetiku.

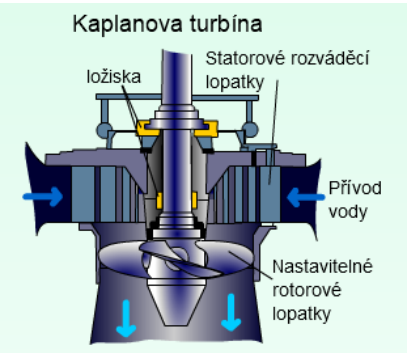
VODNÍ ELEKTRÁRNY

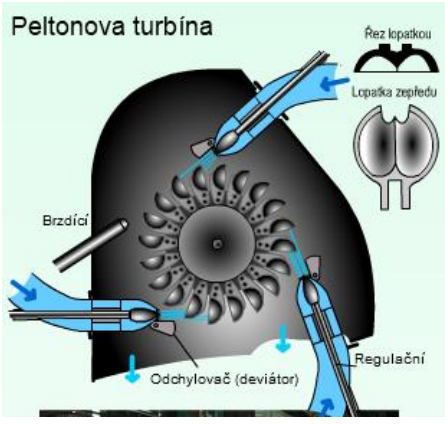
V českých zemích má využívání vodní energie dlouholetou tradici. Od přímého mechanického pohonu zařízení mlýnů, pil a hamrů až k přeměně na elektrickou energii. Nejstarším zařízením tohoto typu v Čechách byla vodní elektrárna v Písku, vybudovaná v roce 1888. Byla zřízena v návaznosti na velký úspěch propagačního osvětlení centra města Františkem Křižíkem 23. června 1887. (Písek se stal prvním městem v Čechách se stálým veřejným elektrickým osvětlením). Také v Praze existovaly již na začátku 20. století dokonce dvě vodní elektrárny – na Těšnově a na Štvanici. Postupně se budovala ***vltavská kaskáda*** a další přehradní díla osazená vodními turbínami na Labi, Ohři, Dyji, Moravě a Jihlavě. Později byly pro potřeby pokrytí špičkových výkonů postaveny na Moravě přečerpávací vodní elektrárny Dalešice a Dlouhé stráně. K historicky nejstarším a významným malým vodním elektrárnám provozovaným v českých zemích patří elektrárna Želina z roku1908, Hučák a Čeňkova pila z roku 1912.



Princip činnosti: voda roztáčí turbínu, která je na hřídeli s elektrickým generátorem (dohromady tvoří turbogenerátor) → mechanická energie vody se mění na energii elektrickou, která se transformuje a odvádí do míst spotřeby

- turbíny: ***Kaplanova*** (pro spád 5-85 m, výkon 0,5-200 MW, průměr 2,5-10 m, nastavitelné rozváděcí lopatky regulují množství vody přicházející na turbínu a optimalizují výkon), ***Francisova*** (pro spád 40-700 m, výkon 1-500 MW, průměr 1-7,5 m, může pracovat i v čerpadlovém režimu, kdy je kolo roztáčeno generátorem, např. v Dalešicích), ***Peltonova*** (pro spády 150-1200 m, výkon 1-350 MW, průměr 1-7,5 m, na společné hřídeli s generátorem mohou být i dvě oběžná kola, regulační jehla mění průtočný průřez tryskou, při rychlém odstavení se proud vody odkloní pomocí deviátoru)

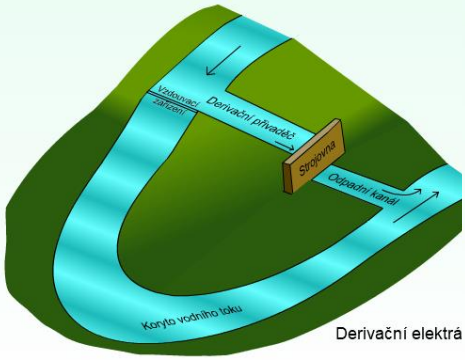




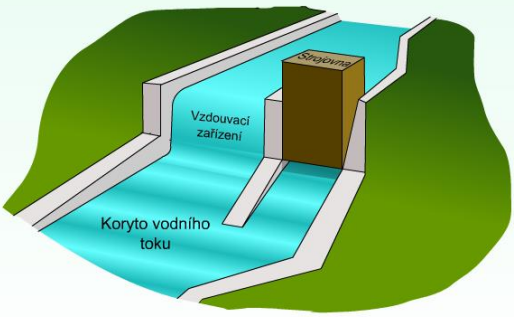
Druhy:

- ***akumulační*** = akumulace vody a spád je zajištěn přehrazením řeky, elektrárny jsou umístěny hned pod přehradou, využívají řízeného odběru vodu z akumulační nádrže podle potřeb, dále stabilizují vodní toky, chrání před povodněmi, jsou zdrojem pitné vody či technologické pro průmysl a zemědělství
  - středotlaké (spád 20-100 m), vysokotlaké (spád nad 100 m)

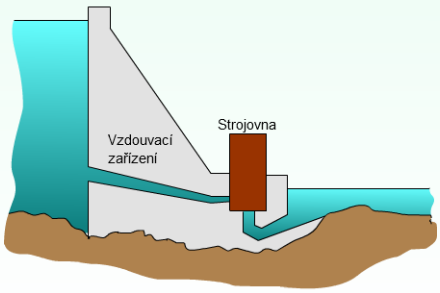
- ***průtočné*** = využívají přirozený průtok řeky, který nelze ovlivnit (z nemožnosti regulace průtoku vody jsou využívány pro pokrytí základního zatížení)
    - jezové = využívají jezu pro vzedmutí hladiny a soustředění spádu (ten je mezi 10-20 m), nízkotlaké elektrárny
    - derivační = využívají derivačního přivaděče (potrubí, kanál), který odvádí vodu z koryta řeky k turbíně elektrárny → voda je pak vrácena odpadním kanálem zpět do řečiště
- ***přečerpávací*** = využívají dvou různě výškově položených vodních nádrží a akumulují energii v podobě potenciální energie vody, která je čerpána do výše položené nádrže za využití přebytečné el. energie → při potřebě e.- energie naopak voda proudí skrz turbínu a generátor
- ***přílivové/slapové*** = využívají periodického opakování přílivu/odlivu
- malé vodní elektrárny = zdroje elektřiny s výkonem do 10 MW, většinou jen jako sezónní zdroje



Derivační elektrá



Jezová vodní elektrárna

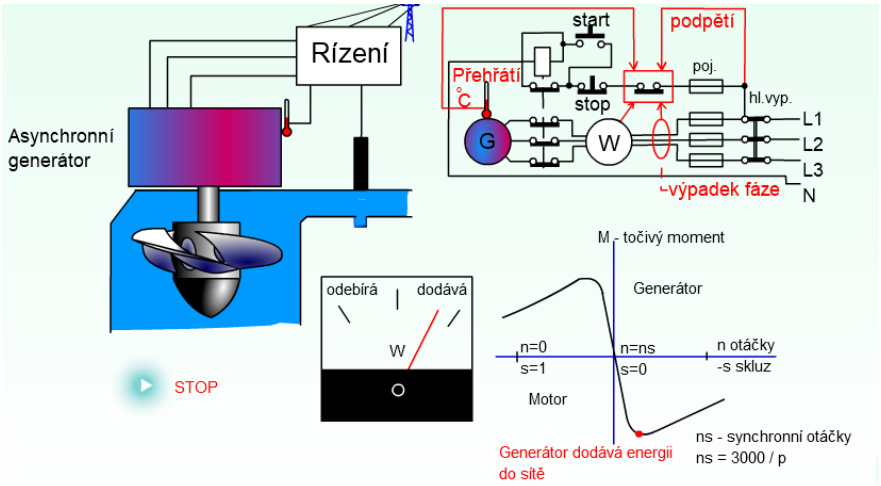


- např. Brno Komín, Pardubice, Hradec Králové…

Výhody: ekologické (neznečišťují ovzduší, nedevastují krajinu, bezodpadové), nezávislé na dovozu surovin, vysoce bezpečné, rychlé na spuštění a výrobu elektřiny

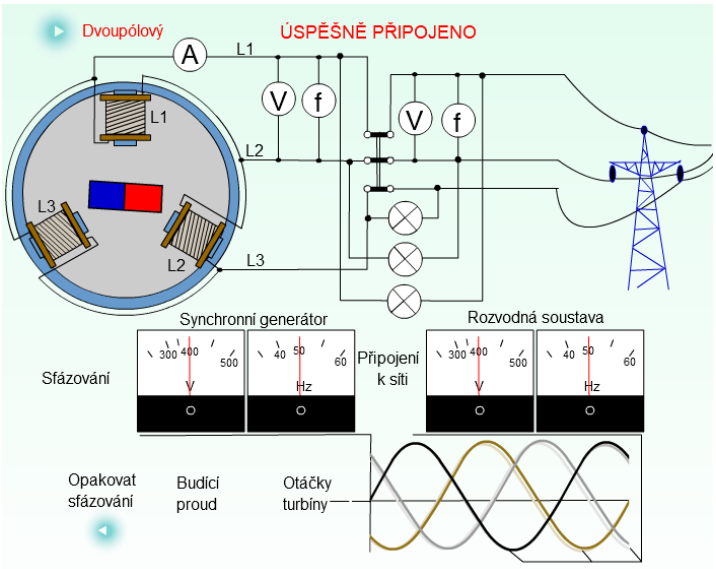
Energii do sítě dodává hydrogenerátor – ***asynchronní stroj*** v malých vodních a větrných elektrárnách.

- turbína je zpočátku otevřená, generátor se připojí k síti a začne pracovat jako elektromotor a dosáhne asynchronních otáček → obsluha otevře přívod vody k turbíně → ta začne generátor zrychlovat, až jej roztočí na nadsynchronní otáčky, čímž začne dodávat energii do sítě → dojde k mechanickému zatížení a stroj se na těchto otáčkách ustálí



Pokud chceme k síti připojit **synchronní generátor, musíme ho fázovat na síť**!

- napětí, kmitočet, sled fází i fáze připojovaného generátoru je stejné jako napětí, kmitočet, sled fází a fáze sítě
- jedním z nejstarších způsobů fázování je ***fázování na tmu***
    - napětí generátoru je závislé na otáčkách a buzení proudu statorem, frekvence je závislá na otáčkách turbíny
    - nastavíme otáčky turbíny, poté buzením nastavíme shodu napětí a počkáme, až všechny tři fáze generátoru a rozvodné sítě budou ve fázi
    - rozdíl napětí mezi nimi je velmi malý (všechny žárovky zhasnou), pak lze připojit generátor do sítě
    - připojení v nevhodný okamžik může způsobit zničení připojovaného generátoru



SLUNEČNÍ ELEKTRÁRNY

Rozptylem slunečního záření v atmosféře vzniká ***záření difuzní*** (k rozptylu dochází odrazem záření na molekulách plynů tvořících atmosféru, na prachových částicích nebo v oblacích, taky odrazem od zemského povrchu).

- na rozdíl od přímého nevrhá stíny a dopadá na zemský povrch ze všech možných směrů, jeho velikost přitom závisí na znečištění ovzduší, oblačnosti a charakteru zemského povrchu

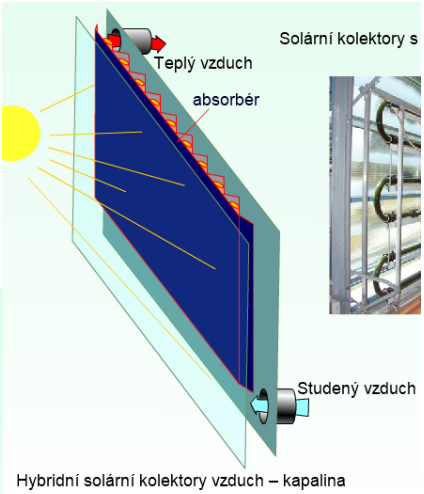
Představu o možnosti využití sluneční energie nám dává **informace o intenzitě globálního záření** (přímé + difuzní), protože kapalinové solární kolektory toto záření využívají.

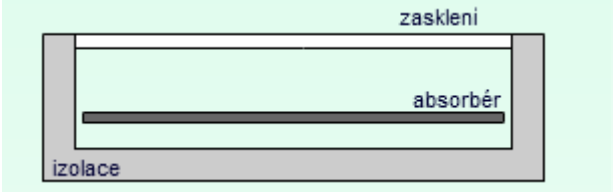
Elektrickou energii ze slunce lze získat:

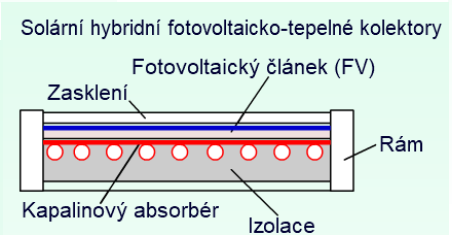
- **přímou přeměnou** = využití fotovoltaického jevu, při kterém se v určité látce působením světla (fotonů) uvolňují elektrony
  - fotovoltaický článek je tvořen tenkou destičkou z monokrystalu křemíku, z jedné strany je obohacena (třeba bórem), z druhé taky (arzenem) → když na destičku dopadnou fotony, záporné elektrony se uvolňují a zbývají kladně nabité díry → pokud přiložíme na obě destičky elektrody a spojíme je drátem, začne protékat elektrický proud
    - *1 cm² dává proud okolo 12 mW, tzn. 1 m² může dát v letní poledne až 150 W stejnosměrného proudu*
    - články se zapojují za sebou (abychom dosáhli potřebného napětí, na jednom článku je 0,5 V), nebo vedle sebe (/abychom získali větší proud)
- **nepřímou přeměnou** = získání tepla pomocí slunečních sběračů
- chemická = pomocí slunečního záření rozložíme vodu na vodík a kyslík → původní energie se uskladní jako chemická a při slučování obou plynů (při okysličování vodíku) vzniká opět voda → nahromaděná energie se uvolní jako teplo (při hoření) nebo v palivovém článku jako elektrický proud
  - ***palivový článek*** je měnič, ve kterém se energie chemická mění v elektrickou (účinnost 90 %, zatímco generátory fosilních elektráren 35 % + provoz článků je čistý, jejich produktem je jen voda, pracují bezhlučně a lze jimi získávat elektřinu pro domácnost s výkonem 12 kW → možná budoucnost?)

Kolektory:

- ***kapalinové*** = teplonosná látka (voda / nemrznoucí směs vody a propylenglykolu)
  - relativně lehká konstrukce, schopnost využít i difuzní záření
  - přijímá záření, které je částečně odraženo a částečně přeměněno v teplo (část tepla se odvádí teplonosnou látkou, část odchází zpět do okolního prostředí ve formě tepelných ztrát a část se akumuluje v těle kolektoru)
  - zasklení snižuje celkové tepelné ztráty a zvyšuje tepelnou účinnost
  - nezasklené nemají mezi laminací fotovoltaických článků a ochranným zasklením vzduchovou mezeru, mají vysoké tepelné ztráty, jejich funkcí je ohřev bazénové vody nebo předehřev studené (10-20 °C)
- ***vzduchové*** = pro předehřev čerstvého vzduchu
- ***neselektivní*** = neselektivní povlak (např. černý pohltivý nátěr) má značné tepelné ztráty vlivem sálání absorbéru
- ***spektrálně selektivní*** = velmi nízká odraznost a vysoká pohltivost ve vlnových délkách, ve kterých přichází 95 % slunečního záření, a naopak velmi vysokou odrazivost a malou pohltivost v oblasti infračerveného záření
  - např. vrstva boridu hliníku elektro-chemicky nanesená na leštěný hliníkový substrát



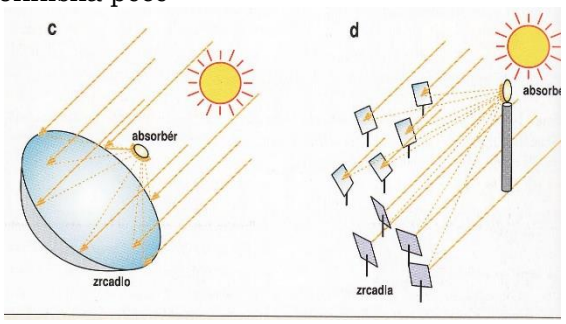


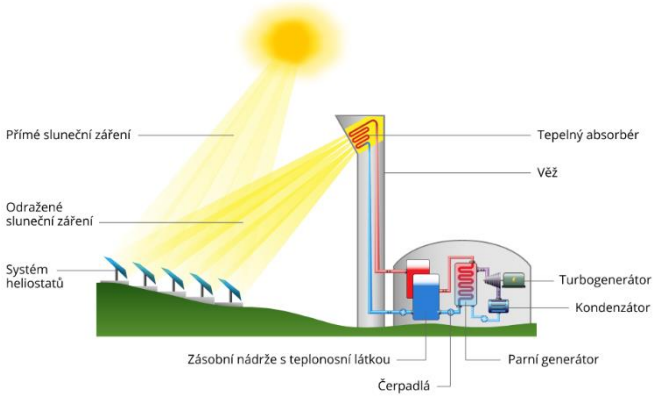


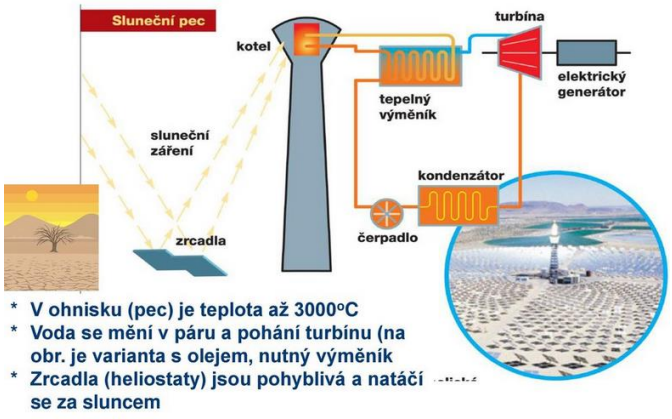
- účinnost kolektoru ovlivňuje: ↑propustnosti zasklení (zlepšení přístupu tepla k absorbéru), ↑pohltivosti absorbéru (zlepšení předání tepla z absorbéru na teplonosné látky), ↑tepelného odporu přední strany kolektoru (zasklením, vakuováním, použitím selektivního povrchu – dochází ke snížení vyzařování tepla), tepelná izolace kolektoru a vakuování (zamezuje ztrátám tepla ostatními stranami kolektoru)

Koncentrační parabolický systém: aby bylo možné tyto systémy efektivně využívat, je třeba je umístit do míst, kde je co nejvíc a co nejdéle nepřerušovaný sluneční svit!
je schopen pracovat pouze s přímým slunečním zářením

- ***princip činnosti*** spočívá v tom, že pomocí zrcadel soustředíme přímé dopadající záření do maloobjemového absorbéru → tím se zvýší dosažená teplota absorbéru na stovky až tisíce stupňů a výkon na MW
- ČR není vhodná pro širší využití koncentračních solárních systémů
- ***solární věž***: např. španělská Sevilla (solární věž s výkonem 20 MW, 1255 zrcadel, věž vysoká 165 m, paprsky směřují na věž, kde zahřejí vodu, který pohání turbínu generující elektřinu), Sicílie (jako médium využívána tekutá sůl, což je vhodnější materiál pro ukládání tepla, díky čemuž může pracovat 24 hodin denně)
- ***solární pec***: skládá se z velkého parabolického zrcadla o průměru několika až desítek metrů, které je nehybné a otočené k severu, za sluncem se otáčí soustavy zrcadel (heliostaty), které odráží paprsky na jih, na parabolické zrcadlo → od něj se odráží paprsky do ohniska pece
  - např. španělské Odeillo v Pyrenejích (54 m široké a 40 m vysoké parabolické zrcadlo, ohnisko je v hliníkovém válci, který musí být vodou chlazený, protože teplota až 4000 K)
  - zrcadla jsou naváděna tak, aby odrážela paprsky rovnoběžně do paraboly solární pece, parabola je pak soustředí do svého ohniska, kde se nachází absorbér tepla → směrují paprsky přicházející ze slunce od jeho východu až po západ vodorovně do paraboly







VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY

Využívání energie větru sahá až do starověku. Před 3 700 lety využívali v Mezopotámii energii větru k pohonu zavlažovacích zařízení. Dalším klasickým využitím větrné energie jsou mlýny na mletí obilí.
Výkon u nás až 2 MW, životnost cca 20 let.

- při rychlosti větru 50 km/h je obvodová rychlost konců listů rotoru kolem 300 km/h, při délce listu 40 m vykoná rotor přibližně 20 o/min → dost málo (generátor potřebuje víc než tisíc otáček) → převodovka (zvyšuje obrátky na úkor točivého momentu)
- mohou být vysoké 30 až 120 m, lopatky mohou být 50 až 115 m dlouhé

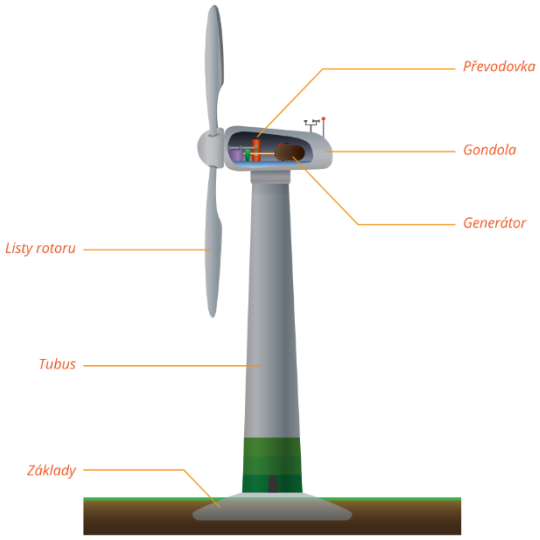
Výhody: ekologické (bez emisí, odpadů, odpadního tepla)
Nevýhody: hluk, nestálost proudění větru, malá koncentrace energie (pro získání větších výkonů je nutné stavět větrné parky), v zimě problém s námrazou

Druhy:

- využívající odporový princip = max. účinnost 15-20 %, větrné mlýny, Savoniova větrná turbína
- využívající vztlakový princip = listy rotoru mají tvar aerodynamického křídla a jsou obtékány proudícím vzduchem (na jedné straně vzniká podtlak a na druhé přetlak), účinnost 40-50 %

Princip činnosti: Působením aerodynamických sil na listy rotoru převádí větrná turbína umístěná na stožáru energii větru na rotační energii mechanickou. Ta je poté prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie (na podobném principu turbogenerátoru pracuje jak klasická, vodní či jaderná elektrárna). Je třeba zajistit efektivní a rychle pracující regulaci výkonu rotoru tak, aby se zabránilo mechanickému a elektrickému přetížení větrné elektrárny.

- Vzduch po horní straně profilu křídla obtéká rychleji čili působí na křídlo s nižším tlakem, než po spodní straně křídla, což vyvolá vztlak a letadlo vzlétne (vodorovná lopatka větrné turbíny by se taky vznesla, ale protože je jedním koncem pevně přichycena k náboji na hlavní hřídeli, začne se kolem ní otáčet)

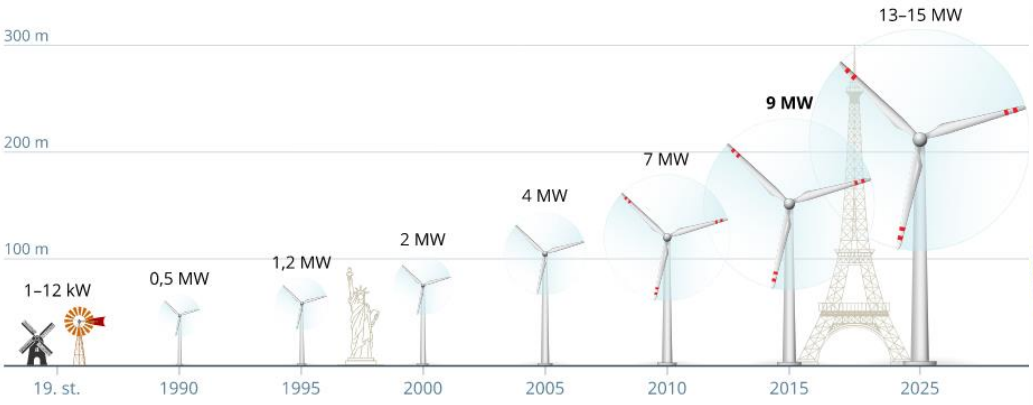


Největší větrná turbína na světě je v nizozemském Rotterdamu, výkon 13 MW, lopatky jsou dlouhé 107 m a je vysoká 238 m.

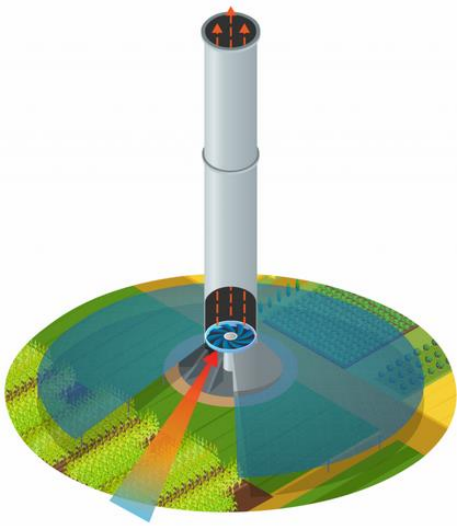
U nás větrné elektrárny v Janově (blízko Litomyšle, vysoké 80 m, listy dlouhé 40 m), jinak k roku 2020 přes 200 větrných elektráren (1,6 % elektřiny u nás vyrobené).

Nové trendy: existuje projekt konvenční elektrárny využívající proudění vzduchu při komínovém efektu → široký talíř při patě duté věže by se zahříval teplem a teplý vzduch by proudil do středu a stoupal věžovitým komínem vzhůru → cestou by roztáčel uvnitř věže větrné turbíny

- vzduch pod talířem by se ohříval na 70 °C a komínem by proudil rychlostí 260 km/h, přibližně 75 % plochy skleníku by se využilo pro pěstování zemědělských plodin
- *off-shore / plovoucí větrné el.*: překážkou až příliš hluboké moře, řešením tedy elektrárny na plovoucích platformách, které jsou ukotveny ke dnu (ve světě už jich několik je)



Trend vývoje modernějších větrných elektráren směřuje ke stále vyšším strojům s větším průměrem rotoru. Vyšší stožár vynese rotor do oblasti výrazně vyšších rychlostí větru a větší rotor sbírá energii z větší plochy



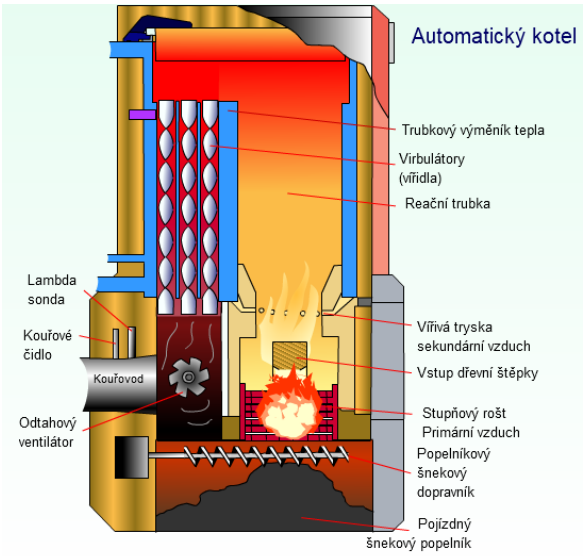
Solárně větrná elektrárna využívá ohřátí vzduchu slunečními paprsky. Proudění teplého vzduchu v komínu roztáčí větrné turbíny

ELEKTRÁRNY NA BIOMASU A BIOPLYN

Za základní zdroj biomasy se považují rostliny, které s využitím kysličníku uhličitého, sluneční energie a chlorofylu vytvářejí sacharidy a následně bílkoviny. V ČR jde většinou o ***dřevo*** (dřevní štěpka) či tříděný ***odpad, slámu*** a jiné zemědělské zbytky a exkrementy užitkových zvířat (***kejdy***) či o energeticky využitelný komunální odpad nebo plynné produkty vznikající při provozu čistíren odpadních vod.

Spalováním biomasy v kotlích vyrábějících vodu/páru dochází k rozkladu na hořlavé plyny a jiné látky. Při následné oxidaci se uvolňuje energie, oxid uhličitý a voda.

- při tom se uvolňuje teplo
- štěpky a pelety mají malý obsah popela (pod 2 %), slamnaté a travní materiály 4-7 %



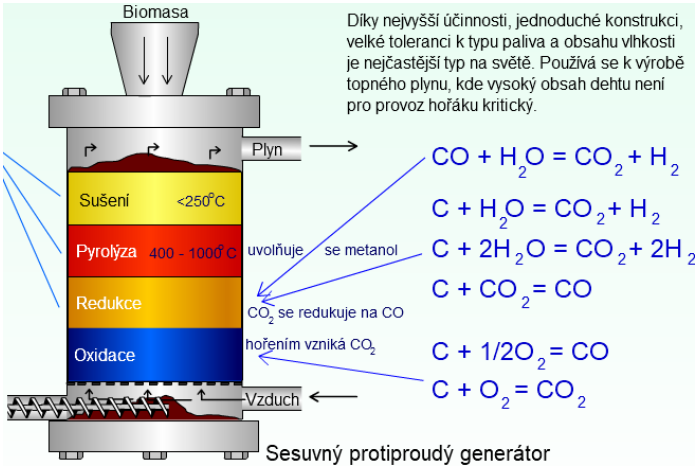
Kotel o výkonu 15 kW pro rodinné domy: plné automatizovaná zařízení s dobrými spalovacími vlastnostmi a nízkými emisemi, tepelný výkon je žízeň regulovaným přívodem paliva a vzduchu v závislosti na venkovní teplotě a požadované vnitřní teplotě

- průměrná účinnost je 80-90 %
- důležitou součástí kotle je hořák a systém uchycení roštu

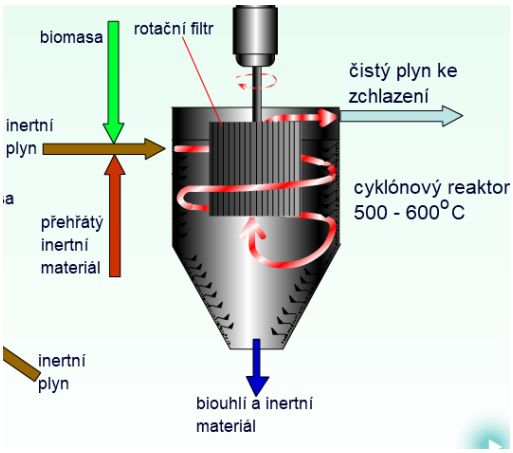
Kotle pro průmyslové podniky: výkon 1-8 MW, teplota vody 70-110 °C

- konstrukce ohniště umožňuje spalovat i méně kvalitní dřevní hmoty (o vysoké vlhkosti) → jedná se o směs pilin, odřezků, dřevní štěpky, hoblin…
- palivo je do kotle dopravováno pomocí hydraulického zavážecího lisu a před spalováním na roštu je protlačováno vyhřívaným tunelem za účelem předsušení

Zplyňování je termochemická přeměna uhlíkatého materiálu v pevném/kapalném skupenství na výhřevný energetický plyn pomocí zplyňovacích médií a tepla.



- bioplyn vzniká při rozkladu organických látek v zavřených nádržích bez přístupu kyslíku
  - plyn obsahuje výhřevné složky, doprovodné složky (CO2, H2O) a znečišťující složky (dehet, prach, sloučeniny síry, chlóru…)
- pyrolýza = tepelný rozklad organických materiálů za nepřístupu zplyňovacích médií (kyslík, vodní pára, vzduch)
  - biomasa je spolu s vyhřátým materiálem foukána do reaktoru, materiál biomasu okamžitě rozpálí na potřebnou teplotu → směs rotuje v reaktoru a tuhé části jsou odstředivou silou tlačeny na stěny, kde se jejich rotace zpomalí a z reaktoru vypadnou dolním otvorem, čistý plyn odchází z reaktoru vrchním otvorem
- přímé = teplo získáváno přímo v reaktoru oxidací (hořením) části paliva
- nepřímé = teplo se získává z okolí reaktoru
- fermentace biomasy = fermentací roztoků cukrů je možné vyprodukovat ethanol (vhodné materiály: cukrová řepa, obilí, kukuřice, ovoce, brambory) → vysoce vhodné kapalné palivo pro spalovací motory (ekologická čistota, ale neschopnost vázat vodu a způsobování koroze motoru)



Výhody: v podstatě nulová bilance oxidu uhličitého /množství tohoto plynu uvolněného do ovzduší spalováním je stejné jako to, které je zpětně vázáno do rostlin fotosyntézou v době jejího růstu v zemědělských a lesních porostech)

Dnes je běžné, že auta i autobusy jezdí na propan butan nebo zemní plyn. ***Kogenerační jednotka*** je upravený spalovací motor, který pohání třífázový generátor, který vyrábí elektřinu.

- teplo vzniklé provozem je využíváno např. na vytápění domů
- motor je upravený, že místo benzínu/nafty používá jako palivo plyn (zemní plyn, bioplyn, skládkový plyn, kalový plyn) a je řízen řídící elektronikou
- výkony od stovek až po desítky kW

GEOTERMÁLNÍ ELEKTRÁRNY

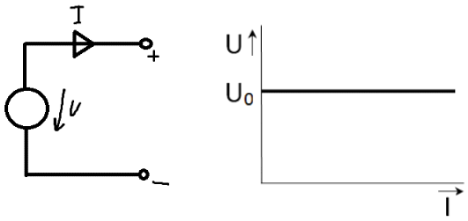
Využívají tepelnou energii z nitra Země, zejména ve vulkanicky aktivních oblastech, kde využívají k pohonu turbín horkou páru stoupající pod tlakem z gejzírů a horkých pramenů nebo teplonosné médium, které se vtlačuje do vrtů, v hloubi země se ohřívá a vyvádí na povrch. NEPOTŘEBUJÍ ŽÁDNÉ PALIVO!

5. ZDROJE NAPĚTÍ A PROUDU A JEJICH MĚŘENÍ.

(ideální, reálné, stejnosměrné, střídavé, akumulátory, primární články, zatěžovací charakteristiky, způsoby měření, požadavky na měřící přístroje, přímé a nepřímé měření, vnitřní odpor, zatížení)

IDEÁLNÍ ZDROJ NAPĚTÍ

Takový **zdroj, který je schopen dodat libovolný proud do zátěže bez toho, že by se jeho napětí změnilo** (snížilo). Jeho vnitřní odpor Ri je tedy nulový a na svorkách zdroje je neustále stejná hodnota napětí U_0. Jeho náhradní zapojení je na obrázku vlevo a zatěžovací charakteristika (graf závislosti napětí na zatěžovacím, odebíraném, proudu I) vpravo.



ZATĚŽOVACÍ CHARAKTERISTIKA ZDROJE: JAK JI ZMĚŘIT?

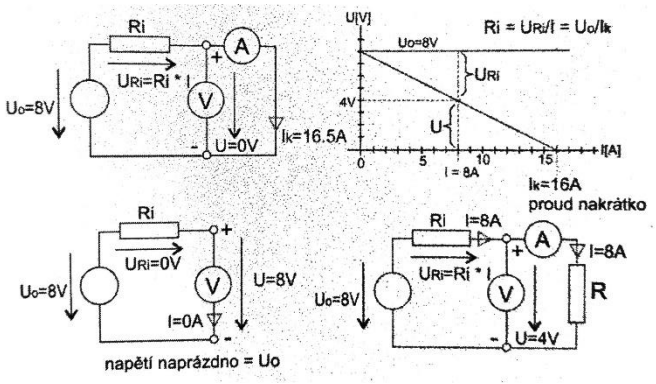
Měříme napětí na svorkách zdroje a proud odebíraný ze zdroje – obě tyto hodnoty zakreslujeme do grafu a pro každou hodnotu odebíraného proudu odečteme velikost napětí na svorkách zdroje.

- obvykle stačí změřit pouze dvě hodnoty pro vytvoření zatěžovací charakteristiky, protože většina zdrojů má lineární závislost mezi zatěžovacím proudem a napětím

Příklad: Ke zdroji přiložíme voltmetr, který měří napětí (odebírá ze zdroje téměř nulový proud), ale při měření budeme jeho spotřebu zanedbávat → voltmetr změří napětí U zdroje bez zátěže (napětí naprázdno = napětí ideálního zdroje napětí) → změřenou hodnotu zakreslíme do zatěžovací charakteristiky → ke zdroji připojíme zátěž (žárovku, odpor, spotřebič) a změříme na zdroji napětí a ampérmetrem proud zátěže

- změříme-li proud 10 A a napětí velikosti U, do charakteristiky zakreslíme kolmici k ose proudu v hodnotě 10 A a kolmici k ose napětí v hodnotě U → v průsečíku kolmic zakreslíme křížek → oba body spojíme polopřímkou, která je naší zatěžovací charakteristikou měřeného zdroje

Napětí na svorkách zdroje je konstantní a nezávislé na zatěžovacím proudu zdroje → **ideální zdroj napětí v praxi neexistuje!**

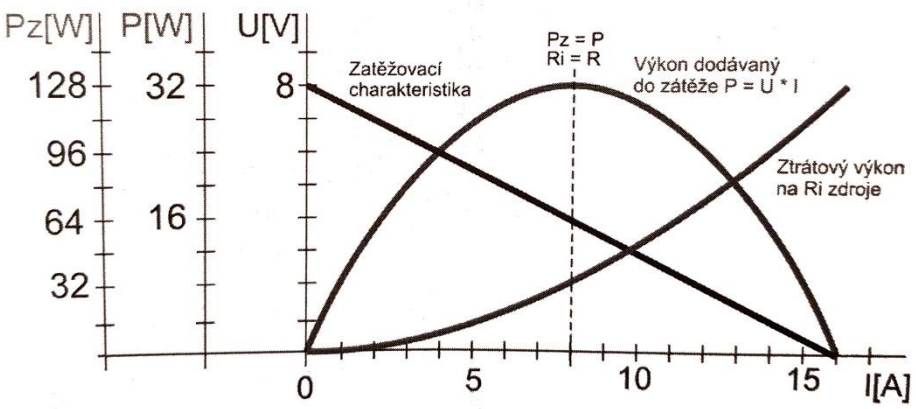


Vždy je dobré znát zatěžovací charakteristiku a náhradní zapojení zdroje, které používáme!

- když potřebujeme zjistit napětí na svorkách zdroje při požadovaném zatěžovacím proudu, stačí pro tento proud vynést na proudové ose kolmici a kde kolmice protne zatěžovací charakteristiku, vedeme rovnoběžku s proudovou osou → kde tato rovnoběžka protne napěťovou osu, takové je při tomto proudu napětí ve svorkách zdroje

Jak je to se zátěží zdroje v závislosti na zatěžovacím proudu zdroje?

- modrá je zatěžovací charakteristika zdroje
- červeně je nakreslena výkonová charakteristika zdroje – ukazuje, jaký výkon do zátěže je zdroj schopný dodat
    - prakticky do poloviční hodnoty zatěžovacího proudu zdroje dodávaný výkon stoupá, maximální výkon do zátěže zdroj dodává, když je odpor zátěže roven vnitřnímu odporu zdroje

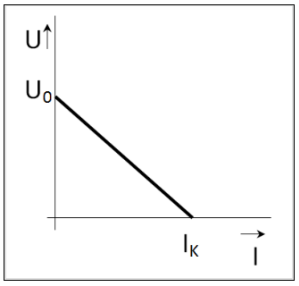


(Ri = R, tedy když zátěží teče polovina maximálního proudu, proudu nakrátko, co je zdroj schopen dodat, přičemž na vnitřním odporu zdroje Ri se ztrácí polovina U_0)
    - v této chvíli se na Ri ztrácí stejný výkon, jaký zdroj dodává do zátěže → zátěž je výkonově přizpůsobena zdroji
- do této doby byl ztrátový výkon Ri menší než výkon dodávaný do zátěže, ale při zvyšujícím se proudu zátěží se prudce zvyšuje ztrátový výkon na vnitřním odporu zdroje a zdroj se začíná silně zehřívat → pokud je zdroj nakrátko, je ztrátový výkon na vnitřním odporu zdroje dokonce několikrát větší, než je maximální výkon, který je zdroj schopen dostat do zátěže!
    - to je situace, kdy je zdroj extrémně přetížen a je možné, že velmi rychle dojde k jeho zničení, čemuž brání pojistky (Chrání zdroj proti přetížení), které odpojí zátěž ve chvíli, kdy by odebíraný proud ze zdroje mohl zdroj nebo vedení poškodit

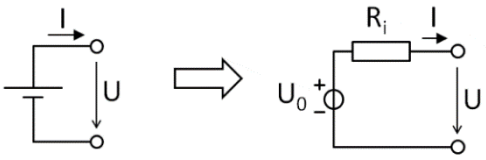
REÁLNÝ ZDROJ NAPĚTÍ

Skládá se **z ideálního zdroje napětí a jeho vnitřního odporu**, který způsobí, že zatěžovací charakteristika není rovnoběžná s proudovou osou → napětí na svorkách zdroje se při zvyšujícím se zátěžovém proudu zdroje snižuje, dochází k úbytku napětí na vnitřním odporu Ri zdroje.

Protože je při ***měření naprázdno*** proud protékající vnitřním odporem zdroje 0 A, bude na základě Ohmova zákona i úbytek napětí na něm 0 V.
Zakreslíme-li do zatěžovací charakteristiky rovnoběžku v bodě, kde je napětí naprázdno, vidíme názorně pod zatěžovací charakteristikou napětí na svorkách zdroje U a nad ní je úbytek napětí na vnitřním odporu zdroje.
Ztrátový výkon na vnitřním odporu zdroje při zatížení zdroj přehřívá, proto se baterky a zdroje při zatížení (když dodávají proud do zátěže) zahřívají (ztrátový výkon).



- zakreslíme zatěžovací charakteristiku – pokud jí protáhneme až protne proudovou osu, dostaneme maximální proud, který je schopný zdroj dodat (**proud nakrátko**)
    - proud, který poteče ze zdroje, pokud zkratujeme svorky zdroje drátem



ZPŮSOBY MĚŘENÍ A POŽADAVKY NA MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE

Chceme-li s měřícím přístrojem cokoli dělat, je důležité znát jeho základní napěťový rozsah, základní proudový rozsah a vnitřní odpor!

- Měříme-li napětí, musí mít voltmetr Ri aspoň 100x větší, než je velký odpor, na kterém napětí měříme.
- Při měření proudu musí mít ampérmetr aspoň 100x menší Ri než je odpor, se kterým zapojujeme do série ampérmetr.
- Voltmetr zapojujeme paralelně k měřenému objektu, ampérmetr do měřeného objektu.
- Pokud měříme multimetrem, kde si přepínačem volíme, co chceme měřit a rozsah, pak před připojením měřícího přístroje do obvodu musíme nejprve přepnout rozsah a zvolit druh měření, připojit měřící vodiče do měřícího přístroje. Rozsah nastavujeme na vyšší hodnotu a až pak můžeme přístroj připojit do měřeného obvodu, jinak může dojít ke zničení měřícího přístroje.
- Při měření pak snížit rozsah tak, aby byl nastaven co nejblíže k měřené hodnotě (rozsah ale vždy vyšší než měřená hodnota!)

<u>Jak změřit vnitřní odpor měřícího přístroje?</u>

1. pomocí zdroje a odporu R nastavíme maximální výchylku měřícího přístroje, jehož vnitřní odpor potřebujeme změřit → připojíme k němu Rx (proměnný odpor) a pomocí něj nastavíme poloviční výchylku měřícího přístroje → v této chvíli teče stejný proud přes Ri měřáku i přes Rx → odpor Rx můžeme nyní po jeho odpojení od obvodu změřit libovolným ohmmetrem bez nebezpečí, že zničíme drahý a citlivý přístroj
2. pomocí Rx a R nastavíme plnou výchylku měřícího přístroje → odpor od obvodu odpojíme a změříme ohmmetrem jejich odpor Ra → opět je zapojíme do obvodu a nastavíme pomocí Rx poloviční výchylku → odpojíme od obvodu a změříme jejich odpor (velikost nazveme jako Rb), podle druhého Kirchhoffova zákona spočítáme Ri

Metoda přímá = hodnotu měřené veličiny odečítáme přímo ze stupnice nebo displeje měřícího přístroje v obvodu. Jestliže nejde požadovanou veličinu zjistit přímo, musíme použít **nepřímou metodu**. V tomto případě si odvodíme výslednou hodnotu většinou pomocí výpočtu. ***Nelze tedy měřicí přístroj pro přímé měření zapojit rovnou do obvodu***

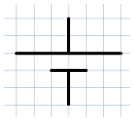
AKUMULÁTORY A PRIMÁRNÍ ČLÁNKY

Nejčastěji je elektrický zdroj představován **galvanickým článkem** nebo **akumulátorem**.

- primární článek = nejčastěji používaný zdroj, „tužková baterie“, chemický zdroj energie
  - po vybití se nedá nabít
  - galvanický článek dostal název podle italského lékaře, který při pitvání žabích stehýnek pozoroval jejich záškuby po dotyku kovového předmětu → jev popsal Alessandro Volta (vznik elektrického napětí mezi dvěma kovy, nástrojem a podkladem, vodivě propojenými elektrolytem, obsaženým v buňkách) → 1800 článek skládající se z měděné a zinkové elektrody ponořené do roztoku kyseliny sírové /elektrolytu/ (do té doby se elektřina vyráběla třením/indukcí)
    - dnes v přenosných elektrických spotřebičích (baterkách, hodinkách, mobilech, foťácích, kamerách)
    - výhodou snadná přenosnost, malé rozměry, nízká hmotnost, nevýhodou nízký výkon, krátká životnost
- sekundární/akumulátor = elektrochemický zdroj elektrické energie
  - po vybití se dá nabít
  - *elektrochemický* – procházející proud vyvolá chemické změny, které se projeví rozdílným potenciálem na elektrodách → z nich se dá čerpat elektrická energie (protože napětí na článcích těchto akumulátorů je malá, jsou sdružovány do akumulátorových baterií pro dosažení vyššího napětí)
    - např. Li-ion (lithium-iontová)
  - *mechanický* – v akumulačních vodních, přečerpávacích elektrárnách (využívají kinetické/potenciální energie a umožňují jejich přeměnu na vhodnější)

ZDROJ STEJNOSMĚRNÉHO PROUDU A JEHO VLASTNOSTI

Zdroj – například **elektrický článek** nebo **akumulátor** na svých svorkách trvale udržuje **elektrické napětí** a je schopen do uzavřeného elektrického obvodu trvale **dodávat výkon** neboli udržuje v obvodu **elektrický proud**. Skutečný elektrický článek to samozřejmě nedokáže trvale, chemickou reakcí se postupně spotřebovává, až dojde k jeho "vybití". Kolik náboje je zdroj schopen celkově dodat se udává jako **kapacita zdroje** v jednotkách **Ah** nebo u menších článků **mAh**. Přesnějším údajem je ale celkové množství práce (energie), kterou je schopen zdroj dodat – udávané v jednotkách **Wh**.



Značka zdroje má delší čárku jako kladný pól a kratší jako záporný pól.
Základním parametrem zdroje je jeho **svorkové napětí**, jehož hodnota je u článků dána materiálem, ze kterého jsou vyrobeny elektrody. Například nejrozšířenější zinko-uhlíkové monočlánky mají napětí 1,5V. Dobíjecí nikl-kadmiové akumulátory mají 1,2V.
Pokud ke svorkám zdroje připojíme zátěž, zdroj začne vykonávat práci a protlačuje obvodem elektrický proud. Ale protože zdroj má svůj **vnitřní odpor**, na jehož překonání musí také vynaložit práci, sníží se tím množství práce, kterou zdroj dodává do obvodu. To se projeví **snížením svorkového napětí**. Čím větší proud se ze zdroje odebírá, tím je svorkové napětí menší.
Tato vlastnost zdroje se zobrazuje jako tzv. **zatěžovací charakteristika zdroje**.

ZDROJE STŘÍDAVÉHO NAPĚTÍ

Zdroje založené na otáčení cívek v magnetickém poli (**generátory**) a elektronické zdroje (**oscilátory**).

- generátor = k přeměně mechanické na elektrickou energii (např. z parní turbíny /turbogenerátor/, z vodní /hydrogenerátor/, motoru)
  - skládá se z rotoru a statoru (rotor vytváří točivé magnetické pole a ve statoru jsou umístěny cívky, ve kterých je indukováno elektrické napětí)
  - může být i stejnosměrný generátor! (dynamo)
- oscilátor = zařízení schopné kmitavého pohybu, přičemž se určité parametry (rychlost, poloha, napětí) periodicky opakují
  - harmonické (kyvadlo, závaží na pružině) a *relaxační* (nesouměrný tvar kmitů)
    - harmonické dělíme na *mechanické* (kyvadlo, zvon) a elektrické (obsahují rezonanční obvod z cívky a kondenzátoru – v oscilátoru se proměňuje náboj kondenzátoru v energii elektromagnetického pole cívky a naopak, vzhledem ke ztrátám je součástí zesilovací prvek jako tranzistor)

6. ELEKTRICKÉ MOTORY.

(stejnosměrné, střídavé, krokové, zvláštní druhy, princip činnosti, zatěžovací charakteristiky, změna velikosti a směru otáček)

Elektromotor je elektrický točivý stroj měnící elektrickou energii na mechanickou práci.

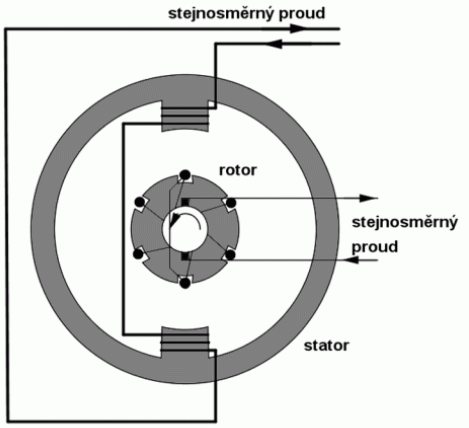
- otáčením tyčového elektro/magnetu kolem vlastního středu vzniká točivé magnetické pole → to vytváří trojfázový proud s fázemi připojenými na soustavy statorových vinutí, pootočených 120 stupňů proti sobě
  - točivé pole vzniká, když se otáčí magnet nebo když trojfázový proud protéká kruhově uspořádaným trojfázovým vinutím
- využívá točivého pole vytvořeného statorem (otáčí-li se **rotor stejnou rychlostí jako točivé pole statoru**, mluvíme o ***synchronních motorech***, ale jsou-li **rychlosti otáčení pole a rotoru různé**, mluvíme o ***motorech asynchronních***)
- dochází ke ztrátám v železe (ztráty vířivými proudy) a ve vinutí (mědi) + ke ztrátám třením (v ložiscích) a při ventilaci
  - účinnost je dána poměrem odváděného a odebíraného výkonu
- stator je složen z plechu a má vinutí na obvodu

Elektromotory můžeme rozdělit:

podle druhu proudu na elektromotory	**stejnosměrné**		**střídavé**	
podle zapojení vinutí statoru a rotoru	sériové	derivační		
podle druhu napájecího proudu			jednofázové	třífázové
podle vzájemného působení magnetických polí			synchronní	asynchronní

STEJNOSMĚRNÉ MOTORY

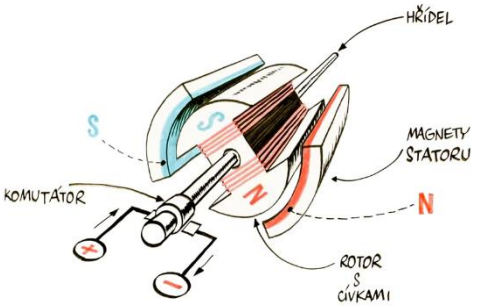
stator	vytváří magnetické pole
rotor	tvoří ho cívky s proudem
komutátor	mění směr proudu v cívkách rotoru → přepíná polaritu



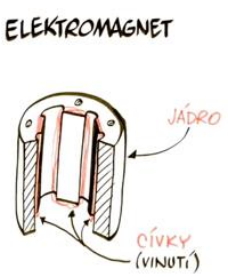
Vyrábějí se od zlomku Wattů (motorky pro hračky) až po několik MW, podstatnou **nevýhodou je komutace** (nejvíce namáhaná a technicky nejsložitější část stroje).

- ***komutátor/kolektor*** = válec, jehož plášť je tvořen lamelami z tvrdé měděné slitiny, k nim jsou přiletovány (pájením) vývody rotorových vinutí
- na statoru je nosič kartáčů s čepy, na kterých jsou otočně upevněny držáky uhlíkových ***kartáčů*** → ty jsou přitlačovány k povrchu komutátoru, aby po lamelách klouzaly při otáčení rotoru

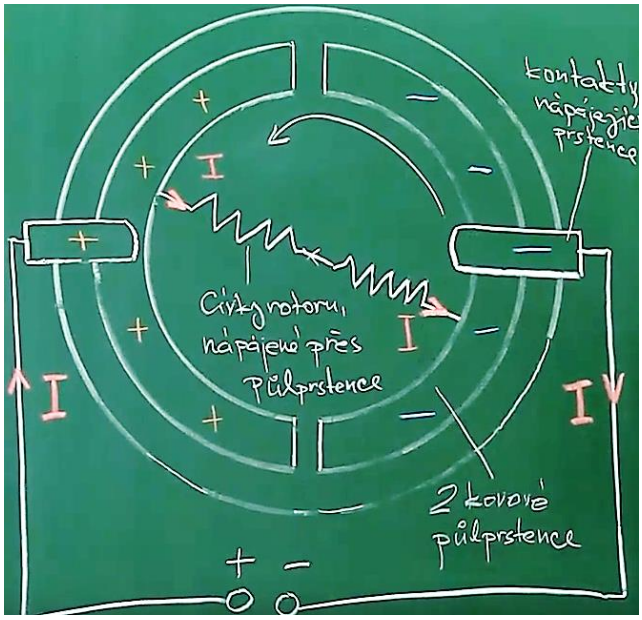
Mají nezávisle na svém použití jako generátor/motor stejnou konstrukci a stejné označení vývodů na svorkách.
Mají velký rozběhový moment a umožňují stupňovité řízení otáček (jejich otáček mohou být mnohem vyšší než otáčky motorů s točivým polem).
Mají kotvy s velmi malým odporem → při zapnutí na plné provozní napětí protéká motorem proud několikanásobně vyšší než jmenovitý → pro rozběh velkých motorů je proto nutné použít *spouštěcí odpor* (omezují proud během rozběhu motoru, jsou zapojeny do obvodu kotvy sériově vinutím).



Princip funkce: Stator tvoří dva elektromagnety (*skládá z jádra, které usměrňuje elektrický tok do určitého prostoru*), které jsou napájeny stejnosměrným proudem tak, že na protilehlých nástavcích vznikne severní a jižní magnetický pól → Rotor elektromotoru tvoří válec/hřídel ze železných plechů, na jeho povrchu jsou žlábky a v nich jsou uložena jednotlivá vinutí → Tato vinutí jsou vyvedena na komutátor složený z navzájem izolovaných lamel a k nim přiléhají kartáčky → ***Připojíme-li kartáčky na zdroj stejnosměrného proudu, pak proud prochází vždy jen jediným vinutím připojeným k příslušné lamele*** → Průchodem proudu vznikne kolem vinutí magnetické pole → Rotor se začne otáčet ve směru šipky, při pootočení se kartáčky dotknou sousedních lamel, proud pak bude protékat dalším vinutím a tento děj se bude neustále opakovat a ***rotor se bude točit tak dlouho, dokud přívod proudu nepřerušíme***.



- zjednodušeně: rotor se pootočí, prstence se přepólují a proud v cívkách rotoru změní směr



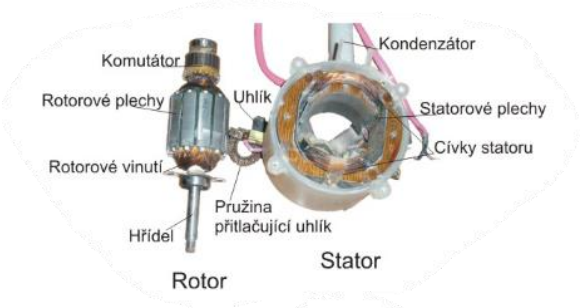
Použití: akumulátorové nářadí (akuvrtačky, akušroubováky, kotoučové/přímočaré pily, sekačky), hračky, diskové mechaniky u pc (HDD)

Sériový motor: vinutí statoru a rotoru je zapojeno do série
- ze všech stejnosměrných motorů mají největší rozběhový moment
- využití pro pohon vozidel (tramvaje, trolejbusy, lokomotivy, metro)

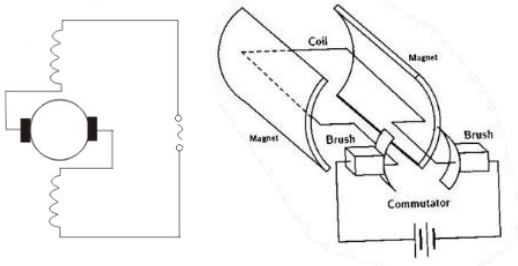
Derivační motor: vinutí statoru a rotoru je zapojeno paralelně

Motor s cizím buzením: vinutí statoru není propojeno s obvodem kotvy, je napájeno vnějším zdrojem stejnosměrného napětí
- obvod je často napájen přes usměrňovač ze sítě střídavého napětí (napájecí i budící U pak může být snižováno transformátorem nebo usměrňovačem)
- otáčky jsou stabilnější při kolísání zatížení
- využití jako pohony strojů s proměnlivým mechanickým odporem (pohon obráběcích strojů)

Kompaudní motor: smíšený (část buzení sériové, část derivační)



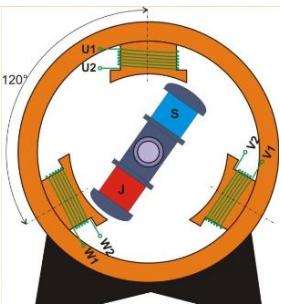
Rychlost motoru na stejnosměrný proud obecně ***závisí na velikosti napětí a proudu procházejících vinutím motoru a na zátěži neboli velikosti brzdného momentu***. Rychlost motoru při daném brzdném momentu je úměrná napětí a točivý moment je úměrný proudu. Rychlost motoru lze regulovat změnou vstupního napětí.



Největší nevýhodou stejnosměrných motorů je existence komutátoru. Je to mechanický přepínač, který spíná velké proudy a je — kromě náchylnosti k poruchám — náročný na údržbu a seřízení, jedná se o mechanicky poměrně značně namáhané zařízení vyžadující pravidelnou údržbu či výměnu některých jeho součástí. Jiskření na kartáčcích (tvořených obvykle bloky čistého uhlíku) je zdrojem významného elektromagnetického rušení. S rozvojem levnější a spolehlivější silnoproudé elektroniky (tedy zejména výkonovými tyristory a tranzistory) jsou proto stejnosměrné motory postupně vytlačovány motory s rotujícím magnetickým polem buzeným elektronicky.

STŘÍDAVÉ MOTORY

Základem je stator ve tvaru železného válce se stovkami vrstev (statorových plechů), které leží těsně na sebe.
- po celém vnitřním obvodu statoru jsou v plechách zářezy, které vyplní vinutí (cívky nebo vlákna z Cu drátu)
- po připojení napětí vinutí vytvoří magnetické pole, které stator udržuje a řídí rozložení elektrického pole
- ***cívky vinutí kolem statoru jsou rozmístěny pravidelně a navzájem pootočeny o 120°*** (sleduje tři fáze třífázového proudu ofc)
  - pokud každé z těchto fází přiřadíme dvojici cívek, generované magnetické pole bude mít fázový posun 120° → díky tomu se magnetický tok bude ve statoru otáčet!
- pokud do statoru vložíme elektromagnet a přivedeme proud, jeho magnetické pole zareaguje na magnetické pole statoru a začne rotovat
- ***nepotřebuje komutátor***, ale rotor poskytující magnetické pole (elektromagnet na stejnosměrný proud nebo trvalý magnet)

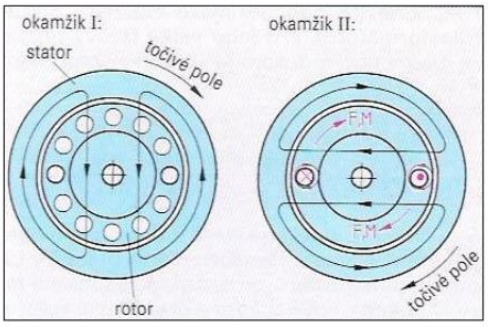


Synchronní motor – rotor rotuje stejnou rychlostí jako magnetický tok
- vinutí statoru napájeno střídavým a vinutí rotoru stejnosměrným proudem

- v principu obrácený generátor střídavého proudu, ***použití*** k pohonu čerpadel, kompresorů, v přečerpávacích elektrárnách (k čerpání vody nebo jako alternátory k výrobě střídavého proudu), pohon gramofonu, bc požadavky na pravidelnost otáček)
- ***řadu nevýhod*** – je třeba je roztočit na pracovní otáčky jiným strojem nebo pomocným asynchronním rozběhovým vinutím
    - pokud pod zátěží ztratí synchronizaci s rotujícím polem, skokově klesne jejich výkon a zastaví se
- i při zatížení mají stejné otáčky jako točivé pole statoru!

Asynchronní/indukční motor – motor, ve kterém vzniká skluz (rozdíl mezi rychlostí rotace statoru a rotoru), který potřebuje k indukci proudu v rotoru

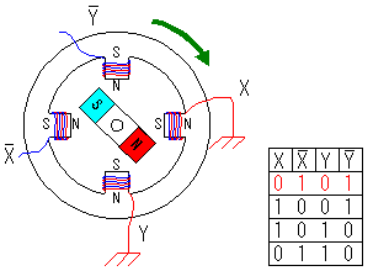
- skluz závisí na zátěži motoru
- pokud se vodič pohybuje v magnetickém poli, díky magnetické indukci vzniká napětí → dvojicí paralelních vodičů (rotor ve statoru) začne protékat proud → proud vytváří své vlastní magnetické pole, které reaguje s polem statoru a způsobuje pohyb → vzniká v případě, že se rotor pohybuje pomaleji než pole statoru
    - tedy se musí pořád otáčet s menším počtem otáček za minutu, než jak se otáčí pole na statoru
- Rotor se obvykle skládá ze sady vodivých tyčí, uspořádaných do tvaru válcové klece, které jsou na koncích vodivě spojeny kruhem → pak se nazývá „***kotva nakrátko/klecové***“ (maximální zatížení – rotor je zabrzděný při jmenovitém napětí)



Obr. 7 Indukční působení točivého pole na nehybný rotor

- ***s kotvou kroužkovou*** = v drážkách rotoru je trojfázové vinutí, jehož vývody jsou připojeny na tři kroužky nalisované na hřídeli stroje a ke kterým přiléhají pevně osazené kartáče umožňující vyvedení vinutí na svorkovnici stroje
- *zvýšení počtu pólů vede ke snížení rychlosti motoru (rychlost rotoru je poloviční s každým zdvojnásobením počtu pólů)*
- výkon se pohybuje od stovek wattů až do mnoha set kilowattů, s rozvojem levných a výkonných elektronických řídicích systémů nahrazuje postupně tento druh motoru sériový elektromotor, užívaný zejména v pohonech určených pro elektrickou trakci (kolejová vozidla a trolejbusy)
    - také moderní rychlovlaky známé z našich železničních tratí pod n ázvem Pendolino a tramvaje Škoda 14 T s designem Porsche jezdící v Praze a 13 T v Brně

KROKOVÝ MOTOR



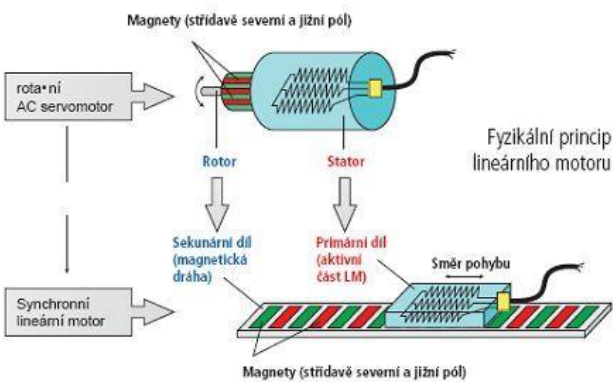
Speciální druh synchronního motor, který se využívá tam, kde je třeba přesně řídit otáčky i konkrétní polohu rotoru.

- robotika, regulační technika, přesná mechanika, fotoaparáty, výpočetní technika
- rotor je permanentní magnet, otáčí se po krocích, jejichž velikost (úhel natočení) je dána způsobem generování impulzů a konstrukcí motoru
    - jedna otáčka je složena z pevně definovaného počtu kroků, který odpovídá konstrukci a způsobu řízení. Nemluvíme zde tedy o rychlostech otáčení (otáčkách), ale o ***frekvenci krokování***
        - ***krok*** = mechanická odezva rotoru na jeden impulz řídící jednotky, při níž vykoná rotor pohyb z výchozí magnetické klidové polohy do nejbližší magnetické klidové polohy
- umožňuje velmi přesné polohování

ZVLÁŠTNÍ DRUHY MOTORŮ

Lineární elektromotor je mnohapólový motor, jehož stator je rozvinut do přímky a vyvolává lineární pohyb. Využívá se například v dopravě pro pohon vlaků na magnetickém polštáři.

- skládá se z ***induktoru*** (statoru) a ***kotvy*** (rotoru zapojeným nakrátko)
    - pole induktoru indukuje v kotvě vířivé proudy → v prostředí postupného pole induktoru vyvolají sílu ve směru pohybu postupného pole (je-li induktor upevněn a kotva pohyblivě uložena, pohybuje se kotva postupným polem)



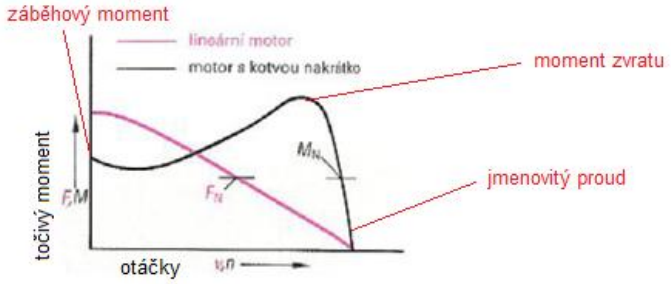
- negeneruje se točivý pohyb, ***magnetické pole je zpravidla tvořeno permanentními magnety, které mohou být seřazeny libovolně vedle sebe***
- *(Zkušební okruh rychlovlaku MAGLEV je vybudován nedaleko Hamburku).* → magnetické levitace – vlak se pohybuje na polštáři magnetického pole, které je vytvářeno soustavou supravodivých magnetů, zabudovaných v trati i ve vlaku. Tento vlak má tedy místo kol speciální systém magnetů, včetně lineárních motorů a pohybuje se několik centimetrů nad kolejnicí.
- V poslední době se lineární motor hojně využívá i pro rozhoupávání zvonů. Na lineárním principu také pracují speciální elektrické stroje určené pro přeměnu elektrické energie na mechanickou energii ve formě zvuku, označované jakožto reproduktor.
- při zatížení může skluz přesáhnout 50 %, protože motory mají velkou vzduchovou mezeru a velký odpor kotvy → ***největší sílu mají při rozběhu***

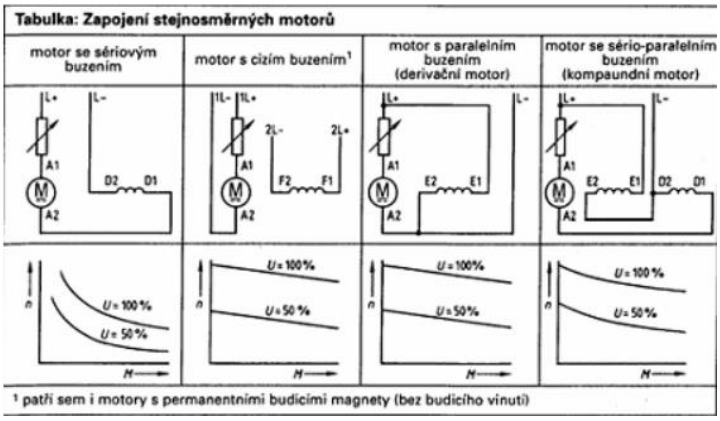
Střídavé servomotory jsou bezkartáčové synchronní motory s permanentními magnety na rotoru a třífázovým vinutím ve statoru. Optimalizovaná konstrukce motoru s použitím nových magnetických materiálů dovoluje až 5násobné momentové přetížení a tyto motory jsou proto vhodné pro dynamicky náročné úlohy s nízkou spotřebou jako provoz silničních elektromobilů. Doplněním vhodnou planetovou převodovkou je možno optimalizovat potřebný moment k otáčkám pohonu.

Piezoelektrický/ultrazvukový motor = vyvolání deformace povrchové vrstvy statoru, která se v rozmanitém konstrukčním provedení motoru převádí na rotační pohyb rotoru.

ZATĚŽOVACÍ CHARAKTERISTIKY

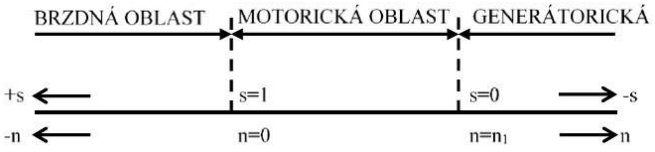
Vlastnosti motoru vyjadřují jeho zatěžovací charakteristiky.





Mn = jmenovitý moment (zatížení)

Nejdůležitější charakteristikou elektrického motoru je **momentová charakteristika**. Ta vyjadřuje velikost momentu na hřídeli v závislosti na otáčkách. V rozmezí od nuly do synchronních otáček (rotor má stejné otáčky jako pole statoru) stroj pracuje jako motor. Při překročení těchto otáček se ze stroje stane generátor.



ZMĚNA VELIKOSTI A SMĚRU OTÁČEK

Řídit otáčky je možné:

- **změnou skluzu** = nehospodárné, protože část výkonu se ztrácí na rezistorech + pouze u motoru s kroužkovou kotvou
- **změnou pólů** = možno jen stupňovitě, jen u motorů s kotvou nakrátko
  - ve statoru je několik skupin cívek, přepínáním mezi jednotlivými skupinami cívek se mění počet pólových dvojic magnetického pole a mění se otáčky (změna otáček skokem)
    - změnu počtu pólů uskutečníme tak, že do drážek statoru vložíme dvě samostatná vinutí, např. čtyřpólové a šestipólové
- **změnou kmitočtu/frekvence napájejícího proudu** = pomocí měniče (nepřímý nejprve převáděný proud usměrní a pak vyrábí střídavý proud 5-100 kHz) → možnost plynulého řízení otáček při rozběhu, během chodu i doběhu
  - čím vyšší frekvence, tím vyšší otáčky

Pokud nemůžeme čekat na samovolný doběh odpojeného motoru od napájení a potřebujeme zastavit motor elektricky, je možné využít brzdění **protiproudem.**

- prohození sledu fází → dojde ke změně směru pohybu točivého pole a rotor pohybující se nově v protisměru vytváří brzdný moment

Brzdění rekuperací = elektromobil může pracovat jako spotřebič i generátor → proces, při kterém je odpadní energie uvolněná při brzdění recyklována a využívána k dobíjení akumulátoru vozidla
pohybová energie roztočeného motoru se mění zpět na elektrickou)

7. ELEKTRICKÉ SPOTŘEBIČE V DOMÁCNOSTI.

(Světelné, tepelné, odporové, indukční, mikrovlnné, zapojení, činnost, výhody, nevýhody, použití řízení výkonu)

SVĚTELNÉ

Světlo je energie, která má formu elektromagnetického záření. Viditelné světlo je vlnění ve vlnové délce 380-780 nm. Vlnová délka světla určuje jeho barvu (např. λ = 700 nm odpovídá červenému světlu).
Barvy světla tvoří viditelné spektrum. Bílé světlo (záření povrchu Slunce = 5400 K) obsahuje všechny tyto barvy. Optickým hranolem lze bílé světlo rozložit na jednotlivé barevné složky. Mícháním základních barev můžeme dostat další barvy.
Základní veličinou je svítivost a její jednotkou je 1 kandela (cd), další důležitou je světelný tok (jednotkou 1 lumen), přičemž platí, že světelný tok zdroje je celkový světelný výkon vyzařovaný zdrojem!
Měrný světelný výkon = poměr výkonu světelného záření a elektrického příkonu.
Teplota chromatičnosti: sluneční světlo má 5500 K, bílá zářivka 4300 K, denní zářivka 6700 K, teple bílá 2900 K, žárovka 100 W (2450 K) a světlo ve stínu 10 000 K.

Žárovka – je jednoduché zařízení k přeměně elektrické energie na světlo. ***Vlákno je z wolframu***. Vzniká v ní světelné záření při zahřátí tělesa na vysokou teplotu (teplota tání W je 3656 K).

- *odpařující se wolfram se usazuje na skleněné baňce žárovky a černý povlak snižuje postupně využitelný světelný tok*
- vakuové nebo plněné směsí vzácných plynů (pro snížení odpařování W)
- standardní vakuové se vyrábí pro výkony 15-1000 W, lze tlumit jejich světelný tok + dosahují bezprostředně po zapnutí plného výkonu
    - světelná účinnost závisí na teplotě wolframového vlákna, většina energie se vyzáří v neviditelné oblasti (asi 35 %) a odvede do patice žárovky teplo (asi 60 %)
    - životnost kolem 1000 hodin
- ***výhody***: jas se dá plynule regulovat; z hlediska materiálů ekologicky nezávadné, protože neobsahují žádné nebezpečné látky (sklo, wolfram, inertní plyn jako je dusík a argon a běžný konstrukční kov na patici a držák vlákna); téměř neblikají, z toho důvodu je jich možné použít i tam, kde se vyskytují rychle rotující předměty (zejména v dílnách s obráběcími stroji)
- ***nevýhody***: velmi nízká energetická účinnost – většina elektrické energie (až 95 %) se promění v teplo. Účinnost žárovek ovšem roste s příkonem. Pokrytí vlákna vrstvou však může zvýšit účinnost.

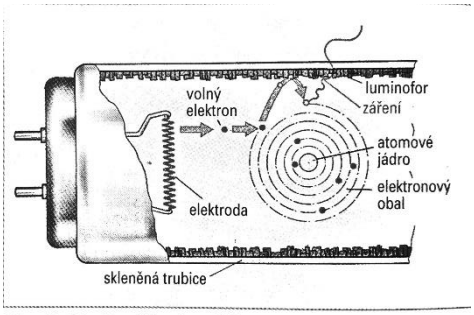
Halogenová žárovka
Halogenová žárovka je speciální druh žárovky, do jejíž atmosféry uvnitř baňky se přidává sloučenina halového prvku (halogenu, např. ***bromu nebo jodu***). Oproti běžným žárovkám mají tyto žárovky vyšší teplotu vlákna, tj. ***vyšší světelnou účinnost, bělejší světlo*** (umožňují žhavit vlákno na vyšší teplotu) ***a delší životnost,*** kterou neovlivňuje ani časté vypínání a zapínání. Jsou také o 30 % úspornější. Oproti úsporným zářivkám je však jejich životnost nižší a spotřeba vyšší.

- V žárovce probíhá tzv. halogenový cyklus, při kterém se při vysoké teplotě vypařující wolfram slučuje a rozpadá např. s bromem. Díky tenzi wolframových par v blízkosti vlákna se omezuje jeho vypařování – výsledkem je delší životnost a zvýšení světelného toku (měrný zářivý výkon až 20 lm/W).
- U halogenových žárovek je použito křemenné sklo kvůli značně vyšším teplotám (min. 250 °C)
- ***výhody***: umožňují vlákno žhavit na vyšší teplotu → ***vyšší světelnou účinnost, bělejší světlo*** (umožňují žhavit vlákno na vyšší teplotu) ***a delší životnost,*** kterou neovlivňuje ani časté vypínání a zapínání
- ***nevýhody***: díky křemennému sklu propouští UV záření, při prasknutí existuje větší riziko požáru
    - V členských zemích Evropské unie se již od 1. září 2018 nemohou halogenové žárovky vyrábět ani se do nich nemohou dovážet

Zářivky
Jsou to nízkotlaké rtuťové výbojky, v nichž se ***UV záření výboje mění vrstvou luminoforu na světlo***.
Skládá se ze skleněné trubice, jejíž povrch je pokryt vrstvou luminoforu. Trubice je naplněná argonem (někdy směsí s neonem) a parami rtuti, na obou koncích má wolframové elektrody pokryté emisní vrstvou (např. *bariumoxidem*).

- přítomnost vzácného plynu snižuje zápalné napětí, zvyšuje tlak v trubici a úměrně k tomu se zkrátí volná dráha atomů rtuti → zvětší se pravděpodobnost srážek atomů rtuti s elektrony a omezí se jejich difuze na stěnu trubice
- ve výbojkách vzniká při elektrickém výboji mezi elektrodami v prostředí plynu nebo par kovu elektromagnetické záření ve viditelné/UV části spektra → neviditelné je převáděno do viditelné pomocí luminoforu na vnitřní straně výbojky

- potřebují pomocné zařízení k zapálení výboje a k omezení proudu (***předřadný obvod***)
- ***výhody***: vyšší životnost než u klasických žárovek, účinnost 20 % i víc
- ***nevýhody***: ekologicky závadné (obsahují rtuť a toxický luminofor, tzn. nebezpečný odpad), blikají dvojnásobnou frekvencí rozvodné sítě (omezení pro dílny s obráběcími stroji)
  - Vlivem vzniklého stroboskopického jevu se totiž rotující předmět osvětlený přerušovaným světlem může jevit jako stojící. Toto platí zejména pro běžné zářivky. Kompaktní zářivky, zejména s kvalitním elektronickým předřadníkem s výstupní frekvencí řádově desítky kHz, se stroboskopický efekt tolik neuplatňuje. Je také možné v jedné místnosti zapojit světla na různé fáze, čímž se rovněž dosáhne zmírnění tohoto nežádoucího efektu. Při vyšších kmitočtech tento efekt zcela zaniká.



Obr. 3 Vznik záření v zářivce při výboji v plynu

- jsou to třeba světelné trubice (plynem plněné výbojky s nežhavenými elektrodami, vysokým zapalovacím i provozním napětím v řádech tisíců V a malým světelným výkonem)
  - *prostě ty fancy nápisy, jak byl třeba ve vile Likehouse*
  - bývají plněny neonem a argonem a v kombinaci s barevnými skly je možno dosáhnout všech barev
  - vzhledem k vysokému napětí je nutné, aby na vstupu byl ochranný jistič

LED žárovka fungují na principu polovodičových destiček, které přetvářejí elektrický proud přímo na světlo.
- ***výhody***: nižší spotřeba elektřiny, nevyzařuje téměř žádné teplo, méně přitahují hmyz
  - např. klasická 60 W žárovka má účinnost 12 lm/W, zatímco LED alternativa této vydává asi 130 lm/W → světelná účinnost klasické žárovky je asi 10 % účinnosti LED
- ***nevýhody***: vyšší cena

Žárovka je odpor, který se průchodem proudu zahřívá a svítí!

TEPELNÉ ODPOROVÉ SPOTŘEBIČE

Každý vodič klade průchodem elektrického proudu odpor. To má za následek ztrátu elektrické energie a její přeměnu na tepelnou energii – **vodiče se zahřívají**. Teplo, vzniklé průchodem elektrického proudu vodičem, se nazývá Joulovo teplo.
Elektrické síly posouvající částice konají elektrickou práci. **Elektrická práce** vykonaná za jednotku času je elektrický výkon.
Výkon je definován jako množství práce vykonané za jednotku času. $P = \frac{W}{t}$
z Ohmova zákona: $P = \frac{U^2}{R} = I^2 R$

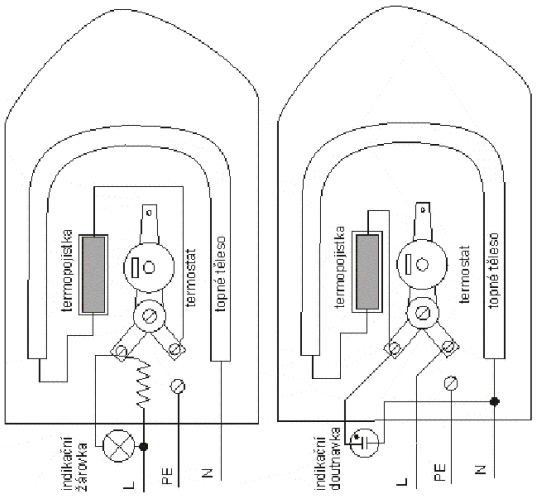
Spotřebovaná elektrická energie za jednotku času se nazývá **elektrický příkon** (fyzikální veličina, která vyjadřuje množství energie spotřebované za jednotku času. Značí se stejně jako výkon písmenem P, jeho základní jednotkou je Watt). $P = \frac{E}{t}$
- kde E je spotřebovaná energie, t je čas, za který byla energie spotřebována.

Mezi nejběžnější tepelné spotřebiče patří: žárovka, infrazářič, elektrická trouba (remoska), olejové radiátory, sušiče rukou, teplovzdušné ventilátory, žehličky, rychlovarné konvice, plotnové vařiče, kulma, bojler aj. Další spotřebiče přeměňují elektrickou energii na teplo, jako druhotný produkt jsou například zářivka, elektromotor a různé elektronické spotřebiče (rádiový přijímač, televizní přijímač, různé druhy přehrávačů a rekordérů, telefon, počítač atd.) …
Teplotně závislý odpor = termistor!
Pokud by mělo zařízení účinnost 100 %, šlo by o perpetuum mobile → v každém dochází ke ztrátám!
Pokud překročíme maximální ztrátový výkon, dojde ke zničení spotřebiče!

Rychlovarná konvice – je elektrický spotřebič, který slouží k ohřívání vody až do bodu varu.
- V každé konvici je umístěno ***topné těleso*** (spirála), které umožňuje přeměnu elektrické energie na energii tepelnou, jenž je předávána vodě → Pokud obvod uzavřeme, začnou topným tělesem proudit volné elektrony, jenž se srážejí s atomy topného tělesa → Touto srážkou odevzdají elektrony atomům část své kinetické energie → Ta se přemění na teplo, a to je předáváno vodě.
  - voda je špatný vodič: vnitřní energie vody přenáší způsobem zvaným proudění (konvekce). Tepelné proudění se výrazně uplatňuje u kapalin a plynů. V zahřívané vodě "proudí teplo" v tíhovém poli samovolně zezdola nahoru. V místě, kde se voda zahřívá, vrstvičky vody zvětšují svůj objem, hustota vody se v tomto místě zmenšuje, vrstvička je lehčí a v tíhovém poli ji nese vztlaková síla nahoru. A na její místo se tlačí shora voda chladnější.

- Obvykle skládá ze dvou částí, jednak z vlastního tělesa konvice a jednak z podstavce s přívodní šňůrou. Ohřev vody je zajišťován topným tělesem s výkonem obvykle od 1500 do 2500 W. Tento výkon umožňuje relativně rychlé ohřátí vody, nicméně způsobuje ***vysoký odběr elektrického proudu*** (při napětí 230 V jde asi o 6–11 A). Konvice je vybavena ***bimetalovým spínačem, který po dosažení bodu varu odpojí topné těleso od přívodu elektrické energie***.

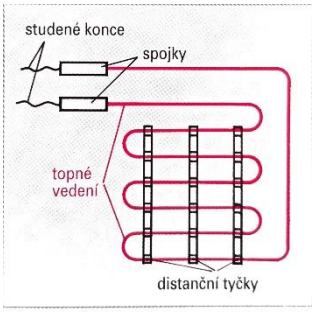
Žehlička – Protože chceme, aby byly ztráty na přívodních vodičích malé a zahřívalo se především topné těleso, musí být jeho odpor mnohem větší než odpor přívodních vodičů.



- Teplo z topného tělesa je přenášeno na žehlící desku. Ta bývá obyčejně kovová kvůli lepší tepelné vodivosti, aby se teplo převedlo na celou plochu desky. Povrch desky musí být dobře uhlazen, případně je pokryt keramickou, či teflonovou vrstvou, aby se nemohla žehlená látka k desce přilepit a aby žehlička po látce hezky klouzala. Je jasné, že topná spirála musí být izolována, aby proud neprocházel i žehlící deskou, a žehlička tak pro nás nebyla nebezpečná.
- Potřebujeme regulovat teplotu žehličky, neboť pro každý materiál je vhodná jiná. Můžeme ji nastavit otočením kroužku. Regulaci řeší termostat.
- napařovací systém žehliček je nutno plnit destilovanou vodou, aby nedošlo k zanesení systému vodním kamenem

Elektrický sporák má většinou 4 varné plotýnky a elektrickou troubu.

- ve varných plotýnkách je zalisován izolovaný topný drát
- smí být připojen je n na 3fázovou přípojku (oproti plynovému, který je možno připojit i na jednofázovou)



Obr. 3 Uložení topného vodiče v topné rohoži

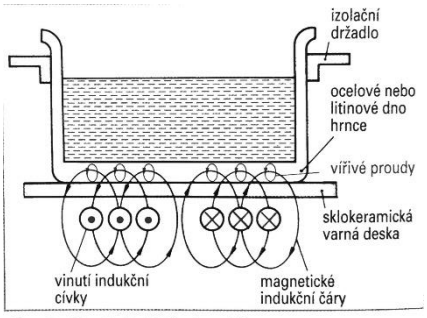
Topné články mají formu topných vedení/rohoží. Topné odporové vodiče jsou ze slitiny Cu a Mn nebo Cu a Ni a jsou obaleny izolací ze silikonu a kaučuku. Vnější plášť vodičů z PVC.

- pro vlhká a mokrá prostředí se používají vodiče opláštěné kovem
- vyrábějí se v délkách 10-200 m a ve výkonech 10-30 W/m
- ***topné rohože*** jsou tvořeny topným vodičem zataveným do plastové fólie, poloha může být fixována polyetylenovými tyčkami (výkon 100-250 W/m^2)

Varné plotýnky a desky mají 3 topné spirály různých výkonů, které umožňují nastavit pomocí 7polohového přepínače 6 výkonových stupňů. Sklokeramické varné desky mají halogenová topná tělesa a elektronickou regulaci nastavených teplot nebo naprogramovaného průběhu teploty.

- varné zóny mají zabudované indukční snímače kovového předmětu a při odejmutí hrnce z nerezové oceli se odpojí
- indikuje se nastavený vyhřívací stupeň nebo automatická funkce

INDUKČNÍ SPOTŘEBIČE



Obr. 2 Princip indukčního ohřevu

Varné desky s indukčním ohřevem: Plotýnka (varná zóna) vařiče obsahuje ***cívku***, která je napájena velkým střídavým elektrickým proudem. Cívka je z měděného drátu, což je velmi dobrý elektrický vodič a nedochází v něm k velkým ztrátám. ***V cívce vzniká magnetické pole***, které vytváří teplo dvěma různými způsoby:

- Působením magnetického pole na elektricky vodivé dno nádoby se v nádobě ***indukují vířivé proudy, které se díky elektrickému odporu nádoby mění na teplo.***
- Menší část tepla ***lze také získat ze ztrát*** způsobených hysterezí feromagnetického materiálu nádoby při jeho magnetizaci. Vzniká tak ale méně než 10 % celkového tepla.

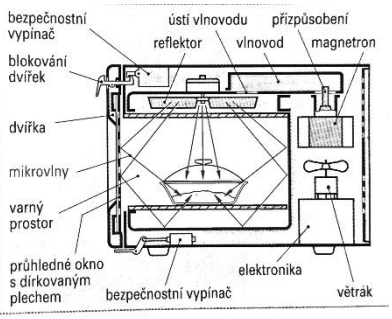
Cívka generující indukční tok má mnoho závitů, kdežto spodek hrnce je v podstatě jediný zkratovaný závit. ***Soustava cívka-hrnec funguje jako transformátor,*** který sníží napětí a zvýší proud procházející materiálem hrnce. Ostatně celý přenos elektrické energie z cívky do elektricky vodivé nádoby a vznik tepla je podobný nežádoucím ztrátám v transformátoru.
Díky tomu, že teplo je generováno indukovaným elektrickým proudem, může vařič rozpoznat, že nádoba byla odstraněna nebo její obsah vyvřel, neboť taková událost se projeví změnou proudu a napětí cívky vařiče. Je tak možné realizovat funkce, jako udržování teploty varu a automatické vypnutí při odstranění nádoby.

Princip funkce zjednodušeně: pod sklokeramickým povrchem varné desky je vinutí, které vytváří vysokofrekvenční magnetické pole → pole indikuje v masivním kovovém dnu vířivé proudy a ve feromagnetickém dnu způsobuje přemagnetizaci, což obojí ohřívá dno hrnce

Výhody: velmi rychlý ohřev, lepší účinnost přenosu tepla, rovnoměrnost ohřevu, lepší kontrola ohřevu

Nevýhody: nutnost použití nádoby z feromagnetického materiálu (přitom nádobí z Cu či Al má mnohem lepší tepelné vlastnosti než to z oceli), nefunguje na nevodivé nádobí (sklo, keramika), dražší cena

MIKROVLNNÉ SPOTŘEBIČE

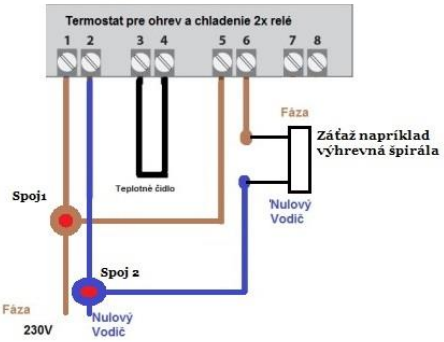


Obr. 1 Jednoduchá mikrovlnná trouba

Mikrovlnná trouba: Ohřev potravin způsoben zrychlením tepelného pohybu molekul potravin vlivem elektromagnetického záření v decimetrové oblasti mikrovln.

- mikrovlnná oblast je 300 MHz až 30 GHz (tj. vlnový rozsah 1 m až 1 cm)
- používá se záření 2450 MHz (2,4 GHz), jeho zdrojem je ***magnetron***
  - vakuová elektronka pracující jako oscilátor → kmitavý obvod magnetronu je tvořen válcovými dutinami (kterých je sudý počet) anody → vždy spolu kmitají dvě dutiny
  - energie je odváděna vlnovodem z jedné z rezonančních dutin do vnitřního prostoru trouby, od jehož kovových stěn se vlny odrážejí, procházejí bez účinku skleněným a plastovým nádobím a ohřívají potraviny
    - záření otáčí molekulami vody nacházející se v ohřívaném pokrmu → nárazy otáčejících se molekul vody do sousedních molekul způsobuje vznik tepla (podobně jako rychle kmitající molekuly plynů v ohni narážející do molekul ohřívaného kovu/jídla)
- mikrovlny procházejí plastem a sklem, ale ***odrážejí se od kovů*** (proto nelze pokrmy ohřívat v kovovém nádobí nebo hliníkové fólii)
- mikrovlnné ***záření je nebezpečné pro člověka!*** → dírkovaný plech mezi skly dvířek umožňuje pozorování osvětleného vnitřního prostoru trouby a zabraňuje úniku nepřípustného množství záření
- otočný podnos zajišťuje, že kmitny postupně procházejí různými místy pokrmu

TERMOSTAT



Je zařízení pro regulaci teploty a dalších parametrů v uzavřeném prostoru, čímž se v něm vytváří „ideální" podmínky. Funguje za pomoci bimetalu.

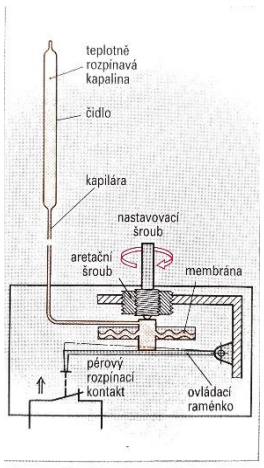
- **Bimetal** je pásek ze dvou kovů o různých tepelných roztažnostech. Kovy jsou navzájem pevně spojeny (např. slisovány nebo spojeny plošným svarem). Při ohřívání nebo ochlazování dochází na různých stranách pásku k různému rozpínání kovů, to zapříčiní definovatelné prohnutí dvouvrstvého pásku. Přičemž vrstva kovu z materiálu s větší tepelnou roztažností se označuje jako ***aktivní*** a vrstva s menší tepelnou roztažností jako ***pasivní.***

Elektromechanický termostat má nejširší uplatnění v technických zařízeních pracujících se silovou elektřinou (obvykle funkce regulace a tepelné ochrany – topení, pohony a další aplikace). Příklad – elektrická žehlička: ***v žehličce*** je bimetalový pásek s kontakty, které při dosažení nastavené teploty přeruší přívod elektřiny do topného tělíska; když teplota pásku klesne, kontakty se spojí a topné tělísko je opět napájeno elektřinou – hřeje. Pro citlivější a přesnější regulaci např. v rozmezí 1 °C je zapotřebí delší bimetal, který bývá svinut do spirály.

Elektronické termostaty ***jsou ovládány polovodičovými senzory***, jejichž signál se zesílí a následně zpracuje buď analogově nebo digitálně. Elektronika následně ovládá nejčastěji relé se spínacími či rozpínacími kontakty pro ovládání elektrických obvodů. Elektronická teplotní čidla dělíme na tyto druhy:

- ***Teplotní čidlo odporové*** tvoří termistor, jeho odpor se výrazně mění s okolní teplotou. Teplotní charakteristika může být PTC nebo NTC.
- ***Teplotní čidlo napěťové*** – na výstupu analogového čidla je napětí, které se mění podle okolní teploty.
- ***Teplotní digitální čidlo*** – na výstupu čidla je informace předávána v digitální formě, číselný údaj se mění podle okolní teploty. Výstup takového čidla je odolný vůči vnějšímu rušení a délce kabelového spojení (odpor nebo kapacita vedení).

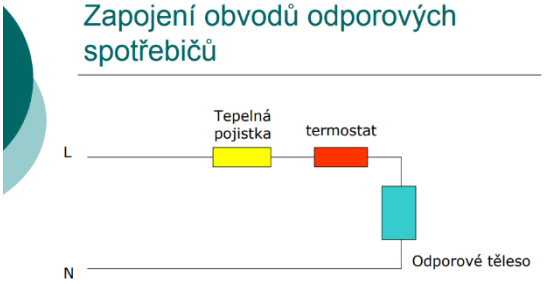
K regulaci teploty vody v zásobnících se většinou používá **kapilární termostat** – teplotní čidlo je tvořeno kapilárou naplněnou kapalinou s vysokým bodem varu, která při teplotním rozpínání a smršťování ovlivňuje tlakem membránu tlakové membránové komory, ta při svém pohybu (prohýbání) ovládá pérový vypínací kontakt.



Obr. 2 Kapilární regulátor (kapalinový termostat)

- hodí se k regulaci teploty látek všech skupenství, používá se v ohřívačích vody, topných tělesech, myčkách nádobí, automatických pračkách i k regulaci teploty v saunách

TEPELNÁ ELEKTRICKÁ POJISTKA



Tepelná pojistka: Proud procházející tavným prvkem přesáhne stanovenou hodnotu, tento prvek se dostatečně zahřeje až dojde k jeho roztavení. Tím se přeruší elektrický obvod a protékající proud je nulový. Přerušení obvodu může trvat několik milisekund až několik sekund.

Tepelná elektronická pojistka: Proud do zátěže prochází tranzistorem a snímacím rezistorem. Na snímacím rezistoru se vlivem procházejícího proudu vytvoří odpovídající úbytek napětí, který je trvale monitorován. Pokud napětí překročí přednastavenou hodnotu, řídicí logika přeruší tok proudu. Tranzistor, který je zapojen do série (nachází se mezi napájecím vedením a zátěží), musí mít velmi nízký odpor, aby zbytečně neplýtval energii a neovlivňoval zbytek obvodu.

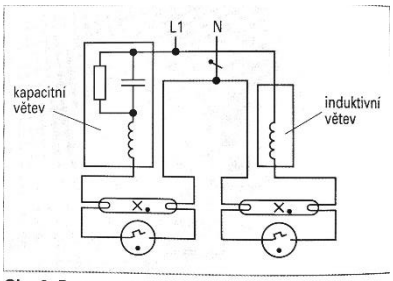
- je využívána ke snížení nebezpečí v elektrickém obvodu v případě přetížení. ***V případě, kdy by došlo k přetížení elektrické sítě, pojistka automaticky přeruší obvod***. Tím se současně ochrání i spotřebič. Pro funkci tepelné pojistky se využívá rozdílné tepelné roztažnosti dvojice kovových pásků z různých kovů (bimetal). Při průchodu proudu bimetalovým páskem dochází k jeho ohřevu a pásek se zakřivuje na stranu kovu s nižší tepelnou roztažností. Vhodně umístěný kontakt pak po dosažení určité meze prohnutí přeruší obvod.
- rychlá (reakční čas v rádu ms), nízkonapěťový provoz (a jednociferných úrovních nelze tepelné pojistky napájet dostatečným „samoohřívacím“ proudem, aby došlo k roztavení jejich tavného prvku),

Tento typ pojistky bývá vestavěn přímo v drobných elektrických spotřebičích s komutátorovým motorkem (mixéry, šlehače) a v elektrickém ručním nářadí. Po spuštění tepelné elektrické pojistky, a tedy vypnutí spotřebiče je nutné pojistku ručně zapnout.

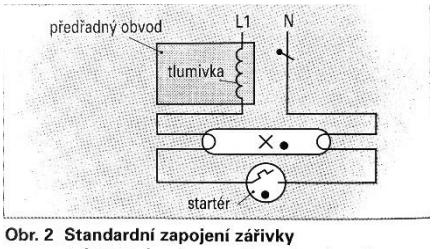
POUŽITÍ ŘÍZENÍ VÝKONU

Zářivky potřebují zapalovací obvody a obvody pro omezení provozního proudu.

- Nejběžnější zapojení zářivky je na obrázku. Pro zapálení (start) potřebuje zářivka napětí vyšší než při dalším ustáleném provozu. Proto se ještě k zářivkové trubici v klasickém zapojení připojuje ***startér / doutnavkový zapalovač*** (dvě elektrody uzavřené v baňce plněné inertním plynem = argon, neon), na který je přivedeno síťové napětí, a protože jsou elektrody blízko sebe, dojde k doutnavému výboji → tím se elektrody zahřejí a ohnou tak, že se vzájemně dotknou → proud prochází elektrodami zářivky → mezitím se elektrody zapalovače ochladí a jejich kontakt se rozpojí → proud se přeruší, tlumivka vyvolá indukci (napětí asi 1000 V), která zapálí obloukový výboj mezi elektrodami zářivky. → Zapalovací napětí startéru je vyšší než provozní napětí zářivky, a proto startér znovu nezapálí → V zářivce vzniká doutnavý výboj, který vyzařuje ultrafialové záření (to se díky luminoforu, který je na stěnách zářivkové trubice, přemění na záření světelné)
  - ***konvenční předřadné obvody zářivky*** se startérem a tlumivkou mají tepelné ztráty a způsobují fázový posun
  - při běžném provozu na 230 V může být vhodným zapojením kompenzován výkon tlumivky a odstraněn stroboskopický (blikavý) efekt:
    - paralelní kompenzace = indukčnost tlumivky kompenzována kapacitou kondenzátoru (sériové zapojení, aby obvod nerezonoval na frekvenci rušícím příjem rozhlasu/televize)
    - duo-zapojení = paralelní zapojení dvou konvenčních zářivkových obvodů, k jedné z obou tlumivek je sériově připojen kondenzátor (kapacitní odpor je větší než tlumivky)
    - stroboskopický efekt = při provozu výbojek na střídavé napětí bliká světlo s kmitočtem síťového napětí
- dá se zapojit i ***elektronicky*** (mají menší ztráty než konvenční obvody, je odstraněn stroboskopický jev. zlepšuje světelnou účinnost)



Obr. 2 Duo-zapojení dvou zářivek



Obr. 2 Standardní zapojení zářivky s doutnavkovým zapalovacím obvodem

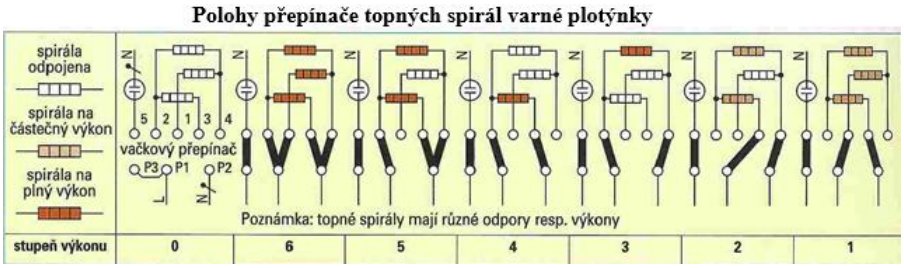
Při **sériovém řazení žárovek** je proud obvodem konstantní. Je dán napájecím napětím obvodu a celkovým odporem všech žárovek. Jsou-li všechny žárovky stejné, mají stejné pracovní napětí i proud (tedy i odpor a ztrátový výkon).

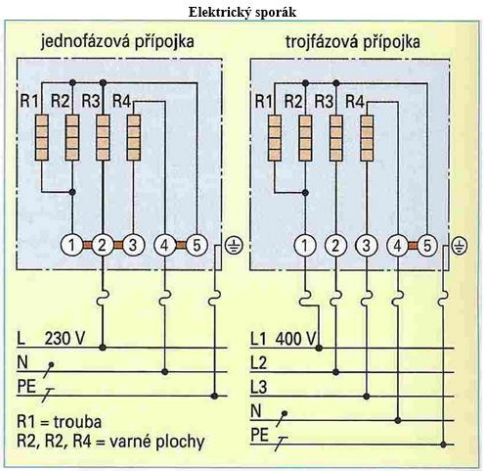
- bude-li spínač sepnutý, budou všechny svítit stejně, protože na nich bude stejný ztrátový výkon
- pokud spínač rozepneme, bude odpor spínače téměř nekonečný, a proto proud bude nulový (tedy i napětí na žárovkách 0)
- pokud se jedna z žárovek přepálí, přeruší se v tom místě obvod → jen na přerušené žárovce bude napětí U jako bychom ji použili místo vypínače (tzn. na žárovce, kde U naměříme, ta je spálená)
    - vánoční stromek s žárovkami: obvykle máme 20 ks 12 V žároviček, v zásuvce 240 V a když žárovky svítí, je na každé 12 V, ale jakmile se jedna spálí, je na ní 240 V!

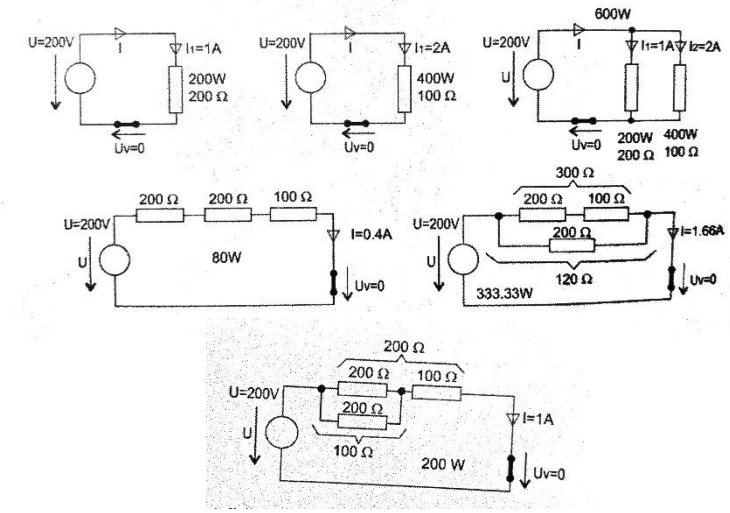
Při **paralelním zapojení žárovek** je na všech stejné napětí

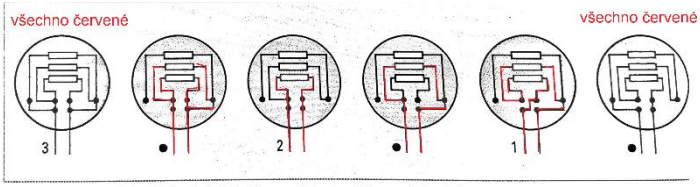
- přerušení kterékoli z nich nemá za následek zhasnutí ostatních, ani nevadí, pokud má každá jiný příkon
- např. v zapojení spotřebičů do elektrické sítě doma, v autě…

Sérioparalelní zapojení topných spirál – řeší se tím ***přepínání výkonu*** v elektrických sporácích, pecích…









Obr. 1 Sedmipolohové přepínání 6 výkonových stupňů varné plotýnky

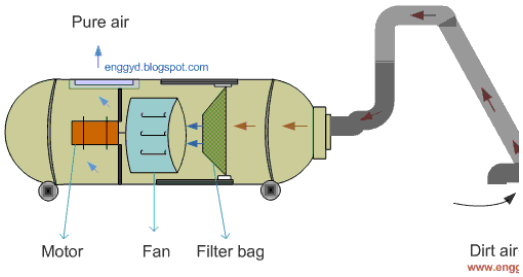
8. DALŠÍ DOMÁCÍ SPOTŘEBIČE.

(Vysavače, čerpadla, klimatizace, tepelná čerpadla, solární systémy a chladící technika)

VYSAVAČE

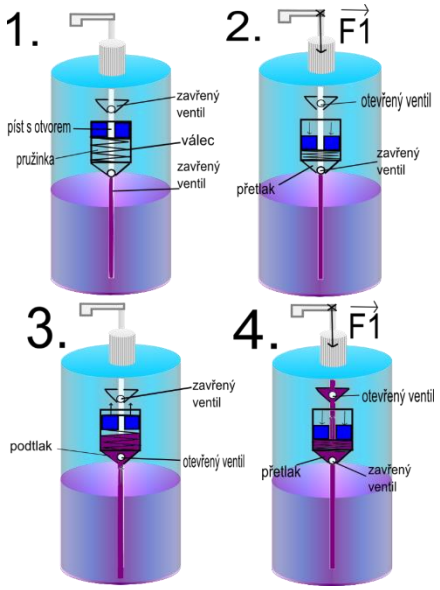
Skládá se z hadice s koncovkou, kterou je nasáván vzduch, **ventilátoru** poháněného elektromotorem a pytlíkem na nečistoty.

- ventilátor se skládá ze dvou kotoučů, které se otáčejí, a prostředního, který je pevný
    - do ventilátoru vstupuje vzduch úzkým otvorem, díky otáčejícímu se kotouči se roztočí i vzduch → V systému spojeném s kotoučem působí na vzduch odstředivá síla, která tlačí vzduch do stran → ve středu kotouče vzniká nižší tlak než na jeho stranách, dále je vzduch sveden drážkami uvnitř neotáčivého kotouče tak, aby vstupoval do dalšího otáčejícího se kotouče malým otvorem v jeho středu → Proces se ještě jednou opakuje
    - Tlak vzduchu vevnitř ventilátoru je menší než vně, a proto se okolní vzduch tlačí dovnitř vysavače



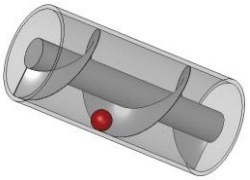
        - Je to stejné, jako když brčkem pijeme limonádu. V ústech vytvoříme podtlak. Okolní vzduch působí tlakovou silou na limonádu a vhání nám ji do úst
    - Vzduch potom proudí hadicí dovnitř vysavače, do papírového či látkového sáčku, kde se většina prachu usadí a pak je vzduch hnán přes ventilátor zase ven z vysavače.
    - zařízení, které navíjí kabel vysavače: Stačí podržet tlačítko a kabel se navíjí. Když tlačítko pustíme, přestane se navíjet. Protože vysavač není napájen, nemůže být použit motorek. Když odvíjíme kabel z válce, zároveň natahujeme péro. Pokud přestaneme kabel odvíjet, nic se nestane, protože zarážka, která je pevně přidržována pružinou, zabrání, aby se válec nazpět roztočil a kabel se zase navinul. Když potom zmáčkneme tlačítko, prostě jen uvolníme zarážku a kapel se zase navine na válec

ČERPADLA

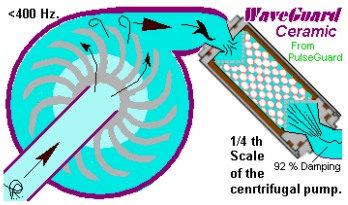


Mechanické stroje dodávající kinetickou/potenciální/tlakovou energii tekutině, která skrz ně protéká.
Umožní provádět čerpání v místech, kde by to bez něho z nějakého důvodu vůbec nebylo možné, nebo kde se vyžaduje ona vysoká spolehlivost. V případě čerpání kapalin (ve většině případů jde o vodu) se buď využívá pro čerpání vody z velkých hloubek, ve stísněných prostorách, v místech neumožňující přítomnost pohonu, nebo tam, kde je již tlaková voda přítomná pro jiné účely (např. přítomnost rozvodu vodovodu). Nejznámější jsou:

- ***objemové***
    - pístové (pumpa) = vzniklým podtlakem dojde k nasátí určitého objemu kapaliny do pracovního prostoru čerpadla (uzavřeného), pohybem pístu dojde k natlakování tohoto objemu kapaliny a následuje vytlačení natlakované kapaliny mimo čerpadlo
    - šnekové (Archimédův šroub) = efektivní čerpání zejména znečištěných tekutin → Jde o šikmo uloženou šnekovou hřídel v korytě, případně o korýtko nebo trubku navinutou ve šroubovici kolem šikmo uložené hřídele. Přepravovaná kapalina (nejčastěji voda) je v kapsách tvořených závity držena gravitací a čerpání je prováděno otáčením šneku nebo hřídele.



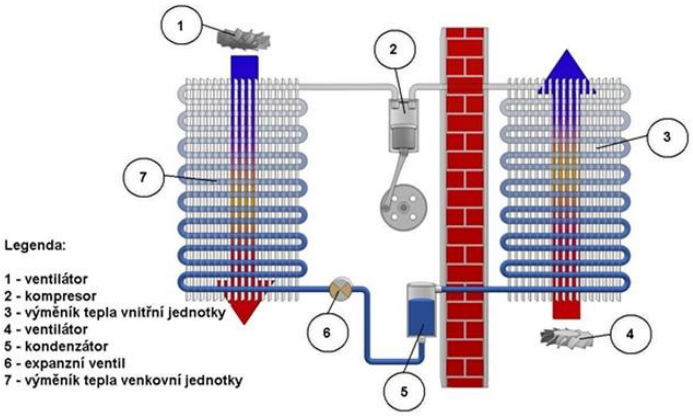
- ***odstředivé*** = funkci lze ukázat na atletické disciplíně hod kladivem (soutěžící vrhač rychlým rotačním otáčením uděluje kladivu (kouli na ocelovém lanku) výraznou odstředivou sílu, která se po jeho puštění změní v kinetickou energii, která způsobí let kladiva mnoho desítek metrů) → Vrhač je zde v podobě poháněcí hřídele, která je pevně spojena s oběžným kolem (rotorem) se zahnutými lopatkami. Ty se „paprskovitě“ rozbíhají od středu oběžného kola ven a kapalině, která na ně přitéká od středu oběžného kola sacím otvorem, udělují rotační pohyb. Tedy podobně jako kladivář uděluje rotační pohyb kladivu. Vzniklá odstředivá síla působící na kapalinu jí pak vymrští z výtlakového (výstupního) otvoru ven, podobně, jako když kladivář uvolní sevření a kladivo vyletí do vzduchu. Zbrzděním vystupující kapaliny se pak transformuje její kinetická energie na tlak.

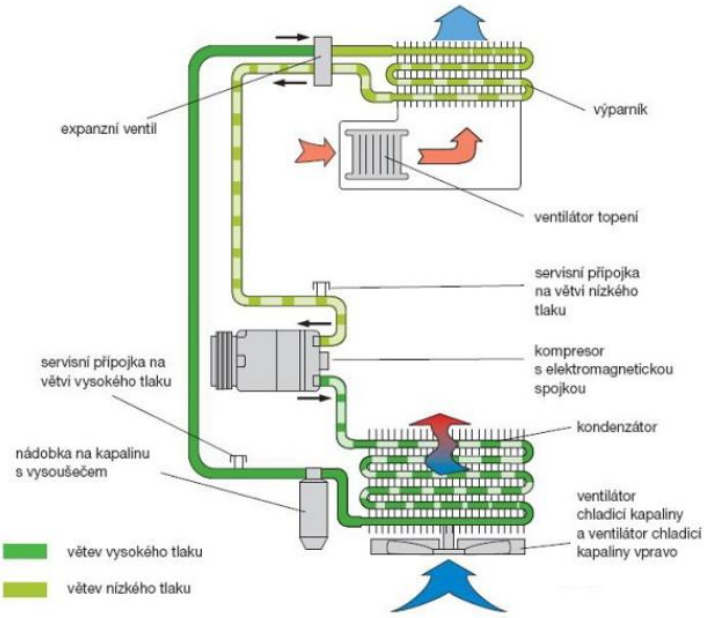


- ***proudové*** = kapalina dopravována energií hnacího média, kterým může být i plyn nebo pára → z ejektoru prudce tryskající hnací médium naráží do přítomného čerpaného média (ať je to plyn či kapalina) ve směšovací komoře, které je spolu s hnacím médiem unášeno ven. U sacího vstupu (koše) tak vzniká podtlak a čerpadlo tedy nasává a to jak kapalinu, tak plyn.

KLIMATIZACE

Kompletní systém klimatizace se skládá z **venkovní** a **vnitřní jednotky**. Venkovní jednotka se umísťuje obvykle na fasádu budovy, pokud je to možné tak na střechu.
Základem celého systému je **kompresorový chladící okruh**, který mimochodem najdete i v ledničce. **Kompresor** umístěný ve venkovní jednotce stlačuje plynné chladivo o vysoké teplotě a prohání ho přes **výměník tepla (kondenzátor)**, který je ochlazován venkovním vzduchem za pomoci **ventilátoru**. Chladivo tak odevzdává svoji teplotu do venkovního prostoru. Díky tomu dojde k jeho zkapalnění. Kapalné chladivo s nízkou teplotou je spojovacím potrubím přenášeno přes expanzní ventil do **výměníku tepla (výparníku)** vnitřní jednotky. Skrz stěny výparníku chladivo odebírá teplo z okolního vzduchu, který je k němu hnán **ventilátorem**. Při tomto procesu dochází k opětovné změně skupenství chladiva na plynné a ke kondenzaci vody do nádržky uvnitř výparníku, kterou je nutno jedno za čas vyprázdnit. Ohřáté plynné chladivo opět putuje ke kompresoru venkovní jednotky, kde je opětovně stlačeno a celý cyklus se znovu opakuje.



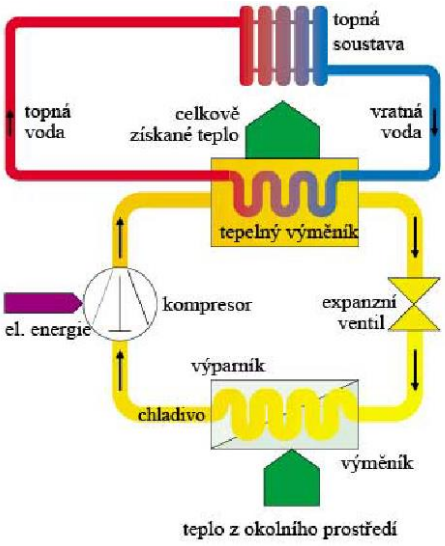


Topení u klimatizace funguje na principu tepelného čerpadla v systému vzduch – vzduch. Aby byla klimatizace tohoto režimu schopna, musí být její venkovní jednotka vybavena **čtyřcestným (reverzačním) ventilem**. Ten má za úkol otočit směr proudění chladiva mezi jednotkami, chladivo tedy začne procházet obráceně. Do výměníku vnitřní jednotky proudí stlačené horké chladivo a tím dojde k ohřátí vzduchu v budově.

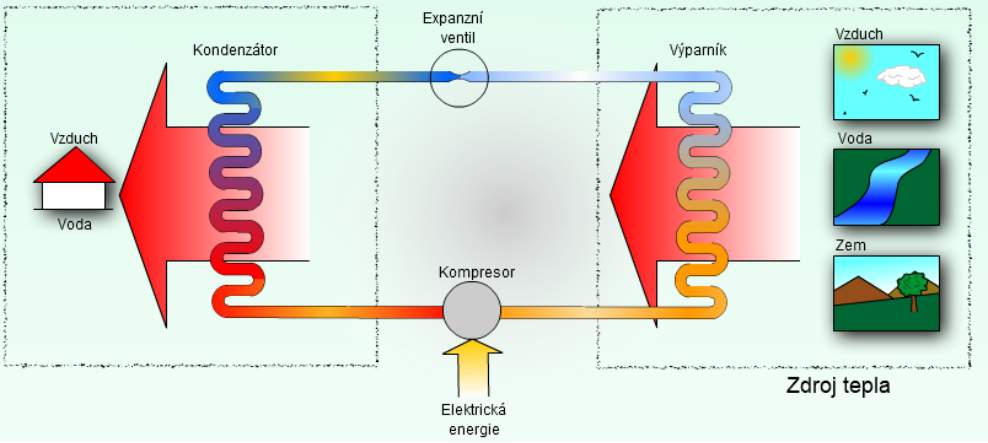
TEPELNÁ ČERPADLA

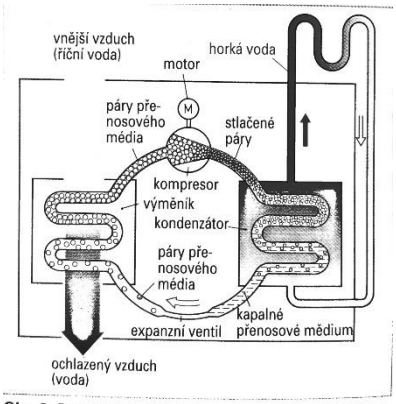
Pomocí tep. čerpadla je možno ***odebírat teplo z okolí*** (vzduch, vody, země) a předávat je do domu formou vytápění místností nebo např. bazénu.

- energii (na rozdíl od elektrického vytápění, které potřebuje veškerou energii) potřebuje jen na pohon kompresoru a zbytek je odebírán z okolí
  - ***přenáší tepelnou energii z prostředí s nižší teplotou do prostředí s vyšší***
- nejpoužívanější spirálový kompresor = skládá se ze dvou kovových spirál vložených do sebe
  - pohyblivá spirála spojená s hřídelí motoru a obíhá po dráze (ale nerotuje)
  - mezi spirálami plynové kapsy, na vstupu dochází k nasávání plynu, který se neustále posouvá ke středu spirál (zmenšuje se jeho objem) → zvyšuje se teplota a tlak
- zdroj tepla (vzduch, zem, voda) je ochlazován vnějšími stěnami výměníku, médium pro přenos tepla je chladícím prostředkem, ***druhy (ochlazuje se / ohřívá):***
  - vzduch/voda – univerzální typ, pro ústřední vytápění
  - vzduch/vzduch – doplňkový zdroj tepla, pro teplovzdušné vytápění, klimatizaci
  - voda/voda – pro využití odpadního tepla, geotermální energii
  - voda/vzduch – pro teplovzdušné vytápěcí systémy
  - nemrznoucí kapalina/voda – univerzální pro ústřední vytápění (vrt, zemní kolektor)
  - používá se kapaliny s bodem varu -10 °C (při atmosférickém tlaku)
- **princip funkce**: páry chladícího média jsou z výměníku (výparníku) odsávány kompresorem a stlačením jsou ohřáty → horké páry v kondenzátoru a výměníku zkapalní a přenosové médium předá teplo vodě ústředního topení, ochladí se a po průchodu tryskou expanzního ventilu se při sníženém tlaku odpařuje zpět do výměníku
  - za kompresorem teplota chladiva mezi 55-80 °C
- základním parametrem čerpadel je **topný faktor**, který vypovídá o účinnosti čerpadla (poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou energií)



- ***využití***: vytápění obytných domů, bazénů, klimatizace administrativních budov



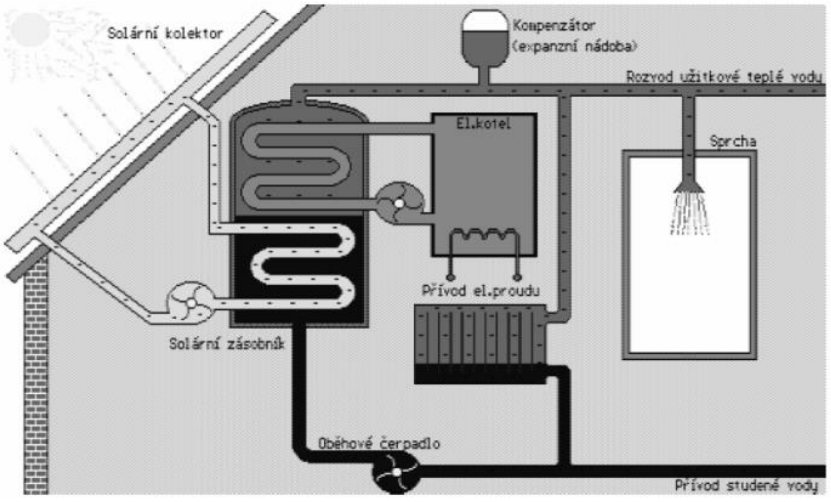


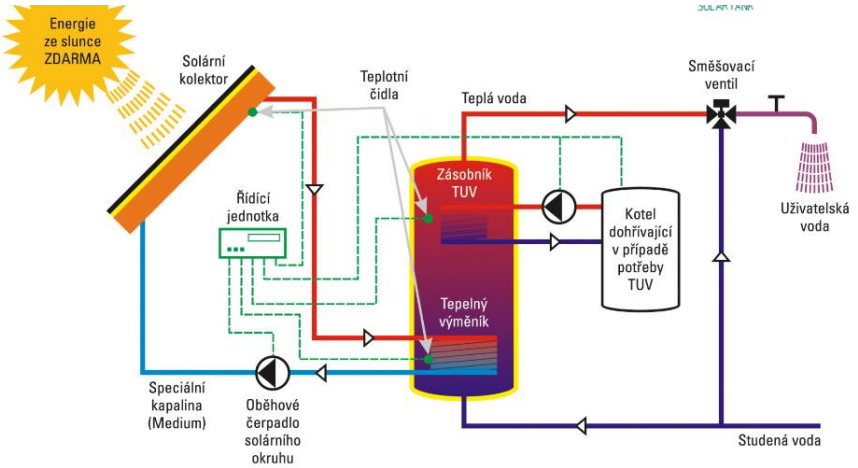
Obr. 2 Princip tepelného čerpadla s ohřevem výpar-níku venkovním vzduchem (venkovní vodou)

SOLÁRNÍ SYSTÉMY

Systém je vhodný ***pro ekonomický ohřev vody a podporu vytápění*** s možností ukládat přebytky do bazénu. Roční úspora nákladů činí až 75 % na ohřev vody a 35 % na vytápění.

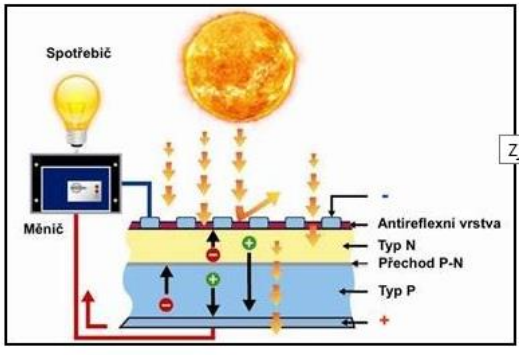
Velmi zjednodušeně se jedná o **fotoelektrický jev**, při kterém dochází k emisi elektronů z látky, na kterou dopadá elektromagnetické záření, v tomto případě solární radiace. Ozařovanou látkou jsou zde vhodně umístěné fotovoltaické panely, jejichž primární funkční jednotkou jsou ***fotovoltaické články***. Tyto články jsou v podstatě velkoplošné polovodičové diody, jejich základem jsou zpravidla tenké křemíkové destičky s vodivostí typu P a N (P – anoda, N – katoda). Rozhraní vrstvy P a N tvoří tzv. přechod P-N, který propouští proud pouze jedním směrem. Přechod P-N tvoří bariéru zabraňující volnému přechodu elektronů z vrstvy N do vrstvy P a není tedy možné, aby došlo k rekombinaci (P-N přechod je zapojen v závěrném směru).





Po dopadu slunečního záření na povrch článku nastává v polovodiči ***vnitřní fotoelektrický jev***, při kterém se z krystalové mřížky polovodiče uvolní záporné elektrony. Vznikající elektrony se pak hromadí na vrstvě N, přičemž mezi vrstvami N a P vzniká elektrický potenciál (u křemíkových článků zhruba 0,5 V). Lze tedy konstatovat, že se energie dopadajícího záření částečně mění na energii elektrickou. Slovo částečně je v předchozí větě zvoleno zcela záměrně, jelikož nynější solární články nejsou ani z daleka schopny přeměnit veškerou energii dopadajícího záření na energii elektrickou. Reálná ***účinnost*** běžně používaných solárních článků se pohybuje ***okolo 15 %.***

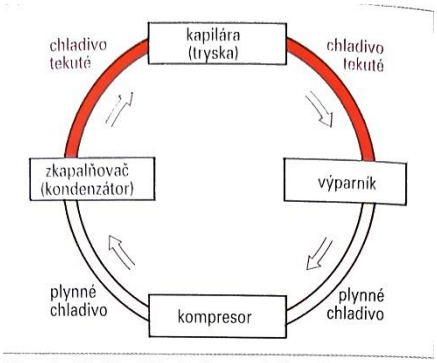
Jeden fotovoltaický článek typicky vygeneruje napětí o hodnotě přibližně 0,5 V, což je pro běžné využití poněkud málo. Pro dosažení většího provozního napětí se jednotlivé články spojují do série (popřípadě se využívá sério-paralelního zapojení) a sestavují se z nich samotné **fotovoltaické panely**. Po sériovém zapojení více článků jsme schopni získat provozní napětí 12 V, 24 V nebo 48 V.



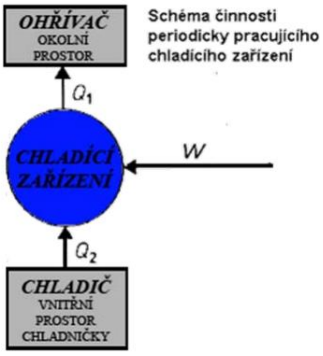
Zjednodušený princip funkce fotovoltaického článku

Elektrické chladničky udržují teploty potravin mezi 2-10 °C, mrazničky při teplotách -18 a nižších. **Při chlazení je odnímání teplo, čehož lze dosáhnout odpařováním chladící kapaliny.**

- chladící kapalina se odpařuje ve výparníku a ochlazuje o jeho stěny
- výparník je vyroben z Al, který dobře vede teplo z izolovaného prostoru chladničky k odpařující se chladící kapalině
- snižujeme-li tlak par nad kapalinou, klesá teplota varu (odpařování) kapaliny
    - teplota varu vody klesá ve výškách v horách tak, že např. ve výšce 5500 m nad mořem při polovičním atmosférickém tlaku vaří voda asi při 84 °C, při desetinovém 50 °C a při 1/165 vaří voda při 0 °C (led přímo sublimuje)
- v chladničkách se používá k chlazení izobutan, který se vypařuje při pokojové teplotě → po stlačení plyn opět zkapalní a odevzdá v chladiči venkovní straně chladničky okolnímu vzduchu teplo odejmuté ve výparníku a vnitřku chladničky
- máme kompresorové a absorpční chladničky

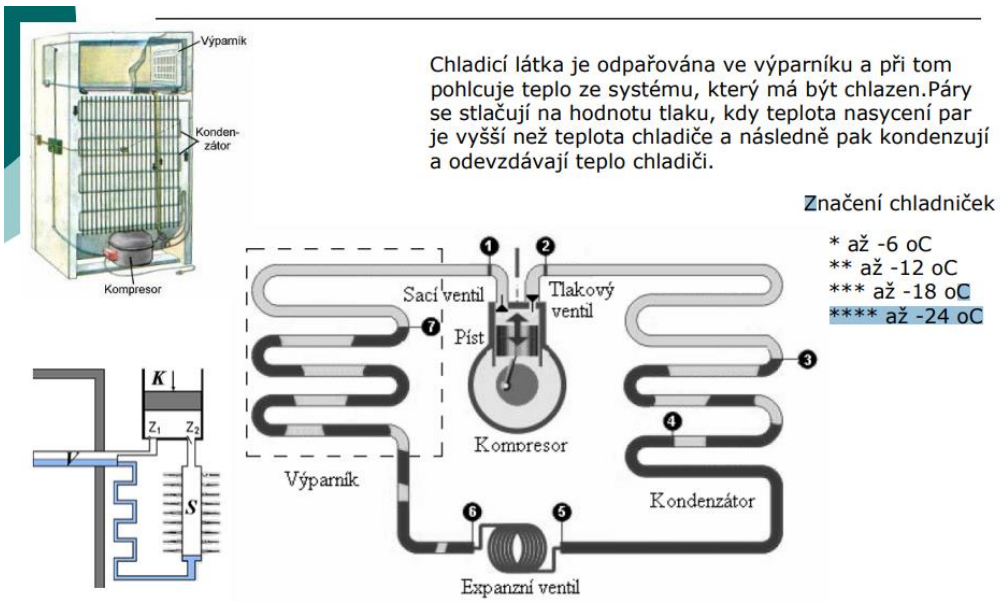


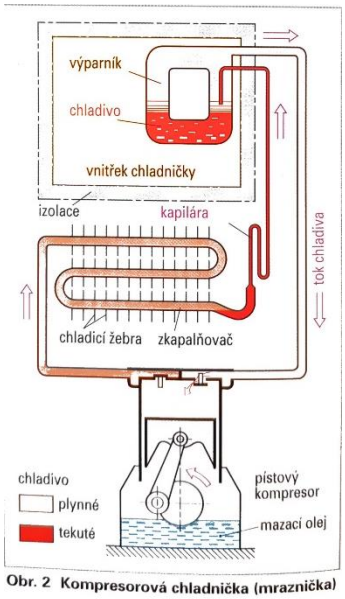
Obr. 1 Oběh chladicího média v kompresorové chladničce nebo mrazničce



Kompresorová chladnička: kompresor poháněný elektromotorem nasává z výparníku plyn, tím snižuje ve výparníku tlak a urychluje odpařování (var) → na výstupu kompresoru chladící médium tlakem kondenzuje a ohřívá se, protéká chladičem na zadní venkovní straně chladničky a pak se dostává kapilárou (tryskou) do výparníku

- tato kapilára s omezenou propustností zabraňuje vyrovnání tlaku mezi výparníkem a kompresorem
- podle dosahované teploty v mrazícím boxu chladničky označujeme hvězdičkami

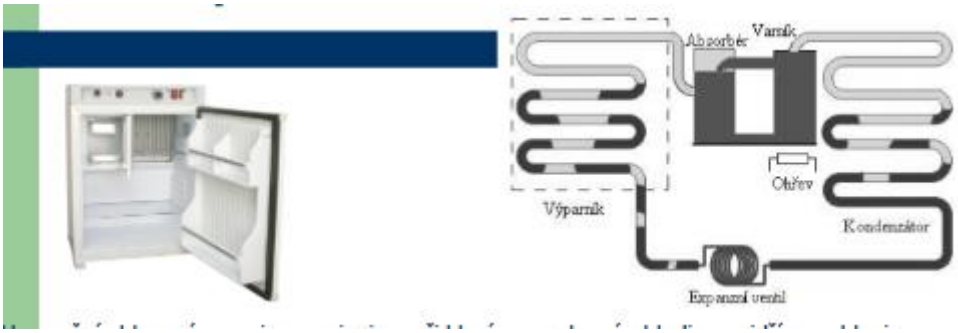


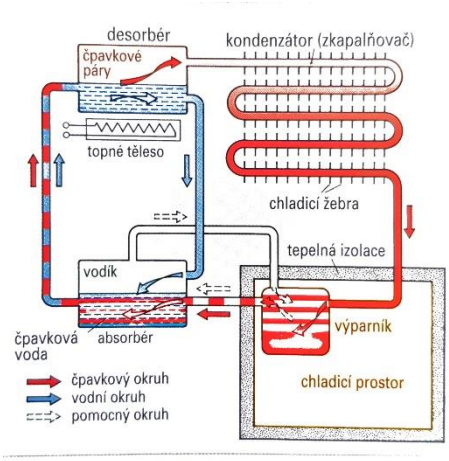


Obr. 2 Kompresorová chladnička (mraznička)

Absorpční chladnička: chladící médium (většinou ***čpavek*** = amoniak) prochází cyklicky uzavřeným trubkovým systémem → chladící médium se rozpouští ve vodě (je ***absorbováno v absorbéru***) → čpavková voda pak ***proudí*** (vytlačována těžší vodou bez čpavku) ***do desorbéru (varníku)***, ***kde je ohřívána*** topným tělesem a ***čpavek se z ní odpaří*** → zatímco se voda vrací do absorbéru, ***proudí čpavek do kondenzátoru*** tvořeného meandrovitě vedenou trubkou s chladícími žebry na zadní vnější straně chladničky → při postupném ochlazování ***čpavek zkapalní a nateče do výparníku*** uvnitř chladničky → ve výparníku se čpavek vypařuje a odebírá teplo

- absorpcí plynného čpavku vodou v absorbéru vzniká podtlak, který odsává páry z výparníku → ***odpařování čpavku je urychlováno pomocným plynem (vodíkem)***

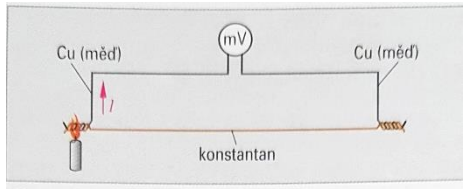




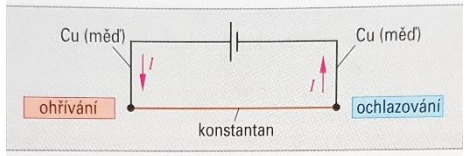
Obr. 1 Absorpční chladnička

Polovodičová (termoelektrická) chladnička využívá Peltierova efektu.

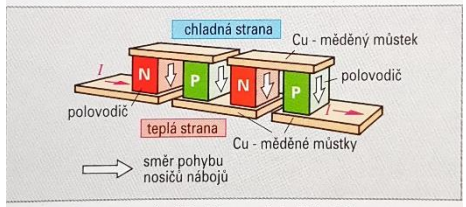
- je-li zahříváno místo spojení dvou různých kovů (mědi a konstantanu), přestupují v tomto místě elektrony z jednoho kovu do druhého a vzniká stejnosměrné napětí termočlánku → protéká-li proud obvodem se dvěma termočlánky, mění se teplota v obou místech spojení různých kovů → ***v závislosti na směru proudu se jedno kontaktní místo ochlazuje a druhé ohřívá***
- namísto výparníku jsou v chladícím prostoru ***chladivé Peltierovy články*** a namísto kondenzátoru ***vyhřívací Peltierovy články*** ochlazované např. žebrovaným hliníkovým chladičem
  - řada Peltierových článků uspořádaných dle Obr 4 může vytvářet blok s chladnou a teplou stranou → na chladivé straně pak může být odebíráno teplo z vnitřního prostoru chladničky a na teplé straně je chladičem předáváno teplo proudícímu vzduchu (při změně polarity napájení lze činnost článku obrátit)
- Peltierův článek se skládá ze dvou polovodičových tělísek a spojovacího můstku, které zprostředkovávají jednak přívod elektrické energie a jednak absorbují a vyzařují teplo.



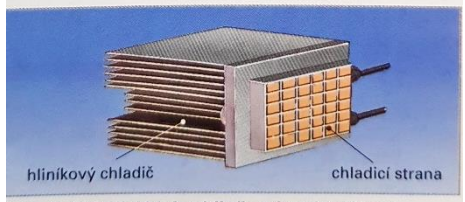
Obr. 2 Termočlánek



Obr. 3 Peltierův efekt



Obr. 4 Pospojování Peltierových článků



Obr. 5 Chladicí blok s hliníkovým chladičem

9. VÝPOČTY V ELEKTRONICE

(Ohmův zákon, Kirchhoffovy zákony, Teveninův teorém, praktické využití)

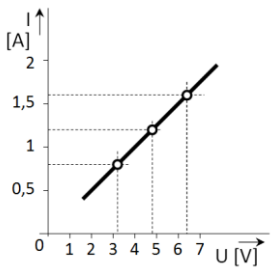
Elektrický obvod je nejčastěji tvořen zdrojem a spotřebičem, který je ke zdroji připojen pomocí vodičů. Spotřebičem (zátěží) může být například žárovka, topné těleso, elektromagnet nebo motor. Obvod bývá přerušen spínačem, kterým se zapíná proud v obvodu.

OHMŮV ZÁKON

Definuje vztah mezi úbytkem napětí na odporu, proudem protékajícím odporem a velikostí odporu.
Protéká-li proud odporem, dochází na něm k úbytku napětí. Úbytek napětí na odporu U je přímo úměrný procházejícímu proudu I a velikosti odporu R. Při průchodu proudu rezistor se zahřívá, proto je důležité, jestli teplo rezistor nezničí, případně ho ochladit.

- *Protéká-li elektrický proud vodičem, atomy krystalické mřížky vodičů tvoří překážky pohybu elektronů. Elektrony do nich naráží a zpomalují svůj pohyb. Vodič tedy klade průchodu proudu odpor a práce vynaložená na jeho překonání se projeví tím, že na vodiči vznikne úbytek napětí.*

Když u uzavřeného elektrického obvodu **změříme** Voltmetrem **úbytek napětí U** mezi dvěma konci vodiče a zároveň Ampérmetrem **proud vodičem I**, po změně zdroje za jiný zjistíme, že se změní hodnota **napětí** a samozřejmě i hodnota proudu, ale poměr těchto dvou veličin bude pořád stejný (za předpokladu že vodič má konstantní teplotu). Tento poměr se nazývá **elektrický odpor**, značí se R a byla pro něj zvolena jednotka Ohm Ω. Naměřené údaje můžeme vynést do grafu, ve kterém vidíme, že spojením průsečíků dvojic naměřených hodnot získáme přímku.



Následující vztah se nazývá **Ohmův zákon**, který objevil a popsal německý fyzik Georg Simon Ohm a na jeho počest byly po něm pojmenovány zákon i jednotka elektrického odporu.

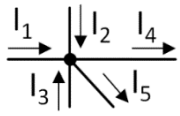
$$R = \frac{U}{I}\ (\Omega; V, A)$$

Proud, který do odboru vtéká, je stejně velký jako proud, co z něj vytéká. Mění se jen napětí!

KIRCHHOFFOVY ZÁKONY

Kirchhoffovy zákony spolu s Ohmovým zákonem umožňují řešení elektrických obvodů.

První Kirchhoffův zákon pro proudy v uzlu

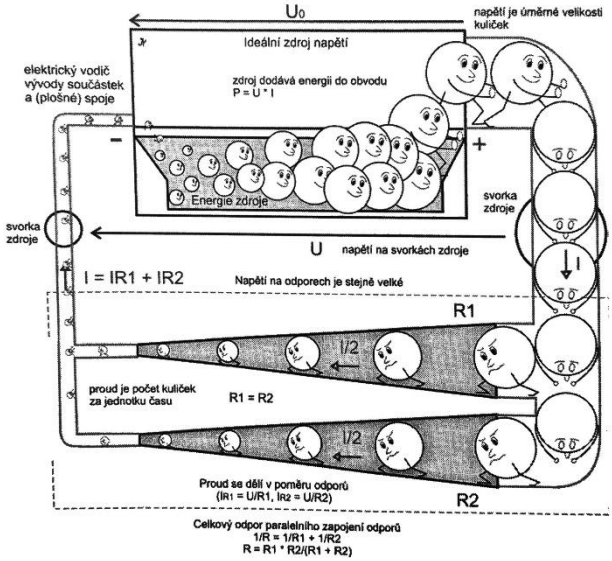


Součet proudů do uzlu tekoucích je roven nule. Jde vlastně o zákon „o zachování elektrických nábojů“.

- Náboje nemohou nikde vzniknout ani zmizet, mohou se jenom bezezbytku přesouvat. Součet proudů do uzlu tekoucích je roven součtu proudů z uzlu vytékajících. Jinak řečeno, součet proudů vtékajících do uzlu musí být roven součtu proudů z uzlu vytékajících (co do uzlu vteče, musí taky vytéct)

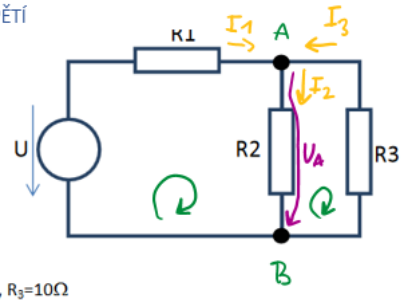
$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

- větším odporem teče menší proud a naopak, přičemž proud se větví v poměru velikosti odporů (jsou-li oba odpory stejně velké, pak je proud oběma odpory stejně velký)



- ***metody uzlových napětí***:

METODA UZLOVÝCH NAPĚTÍ



U=15V, R_1=10Ω, R_2=10Ω, R_3=10Ω

1) Vyznačím si proudy
2) Vyberu referenční uzel a vyznačím si napětí mezi uzly A a B + smyčky
3) rovnice uzlu A: I1 + I3 – I2 = 0
4) Rovnice pro 1. smyčku: -U + I1 * R1 + UA = 0

$$I_1 = \frac{(U - U_A)}{R_1} \qquad I_1 = \frac{15 - 5}{10} = 1A$$

$$I_2 = \frac{U_A}{R_2} \qquad I_2 = \frac{5}{10} = 0{,}5A$$

Rovnice pro 2. smyčku: -UA – I3 * R3 = 0

$$I_3 = \left(-\frac{U_A}{R_3}\right) \qquad I_3 = -\frac{5}{10} = -0{,}5A$$

5) Dosadíme si rovnice do rovnice A:

$$\frac{U - U_A}{R_1} - \frac{U_A}{R_3} - \frac{U_A}{R_2} = 0$$

$$\frac{15 - U_A}{10} - \frac{U_A}{10} - \frac{U_A}{10} = 0$$

$$\frac{15 - 3U_A}{10} = 0$$

$$U_A = 5\ V$$

6) Dosadíme výsledné U_A do rovnic ze 4. kroku:
7) Dopočítáme UR1, UR2, UR3:

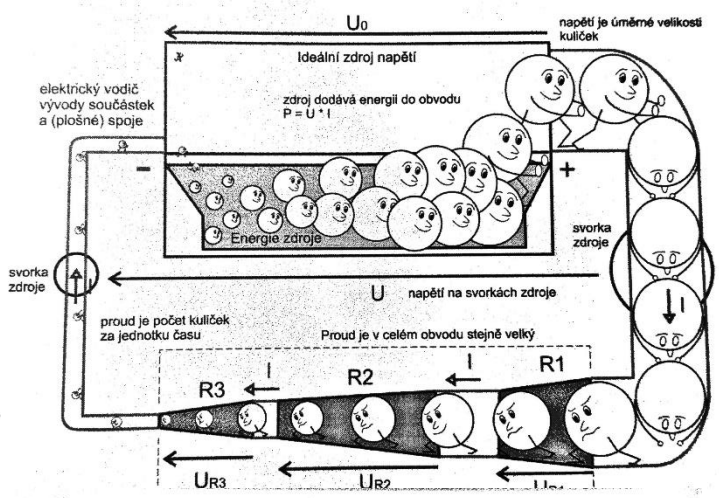
$$U_{R_1} = I_1 \cdot R_1 = 1 \cdot 10 = 10\ V$$

$$U_{R_2} = 5\ V$$

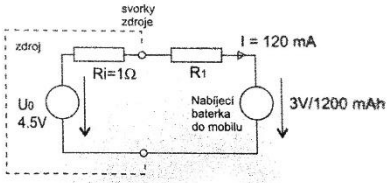
$$U_{R_3} = 5\ V$$

Druhý Kirchhoffův zákon pro napětí kolem uzavřené smyčky
Součet napětí ve smyčce je roven nule.

- Jde vlastně o <u>zákon „o zachování energie“.</u> Práce (energie) vydaná zdroji se bezezbytku spotřebovala na spotřebičích (změnila se na jinou formu energie, například na teplo).
- zdroj dodává energii do obvodu → energie je zde jako voda v bazénu, která regeneruje kuličky (pokud půjde o baterii, je v ní předem určené množství kuliček) → když ji spotřebujeme, baterie se vybije → nabíjecím článkům můžeme v nabíječce opět energii doplnit
    - pokud budeme mít síťový zdroj, energie se do bazénu trvale doplňuje, pokud však zdroj odpojíme, velmi rychle přestane energii dodávat!
- <u>příklad</u>: na dovolenou jsme si nevzali nabíječku na mobil. Mobil ale potřebujeme používat. Máme s sebou plochou baterii 4,5 V (její vnitřní odpor je 1 Ω), baterka z mobilu je na 3 V a má kapacitu 1200 mAh (je schopna třeba dodávat proud 1,2 A po dobu jedné hodiny nebo 12 mA podobu 100 hodin) → pamatujme, že při nabíjení je vhodné nabíjet proudem o velikost 1/10 kapacity nabíjené baterky po dobu 12 hodin!
    - naši baterku z mobilu budeme nabíjet proudem 120 mA po dobu 12 hodin
- ***metoda smyčkových proudů***:

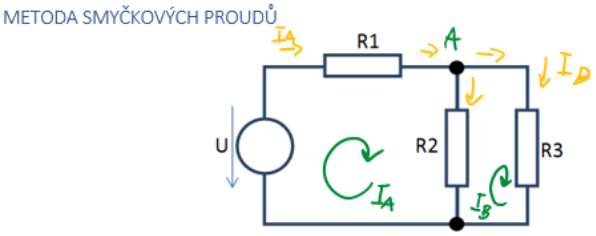


Jak zapojíme naši nabíječku je na následujícím obrázku.



Jediné, co neznáme, je velikost odporu R1. Na odporu Ri dojde k úbytku napětí Ri * I = 0.12 *1 = 0.12V.

Jaký má být úbytek napětí na R1? Napětí zdroje mínus napětí na R1 mínus napětí baterky z mobilu = 4.5-0.12-3=1.38 V. Takovýto úbytek napětí musí vzniknout, protéká-li odporem nabíjecí proud I, tedy 0.12 A. Podle Ohmova zákona zjistíme, že odpor musí mít velikost 1.38/0.12 = 11.5 Ω. Kde vzít odpor? V autě máme náhradní žárovky 12V/6W (I = P/U = 0.5 A). Jejich odpor je 24Ω (R = U/I = 12/0.5 = 24). Zapojíme dvě paralelně a budeme mít odpor přibližně 12 Ω, můžeme je tedy použít místo odporu 11.5 Ω a máme tedy nabíječku hotovou. Už stačí jen několik drátů na propojení a je to.



$U=15V, R_1=10\Omega, R_2=10\Omega, R_3=10\Omega$

1) Vyznačím si smyčky (musí jít jedním stejným směrem všechny) a proudy
2) Rovnice pro smyčku IA: -U + R1 * IA + R2(IA – IB) = 0

$$-15 + 10I_A + 10I_A - 10I_B = 0$$
$$-15 + 20I_A - 10I_B = 0$$
$$-15 + 20 \times 2I_B - 10I_B = 0$$
$$I_B = 0{,}5A$$

Rovnice pro smyčku IB: R2(IB – IA) + R3 * IB = 0

$$10I_B - 10I_A + 10I_B = 0$$
$$20I_B - 10I_A = 0$$
$$2I_B = I_A$$

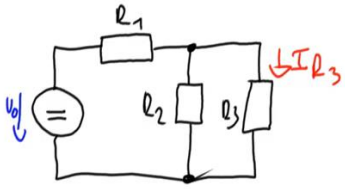
3) Dosadíme získané IA do předchozí rovnice:
4) Vrátíme se k rovnici: IA = 2*IB = 2 * 0,5 = 1 A
5) Dopočítáme zbylé proudy:

I1 = IA = 1 A
I3 = IB = 0,5 A
I2 = I1 – I3 = 1 – 0,5 = 0,5 A

6) A zbylé napětí:

U1 = I1 * R1 = 1 * 10 = 10 V
U2 = 5 V
U3 = 5 V

THÉVENINOVA POUČKA (THÉVENINŮV TEORÉM)

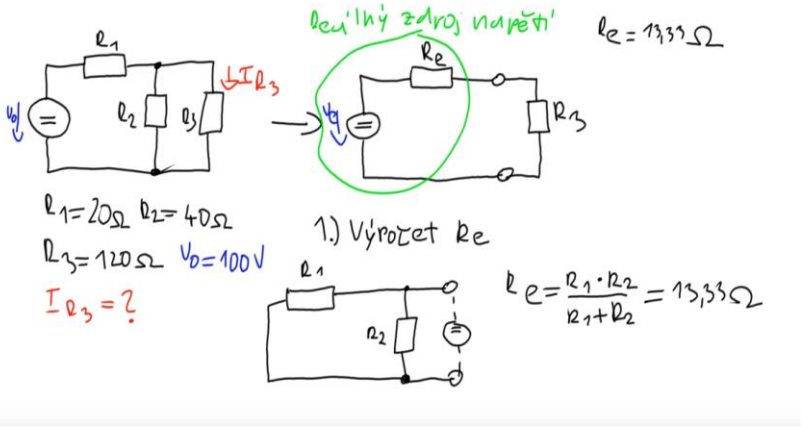


$R_1 = 20\,\Omega$ $R_2 = 40\,\Omega$
$R_3 = 120\,\Omega$ $U_0 = 100\,V$
$I_{R_3} = ?$

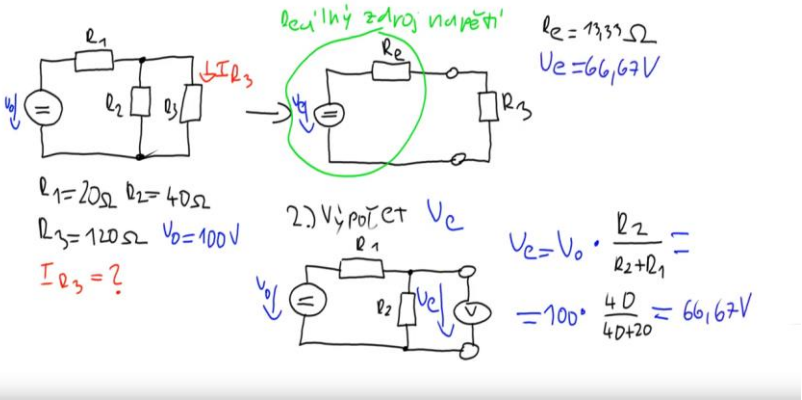
O náhradním zdroji napětí tvrdí, že **lze libovolně složitý lineární obvod nahradit obvodem skutečného zdroje napětí**, připojeným k libovolným dvěma svorkám.

- obsahuje-li obvod nelineární obvody (diody), pak ji nelze použít
- výpočetní metoda pro případy, kdy nás zajímá časový průběh proudu a napětí pouze na jedné součástce v obvodu
- ***obvod nahrazujeme reálným zdrojem napětí*** (= ideální zdroj napětí a vnitřní odpor Re) a k tomuto zdroji připojujeme součástku, u které nás zajímá průběh U a I

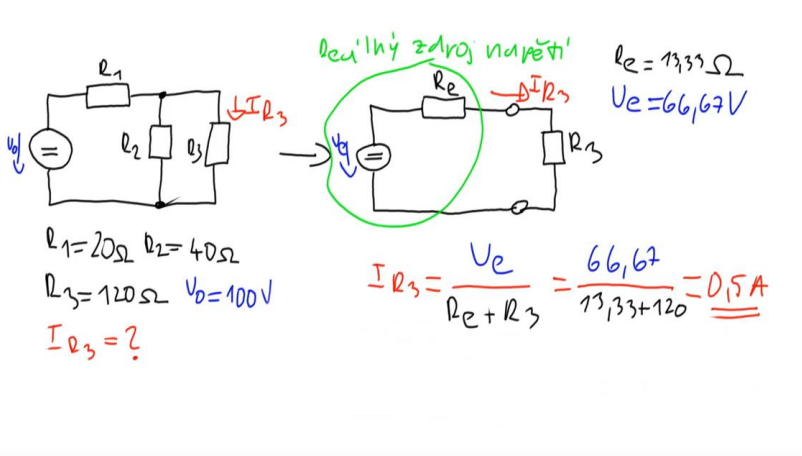
1) Ze schématu vynecháme součástku, která nás zajímá (R3) a nahrazujeme ji rozpojenými svorkami. Všechny zdroje v obvodu nahrazujeme vnitřními odpory.



2) Zjistíme velikost U našeho náhradního zdroje. Ve schématu opět nahrazujeme R3 rozpojenými svorkami, mezi kterými zjišťujeme napětí.



3) Známe velikost náhradního napětí Ue a jeho vnitřní odpor Re. Protékající proud IR3 určíme podle Ohmova zákona.

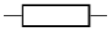


10. PASIVNÍ ELEKTRONICKÉ SOUČÁSTKY

(rezistory lineární, nelineární, proměnné, kondenzátory, cívky, transformátory, praktické využití)

Součástka, která nepotřebuje ke své funkci zdroj energie (rezistor, kondenzátor, cívka, transformátor…).

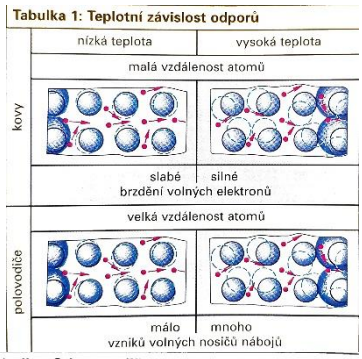
REZISTORY (R, Ω)

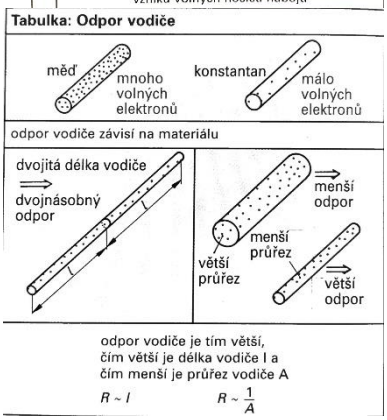


Odpory s ***lineární závislostí proudu na napětí***. Při průchodu elektrického proudu vodičem dle Ohmova zákona platí, že procházející elektrický proud je přímo úměrný elektrickému napětí na konci vodiče. Tuto závislost můžeme vynést graficky a nazývá se voltampérová charakteristika vodiče. (U je lineárně závislé na I)

Když protéká el. proud vodičem, pohybují se volné elektrony mezi atomy vodiče. Tyto atomy kmitají kolem svých klidových poloh, čímž omezují v pohybu volné elektrony.

Každý vodič má rezistenci → **klade elektrickému proudu odpor**, který musí být překonáván elektrickým napětím → vzniká na něm úbytek napětí.





- odpor některých vodičů (kovů) vzrůstá s rostoucí teplotou, naopak odpor např. uhlíku (polovodičů) s rostoucí teplotou klesá
  - kovy: při ↑teplotě atomy kmitají silněji, tedy pohyb volných elektronů je brzděn → odpor s teplotou narůstá

Druhy rezistorů

- **Pevné** – jsou určeny nejčastěji pro snižování velikosti proudu, nebo snižování napětí v děličích. Jsou vyráběny z materiálů, které mají malou teplotní závislost odporu.
  - mají od výrobce pevně danou jmenovitou hodnotu odporu
  - *drátové* vyrábějí se navinutím izolovaného drátu na keramické tělísko
  - *vrstvové* – na keramickém tělísku je nanesena uhlíková vrstva
- Pohyblivé (**proměnné**) = jsou nastavitelné
  - Potenciometry – jsou otočné a posuvné – může s nimi manipulovat uživatel, potřebná hodnota odporu se nastaví pohyblivým kontaktem
  - Trimry – může s nimi manipulovat pouze technik, nastavují se šroubovákem

Parametry

- Jmenovitý odpor: jednotkou jsou Ω – používají se řady E6–E96 (nejčastěji E12)
- Jmenovitá hodnota zatížení: výkon, který se přemění na teplo, aniž by se zničil rezistor
- Tolerance: udává možnou výrobní odchylku odporu od hodnoty na rezistoru, uvádí se v procentech ±20%, ±10%, ±5% jsou běžné, ±2%, ±1%, ±0,5%, nejpřesnější ±0,1 %
- Největší dovolené provozní napětí: napětí, které se nesmí překročit, jinak dojde ke zničení součástky
- Provozní zatížení: max výkon v závislosti na teplotě, určen nejvyšší teplotou součástky, při které ještě nenastávají trvalé změny jejího odporu
- Šumové napětí: projevuje se ve střídavých obvodech především u vysokých frekvencí
- Teplotní součinitel odporu: určuje nám změnu odporu způsobenou změnou teploty $R = R_0(1 + \alpha\Delta t)$

NELINEÁRNÍ ODPORY

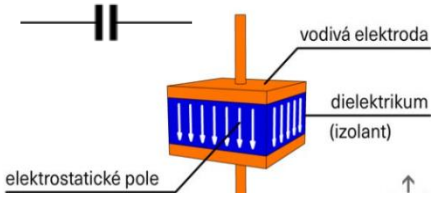
Jejich **vlastnosti popisujeme pomocí nelineární charakteristiky** (závislostí mezi příslušnými veličinami a není to vždy jenom vztah napětí – proud), zjišťujeme měřením a můžeme je definovat tabulkou hodnot, grafem, analytickým výrazem.

- neplatí zde Ohmův zákon, ale Kirchhoffovy jo

Nelineární rezistor = vztah mezi napětím a proudem vyjadřuje V-A charakteristika, Q je pracovní bod charakteristiky, každému bodu charakteristiky odpovídá jiná hodnota parametru

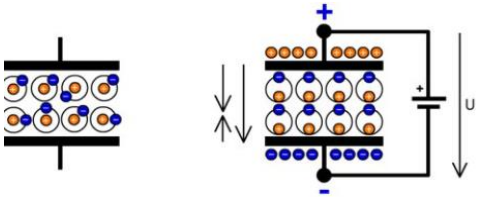
Varistor (k ochraně prvků citlivých na přepětí – diody, tranzistory, integrované obvody)

KONDENZÁTOR (C, F)



Je pasivní součástka, která má za úkol nashromáždit, držet a následně vydat elektrický náboj. *Něco jako nádržka, kterou lze naplňovat a vyprazdňovat. Má určitý objem (kapacitu). Naplňování velkého sudu s velkou kapacitou trvá dlouho, naplnění malé sklenice s malou kapacitou je rychlé. Také záleží, jestli proud vody nebude brzděn, poteče tlustou hadicí s malým odporem nebo tenkou hadičkou s velkým odporem. Totéž při vyprazdňování.*

Samotný vodič má velmi malou kapacitu, a proto dochází ke spojování vodičů (= kondenzátor). Nejjednodušším mezi kondenzátory je deskový kondenzátor, který tvoří dvě rovnoběžné desky o obsahu S ve vzdálenosti d odděleny od sebe vrstvou dielektrika a nabity opačnými náboji.



Charakteristickou vlastností je **kapacita** [F]. Dalším důležitým parametrem je **jmenovité napětí** [V], které udává maximální napětí, na kterém je možné kondenzátor trvale provozovat.

Kondenzátor se skládá ze **dvou vodivých elektrod** oddělených od sebe navzájem elektricky nevodivou látkou – izolantem - tzv. **dielektrikem**.

	keramické	svitkové	elektrolytické
schematická značka	⊣⊢	⊣⊢	⊣⊢
polarita	⊗	⊗	✓
kapacita	stovky nF	desítky µF	desítky mF
přesnost kapacity	⊗	✓	⊗
stálost kapacity	⊗	✓	⊗
dielektrikum	spec. keramika	plast. folie	elektrolyt

- Izolantem může být vzduch, papír, metalizovaný papír, plastová fólie, slída nebo keramika.
- Dielektrikum mezi deskami nedovolí, aby se částice s nábojem dostaly do kontaktu, a tím došlo k neutralizaci.
  - Přitom svou polarizací zmenšuje sílu elektrického pole nábojů na deskách a umožňuje tak umístění většího množství náboje.

Pro deskové kondenzátory pak platí: C= ε * S/l * (n-1)
ε – permitivita materiálu mezi deskami
l – vzdálenost desek
S – plocha desek
n – počet desek

- S rostoucím počtem listů mezi deskami kondenzátoru klesá jeho kapacita. Pokud zvětšujeme plochu desek kondenzátoru, zvětšuje se jeho kapacita. Kapacita roste s plochou desek, přímo úměrně a se vzdáleností klesá nepřímo úměrně.

Parametry:

- jmenovitá kapacita: předpokládaná hodnota kapacit
- tolerance: odchylka v % od jmenovité hodnoty (u elektrolytických jsou nesouměrné např. -1 nebo +3)
- jmenovité napětí: největší napětí, které může být na C trvale připojeno
- izolační odpor: odpor dielektrika (čím vyšší, tím lepší)
- ztrátový činitel kondenzátoru (tg Φ): C je frekvenčně závislý, proto se u něj ve střídavém obvodu vyskytuje kapacitní reaktance (Xc) a kapacitní susceptance (Bc=1/Xc)

Kondenzátor je schopen **akumulovat energii** ukládáním **elektrického náboje** na svých elektrodách.
Paralelním zapojením vytvoříme kondenzátor s větší kapacitou (obvod se chová tak, jak kdyby tam byl jen jeden kondenzátor), sériovým s menší.

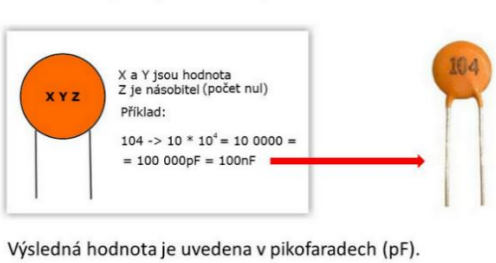
Pokud by v obvodu bylo zapojeno paralelně n-kondenzátorů, pro výslednou kapacitu platí

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + ... + C_n \quad (1.21)$$

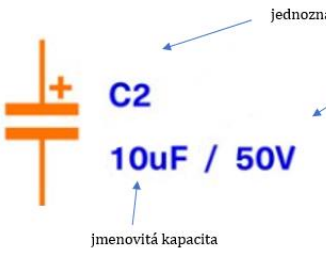
Pokud by v obvodu bylo zapojeno sériově n-kondenzátorů, pro výslednou kapacitu platí

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + ... + \frac{1}{C_n}.$$

Značení kapacity keramických kondenzátorů:



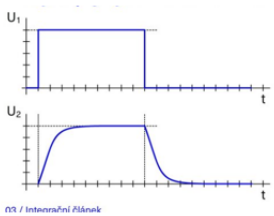
Výsledná hodnota je uvedena v pikofaradech (pF).



Nabíjející a vybíjející charakteristika

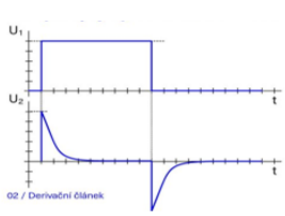
Pokud kondenzátor (který uchovává energii) přinutíme ke změně, pozorujeme nabíjení/vybíjení kondenzátoru.

Integrační článek



Propouští frekvence nižší, než je frekvence mezní (vyšší frekvence utlumuje).

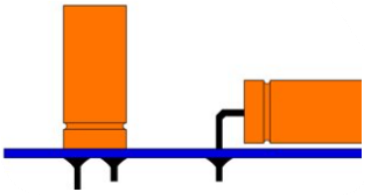
Derivační článek



Propouští frekvence vyšší, než je frekvence mezní (nižší utlumuje).

Pouzdra:

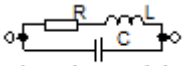
Radiální Axiální



CÍVKA (L)

cívka

cívka s jádrem



Náhradní zapojení cívky

Cívky jsou pasívní elektronické součástky, jejichž charakteristickou vlastností je **vlastní indukčnost** L [H]. Dalším důležitým parametrem je **jmenovitý proud** [A], při kterém je možné cívku trvale provozovat. Cívka je navinuta nejčastěji z měděného drátu, aby měla co nejmenší odpor. **Vlastní indukčnost cívky** závisí na počtu závitů, geometrickém uspořádání a na magnetických vlastnostech prostředí uvnitř i kolem cívky. **Cívka** je schopna **akumulovat energii v magnetickém poli**.

- odběr proudu cívkou je při střídavém napětí menší než při stejnosměrném kvůli indukčnímu odporu (někdy též reaktance, jalový odpor), který značíme X_L
  - je způsobován vlastním indukovaným napětím v cívce, které působí na sinusový proud tlumivě
  - na indukčním odporu se střídavý proud zpožďuje o 90° za střídavým napětím
  - reaktance cívky je tím větší, čím více železa je v jejím magnetickém obvodu (největší je s uzavřeným železným jádrem)
  - indukční odpor X_L je tím větší, čím větší je indukčnost L cívky a čím větší je kmitočet f (resp. kruhová frekvence ω)

Část energie v cívkách se přemění na nechtěné teplo (**ztrátový výkon cívky** = rozdíl mezi odebíraným a vráceným výkonem)

- ztráty ve vinutí = vznikají stejnosměrným odporem vodiče vinutí, zvýšeno o skinefekt
- ztráty v jádře = jen při střídavých proudech (buď při přemagnetizaci jádra, nebo průtokem indukovaných proudů, pokud je jádro pro tyto proudy dostatečně vodivé)

Parametry:

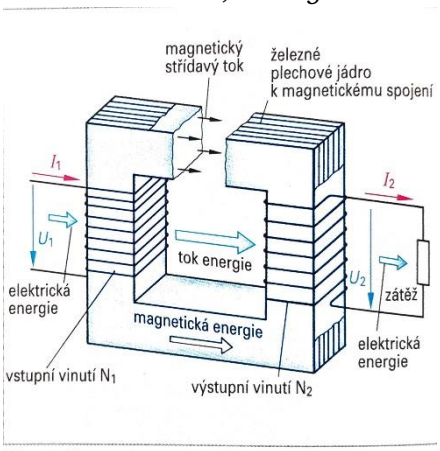
- jmenovitá indukčnost: velikost magnetického indukčního toku při jednotkovém elektrickém proudu
- počet závitů cívky
- maximální proud: největší proud, který může cívkou procházet
- činitel jakosti cívky: čím je větší, tím je cívka kvalitnější ($Q = \frac{x_L}{R_L}$)

TRANSFORMÁTORY

V alternátoru se vyrábí třífázové střídavé napětí a následně musíme střídavé napětí přivést ke spotřebiteli. Tento přenos elektrické energie je složitější a je potřeba během přenosu měnit velikost elektrického napětí. Tento proces se uskutečňuje v zařízení zvaném transformátor. Aniž bychom si uvědomovali, každý z nás nějaký transformátor vlastní např. nabíječka mobilního telefonu, zdroj napětí počítače.

Transformátor se skládá ze dvou cívek na společném jádře z feromagnetického materiálu (např. železa). Jádro je u nízkofrekvenčních transformátorů z **odizolovaných plechů**, u vysokofrekvenčních z **feritu.**

- netočivý elektrický stroj, čím je větší, tím je větší jeho účinnost
- obvod, který mění velikost napětí a proudu při nezměněné frekvenci

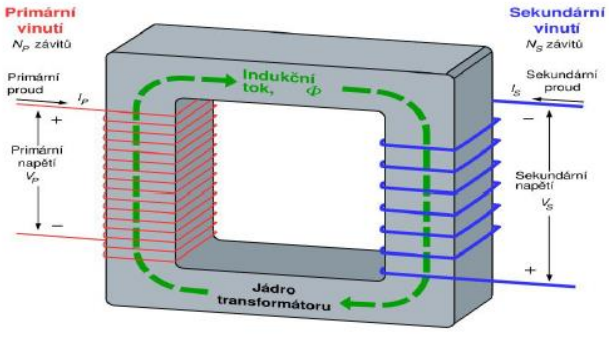


Obr. 1 Konstrukce transformátoru

Činnost transformátoru je založena na **elektromagnetické indukci**.

- do vstupního (primárního) vinutí přichází střídavý proud, který je prostřednictvím střídavého magnetického toku v jádře předáván dál
- protože magnetický tok periodicky mění svou velikost i směr s kmitočtem vstupního proudu, indukuje se v sekundárním vinutí napětí stejného kmitočtu

Napětí naprázdno = napětí na sekundárním vinutí (výstupní straně) bez zátěže (odběru proudu)



- na nezatíženém transformátoru jsou napětí ve stejném poměru jako příslušné počty závitů na vinutích (poměr vstupního napětí k výstupnímu = *převodní poměr transformátoru*)
- nezatížený transformátor se chová jako cívka s velkou indukčností
- může být zničen velmi rychle přivedením vyššího napětí (vzhledem k téměř nasycenému jádru začne při přesycení klesat jeho impedance a proud narůstá, což vede k přehřátí vinutí a zničení izolace)
- při zvětšení vzduchové mezery (v železe vyplněné izolantem) vzroste proud naprázdno

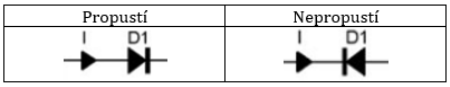
Napětí nakrátko = vstupní napětí, při kterém protéká vstupním vinutím jmenovitý proud I při zkratovaném sekundárním (výstupním) vinutí

- většinou udáváno v %
- velikost tohoto napětí je ukazatelem vnitřního odporu transformátoru (čím nižší, tím menší vnitřní odpor → výstupní napětí při zatížení jen málo poklesne)

Transformátory se při své činnosti velmi zahřívají a je nutné je chladit.

- bývají ponořeny do oleje jako chladicí kapaliny, který odvádí teplo a je chlazen přes stěny nádoby vzduchem. Nové transformátory jsou vyráběny jako bezolejové. Jejich vinutí je zalito v izolační pryskyřici.

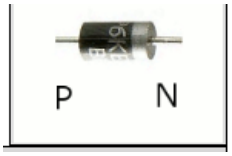
Druhy: pro hračky (výstupní napětí nejvýše 24 V, výkon nesmí být přes 100 W), pro lékařské přístroje (výstupní napětí do 24 V, ale pokud je zaváděn dovnitř těla, tak max. 6 V), autotransformátor (velmi malé ztráty, využití jako regulační t. v sítích vn a k jeho transformaci), rozptylové (odolné proti zkratu), svařovací (pro obloukové sváření), měřící (převod vysokých napětí/proudů na hodnoty pro relé, elektroniku nebo měřící přístroje), trojfázové…



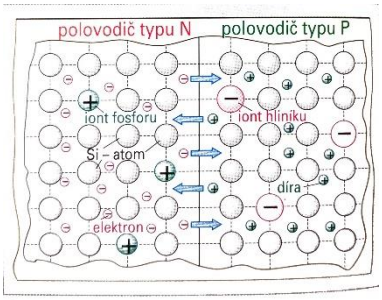
11. POLOVODIČOVÉ DIODY.

(druhy, použití, charakteristiky)

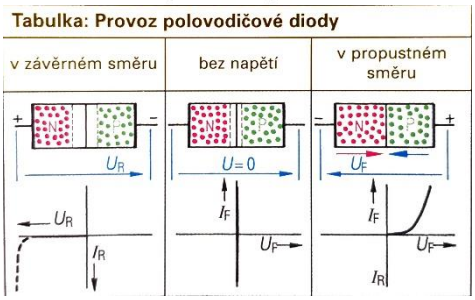
Dioda je polovodičová součástka, která má za úkol propouštět elektrický proud jedním směrem (usměrňuje střídavý proud).



- vede proud v propustném směru a uzavírá proud velkým odporem v nepropustném směru
- katoda se označuje proužkem, na stranu proužku se v propustném směru připojuje záporný pól
- každý polovodičová dioda má ***PN přechod***, který je základem usměrňovací schopnosti
  - na hranici mezi P a N polovodiči se i bez napětí pohybují (vlivem tepelného pohybu) elektrony od N k P a rekombinují se (znovu se spojí) s dírami
  - díry P se rozptylují do N a spojí se tam s volnými elektrony
  - na obou stranách přechodu se krystal ochuzuje o volné nosiče nábojů (hraniční vrstva působí jako izolátor a vytváří závěrnou vrstvu)
  - přechod působí jako kondenzátor, závěrná vrstva má svou kapacitu
  - polovodiče P a N jsou na koncích opatřeny kovovými kontakty → dioda je zapojena v závěrném směru, je-li plus pól napěťového zdroje spojen s N polovodičem (katodou) a mínus pól s P polovodičem (anodou)
    - ***napětí v závěrném směru rozšíří závěrnou vrstvu a zmenší její kapacitu → PN přechod uzavírá cestu elektrickému proudu***
  - v propustném směru je +pól vnějšího zdroje napětí připojen na P polovodič (anodu) a -pól zdroje na N polovodič (katodu)
    - ***napětí v propustném směru (+ na anodě a – na katodě) odboural závěrnou vrstvu → polovodičovou diodou protéká proud v propustném směru***



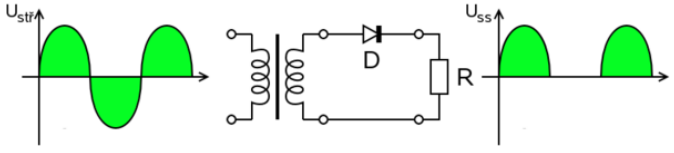
Obr. 3 Děje v okolí PN-přechodu

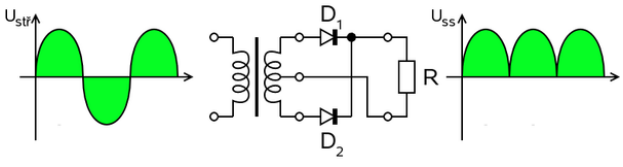


POUŽITÍ

Polovodičové usměrňovací diody se používají k usměrnění → využití **v usměrňovačích** (zařízení, které nám střídavý signál mění na stejnosměrný)

- jednocestný = usměrňuje pouze kladnou nebo zápornou půlvlnu signálu, ještě bývá v obvodu paralelně s kondenzátorem
- dvoucestný = usměrňuje obě půlvlny (typicky Graetzův můstek)





DRUHY

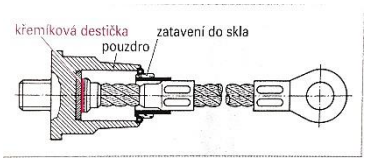
Usměrňovací diody:

- ***výkonové*** **=** mohou usměrňovat a spínat proudy velkých výkonů, pro lepší odvod ztrátového tepla je vhodné je umisťovat do kovového pouzdra, které se dá přišroubovat přímo na plech/kovový chladič
  - křemíkové diody snesou až 150 °C teplotu závěrné vrstvy, jsou vyráběny pro jmenovitá napětí až do 4000 V a pro proudy v propustném směru do 1000 A
  - slouží k usměrňování v síťových zdrojích, určena pro větší proudy nižších frekvencí (50 Hz)
  - ideální usměrňovací dioda by v propustném směru měla vést proud bez úbytku napětí a v závěrném směru by neměla propouštět žádný proud
- ***hrotové*** **=** mají velmi malou kapacitu (≤ 1 pF), skládají se z germaniové destičky typu N, na kterou je pružně usazen kovový hrot → prvním proudovým nárazem se hrot přitaví ke germaniovému krystalu a v okolí hrotu se vytvoří PN přechod
  - dovoluje jen malé proudy (IF ≤ 100 mA), k vysokofrekvenčnímu usměrňování
  - pokud bychom použili obyčejnou usměrňovací diodu v obvodech s vysokými frekvencemi, projeví se nežádoucí jev, kdy se po změně vstupního napětí do záporné půlvlny oblast PN přechodu nestihne dostatečně rychle vyprázdnit, a ještě nějakou chvíli vede proud i v závěrném směru, to znamená, že na zátěž se na okamžik dostane, a i napětí opačné polarity

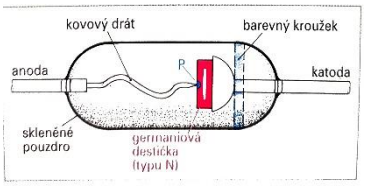
Standardní napětí a proud

Křemíková dioda: Uf=0,6-0,7 V

LED: Uf = 1,5-3,5 V If = 10-25 mA



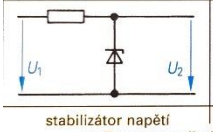
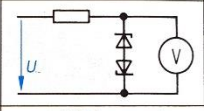
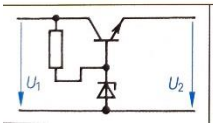
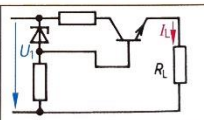
Obr. 2 Konstrukce výkonové křemíkové diody



Obr. 3 Konstrukce germaniové hrotové diody

Obr. 1 Charakteristiky Zenerových diod

Tabulka: Použití Zenerových diod

stabilizace napětí	ochrana před přetížením
	
stabilizátor napětí	stabilizátor proudu se Zenerovou diodou a tranzistorem
	

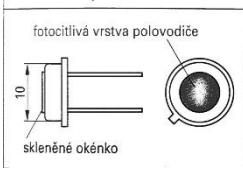
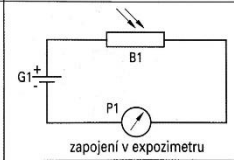
Stabilizační Zenerova dioda: slouží k udržování konstantního napětí – stabilizaci a omezení stejnosměrných napětí, taky při ochraně tranzistorů při induktivní zátěži, ochrana před přetížením, při spojování stupňů tranzistorových zesilovačů. ***Používá se pouze v závěrném směru***.

- v závěrném směru mají do Zenerova napětí strmou proudovou charakteristiku (oblast průrazu) → potřebují vždy předřadný odpor k omezení proudu
- při napětí nad 7 V vznikne lavinový efekt (průraz, při kterém napětí v závěrném směru urychlí nosiče nábojů natolik, že ty pak vyrážejí při srážkách valenční elektrony z jejich vazeb v mřížce, které pak mohou při srážkách uvolnit další nosiče nábojů)

Kapacitní dioda (Varikap): používá se jako náhrada za laditelný kondenzátor, kapacita diody se mění velikostí napětí v závěrném směru.

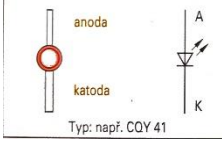
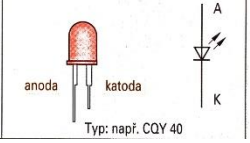
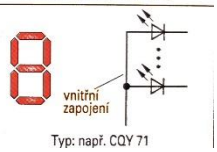
Fotodioda: speciálně upravená dioda s otevřeným pouzdrem a čočkou, která soustřeďuje dopadající světlo na přechod PN.

Tabulka 2: Fotoodpor

provedení	zapojení a využití	technická data (např. RPY 63)
		**mezní hodnoty:** ztrátový výkon: P_{tot} = 50 mW mezní napětí: U_G = 50 V **jmenovité hodnoty:** odpor za tmy $R_d \geq 1$ MΩ odpor za světla $R_h < 1$ kΩ

- využití pro napájení nízkoodběrových přístrojů (kalkulačky, meteorologické stanice) nebo k výrobě elektřiny ve fotovoltaických elektrárnách.
- provozována s přepětím ***v závěrném směru***
- bez osvětlení protéká jen nepatrný proud způsobený teplem, fotoproud narůstá lineárně s narůstajícím osvětlením a není ovlivňován velikostí závěrného napětí

Tabulka 2: Typy LED (příklady)

1,8 mm LED	3 mm LED	sedmisegmentový displej
		
Typ: např. CQY 41	Typ: např. CQY 40	Typ: např. CQY 71

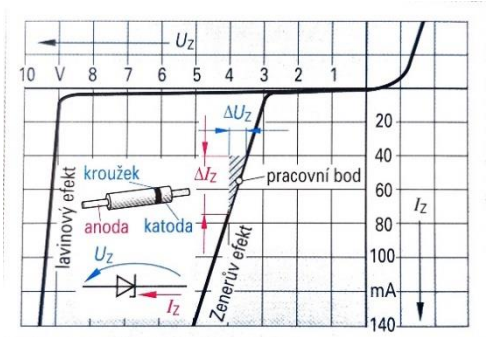
LED dioda: svítivé/luminiscenční diody, které při průchodu proudu svítí

- přeměňují ***proud na PN přechodu ve světlo*** (opačně než při fotoefektu)
- vyráběny ze smíšených krystalů (většinou galium + nějaký fosfid), barva světla je určena polovodičovým materiálem a jeho dotací (např. dusíkem/fosforem)
- využití jako prvky zobrazovacích jednotek (k zobrazování číslic se používají soustavy tyčinkových ledek uspořádaných do tvaru číslice 8), k přenosu signálu, dálkovému ovládání radiopřijímačů a televizních přijímačů…
- jsou ***zapojovány vždy v propustném směru***, ale jde potřeba vždy zařazovat předřadný odpor RV k omezení proudu (protože I_{Fmax} diody, který je závislý na typu, bývá do 50 mA)

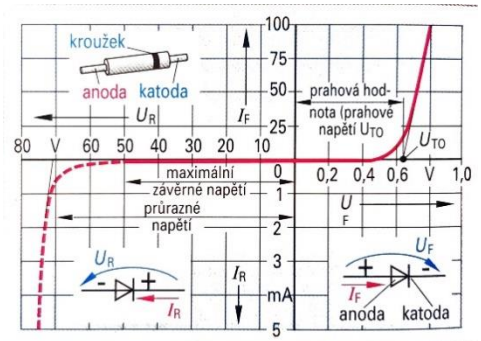
CHARAKTERISTIKY

Mezní hodnoty nesmějí být překročeny, jinak zničení součástky!

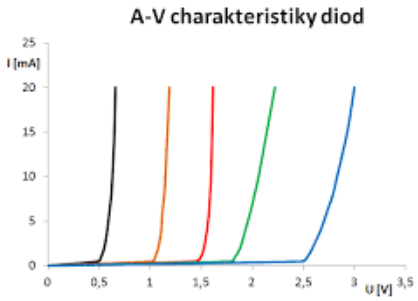
- U_f, I_{fmax} = napětí a max proud na diodě v propustném směru
- U_{RM}, I_{RM} = maximální velikost napětí a proudu v závěrném směru
- U_P = prahové napětí, tedy napětí potřebné k překonání prostorové bariéry, abychom se dostali do propustného směru (u Si je to asi 0,55 V, při tomto napětí dioda začne vést proud)
- <u>mezní frekvence diody</u> = po kterou se ještě dobře stíhá otvírat/zavírat
- *doba zotavení diody* = určuje mezní frekvence
- ztrátový výkon diody = množství energie, které se v diodě přemění na teplo

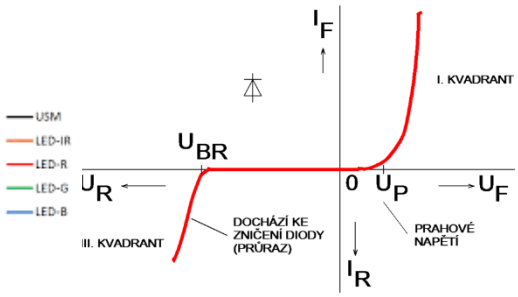


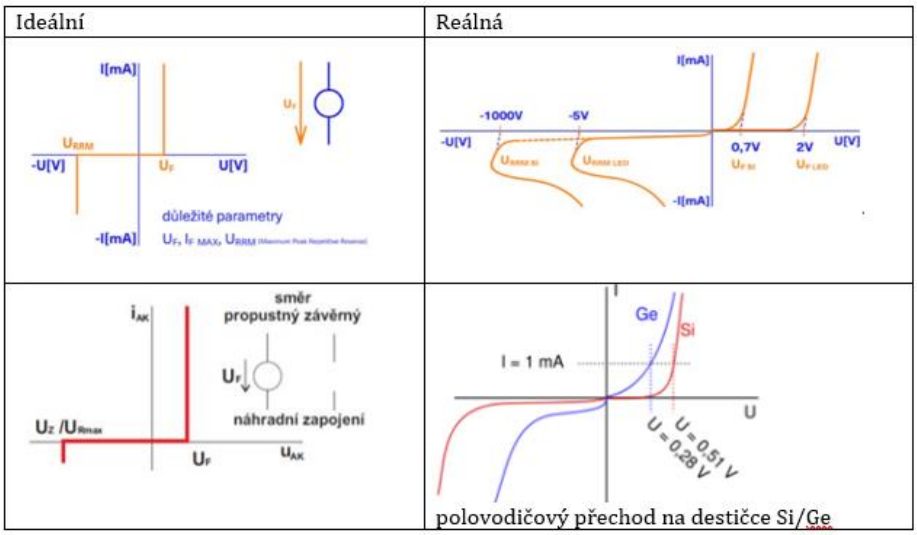
Obr. 1 Charakteristiky Zenerových diod



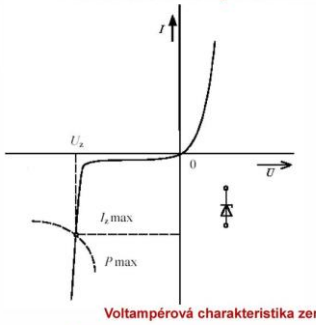
Obr. 2 Charakteristika křemíkové diody (BAY 44)







Zenerova dioda – pro stabilizaci napětí



Ztrátový výkon

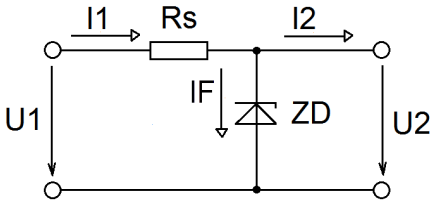
$P_z = U_z * I_z$

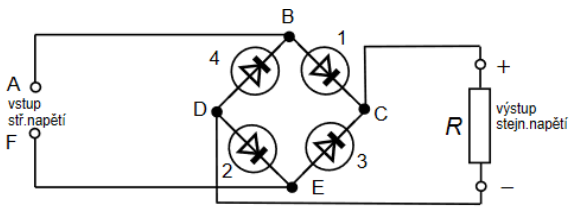
Nesmí překročit max. dovolený ztrátový výkon P_{max}

Voltampérová charakteristika zenerovy diody

(vpravo propustný směr, vlevo závěrný směr s patrným nedestruktivním průrazem při hodnotě Zenerova napětí U_z)

<u>Možná zapojení</u>:





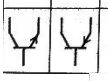
12. TRANZISTORY: ZESILOVAČE, SPÍNAČE.

(náhradní zapojení, stabilizace pracovního bodu, charakteristiky, unipolární, bipolární, IGBT, určení vývodů, základní zapojení jako zesilovače, spínače)

Tranzistory jsou polovodičové součástky se dvěma přechody PN. Jsou to zesilovací (aktivní) prvky.

Dělíme je na ***bipolární a unipolární*** podle toho, zda se na zesilování podílí oba typy nosičů nábojů (vodivostní elektrony a díry) nebo jen jeden typ nosičů.

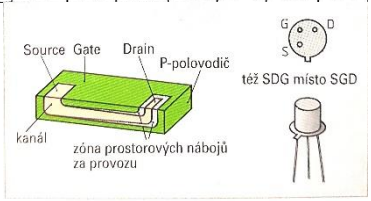
Tabulka: Typy tranzistorů

bipolární tranzistory		unipolární tranzistory						
		unipolární tranzistor	FET-tranzistory					
			JFET a MESFET tranzistory		MOSFET-tranzistory			
					P- kanál		N-kanál	
NPN	PNP	typ-N	P-kanál	N-kanál	indukovaný	zabudovaný	indukovaný	zabudovaný
								

UNIPOLÁRNÍ (FET)

Field Effect Transistor = využívají pouze jednoho nosiče elektrického náboje (elektronů/děr), jsou řízeny elektrickým napětím.

- tvořeny křemíkovým monokrystalem s dotací typu N nebo P
- hlavní elektrody se označují Source/emitor (zdroj volných nosičů) a Drain/kolektor (odsávač volných nosičů)
- po stranách dráhy mezi S a D jsou dvě propojené plošky tvořící řídící elektrodu Gate (hradlo)



Obr. 3 JFET s N-kanálem v planárním provedení

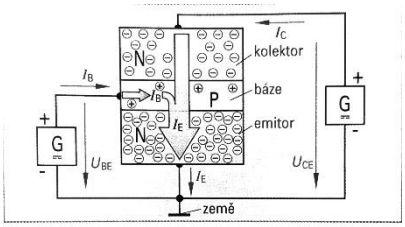
BIPOLÁRNÍ (BJT)

Bipolar Junction Transistor = využívá obou druhů nosičů elektrického náboje (elektronů a děr), řízen elektrickým proudem.

- vyráběny na bázi křemíku, skládají se ze tří na sobě ležících polovodičových vrstev tvořených střídavě polovodiči typu P a N
- střední vrstva má vodivost typu P a nazývá se báze, krajní vrstvy mají vodivost typu N a jedna je emitor (vysílá nosiče nábojů) a druhá kolektor (přijímá je) → vznikají tedy dva PN přechody a emitorový přechod mezi emitorem a bází a kolektorový přechod mezi kolektorem a bází
  - **PNP** = na kolektoru musí být vždy záporné napětí
  - **NPN** = na kolektoru musí být vždy kladné napětí („*NPN, šipka ven*“)

Tabulka 2: Konstrukce a schematické značky bipolárních tranzistorů

typ	pořadí zón	diodový ekvivalent	schematická značka
NPN	N P N	kolektor, báze, emitor	
PNP	P N P	kolektor, báze, emitor	



Obr. 1 Proudy v tranzistoru NPN (zapojení se společným emitorem)

Cesta báze-emitor je při činnosti tranzistoru v propustném směru, přechod báze-kolektor je nastaven (pólován) v závěrném směru (emitorová šipka ve schematické značce tranzistoru udává technický směr proudu).

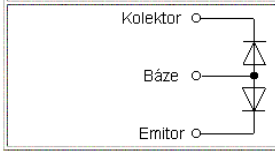
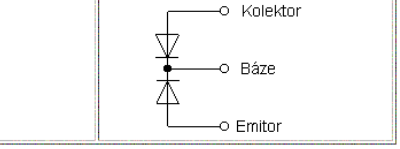
- malá změna proudu báze I_B způsobí v tranzistoru velkou změnu proudu kolektoru I_C (tranzistor má velké proudové zesílení)
- kolektorový proud je řízen proudem báze (k řízení je zapotřebí jen malý výkon)
- je-li napětí ***báze-emitor*** U_{BE} = 0 V nebo menší než mezní hodnota (asi 0,4 V), je tranzistor zavřený (teče jen zanedbatelný závěrný proud, který je způsoben páry nábojů vzniklými v závěrné vrstvě přechodu ***báze-kolektor*** působením tepla)

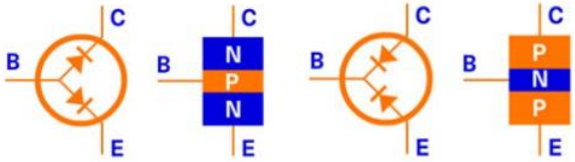
B	stejnosměrné proudové zesílení	$B = \frac{I_C}{I_B}$
I_C	proud kolektoru	
I_B	proud báze	$I_E = I_B + I_C$
I_E	proud emitoru	

Tranzistorový jev (schopnost tranzistoru zesilovat výkon) = po přivedení kladného napětí na C a záporného na E tranzistorem prochází pouze velmi malý proud (nA) → aby jím procházel proud větší, musí se na B přes rezistor přivést kladné napětí → dojde k otevření přechodu B-E (u NPN do B teče proud děr) a jelikož je B tenká, rychle se dírami zaplní a z E do ní začnou téct elektrony (některé postupují ke kladnému pólu zdroje přes B, ale většina je přitažena kladným napětím do K a tranzistorem začne protékat kolektorový proud, který je mnohonásobně větší než proud B) → čím větší bude B proud, tím větší bude i proud K (s rostoucím proudem B roste i počet volných nosičů náboje, klesá odpor tranzistoru, tedy roste K proud a klesá napětí mezi K a E) → pokud napětí klesne na několik desetin V, tranzistor je saturován (prochází jím velký proud se zanedbatelnou výkonovou ztrátou) → toho se využívá, když je tranzistor jako spínač

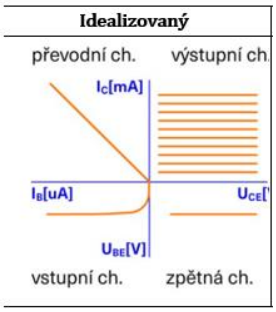
NÁHRADNÍ ZAPOJENÍ (BIPOLÁRNÍHO)

Tranzistor si lze představit jako spojení dvou diod.

Tranzistor s vodivostí NPN	Tranzistor s vodivostí PNP
	

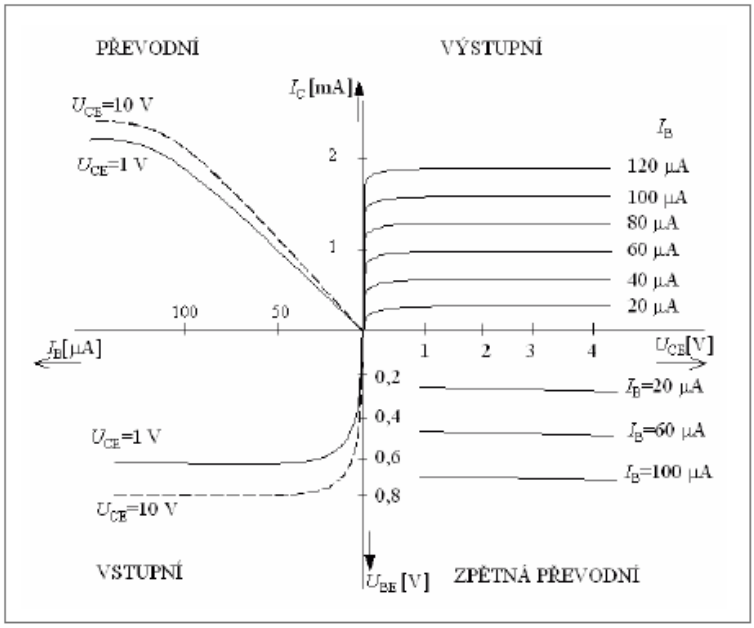


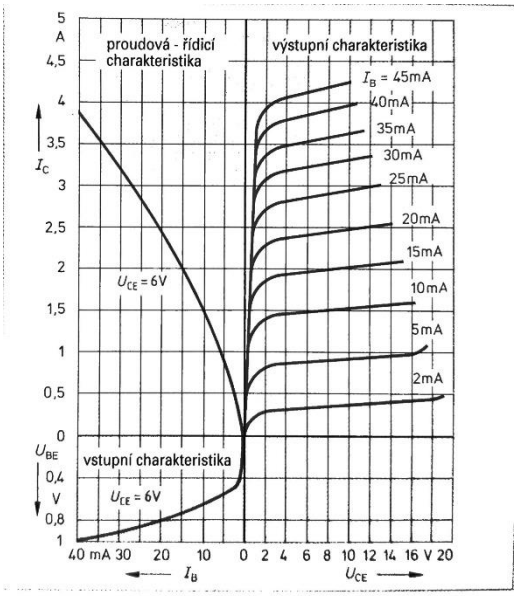
CHARAKTERISTIKY



V-A charakteristika tranzistoru znázorňuje závislost kolektorového proudu na napětí kolektor-emitor při konstantním proudu do báze. Pro každou velikost proudu do báze I_B platí jedna charakteristika.

- ***vstupní***: udává závislost bázového proudu na napětí mezi bází a emitorem (pro určité napětí mezi kolektorem a emitorem), tvar odpovídá V-A charakteristice diody (měříme proud a napětí v jednom PN přechodu) → lze určit parametr h11 (vstupní odpor)
- ***výstupní***: udává závislost kolektorového proudu na napětí mezi kolektorem a emitorem při konstantním proudu báze (s rostoucím proudem báze roste max dosažitelný kolektorový proud, protože proud báze ovlivňuje odpor celého tranzistoru, až se ustálí a tranzistor se začne chovat jako zdroj konstantního proudu) → lze určit parametr h22 (výstupní vodivost)
- ***převodní***: udává závislost kolektorového proudu na proudu bázovém (pro určité napětí mezi kolektorem a emitorem) → můžeme určit parametr h21 (součinitel proudového zesílení)
- ***zpětné***: udávají závislost napětí mezi bází a emitorem na napětí mezi kolektorem a emitorem (při určitém bázovém proudu), popisují zpětný přenos napětí z výstupu na vstup → lze určit parametr h12 (zpětný napěťový přenos)



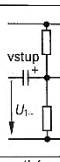
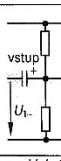
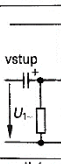


Obr. 2 Soubor charakteristik bipolárního tranzistoru

ZÁKLADNÍ ZAPOJENÍ JAKO ZESILOVAČE, SPÍNAČE

Tranzistor se používá jako zesilovač nebo jako spínač.
Podle toho, která z elektrod bude společně využita pro vstup a výstup (tj. bude "společná"), mluvíme o zapojení:

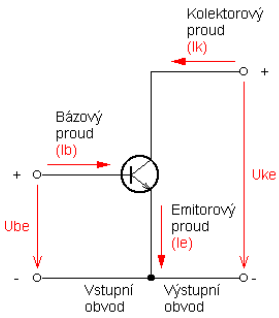
Tabulka: Základní zapojení bipolárního tranzistoru jako zesilovače

druh zapojení	se společným emitorem	se společným kolektorem	se společnou bází
schéma zapojení (příklad)			
napěťové zesílení V_u	velké, např. 200	malé (<1)	velké, např. 200
proudové zesílení V_i	velké, např. 200	velké, např. 200	malé (<1)
výkonové zesílení V_p	vysoké, např. 40 000	velké, např. 200	velké, např. 200
vstupní odpor	střední, např. 5 kΩ	velký, např. 50 kΩ	malý, např. 50 kΩ
výstupní odpor	velký, např. 20 kΩ	malý, např. 100 kΩ	velký, např. 50 kΩ
fázový posun mezi U_1~, U_2~	v protifázi 180°	ve stejné fázi	ve stejné fázi
příklad použití	NF-zesilovač	NF-vstupní zesilovač	VF-zesilovač

Se společným emitorem: typická velká vstupní impedance, proudové a napěťové zesílení, výstupní fáze je otočena o 180°

- ***proudový zesilovací činitel β*** - u zapojení se společným E jeho velikost zjistíme tak, že nejprve nastavíme proud I_B a napětí U_{CE} a pomocí nich nastavíme pracovní bod tranzistoru → změříme proud IC a velikost zesilovače vypočteme pro tento pracovní bod ze vztahu: $\beta = \frac{I_C}{I_B}\Big| U_{CE} = konst.$
- E je připojen na zem (je tedy společným připojením vstupu i výstupu), vstupní signál je přiveden na B (proti zemi/emitoru) → změny K proudu způsobené změnami proudu B se na odporu zátěže mění na změny napětí
- ***v zapojení je napětím kolektor-emitor U_{CE} a stejnosměrným předpětím báze-emitor U_{BE} nastaven pracovní bod tranzistoru***

- při činnost musí mít B NPN tranzistoru stále kladný potenciál proti E (u PNP stále záporný) → střídavý signál přiváděný na B proti E (na vstup zesilovače) může budit vstup jen v rozpětí lineární části vstupní charakteristiky, jinak by mohlo dojít při zesílení ke zkreslení tvaru signálu → je třeba nastavit předpětí vstupu (B proti E či zemi) a na toto stejnosměrné napětí se pak superponuje (přičte) vstupní signál
    - předpětí báze nastavujeme předřadným odporem z napájení nebo vstupním děličem (je odolnější proti rozptylu parametrů i proti kolísání okolní teploty a předpětí je stabilnější než při předřadném odporu)



Se společným kolektorem: typické velkým proudovým zesílením, velkým vstupním a nízkým výstupním odporem, používá se zřídka

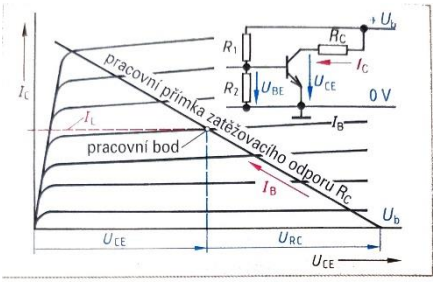
Se společnou bází: charakteristické malým vstupním odporem a velkou výstupní impedancí, velkou stabilitou

- ***proudový zesilovací činitel α*** - v zapojení se společnou B je vstupním proudem E proud I_E, výstupním jako v zapojení se společným K proud I_C

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \mid U_{CE} = \text{konst. protože } I_E = I_C + I_B, \text{ je } I_C < I_E \text{, pak musí být zesilovací činitel } \alpha < 1.$$

Zesilovací činitel může být:

- dynamický = určuje zesílení tranzistoru pro malý signál v okolí pracovního bodu tranzistoru
    - určuje změnu velikosti kolektorového proudu Δi_C v okolí pracovního bodu v závislosti na změně proudu báze Δi_B.
    - pro výpočet zesílení daného spojení
- statický = určuje zesílení pro klidové proudy protékající tranzistorem v klidovém pracovním bodu, když není přítomen signál
    - určuje, kolikrát je v nastaveném pracovním bodu větší proud kolektoru než proud báze, když není přítomen signál
    - ***k nastavení pracovního bodu tranzistoru***



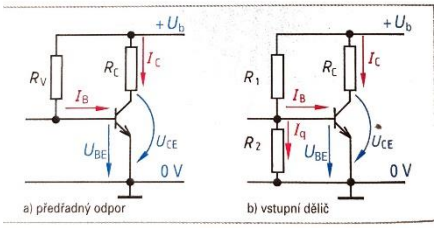
Obr. 1 Určení pracovního bodu

STABILIZACE PRACOVNÍHO BODU

Stoupne-li kolektorový proud nebo okolní teplota, zvýší se teplota přechodů tranzistoru → v závěrných vrstvách v okolí přechodů vznikne více nosičů nábojů a tím opět stoupne kolektorový proud a kolektorová ztráta.

Stabilizaci může zajistit např. NTC-termistor, který má kontakt s pouzdrem tranzistoru.

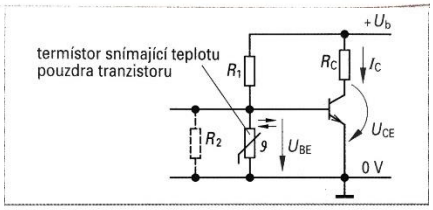
- při zahřátí se zmenší odpor termistoru, tím klesne předpětí U_{BE} a v důsledku toho klesne i K proud I_C
- pro přizpůsobení charakteristiky termistoru se k němu paralelně připojuje ohmický odpor (nutné např. u výkonových tranzistorů)



Obr. 2 Nastavení předpětí báze-emitor

Pokud nepřipojíme vstupní dělič na napájení, ale přímo na K, bude působit přes odpor R1 záporná napěťová vazba

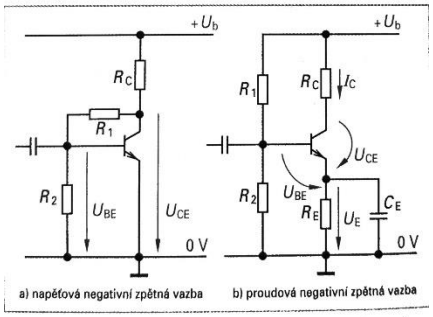
- při nárůstu I_C klesne U_{CE} a tím i předpětí U_{BE} → tato záporná vazba zeslabí i vstupní signál, a tedy i zesílení zesilovače
- tuto nevýhodu ***odstraňuje negativní proudová vazba*** přes emitorový odpor R_E → nárůst kolektorového proudu způsobí nárůst zbytku napětí na E odporu R_E a tím zmenší předpětí báze U_{BE}
- aby potenciál E vůči zemi nekolísal v rytmu zesilovaného střídavého signálu (a tím i pracovní bod), je střídavý signál zkratován z E na zem emitorovým kondenzátorem C_E



Obr. 3 Stabilizace pracovního bodu NTC-termistoru

Tranzistor jako spínač má stav nasycenosti (vodivý) anebo uzavřený (nevodivý).

IGBT



Obr. 4 Stabilizace pracovního bodu pomocí napěťové a proudové negativní zpětné vazby

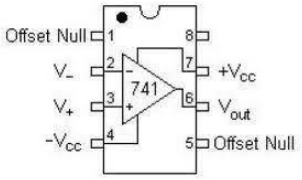
Spojení unipolárního (vstup) a bipolárního tranzistoru (výstup).

- může spínat značné proudy, pracovat při velkých napětích, lze je uvést do stavu nasycení (velikost proudu K má pouze malý vliv na úbytek napětí na součástce v sepnutém stavu), při vypínání se vyskytuje doznívání proudu (proud K zaniká pomalu)
- ***využití***: v budičích motoru, svařovacích zařízeních, záložních napájecích zdrojích typu UPS

13. OPERAČNÍ ZESILOVAČE A ZÁKLADNÍ ZAPOJENÍ S NIMI.

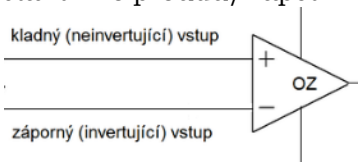
(výpočet zesílení a zapojení invertujícího, neinvertujícího, komparátoru, sčítacího, parametry ideálního, další zapojení – vlečný zdroj napětí, integrační, derivační apod.)

Operační zesilovače (OZ) byly původně vyvinuty pro realizaci matematických operací (odtud jejich název) v éře analogových počítačů, kde byly používány pro realizaci základních aritmetických operací sčítání, odečítání, dělení a násobení a také pro integraci a derivaci analogových signálů. Časem se ukázalo, že tyto obvody mají daleko širší uplatnění. Vedle použití operačních zesilovačů v analogových počítačích se ***v současnosti používají v řadě elektronických integrovaných obvodů*** (ve tvaru válečků/švábů s 8 vývody).



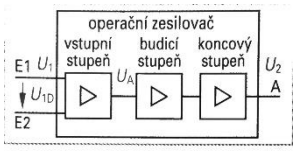
- slouží jako komparátory referenčního a sledovaného napětí, jako regulátory a v měřící technice jako měřící zesilovače s vysokým vstupním odporem, v číslicové technice jako klopné obvody, D/A převodníky, spínače, NF-předzesilovače, NF-koncové zesilovače a zdroje konstantního proudu/napětí

OZ je obvod se dvěma vstupy označenými znaménky plus a mínus a jedním výstupem. Na schématické značce jsou zakresleny také přívody napájení (nahoře kladné, dole záporné). Tyto přívody ale nemusí být ve schématu vždy zakresleny; například v případě, že jeden integrovaný obvod obsahuje více OZ se napájení zakresluje jen u jednoho z nich.



Vývody OZ: vstup E1 je ***invertující vstup***, protože obrací polaritu napětí a je ve schématu označen znaménkem minus, zatímco vstup E2 je ***neinvertující vstup*** a je označen znaménkem plus

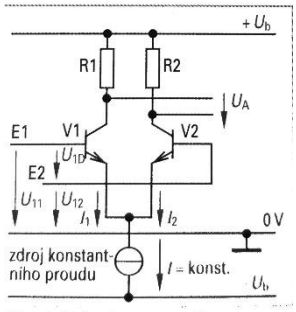
- výstupní napětí se měří mezi výstupem a zemí
- napájecí napětí bývá od 2 až do 18 V



Obr. 1 Blokové schéma operačního zesilovače

Zapojení: OZ se skládají z několika zesilovacích stupňů, které jsou na sebe přímo vázány.

- ***vstupní stupeň*** je vždy diferenciální zesilovač = ten má kladné i záporné napájecí napětí → oba tranzistory odebírají E proud ze společného zdroje konstantního proudu
  - pracovní body tranzistoru jsou nastaveny tak, že při $U_1 = 0$ jsou emitorové a kolektorové proudy I_1, I_2 obou tranzistorů stejně velké, tedy $U_A = 0$
  - přivedeme-li na vstup E1 tranzistoru V1 kladné řídící napětí U_{11}, způsobí záporné výstupní napětí U_A
  - při vybuzení U_2 na vstupu E2 kladným vstupním signálem U_{12} se dostane potenciál na K V2 na zápornou hodnotu → vznikne kladné napětí U_A na výstupu diferenciálního zesilovače
- ***budící stupeň*** je napěťový zesilovač
- ***koncový stupeň*** je většinou tvořen komplementárním zesilovačem

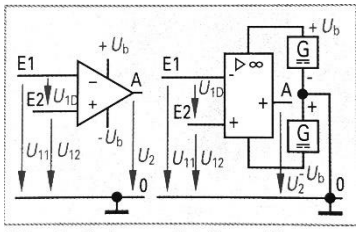


Obr. 2 Princip vstupního diferenciálního zesilovače (vstupního stupně)

PARAMETRY IDEÁLNÍHO ZESILOVAČE

OZ mají téměř ideální zesilovací vlastnosti a **zesilují jak stejnosměrná, tak střídavá napětí**.

- ***kladné vstupní napětí*** U_{11} dává ***na výstupu záporné*** výstupní napětí U_2 ***a opačně***
- zesilovací poměry OZ jsou vyjádřeny jeho charakteristikou
  - OZ je plně vybuzen již při malých vstupních napětích (třeba menších než -0,15 mV nebo větších než +0,15 mV) → v tomto rozmezí lineárně zesiluje
  - při přebuzení dává na výstupu přibližně +Ub nebo -Ub (hodnoty napájecích napětí)

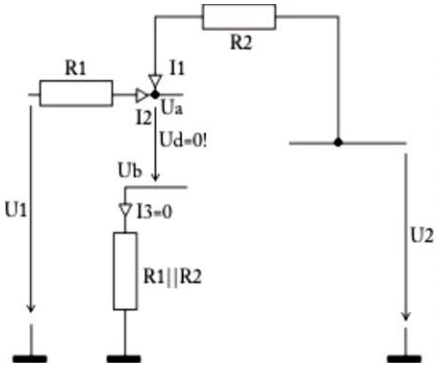


Obr. 3 Schematická značka a symbol

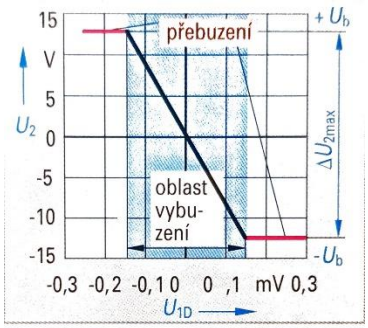
IDEÁLNÍ	REÁLNÝ
nekonečně velké napěťové zesílení Au	velké napěťové zesílení Au = 10^3 … 10^7
nekonečně velká vstupní impedance	velká vstupní impedance Rvst = 10^5 … 10^{14}
nulová výstupní impedance	malá výstupní impedance Rvýst = 10 … 200 Ω
nulový šum – žádná změna napětí při změně frekvence	
žádný z parametrů nezávisí na teplotě	

VÝPOČET ZESÍLENÍ

Obvod pro výpočet se nám tedy díky použití ideálního zesilovače zjednoduší následovně:



Pro výpočet použijeme metodu uzlových napětí
Pro uzel Ua platí:
1. I1+I2=0
2. (U1-Ua)/R1+(U2-Ua)/R2=0
Pro uzel Ub platí:
Protože Ud=0 pak Ua=0
Dosadíme do rovnice 2. za Ua nulu
U1/R1+U2/R2=0
U2=-U1*(R2/R1)



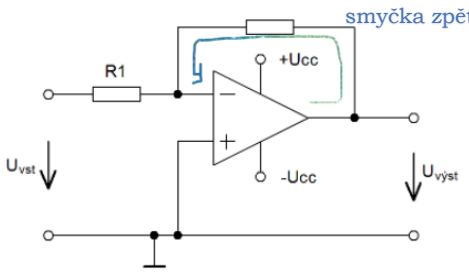
Obr. 4 Charakteristika operačního zesilovače

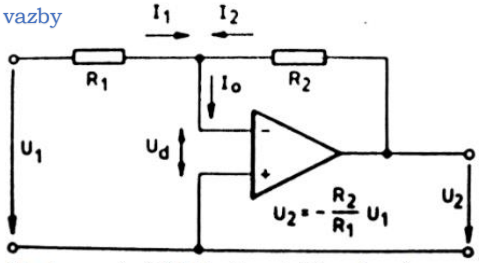
- Nekonečně velký vstupní odpor – vstupní proud = 0
- Nulový výstupní odpor – ideální zdroj napětí (výstup má nulový vnitřní odpor)
- Nekonečně velké napěťové zesílení
- Diferenciální napětí = 0!

Samotný OZ vykazuje velké **napěťové zesílení AU**. V běžných praktických aplikacích se však požadují daleko nižší hodnoty. Omezení napěťového zesílení OZ je realizováno pomocí zpětnovazebního rezistoru R2, zapojeného mezi jeho výstupem a invertujícím vstupem (-). Podle toho, na který vstup OZ přivádíme zesilovaný signál, rozlišujeme tato dvě základní zapojení – **invertující** a **neinvertující** zapojení.

INVERTUJÍCÍ ZESILOVAČ

Invertující zesilovač je jedno z nejpoužívanějších zapojení. **Na výstupu se objeví vstupní napětí** vynásobené zápornou konstantou (tedy **zinvertované**). Velikost zesílení je daná poměrem odporů R2 a R1.





Obr. 3. zapojení OZ jako invertující zesilovač.

Vstupní napětí také vyvolá proud tekoucí rezistorem R1. Tento proud však z důvodu vysokého vstupního odporu nemůže téci do vstupu OZ, a proto teče přes rezistor R2 do výstupu OZ. Rezistory R1 a R2 tedy v podstatě tvoří odporový dělič, který má ve středu nulové napětí. OZ se vždy snaží mezi vstupy udržet nulové napětí, říkáme, že na vstupu je tzv. plovoucí zem.

Z 1. Kirchhoffova zákona platí pro součtový uzel: $I_1 + I_2 - I_0 = 0$

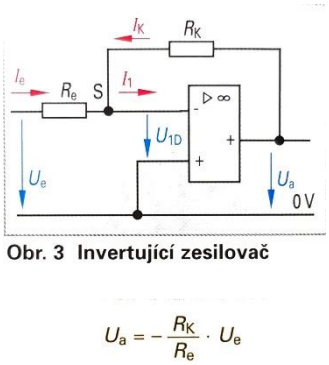
Za předpokladu, že OZ má ideální chování, platí: $A_u \to \infty$, $I_0 \to 0$, $U_d \to 0$

Vyjádří-li se proudy pomocí Ohmova zákona (do vzorců dáváme vstupní a výstupní napětí): $I_1 = \frac{U_1}{R_1}$ a $I_2 = \frac{U_2}{R_2}$ pak dosazením a úpravami dostaneme: $\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} = 0$

Tedy **operační rovnice** je: $U_2 = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_1$

Poměr odporů se znaménkem vyjadřuje násobící konstantu (zesílení), která je dána poměrem pasivních prvků a nezávisí tedy na vlastnostech OZ.

Velikost odporů nelze volit libovolně! Na jedné straně je třeba nepřekročit max výstupní proud, na druhé čím větší odpor, tím větší šum a další rušivé vlivy!



Obr. 3 Invertující zesilovač

$$U_a = -\frac{R_K}{R_e} \cdot U_e$$

$$V = \frac{U_a}{U_e} = -\frac{R_K}{R_e}$$

V napěťový zesilovací činitel
U_a výstupní napětí
U_e vstupní napětí
R_u zpětnovazební odpor
R_e odpor na invertujícím vstupu

$$U_{vyst} = -U_{vst}\frac{R_2}{R_1}$$

$$Z_{vst} = R_1$$

$$A_U = \frac{U_{vyst}}{U_{vst}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

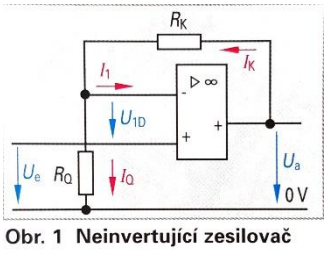
NEINVERTUJÍCÍ ZESILOVAČ

Vstupní napětí U1 se přivádí na neinvertující vstup. Výstupní napětí U2 se přivádí pomocí děliče R1 a R2 na invertující vstup. **Operační rovnice**: $U_2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot U_1$

Výraz v závorce určuje zesílení (násobící konstantu), jeho hodnota je větší než 1 s kladným znaménkem. Jedná se o obvod se zápornou zpětnou vazbou, výstupní signál je přiveden na invertující vstup.

Výhodou je, že lze dosáhnout **vysokého vstupního odporu** (řádově až MΩ) má **malý výstupní odpor** (např. 0,1 Ω)

Protože vstupní signál je veden přímo do neinvertujícího vstupu OZU, je vstupní odpor dán vnitřním odporem OZ → oba vstupy jsou na potenciálu U1.



Obr. 1 Neinvertující zesilovač

$$U_a = U_e \cdot \left(1 + \frac{R_K}{R_Q}\right)$$

R_Q příčný odpor
R_K zpětnovazební odpor
U_e vstupní napětí

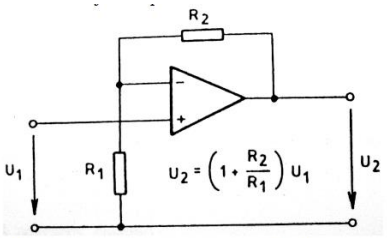
Neinvertující zesilovač zesiluje vstupní napětí, jeho vstupní impedance se blíží nekonečnu a nezávisí na hodnotách odporů R1 a R2!

Protože je výstupní zesílený napěťový signál ve fázi se vstupním napěťovým signálem, přivedeme-li na vstup kladné napětí, na výstupu bude zesílené napětí rovněž kladné polarity (**zachovává znaménka**).

$$U_{vst} = R_1 \cdot I \qquad U_{vyst} = (R_1 + R_2) \cdot I$$

$$A_U = \frac{U_{vyst}}{U_{vst}} = \frac{(R_1 + R_2) \cdot I}{R_1 \cdot I} = \frac{(R_1 + R_2)}{R_1}$$

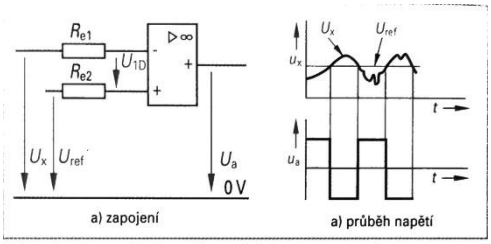
$$A_U = \frac{R_1}{R_1} + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$



Obr. 4. zapojení OZ jako neinvertující zesilovač.

KOMPARÁTOR

Srovnává testované napětí Ux s referenčním napětím Uref. **Pokud je Ux na invertujícím vstupu větší než Uref, je na výstupu záporné napájecí napětí a obráceně.**



Obr. 3 Operační zesilovač jako komparátor

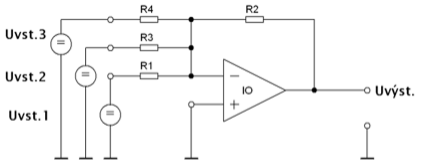
SOUČTOVÝ INVERTUJÍCÍ ZESILOVAČ

Sčítá napětí na jednotlivých vstupech, přičemž výsledek je invertovaný.

- hodí se pro převod D/A (pokud bychom k $R_{1,3,4}$ připojili spínače)

DALŠÍ ZAPOJENÍ

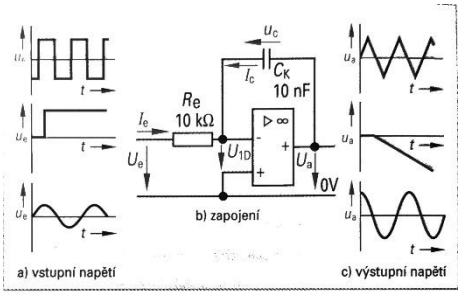
Vlečný zdroj napětí: Řešení se stabilizátory je výhodné pro svoji jednoduchost pro běžná zařízení, ale pro vývoj a zkoušení není ideální → při přetížení či zkratu v jedné větvi napájeného zařízení totiž druhá polovina pracuje dál, což může vést ke zničení napájených obvodů → proto se hodí vlečené zdroje



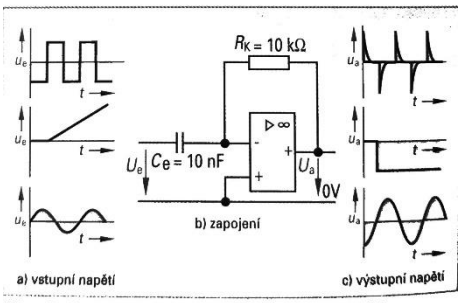
- změny napětí v jedné větvi se kopírují i do druhé, takže celkové vstupní napětí sice poklesne, ale zůstává symetrické
- odpor omezuje max výstupní proud OZ (otevírá posilovací tranzistory, které dodávají zbývající proud)

Integrační člen/zesilovač má ve zpětné vazbě (negativní) kondenzátor C_K. Je-li na vstupu integračního členu konstantní napětí, je kondenzátor nabíjen konstantním proudem Ie (bc I_1 a U_{1D} jsou blízké nule).

- konstantním proudem na CK narůstá lineárně napětí Uc a výstupní napětí Ua lineárně klesá → je-li Ua záporné, změní proud Ie na vstupu směr → C_K se přebije a Uc lineárně narůstá
- při sinusovém napětí na vstupu má nabíjecí proud kondenzátoru C_K také sinusový průběh a pak také Ua bude mít sinusový průběh, avšak o 90° posunutý
- zjednodušeně: ***ze zdroje signálu U1 přichází přes odpor R proud a nabíjí kondenzátor C → opačný náboj se dostává na druhou desku kondenzátoru z výstupu OZ → výstupní napětí U2 je integrálem vstupního signálu U1 → integrace končí odpojením odporu R od zdroje signálu U1***
  - má-li integrace probíhat od nuly, musí být C před začátkem integrace vybit (zkratován)
- obvod má schopnost si pamatovat napětí (funcke analogové paměti)
- ***využití***: zdroje pilovitých kmitů, D/A převodníky



Obr. 1 Operační zesilovač jako integrační člen

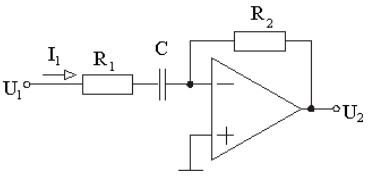


Obr. 2 Operační zesilovač jako derivační člen

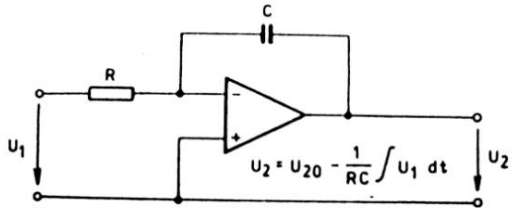
Derivační člen/zesilovač má na vstupu kondenzátor Ce, kterým protéká proud jen při měnícím se vstupním napětí Ue.

- velká změna Ue způsobuje velkou změnu Ua
- protože operační zesilovač invertuje, způsobují náběžné hrany obdélníkových pulzů na vstupu derivačního obvodu záporné jehlové pulzy
- tyto jehlové pulzy mohou sloužit jako zapalovací pulzy tyristoru
- sinusový vstupní signál Ue způsobí na výstupu opět sinusový signál Ua fázově opožděný o 90°

DERIVAČNÍ ZESILOVAČ – zesiluje signály o vyšších f mnohem více než o nízkých.



Ue=U1
Ua=U2



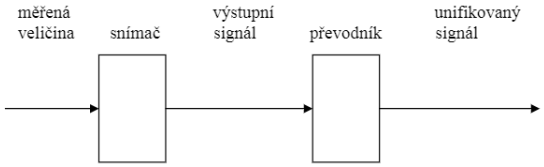
Obr. 11 OZ zapojený jako integrátor

14. MĚŘÍCÍ PŘEVODNÍKY FYZIKÁLNÍCH VELIČIN

(principy činnosti. Měření rychlosti, vzdálenosti, tlaku, teploty atd.)

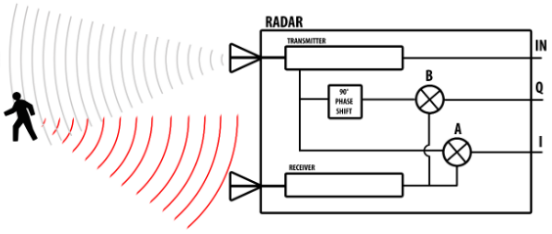
MĚŘENÍ RYCHLOSTI A ZRYCHLENÍ

Měření rychlosti je jednou z důležitých kapitol, kterých čtenář neustále v praktickém životě využívá a přístroje, se kterými se neustále setkává.
Převodníky pro měření rychlosti se rozdělují především dle druhu měřeného objektu:



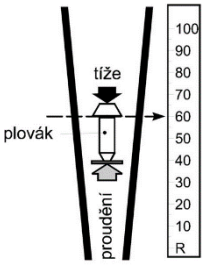
Obr. 0.1.

- ***měření rychlosti tuhých těles*** = radarové snímače využívají Dopplerova jevu (frekvence vlnění vysílaného zdrojem závisí na rychlosti vzájemného pohybu zdroje a pozorovatele
  - *např.: auto vydává při jízdě celou škálu zvuků, když kolem tebe bude projíždět, bude vnímaná frekvence při přibližování vyšší než při jeho vzdalování, do ucha pozorovatele přichází víc vln za sekundu → slyší vyšší tón, když se auto vzdaluje, vlny musí urazit delší vzdálenost, zpožďují se → do ucha nám přichází méně vln za sekundu a slyšíme tím pádem nižší tón*

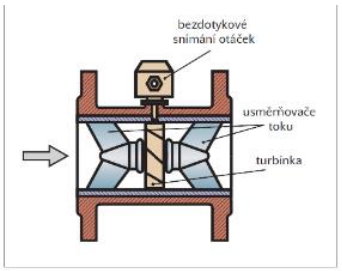


Obrázek 2.4: Jednoduché schéma CW radaru

  - využití: policejní radary k měření rychlosti aut, v medicíně k diagnostice pohybujících se orgánů v těle (sonograf srdce), v astronomii k mapování povrchu planet, určování pohybu těles
  - dopravní radar o nepatrném výkonu (třeba 1 mW) vysílá signál o frekvenci 34 GHz protijedoucímu autu → odražený signál má frekvencí větší než signál původní a rozdíl obou frekvencí je tím větší, čím rychleji auto jede (elektronika radaru z rozdílu frekvencí původního a odraženého signálu vypočítá rychlost auta, porovná s max povolenou rychlostí a zhotoví fotografii)



- ***měření rychlosti kapalin a plynů***
  - plováčkové rychloměry = svislí kónická měřící trubice se rozšiřuje směrem nahoru, v ní se volně pohybuje plováček z materiálu s větší hustotou, než je hustota měřeného média → pokud médium neproudí, je plováček dole, jinak se zvedá
  - turbínkové snímače = volně otočený rotor s lopatkami se vlivem proudění média otáčí a jeho otáčky jsou úměrné rychlosti proudění média
  - anemometr = měří rychlosti otáček vrtulky, která se při měření umístí do měřeného prostoru, ve kterém proudí plyn/kapalina



Obrázek 2.7: Turbínový průtokoměr

MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI

Ultrazvukové sondy
Inteligentní ultrazvukové sondy pracují na principu časové prodlevy mezi vysílaným ultrazvukovým impulsem a jeho přijatým odrazem od sledovaného objektu.

Laserové sondy
Základem je polovodičový laser, který září v neviditelné – infračervené části spektra. Laser nepracuje spojitě a paprsek je vysílán ve velmi krátkých intervalech – pulsech. Pokud paprsek laseru namíříme na nějaký lesklý objekt, odráží se od něj zpět. Odražený paprsek je zachycen pomocí optiky a světlocitlivý prvek – fotodioda jej přemění na elektrický signál. Světelný záblesk se pohybuje stálou a velmi vysokou rychlostí.

- např.: vzdálenost Země – Měsíc a zpět urazí světlo asi tak za jeden a půl vteřiny. Čím je vzdálenost objektu, od kterého se laserový paprsek odráží, větší, tím delší je doba mezi vysláním a příjmem pulsu. Vzdálenost objektu je přímo úměrná změřenému intervalu mezi dvěma elektrickými pulsy – vysílacím a přijímacím. Co se stane, když se měřený objekt – automobil – začne pohybovat. Vzdálenost a tím i intervaly mezi pulsy se postupně zkracují, jak se k nám cíl přibližuje. Není pak nic jednoduššího než změřit vzdálenost, zlomek vteřiny počkat a znovu změřit vzdálenost. Pak už snadno vypočítáme rychlost, ale to za nás udělá malý počítač, který je součástí každého laserového měřiče rychlosti.

Radary (Radio Detection and Ranging) jsou zařízení k zaměření a určení vzdálenosti objektů.

- elektromagnetické vlny se šíří i ve tmě a mohou téměř nerušeně pronikat mlhou nebo mraky (objekty pro lidské oko neviditelné jako letadla, lodě a další překážky rádiové vlny lehce detekují)

- ***primární*** = vysílají vysokofrekvenční signály, které se v případě, že jsou v dosahu cíle, dorážejí zpět k přijímací anténě
    - pulzní = skládá se z generátoru (zdroje vysokofrekvenčních signál), vysílače (zpracovává signály z generátoru a přivádí je na anténu), antény (vysílá a přijímá vysokofrekvenční elektromagnetické vlnění), přijímače (zpracovává signály odražené od překážky), přepínače (přepíná anténu buď k vysílači, nebo přijímači) a monitoru
        - Příklad: (1) Generátor vytvoří signál → ten přes přepínač přichází na anténu a na vstup monitoru → (2) z antény se signál šíří směrem k letadlu → část se odrazí od letadla zpět → přepínač připojí anténu k přijímači a přivede na monitor → (3) na monitoru se od začátku příjmu signálu z generátoru dá do pohybu vodorovná stopa, na začátku vytvoří impulz z generátoru počáteční výchylku → po návratu odraženého signálu se na stopě vytvoří další (ale menší) výchylka → (4) vzdálenost obou výchylek na vodorovné stopě je přímo úměrná vzdálenosti, z jaké se vrací odražený impulz → je možno určit přesnou vzdálenost letadla od antény.
        - monitor s rotující stopou ukazuje nejen vzdálenost, ale i směr, kterým se letadlo pohybuje (anténa se pravidelně otáčí a mikrovlnnými impulzy ohmatává místo kolem sebe, odražené impulzy se na monitoru zobrazují jako světelné body)
    - kontinuální = vysílá a přijímá nepřerušovaný signál (musí mít dvě antény, tedy přijímací a vysílací, což je třeba radar na měření rychlosti vozidel)
- ***sekundární*** = vysílají k letadlům impulzy, které přijímá kódovaný signál z transpondéru (odpovídače) → v něm je přijatý signál dekódován, vygeneruje odpověď, která se zakóduje a je poslána zpět (signál obsahuje více informací jako státní příslušnost, nadmořskou výšku, technické problémy na palubě…)

- ***pasivní*** = sledují veškerou rádiovou komunikaci, ve skutečnosti složitý elektronický systém, který polohu vyhodnocuje na základě příjmu elektromagnetických vln, které letouny samy vysílají (komunikace s letištěm, signály palubních radarů, vysílačky) a tím se prozradí → musí být alespoň 4 a vzdálené desítky km
    - *u nás se třeba vyrobila Věra (1995) s dosahem až 500 km a se sledováním až 300 letounů (používá ji třeba americká armáda)*
- ***metody, jak technologii obejít***: snižování radarového odrazu zkonstruováním co nejvíce ostrých hran (aby se rádiový paprsek rozptýlil a neodrazil), potažení letounu pohlcujícími materiály (magnetit, polyuretanové pěny, keramické ferity)

SNÍMAČE TLAKU

Snímače tlaku jsou zařízení, které především **převádějí tlak plynů a kapalin na elektrický signál**. Jedná se o základní převodníky, které se vyskytují v každém technickém zařízení. Vyrábějí se v provedení pro absolutní a relativní tlak (tím se myslí přetlak manometry nebo podtlak vakuometry, pro měření rozdílových tlaků se používají diferenční tlakoměry). Tlak je plošný účinek síly na plochu. Hlavní jednotkou je **Pascal (Pa).**

Kapacitní snímače tlaku
Pro měření tlaku se využívá kapacitního snímače, u něhož dochází ke změněn vzdálenosti mezi deskami. Prakticky je jedna elektroda pevná a druhou tvoří membrána, která mění svoji vzdálenost.

Deformační tlakoměry
Princip je založen na pružné deformaci a tím i změně geometrického tvaru tělesa.

Manometr (např. barometr)
Jsou založeny na různém principu:

1. porovnávání měřeného tlaku plynu s hydrostatickým tlakem kapaliny v trubici tvaru U
2. deformace deformačního členu působením měřeného tlaku

Jako deformační člen se nejčastěji používají např. membrány nebo vlnovce.

SNÍMAČE TEPLOTY

Např.: odporové snímače (termistor), termoelektrické snímače, infračervené, piezoelektrické…

15. ZÁKLADNÍ POJMY DIGITÁLNÍ TECHNIKY.

(vzorkování, kvantování, analogový/digitální signál, rušení, základní log. funkce, příklady použití)

ANALOGOVÝ/DIGITÁLNÍ SIGNÁL

Analogový signál je **takový signál, jehož průběh je spojitý v čase i amplitudě (velikosti).**
V každém okamžiku jeho velikost určuje hodnotu zobrazované veličiny. Skládá se tedy z nekonečného množství stavů. Každý stav nese informaci o velikosti.

- teplota, čas, zvuk…

Příklad: *Podívejme se například na průběh teploty v místnosti. Budeme-li ji měřit přesným teploměrem a její průběh zaznamenávat například nějakým zapisovačem na papírový pás, její průběh může být například následující: Můžeme ze zápisu zjistit teplotu například v 6 hodin 15 minut 23 sekund, ve 12 hodin 14 minut 6.325 sekund. Prakticky v libovolném okamžiku můžeme zjistit velikost teploty.*
Nebo si představ, že rosteš. V červnu měříš 160 cm, v srpnu 162 a v září 164.
Rozhlédneme-li se kolem sebe, ***žijeme v „analogovém světě"***. Ať jde o zvuk, teplotu, pohyb i čas, vše plyne spojitě. Z pohledu času nemůžeme přeskočit ani nekonečně malý časový okamžik. Totéž platí i pro jiné veličiny. Dokonce i velmi rychlé změny, které vnímáme jako skokové ve skutečnosti mají spojitý průběh. Jen rychlost změny naše smysly nestihnou sledovat.
Příklad: *Pokud například rozsvítíme nebo zhasneme žárovku, máme pocit, že se rozsvítila nebo zhasla okamžitě. Ve skutečnosti naše oko tak rychlou změnu není schopné vnímat. Pokud bychom intenzitu světla při rozsvícení nebo zhasnutí měřili, byl by přechod konečně rychlý. Po rozsvícení začne vláknem žárovky protékat proud. Vlákno se průtokem proudu rozžhaví a začne zářit. Podobně při zhasnutí chvíli trvá, než vlákno zchladne a přestane zářit.*

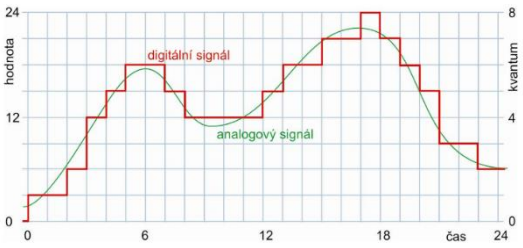
Digitální (číslicový) signál je **nespojitý v hodnotě i v čase**.

- Skládá se z konečného počtu stavů (úrovní) v konečném počtu časových okamžiků (vzorků).

Příklad: *Semafor signalizuje stav stůj nebo volno. Je jedno, zda jde o světelný či mechanický semafor. Podobně kontrolka může indikovat například dostatek oleje v převodovce, nebo benzínu v nádrži. Pokud nesvítí, je vše v pořádku (obojího máme v autě dostatek). Když se rozsvítí, indikuje nedostatek. Pomocí digitálních informací se umíme i domluvit. Příkladem takového dorozumívání je například Morseova abeceda. Její jednotlivé znaky se skládají z teček a čárek což jsou také stavové informace.*

VZORKOVÁNÍ A KVANTOVÁNÍ

Z analogového signálu vytvoříme digitální tak, že jej ***periodicky vzorkujeme*** – v daném časovém okamžiku zjistíme jeho velikost. Tuto zjištěnou velikost ***kvantujeme*** – vyjádříme jako číslo vyjadřující počet kvant.

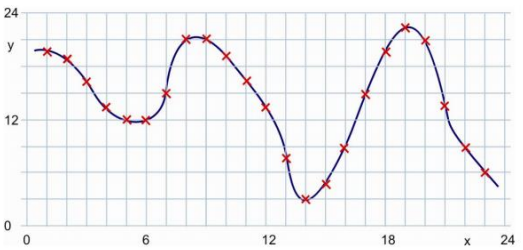


obr. 3 Princip převodu analogového signálu na číslicový

- ztrátový a nevratný proces

Například zaokrouhlujeme jeho hodnotu na celé číslo (kvantem jsou jednotky čísla). Takovému ***převedení průběhu z analogového na digitální se říká analogově-číslicový převod nebo také A/D převod***. Počet vzorků za sekundu se nazývá vzorkovací kmitočet. Pro převod se používá zařízení, kterému se říká **A/D převodník**.
Příklad: *Máš zaznamenat teplotu z celého dne. Vzorkuješ jednou za hodinu. Počet vzorků za sekundu se nazývá vzorkovací kmitočet. Hodina má 3600 sekund, takže náš vzorkovací kmitočet je 1/3600. Celkový počet kvant je 8. Jednomu kvantu odpovídá rozdíl teploty o 3 °C.*
Použijeme-li ***větší počet kvant***, pak jednomu kvantu bude odpovídat menší rozdíl hodnot a ***převod bude přesnější.***
Pro zachování informace v digitálním signálu je třeba, aby vzorkovací kmitočet byl nejméně dvakrát větší, než je maximální kmitočet vzorkovaného signálu (Nyquistovo kritérium, Shannonův vzorkovací teorém).

Převod z digitálního na analogový:
Mějme množinu bodů, které jsou body průběhu digitálního signálu. Potřebujeme-li digitální signál převést na analogový, musíme body proložit nějakou funkcí tak, aby se co nejpřesněji obnovil její průběh. Je to stejné, jako když například v matematice kreslíme průběh funkce, když známe body, kterými má procházet. Z konečného počtu bodů digitální funkce nyní můžeme určit nekonečně mnoho libovolných bodů aproximované funkce. Původní funkce byla nespojitá (konečný počet bodů) konvertovaná funkce je spojitá (nekonečně mnoho bodů).



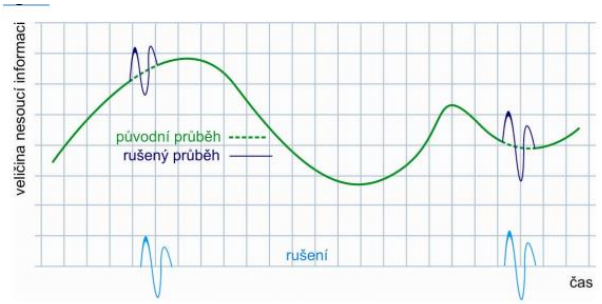
obr. 4 Princip převodu digitálního signálu na analogový

RUŠENÍ

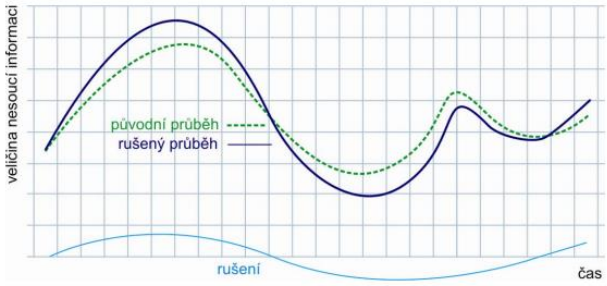
- rušení **s frekvencí vyšší** než užitečný signál (ten, který nese informaci) = při jiskření, bouřce, zapínání/vypínání strojů v továrnách, ve startérech aut
  - rušivý signál se přičte na užitečný signál
  - snadné odstranění: odrušovacími kondenzátory, filtry (u domácích spotřebičů jako vrtačky, mixery slouží k tomu, aby rušení nepronikalo do el. sítě a nerušilo příjem televize/rozhlasu)
    - pomáhá taky uzemnění přístroje do kovového obalu, který uzemníme (stínění kabelů, koaxiálních kabelů, v zesilovačích, u gramofonových přenosek…)
    - filtr propustí užitečný signál a nepropustí vyšší kmitočty rušivých signálů
- rušení **s podobnou frekvencí** = způsobuje zkreslení signálu
  - vzniká např. u nízkofrekvenčních zesilovačů, když do nich pronikne frekvence napájeného zdroje, vliv má špatné vedení signálových zemí v elektronických systémech a nelinearita zesilovačů (kterými zesilujeme signál), převodníků měřených veličin…
- rušení **s frekvencí nižší** = vzniká vlivem teplotních změn v elektronických systémech (posun pracovního bodu tranzistoru, teplotní drift operačních zesilovačů – posun nuly)
  - způsobuje posun úrovně signálu

Rušení s frekvencí nižší a s podobnou se velmi těžko odstraňují!

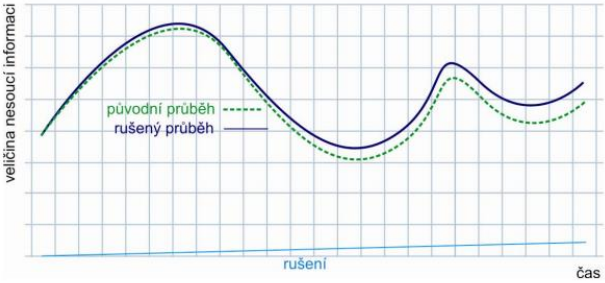
- např. dlouhé vodiče, místa s vysokou impedancí (malý proud vzniklý rušením vyvolá velké napěťové změny)
  - **Analogový obvod** – typickým příkladem může být například invertující zesilovač s operačním zesilovačem. Na vstupu zesilovače je malá úroveň signálu a vysoká impedance. Pokud je tento signál zkreslen rušením, zesílí se kromě užitečného signálu i rušení tedy již zkreslený signál. chyba způsobená rušením se tedy ještě zvětšila.
  - **Číslicový obvod** – jako typického představitele dokonce s podobnou funkcí jakou má invertující zesilovač si můžeme ukázat logický obvod provádějící negaci (je-li na vstupu logická úroveň H, na výstupu bude L a obráceně).



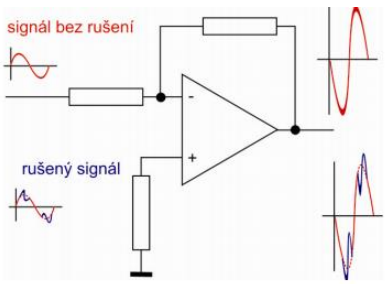
obr. 6 Rušený analogový signál-rušení má mnohem vyšší frekvenci než užitečný signál



obr. 7 Rušený analogový signál-rušení má srovnatelnou frekvenci s užitečným signálem

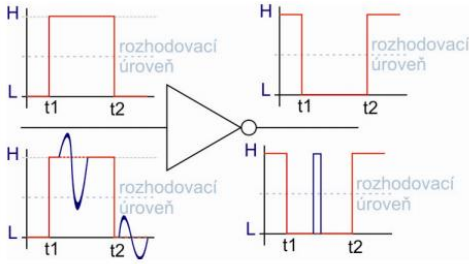


obr. 8 Rušený analogový signál-rušení má mnohonásobně nižší frekvenci než užitečný signál



obr. 9 Analogový obvod - invertující zesilovač s operačním zesilovačem

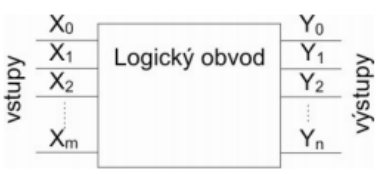
Poznámky: *Logická úroveň H (high, vysoká úroveň), logická úroveň L(low, nízká úroveň).*



obr. 10 Číslicový obvod - obvod realizující logickou funkci negace

ZÁKLADNÍ LOGICKÉ OPERACE A FUNKCE

Do logických obvodů přicházejí digitální data, která jsou těmito obvody zpracovávána. Podle výsledků zpracování jsou pak nastaveny jejich výstupy.



obr. 1 Blokové schéma logického obvodu

Operace AND (logický součin)

- výsledná hodnota ***je 1*** jen tehdy, ***mají-li všechny vstupy hodnoty 1***
- aplikace: obouruční obsluha (např. u lisů) → konjunkce uvede lis do pohybu jen tehdy, když jsou současně stisknuta obě vzdáleně umístěná bezpečnostní tlačítka

Operace NOT (negace)

- má výsledek ***1, je-li operand 0 (invertuje vstup)***
- aplikace: při stisku tlačítka S1 přitáhne relé K1 a rozpojovacím kontaktem odpojí žárovku E1 od sítě
    - lze realizovat jedině nějakým aktivním elektronickým prvkem (pomocí relé/tranzistoru), zatímco součin a součet lze realizovat i pomocí pasivních prvků

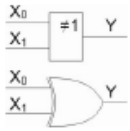
Operace OR (logický součet)

- má výsledek ***1, je-li alespoň jeden operand 1***
- aplikace: přivedeme-li na 3 vstupy disjunkce tři jednotlivá poruchová hlášení (nedostatek vody, přehřátí, porucha hořáku) ohřívače vody, bude na výstupu signál ohlašující, zda má zařízení nějakou závadu či nikoli

Operace XOR (součet modulo dva, neekvivalence)

- má výsledek ***1, je-li jeden z operandů 1 a druhý 0***

Mějme jednoduchý logický obvod, který realizuje operaci nonekvivalence. Obvod má dva vstupy a jeden výstup.



obr. 6 Schématické značky logického obvodu OR

Stav	X_0	X_1	Y
0	0	0	0
1	0	1	1
2	1	0	1
3	1	1	0

Tabulku můžeme převést do **Karnaughovy mapy**, která nám brzy ukáže své velké výhody. Tuto mapu využíváme nejčastěji do čtyř vstupů.

- tabulka pro dva vstupy má dva řádky a dva sloupce. Počet polí v tabulce odpovídá počtu stavů v tabulce. První řádek popisuje výstupy, kdy je vstup X0 = 0. Druhý řádek pak kdy je vstup X0 = 1. V prvním sloupci zase stavy výstupů, kdy je X1 = 0 a druhý sloupec kdy je X1 = 1.
- první buňka v prvním řádku bude obsahovat stav výstupu, kdy bude X0 = 0 a X1 = 0.

X_0 \ X_1		
	Stav 0 Výstup pro X_1=0 a X_0=0	Stav 2 Výstup pro X_1=1 a X_0=0
	Stav 1 Výstup pro X_1=0 a X_0=1	Stav 3 Výstup pro X_1=1 a X_0=1

Y

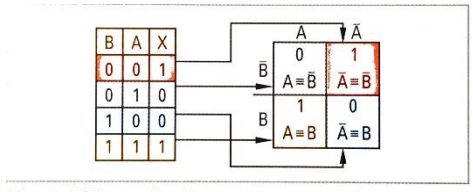
Tabulka pro funkci AND se dvěma vstupy

X_0 \ X_1		
	0	0
	0	1

Y

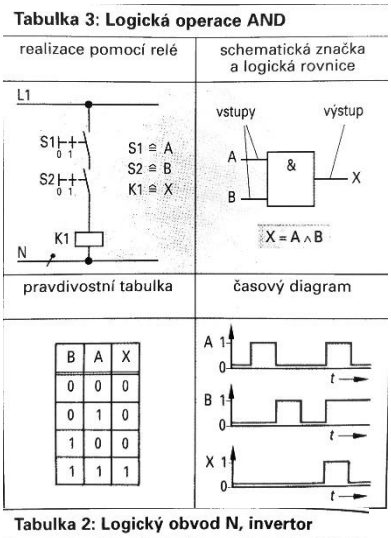
Z cvičných důvodů si i zde ukážeme, jak vypadá Karnaughova mapa pro operaci NOT

	1	0
Y		X

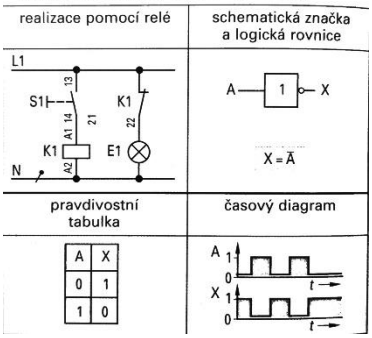


Obr. 2 Přiřazení hodnot výstupu políčkům KV-diagramu pro funkci ekvivalence

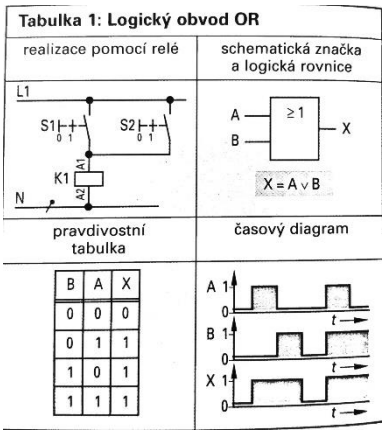
Tabulka 3: Logická operace AND



Tabulka 2: Logický obvod N, invertor



Tabulka 1: Logický obvod OR



16. PŘENOS DAT V DIGITÁLNÍCH SYSTÉMECH.

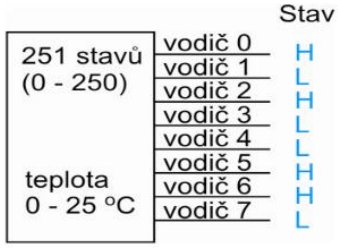
(Kódování dat pro jejich spolehlivý přenos a zpracování)

PŘENOS DAT

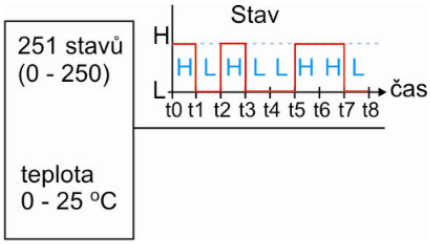
V digitálních systémech je úroveň signálu dána počtem kvant, na které je signál rozdělen → ten určuje, kolik stavů bude pro jejich reprezentaci zapotřebí. Data jsou přenášena pomocí vodičů. Nejjednodušší je používat vodič pro indikaci dvou stavů (napětí na něm je/není, proud teče/neteče, je na něm úroveň H/L).

Přenos dat může být realizován:

- **paralelně** = realizován po více vodičích, v danou chvíli je třeba na nich zobrazit stav (číslo, počet kvant), který odpovídá požadované přenášené úrovni/datům → tento stav zobrazuje kombinací úrovní L a H na vodičích
  - ***pomocí n vodičů lze zobrazit 2^n stavů***
  - př.: měříme teplotu od 0 do 25 °C a rozdělíme ji na kvanta po 0,1 °C → pro celý rozsah teploty je potřeba 250 kvant, ale je třeba indikovat i 0, tedy 251 stavů → pro zobrazení takového počtu kvant je zapotřebí 8 vodičů, které umožňují vytvořit 256 stavů
    - připomíná sedmisegmentové zobrazovače (v kalkulačkách), kde při rozsvícení kombinací jednotlivých segmentů se zobrazuje číslo
- **sériově** = k přenosu stačí pouze jeden signálový vodič (vysokofrekvenční, infračervený, ultrazvuk...), ***data jsou přenášena postupně***
  - připomíná vysílání Morseovy abecedy (postupně se vysílají tečky, čárky, mezery a pomocí jejich kombinací jsou zakódována písmena abecedy)



obr. 11 Paralelní přenos dat - 251 stavů



obr. 12 Sériový přenos dat - 251 stavů

KÓDOVÁNÍ

Kódování je přiřazení stavu výstupů příslušné hodnotě (počtu kvant) X přiřazení nějakých hodnot hodnotám jiným (v zásadě binárnímu číslu).

- přiřazení stavů volíme dle potřeby, nejčastěji tak, aby se nám snadno vyjadřovala hodnota, kterou stav vyjadřuje
  - tak, aby se zajistila bezchybnost přijatých dat
  - aby správně fungovaly elektronické obvody, které digitální data zpracovávají/přenášejí
  - aby se zajistil co nejrychlejší přenos

Kódování má několik důvodů – určitě znáte z PC – kódování pomocí Ascii (7bit). Základní kódování pro inteligentní zobrazovací jednotky nebo počítače jsou dány nějakou Ascii tabulkou. Pak je rozšířené Ascii (8bit), které kódují jednotlivé mezinárodní sady.

Kódování pro snadné vyjádření hodnoty

Obvykle kód, který přímo nese hodnotu.

- ***binární kód bez znaménka*** = používá se, pokud jde o hodnoty, které nemění znaménko (8/16bit integer, tzn. 0-255 nebo 0-65 535)
  - např.: potřebujeme zakódovat teplotu 0-25 °C, která je kvantována po 0,1 stupni (takže pro její vyjádření potřebujem 251 stavů) → pro to je třeba použít 8 vodičů, kde každý vodič bude nabývat hodnotu H/L
    - pokud přiřadíme stavu L na vodiči hodnotu 0 a stavu H 1, pak jejich stav odpovídá dvojkové číslici (***bitu***)

číslo stavu	stav na vodičích	odpovídá dvojkovému číslu	odpovídá desítkovému číslu	odpovídá teplotě °C
1	LLLLLLLL	00000000	0	0,0
2	LLLLLLLH	00000001	1	0,1
250	HHHHHHHL	11111001	249	24,9
251	HHHHHHHH	11111010	250	25,0

  - není ideální pro výpočty (pracuje pouze s kladným tvarem čísla), složitější odečítání
- ***dvojkový doplňkový kód*** = používá se u hodnot, které mění znaménko (negace + 1)
  - umožňuje indikovat kladná/záporná čísla, operace sčítání/odčítání se znaménkem, pro snadné vyjadřování čísel, pro větší číselný rozsah je třeba více bitů

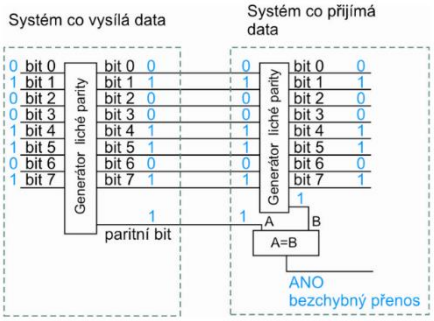
- vezmeme číslo, uděláme jeho negaci a přičteme k němu jedničku (jedničkový doplněk je negace) → když máme 8bit číslo a chceme ho vyjádřit jako kladné i záporné, dostáváme se na číslo -128 až +127
- např.: měříme teplotu od -12 do +12 °C

číslo stavu	stav na vodičích	odpovídá dvojkovému číslu	odpovídá desítkovému číslu	odpovídá teplotě °C
1	LHHHHHHH	01111111	127	nepoužito
8	LHHHHLLL	01111000	120	12,0
128	LLLLLLLL	00000000	0	0,0
248	HLLLHLLL	10001000	-120	-12,0
256	HHHHHHHH	10000000	-128	nepoužito

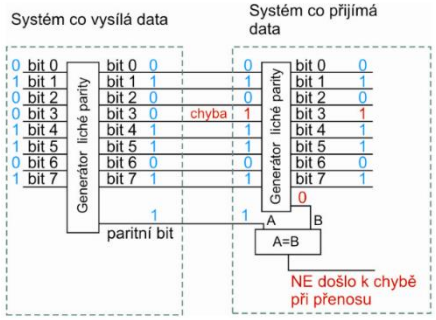
Kódování pro zajištění nebo zjištění bezchybnosti přenesených dat

Používá se, aby se zamezilo rušení a chybám vzniklým při přenosu a zpracování dat. Nemusí zajistit bezchybný přenos dat, ale musí zajistit, že se dá poznat, že jsou data přenesena s chybou!

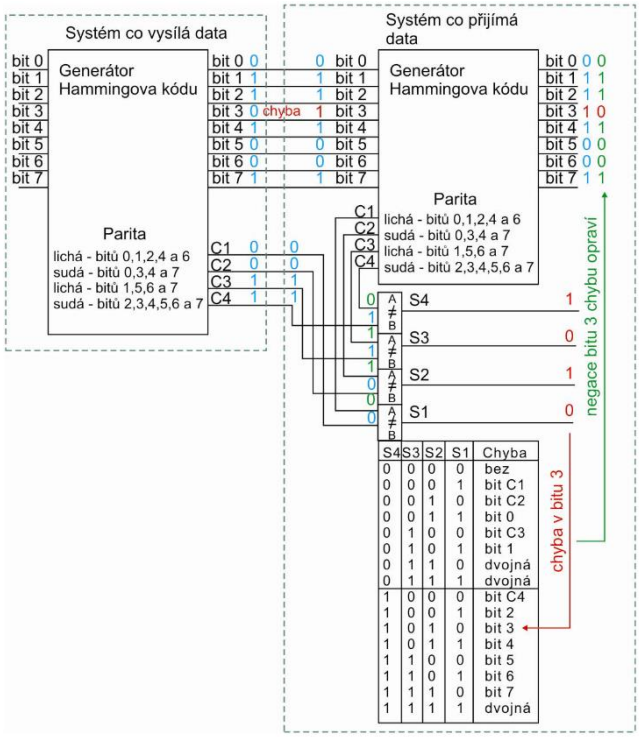
- ***zabezpečení dat paritou*** = k datovým bitům se přidává bit paritní a ten je přenášen spolu s daty
  - u liché se doplňuje na lichý počet 1, u sudé na sudý počet 1
  - *př.*: systém, který data vysílá, před vysláním vygeneruje paritní bit a tyto data vyšle → systém přijímající data z nich vygeneruje paritní bit a porovná jej s přijatým paritním bitem (pokud je stejný jako vygenerovaný → OK, přenos proběhl bez chyby X pokud se kterýkoli bit změní, pak se změní i parita → NOK)
  - použití paritního bitu indikuje vznik lichého počtu chyb (v sudém počtu přenášených bitů se paritní neodhalí, ale also pravděpodobnost, že vznikne chyba ve dvou bitech najednou je velmi nízká)
- ***pomocí Hammingova samoopravného kódu*** = indikuje vznik dvojné chyby (ve dvou bitech) a jednoduchou chybu je možné opravit, umí zjistit chyby i v paritních bitech!
  - pro 8bit data jsou potřeba 4 paritní bity:
    - C1 = lichá parita datových bitů 0, 1, 2, 4 a 6
    - C2 = sudá parita datových bitů 0, 3, 4 a 7
    - C3 = lichá parita datových bitů 1, 5, 6 s 7
    - C4 = sudá parita datových bitů 2, 3, 4, 5, 6 a 7
  - systém z přijatých bitů vygeneruje paritní bity C1-4 a porovná je s přijatými paritními bity
    - mají-li stejnou hodnotu → výstup S nastaven na 0
    - liší-li se jejich hodnota → výstup S je 1
  - porovnání bitů C1 nastavuje bit S1 apod., stav výstupů S1-4 indikuje, o jakou chybu de (pokud jsou všechny bity 0 → žádná chyba, OK stav)
  - oprava: bit, ve kterém vznikla chyba, negujeme třeba pomocí NOT a data jsou opět bez chyby
  - využití: paměti RAM, při důležitých přenosech
  - nevýhoda: pro přenos dat je třeba mnohem víc bitů, než je třeba pro přenos informace → redundantní (nadbytečné) bity
    - pro zabezpečení 8bit (256 stavů) je třeba použít 4 zabezpečovací bity → 50% redundance



obr. 13 Zabezpečení dat lichou paritou- bezchybný stav



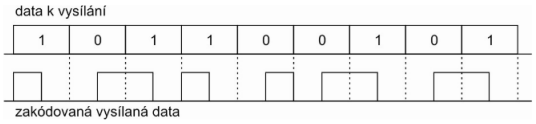
14 Zabezpečení dat lichou paritou- došlo k chybnému přenosu bitu 3



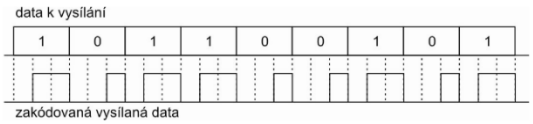
br. 15 Činnost obvodů opravy vzniku chyby pomocí Hammingova kódu

Kódování pro zajištění správné funkce elektronických obvodů realizujících přenos nebo zpracování digitálních dat

- ***vyvážený kód*** = pro přenos dat rádiového vysílače je potřeba, aby byl kód vyvážený → obsahoval stejný počet nul a jedniček
  - vysíláme každý bit dvakrát po sobě (jednou přímo a jednou negovaný) → manchesterské kódování
  - nejdříve vyšleme 0, pak bit dat a nakonec 1 → kódování 1/3:2/3
- ***Grayův kód*** = všechny jeho soustavy se liší pouze v jedné číslici, pro tuto vlastnost se používají v elektronických snímačích polohy
  - vylučuje možnost špatného určení polohy
  - *pro 16 stavů*: 1 = 0000, 2 = 0001 … 15 = 1001, 16 = 1000



obr. 16 Manchesterské kódování



obr. 17 Kódování 1/3:2/3

17. A/D A D/A PŘEVODNÍKY, PRINCIP ČINNOSTI.

(popis základních A/D a D/A převodníků, jejich činnost, přesnost, doba převodu, výhody/nevýhody)

rychlost vzorkování	musí být nejméně 2x vyšší, než je maximální kmitočet vzorkovaného signálu (Nyquistovo kritérium)
kvantování	musí být tak jemné, aby bylo dosaženo požadované rozlišovací schopnosti
rozlišovací schopnost	je určena počtem úrovní (stavů), na které je rozdělen rozsah vstupního analogového signálu (počet bitů)
rychlost převodu	je obvykle stejná jako doba převodu
doba převodu	je doba, který uplyne od okamžiku, kdy je přiveden analogový signál na vstup převodníku, pod dobu, kdy je na výstupu převodníku platné datové slovo

Při měření elektrických veličin (třeba intenzity proudu) nebo neelektrických veličin (třeba teploty) je získaná hodnota často v analogové podobě. Pro přenos, uložení v paměti nebo zpracování dat v počítači jsou vyžadovány naměřené veličiny v číslicovém tvaru. K takovému převodu používáme **A/D převodníky**.

- rozlišujeme okamžité a integrující převodníky (převodník napětí na kmitočet, kde analogově naměřená hodnota je proporcionálně převáděna na kmitočet periodického signálu, přičemž během měřícího času jsou impulzy počítány a počet těchto impulzů za měřený čas je mírou pro velikost měřeného napětí)
- založeny buď na principu transformace napětí na jinou fyzikální veličinu (většinou čas), která se snadněji digitalizuje, nebo na komparačním principu, tj. srovnáváním převáděného analogového napětí s proměnným napětím vytvářeným např. pomocí převodníku D/A. V okamžiku, kdy rozdíl mezi srovnávanými napětími je menší než určitá mez, se převod zastaví a zobrazí se vstupní číslo D/A převodníku.

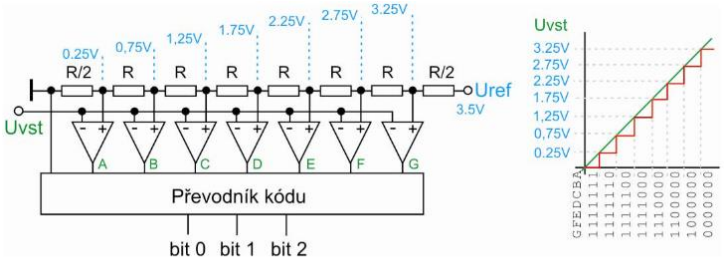
Je-li pomocí počítače/číslicového řízení řízen elektrický stroj, jsou číslicové hodnoty počítače převáděny na analogové řídící veličiny (třeba na řídící napětí nebo proud). K převodu se používají **D/A převodníky**.

- k součtu analogových hodnot odpovídajících jednotlivým číslům digitální hodnoty lze použít operační zesilovač v invertujícím zapojení

PARALELNÍ A/D PŘEVODNÍK

Nejrychlejší a principálně nejjednodušší typ převodníku.

- **činnost**: zdroj referenčního napětí je připojen na odporový dělič (napětí na tomto děliči odpovídá kvantům převodníku) → tato napětí jsou přivedena na analogové komparátory s číslicovým vstupem
  - je-li ***referenční napětí přivedené na neinvertující vstup*** (+) komparátoru ***větší než napětí vstupní*** Uvst, je ***výstup*** v úrovni ***H (1)***
  - když úroveň vstupního ***napětí přivedeného na invertující vstup*** (-) komparátoru ***překročí U*** přivedené ***na neinvertující vstup***, ***výstup*** skokem změní svou úroveň na ***L (0)***
- *na obrázku stav výstupů komparátorů pro vstupní napětí 0-3,5 V s vyznačenými referenčními úrovněmi na komparátorech*



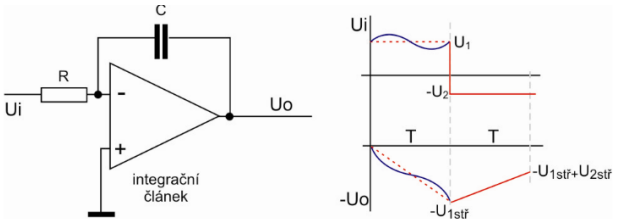
obr. 1 Činnost převodníku kódu ukazuje následující tabulka

Stav výstupů komparátorů G F E D C B A	Výstupy bit 2, 1 a 0
1 1 1 1 1 1 1	0 0 0
1 1 1 1 1 1 0	0 0 1
1 1 1 1 1 0 0	0 1 0
1 1 1 1 0 0 0	0 1 1
1 1 1 0 0 0 0	1 0 0
1 1 0 0 0 0 0	1 0 1
1 0 0 0 0 0 0	1 1 0
0 0 0 0 0 0 0	1 1 1

- **doba převodu:** nejrychlejší převodníky (dobu převodu omezuje jen rychlost překlopení komparátorů a rychlost převodníku kódu)
- **nevýhody:** vysoká cena (mají velký počet komparátorů)

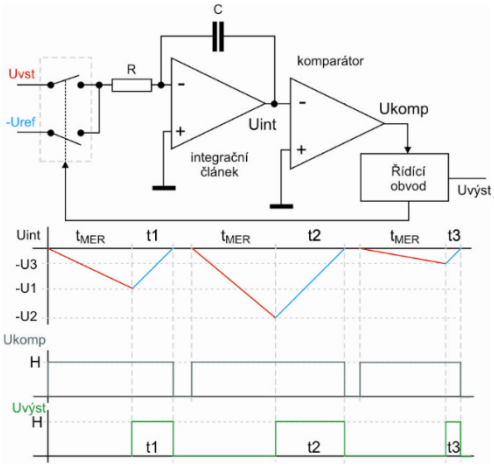
A/D PŘEVODNÍK S DVOJITOU INTEGRACÍ (INTEGRUJÍCÍ)

Převodník s největším rozlišením, pro svou činnost nepotřebuje extrémně přesné součástky, ale patří mezi převodníky s nejdelší dobou převodu. **Převádí na číslo průměrnou hodnotu napětí za určitý časový interval.**



obr. 20 Činnost integračního článku (modře průběh se superponovaným rušivým napětím s periodou T)

- základním obvodem je integrační článek realizovaný operačním zesilovačem a odporem R a kondenzátorem C
- napětí na kondenzátoru je integrálem vstupního napětí, tedy jeho střední hodnotou za dobu měření T_{MER}
  - je-li vstupní napětí kladné → integrační článek, je-li záporné → integrační napětí Uint
- **činnost**: řídící obvod převodníku sepne horní spínač a na dobu T_{MER} přivede na vstup integračního článku převáděné Uvst → ***zahájí se doba převodu*** → kondenzátor se nabije na jeho střední hodnotu, poté řídící obvod rozepne horní a sepne dolní spínač a nastaví výstup na úroveň H → záporné referenční U je přivedeno na vstup integračního článku a konstantním proudem rovným Uref/R vybíjí kondenzátor → když je zcela vybit (hlídá komparátor), kontroluje se, jestli na jeho vstupu bylo překročeno napětí osu 0V → výstup komparátoru se překlopí do úrovně L → řídící obvod pošle do úrovně L výstup převodníku Uvýst a rozepne dolní spínač → ***ukončena doba převodu***, může začít další
  - protože je kondenzátor vybíjen konstantním proudem, doba vybíjení t_n (než je Uint = 0) je přímo úměrná U na kondenzátoru těsně před vybíjením (tedy střední hodnotě převáděného napětí)



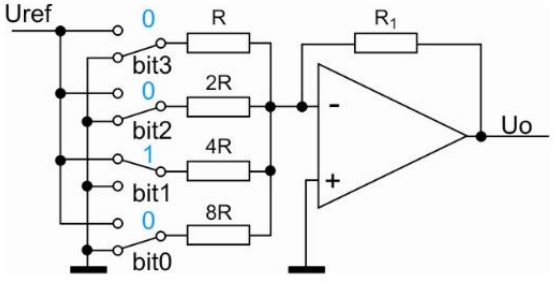
obr. 21 Princip činnosti A/D převodníku s dvojitou integrací

- *na obrázku tři převody -U1-3 (odpovídá třem úrovním hodnoty vstupního napětí), délka výstupních impulzů t1-3 je přímo úměrná hodnotě výstupního napětí Uvst1-3*
- **výhody**: vysoký stupeň odolnosti proti rušení základních i vyšších harmonických signálů, které mají periodu shodnou s T
  - protože jde o integrál za čas (střední hodnotu) → je-li na vstupním napětí superponované rušivé střídavé napětí (třeba 50 Hz) a bude-li T celým násobkem periody rušivého signálu, tak střední hodnota rušivého signálu bude nulová
    - pozor! stejnosměrné napětí nemá jinou střední/efektivní ani vrcholovou hodnotu (má je všechny stejné)

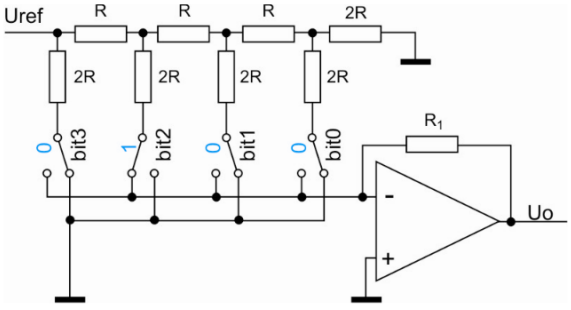
PŘÍMÝ D/A PŘEVODNÍK

Datové slovo se přímo převádí na výstupní napětí/proud. Podle stavu bitů datového slova se nastaví přepínače připojující odporovou síť. **Na výstupu invertujícího zesilovače se tak nastaví odpovídající výstupní napětí.**

- platí, že: $U_0 = U_{ref} R_1 / R(bit3 * 1 + bit2 * \frac{1}{2} + bit1 * \frac{1}{4} + bit0 * \frac{1}{8})$
  - v našem případě převodník s váhovou strukturou je: $-U_{ref} * \frac{R1}{R} * (\frac{1}{4})$ a u ***příčkové struktury*** pak: $-U_{ref} * \frac{R1}{R} * (\frac{1}{2})$



obr. 22 Přímý D/A převodník s váhovou strukturou odporové sítě



obr. 23 Přímý D/A převodník s příčkovou strukturou odporové sítě

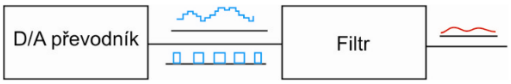
NEPŘÍMÝ D/A PŘEVODNÍK

obr. 24 PWM modulace

obr. 25 PDM modulace

Datové slovo převádí na impulzy konstantní velikosti a proměnné šířky (**PWM** = Pulse Width Modulation [pulzně šířková modulace]) nebo převodníky s proměnnou hustotou impulzů konstantní amplitudy a šířky (PDM = Pulse Density Modulation).

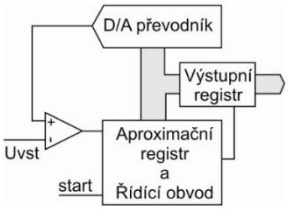
D/A převodník má na výstupu filtr, který slouží ***k vyhlazení výstupního signálu u přímého*** převodníku nebo ***k vytvoření střední hodnoty výstupního signálu u nepřímých*** převodníků.



obr. 26 Blokové schéma D/A převodníku s filtrem

- funkci filtru může zastávat např. ručkový měřící přístroj, který přímo měří střední hodnotu napětí/proudu
  - *např. v el. otáčkoměrech, u starších aut jsou impulzy z přerušovače (odpovídají počtu_otáček_motoru*počet_válců) přivedeny na elektrický obvod, který je tvaruje na impulzy stejné délky → hustota impulzů, střední hodnota napětí, je přímo úměrná počtu otáček motoru → výchylka ručičkového měřícího přístroje je tedy přímo úměrná počtu otáček motoru)*

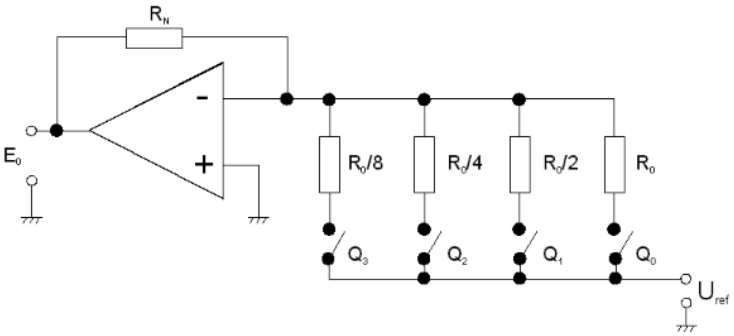
APROXIMAČNÍ A/D PŘEVODNÍK



obr. 27 Blokové schéma aproximačního A/D převodníku

Po celou dobu převodu se nesmí měnit vstupní úroveň signálu → nezbytný **vzorkovací obvod**. Převodník pracuje **komparační metodou** (převádí na číslo okamžitou hodnotu vstupního napětí v určitém časovém okamžiku převodu).

- při komparační metodě se porovnává neznámé napětí (měřené, vstupní) se známým → na jeden vstup komparátoru je přivedeno neznámé napětí a na druhý vstup napětí, jehož hodnotu nastavujeme tak dlouho, dokud komparátor neukáže shodu
- nastavováním porovnávaného napětí provádíme ***metodou postupné aproximace půlením intervalů*** → nejrychlejší postup nastavení přesné hodnoty
- porovnávané napětí nejdřív nastavíme na polovinu maximální hodnoty
- je-li porovnávané napětí menší než měřené, zvýšíme porovnávané napětí o ¼ max hodnoty
- je-li nyní např. napětí vyšší, snížíme napětí o zvýšenou ¼ a zvýšíme jej pouze o 1/8
- zvyšujeme napětí vždy o ½, ¼, 1/8 a 1/16 (tedy půlku předchozího intervalu)
- **nevýhoda**: delší doba převodu (čím větší přesnost požadujeme, tedy čím větší je počet bitů převodníku, tím delší je doba převodu)



Tento způsob nastavování nám skvěle umožňuje D/A převodník. Počet kroků, za které nastavíme správnou hodnotu, je stejný jako počet bitů D/A převodníku.

- pokud bychom u 4bitového D/A převodníku postupně procházeli všechny stavy, nejdelší počet kroků by byl 16 → počet kroků převodu by byl závislý na velikost měřeného napětí
- metodou půlení intervalů se dopracujeme ke správné hodnotě vždy za 4 kroky

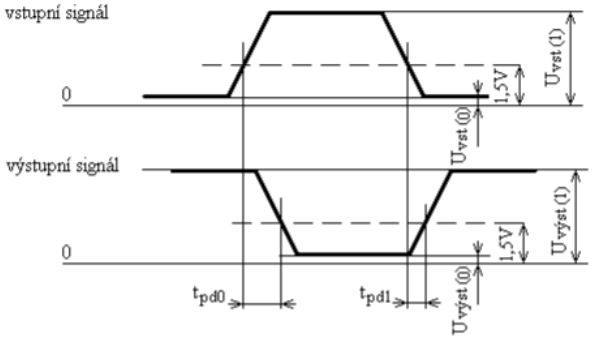
V současné době se rozšířily A/D převodníky sigma-delta = integrační převodníky, které generují sled pulzů.

- střední hodnota počtu pulzů za určitý časový interval je úměrná velikosti převáděného napětí, ta se vytváří v číslicovém filtru

18. KOMBINAČNÍ LOGICKÉ OBVODY: PŘÍKLADY POUŽITÍ.

(definice, základní sada kombinačních logických obvodů, dekodéry, příklady použití, třívrstvá architektura)

DEFINICE

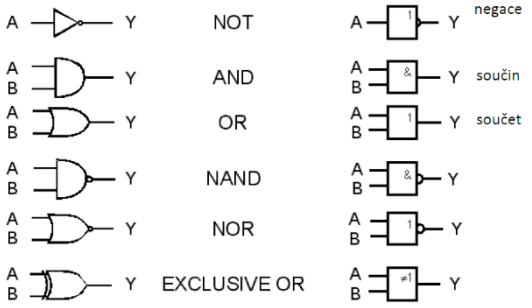


Kombinační logický obvod je **obvod, který okamžitě reaguje na vstup** (stav výstupu je přímo závislý na stavu vstupu). Neberou v potaz historii, **nemají paměť**. Skládají se pouze z logických hradel a **neobsahují zpětnou vazbu**. Výstupů je vždy potřeba tolik, kolik je potřeba, aby bylo výstupů v obvodu.

- *Můžeme si to představit jako nějakou černou skříňku, která má vstupy a výstupy, přičemž můžete mít n vstupů a n výstupů. Můžete jich byt víc – může jich byt míň (např. 4 vstupy a 16 výstupů i obráceně). Jeho stav výstupů je přímo závislý na stavu vstupů. Počet vstupů určuje počet sloupců v kombinaci. Takže když máme dva vstupy, tak máme tři řádky (3 vstupy = 8 řádků, 4 vstupy = 16 řádků). Semafor má tři stavy, řekněme, že čtvrtý stav by byl vypnutý semafor, pak potřebujeme čtyři řádky a tím pádem dva vstupy a tři výstupy.*

Doba, za kterou se změna, která přijde na vstup, dostane na výstup tohoto obvodu, se nazývá **doba zpoždění obvodu** (měřením na osciloskopu ji získáme). Doba zpoždění obvodu limituje rychlost. Dá se říct, že zpoždění logických obvodů ttl logiky je řádově desítky ns, u rychlých obvodů jsou to jednotky ns. Z toho vyplývá, že běžné obvody pracují spolehlivě přibližně do 10–100 MHz a rychlé obvody do vyšších hodnot. Kdyby neexistovalo zpoždění obvodu, pak by to kmitalo nekonečně vysokou frekvencí.

ZÁKLADNÍ SADA LOGICKÝCH KOMBINAČNÍCH OBVODŮ



Sada, která realizuje základní logické funkce. Těmi funkcemi je logický součet, logický součin, negace a některé další funkce, které jsou z nich odvozeny. Jakoukoli implementaci je možné vyjádřit pomocí hradel NAND a invertorů. NAND se používá, protože je konstrukčně nejjednodušší, je ho možné použít jako invertor, pokud se připojí na oba vstupy stejný signál (ale je to drahé).

Tabulka musí obsahovat všechny kombinace vstupů. Máme-li 2 vstupní hodnoty tabulka bude mít 4 řádky (2^2), neboli 2^n. Pokud jde o operaci logického součinu, pak bude 1 pouze tam, kde jsou všechny vstupy v 1.

0 v tuhle chvíli znamená logickou 0 (0 V), nebo taky low – nízkou úroveň, nebo hodnotu false – lež.

- U TTL logiky 0 znamená pro ***vstupy 0-0,8 V pro výstupy 0-0,4 V***

1 je vysoká úroveň – high, true, pravda

- v TTL logice je to napětí pro vstupy je to vyšší napětí, než jsou ***2,4 V a pro vstup napětí vyšší, než jsou 2 V***
  - Čili napětí 5 V, což platí i pro CMOS logiku. Převážně uvažujeme v pozitivní logice. (Když řekneme, že výstup z čidla, které zjišťuje světlo, je při osvětlení 1, pak říkáme, že informace, kterou to čidlo nese je: Je pravda, že je venku světlo. Kdyby z tohoto snímače „lezla“ 0, tak by říkalo: Není pravda, že je venku světlo.)

Definice výrazem

Definice tabulkou

Y= A . B

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

AND - logický součin **Y = A . B**

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

OR – logicky součet **Y = A + B**

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

NOT – negace **Y= Ā**

NAND – neg. součin **Y=** ¬(A.B)

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

De Morganův zákon

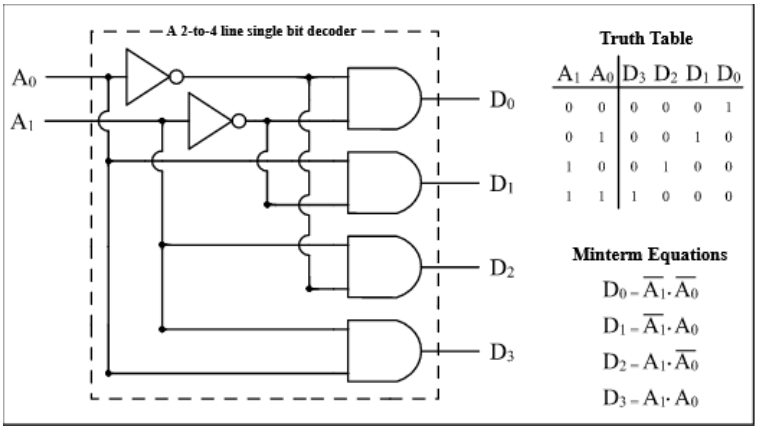
Pokud jsou dva výrazy v logickém systému ekvivalentní, pak mají úplnou tabulku stejnou. Na vstupech musí být všechny kombinace 0 a 1. To znamená, že výstupy úplné tabulky jsou shodné.

Takže pan De Morgan řekl, že **Y= A*B** a to je to stejné jako **Y= Ā+B**. A obráceně. Pomocí de Morganových pravidel lze převádět konjunktivní výrazy na disjunktivní a obráceně. Přitom se negují proměnné a mění se logické operátory. Aplikací těchto zákonů lze zmenšit počet logických obvodů potřebných k realizaci.

Minimalizované logické obvody mají velkou nevýhodu v tom, že mohou zakrývat chyby. Pokud obvod nepracuje správně, nejsme schopni najít, kde je chyba.

DEKODÉRY

Slouží **k rekonstrukci zakódované zprávy**. Nejčastěji se používají binární n vstupů do 2^n výstupů (např. 2 do 4, 3 do 8…).



Kodér slouží k zakódování zprávy. Na jednom ze vstupů očekává logickou 1 a podle toho, na kterém to bylo, nastaví hodnoty na výstupech. Z takového signálu lze pak původní zprávu dekódovat.

- má 2^n vstupů a n počet výstupů

Multiplexor = z několika vstupů vybírá jeden (proces sdružování signálů/informací do jednoho celku tak, aby je bylo možno zase od sebe jednoznačně oddělit)

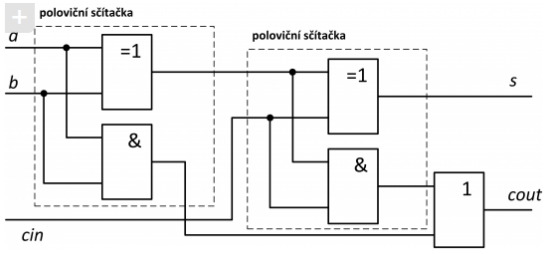
- realizace pomocí dekodéru a AND hradel a OR hradla
- kombinační logický obvod, který obsahuje 2^n datových vstupů (n = počet bitů adresy) a jeden výstup

Demultiplexor = jeden vstup přiřadí do správného výstupu

- realizace pomocí dekodéru a AND hradla
- ***použití***: telekomunikační technika (mezi dvěma vzdálenými místy máme pouze jeden komunikační kanál, ale na vstupu kanálu máme více informačních zdrojů → na výstupu kanálu pak máme adekvátní počet příjemců informací → multiplexací jejich informace přenášíme, demultiplexací připojujeme ke kanálu přijímače a přenesenou informaci z kanálu jim předáváme)

Sčítačka se skládá z hradel XOR a AND, kdy výstup z XOR je výsledek (součet) a z AND carry

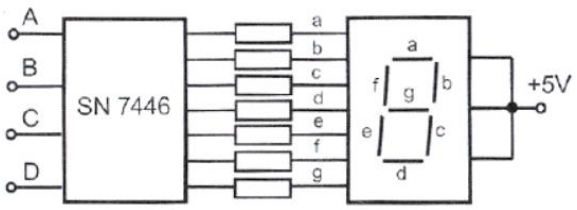
- umožňuje provést součet dvou čísel vyjádřených v binární soustavě (v případě dvojkového doplňkového kódu umožňuje provést i odečítání!), je <u>základem v ALU procesorech</u>
- ***neúplná*** = obsahuje dvě jednobitová binární čísla a,b na vstupu, výstupem je jednobitový součet S a jednobitový přenos do vyššího řádu C_{out} (carry-out) → přenos do vyššího řádu se uplatní, pokud obě vstupní čísla a = b = 1
- ***úplná*** = obsahuje vstup pro přenos z nižšího řádu C_{in} (carry-in), vlastně dvě poloviční sčítačky za sebou
  - přenos z předchozího řádového místa může nastat, pokud je realizován součet více řádových míst a z nižšího je potřeba přenést přenos do vyššího
  - vstupem kromě a, b je i jednobitový přenos C_{in}, výstupy zůstávají jako jednobitový součet S a jednobitový přenos C_{out}



Obr. 13. Realizace úplné binární sčítačky pomocí dvou poloviční (neúplných).

TŘÍVRSTVÁ ARCHITEKTURA

Pomocí této architektury jsme schopni realizovat jakoukoliv logickou operaci. Je to metoda, která vám nikdy nezakryje chyby. **Třívrstvá architektura**, jak již název napovídá, je ve třech vrstvách (**vrstva negace, vrstva součinu, vrstva součtu**). Z toho potom vypadne nějaký výstup.



Architekturu chceme tvořit pouze pomocí hradel NAND nebo NOT (z NAND uděláme NOT tak, že propojíme vzájemně vstupy hradla NAND).

Uděláme si obvod, který se nazývá dekodér stavů. Do vstupu přichází kód, který bude vyjadřovat desítkové číslo a na výstupu bude 7 výstupu, z nichž každý půjde na jeden segment sedmisegmentovky. Podle toho, které segmenty se rozsvítí, vidíme číslice.

- to číslo, které svítí, u toho je 1 (např. svítí 0, pak 1 je u a, b, c, d, e, a f, 0 u g)
- nyní vytvoříme tabulku (vezmeme si např. a) → musí se udělat úplná disjunktivní normální forma (musíme udělat součet součinů, kdy každý součin bude dávat 1)
  - První jednička je (x_3, x_2, x_1, x_0), druhá jednička je (x_3, x_2, x_1, x_0)

Kolik bude u součinu a hradel? 8 hradel se 4 vstupy a vždy jedním výstupem
Kolik bude u součtu a hradel? 1 hradlo s 8 vstupy a jedním výstupem

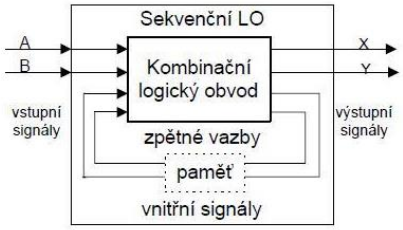
19. SEKVENČNÍ LOGICKÉ OBVODY.

(definice, základní typy, T, D, RS, SKO, čítače, činnost, použití a zapojení)

DEFINICE

Sekvenční logické obvody jsou obvody, u kterých **hodnoty výstupních veličin závisí na vstupních kombinacích a zároveň na jejich předchozím stavu**. Ve schématu se sekvenční obvod pozná tak, že má zpětnou vazbu.

- skládá se z kombinačního logického obvodu a z paměťového obvodu.
- Na vstup kombinační části přicházejí vstupní signály a vnitřní proměnná z paměťového obvodu



Obr. 1: Sekvenční logický obvod

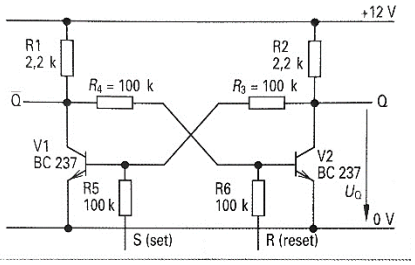
Sekvenční logické obvody mají v technické praxi mnohé využití jako paměťové obvody, klopné obvody, čítače událostí, posuvné registry a spoustu dalších aplikací jak v automatizaci, tak ve výpočetní technice.
Podle časového řízení dělíme sekvenční logické obvody:

- ***asynchronní obvod*** – výstupy obvodu se mění ihned po příchodu vstupních signálů.
  - může reagovat na podnět velmi rychle, ale v log. obvodu dochází k různě velkým zpožděním, což vede ke vzniku hazardních stavů → proto jsou složitá zapojení navrhována jako:
- ***synchronní obvod*** – výstupy obvodu se mění až po příchodu tzv. synchronizačního (hodinového) impulsu na zvláštní vstup označený C (clock).

KLOPNÉ OBVODY

Jsou to sekvenční logické obvody, které se používají v obvodech číslicových zařízení, kde je třeba zachovat po určitou dobu signál s logickou hodnotou 0 nebo 1. Jako elementární paměti pro jeden bit (jednu dvojkovou číslici) se používají bistabilní klopné obvody. Stav klopného obvodu v určitém okamžiku je podmíněn stavem obvodu v okamžiku předchozím. Klopné obvody mají jeden nebo dva řídící vstupy a jeden vstup pro hodinové impulsy (C – clock). Výstupem je signál Q a jeho negace Q non. **Lze je realizovat pomocí logických členů typu NAND nebo NOR.**
Podle odezvy výstupního signálu dělíme klopné obvody:

- ***bistabilní*** = má dva stabilní stavy (bez budícího impulzu zůstává v jednom z těchto dvou stavů)
  - do druhého stavu se překlopí tehdy, když je na bázi zavřeného tranzistoru přiveden signál 1
  - vstupy jsou S (set) a R (reset)
  - může uchovávat informaci
  - použití: jako paměť (RS, RST, D, JK)
- ***monostabilní*** (multivibrátor) = má jeden stabilní stav, ze kterého se po budícím impulzu překlopí na určitou dobu do nestabilního stavu a pak zpět do stabilního
  - ve stabilním stavu je V1 uzavřený a V2 otevřený → signál 1 na vstupu (bázi V1) překlopí obvod do nestabilního stavu
  - V2 je po dobu t uzavřený, poté je na C2 přebit → je dosaženo kladného napětí na bázi V2 a tranzistor se otevře → obvod je opět ve stabilním stavu
  - V1 může být opět otevřen teprve až se nabije C2 přes R3 (s prodlevou)
  - použití: k prodloužení délky obdélníkových impulzů, dob zapnutí/vypnutí, pro generování taktovacích pulzů
- ***astabilní*** (multivibrátor) = nemá stabilní stav a překlápí se periodicky z jednoho do druhého stavu a zpět
  - použití: pro řízení směrových světel (blinkrů), generování taktovacích pulzů v číslicových obvodech

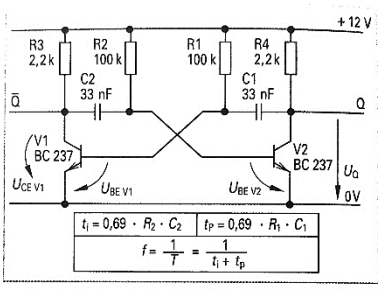


Obr. 3 Bistabilní klopný obvod

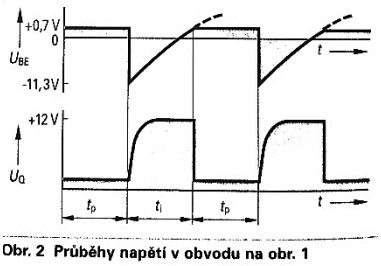
Tabulka: bistabilní klopný obvod

vstupy		výstupy	
S	R	Q	$\overline{Q}$
0	0	stav zůstává zachován	
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	zakázaný stav[1]	

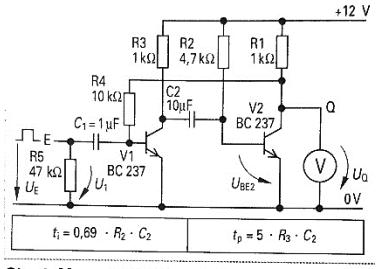
[1] zakázaný stav: Q a $\overline{Q}$ = 0



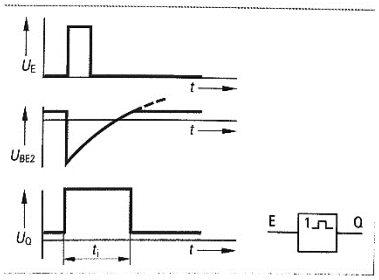
Obr. 1 Astabilní klopný obvod



Obr. 2 Průběhy napětí v obvodu na obr. 1



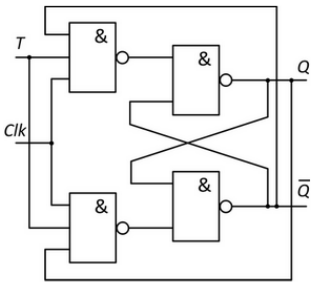
Obr. 1 Monostabilní klopný obvod



Obr. 2 Průběhy napětí na monostabilním klopném obvodu a schematická značka

Asynchronní KO jsou nastavovány řídícími impulzy (set a reset) a jsou složeny z obvodů NAND nebo NOR. KO je nastaven, je-li na výstupu Q 1 a na výstupu Q not 0.
Synchronní KO mění své výstupy v závislosti na vstupech jen v okamžicích hodinových pulzů, kterými jsou řízeny.

KLOPNÝ OBVOD T = ASYNCHRONNÍ



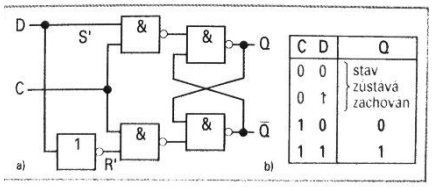
Obr. 23. Zapojení klopného obvodu T.

Má jeden vstup T (toggle = překlápění) a dva výstupy: Q a Qnon. **Základ všech čítačů.**

- pokud na vstupu T přivedeme 0, tak na výstupu zůstává předchozí stav
- pokud na vstupu T přivedeme 1, tak se stav na výstupu změní na opačný (jestliže byl 0, bude 1 a naopak)
  - jedná se o děličku (dělí frekvenci, která přijde na hodiny dvěma)

KLOPNÝ OBVOD D = SYNCHRONNÍ

Mění svůj stav v závislosti na vstupu D (data) jen v okamžicích hodinových pulzů. D-vstup je přímo spojen se vstupem S' a přes invertor se vstupem R', takže na vstupech nemohou být nikdy stejné hodnoty. KO D taky nemá žádný zakázaný stav a nemůže nastat Q = Qnon.



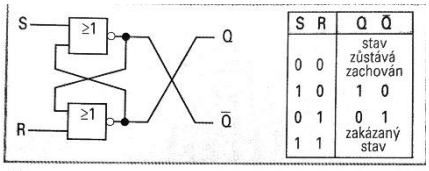
Obr. 3 D-klopný obvod

Obvod řízený hranou signálu, tedy reagující na přechod do náběžné hrany. Užívaný jako registr (4, 8, 16bit).

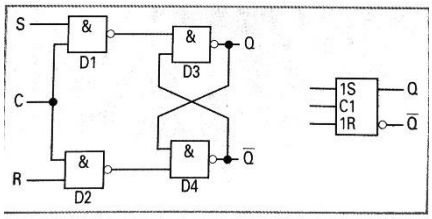
- je-li na vstupu C = 1, pak se přepisuje D vstupu na výstup Q
- je-li na vstupu C = 0, obvod na vstup D nereaguje → je to paměť

KLOPNÝ OBVOD RS

KO RS **má dva vstupy (R, S) a výstup Q a Qnon**. Vstup R slouží jako vstup signálu pro mazání informace (**reset**), což vede na stav Q = 0. Když na vstup S (**set**) přijde přechodná informace určená k zapamatování, výstup přejde do stavu Q = 1.



Obr. 1 RS-NOR-klopný obvod



Obr. 2 Synchronní klopný obvod RS

- pokud se na vstupy R, S nepřivede žádný signál, pak KO zůstává v předchozím stavu
- když se na nastavovací vstup S přivede signál 1 a na nulovací vstup R ne (***R = 0***), ***přejde KO do stavu 1*** nezávisle na předcházejícím stavu a zůstává v něm i po skončení signálu na vstupu S → ***nasetování obvodu***
- když se přivede signál na nulovací vstup R a na nastavovací vstup S ne (***S = 0***), pak ***KO přejde do stavu 0*** nezávisle na předchozím stavu a zůstane v něm i po skončení signálu na vstupu R → ***resetování obvodu***
- současné přivedení signálu na vstupy R i S znamená, že se má KO nastavit současně do 1 i 0, což nejde → zakázáno (hazardní stav), používá se jako past, je schopen rozlišit, který signál spadl jako první

Asynchronní: Je nastaven signálem 1 na vstupu S a nulován také signálem 1 (ale na vstupu R). Je-li současně R a S 1, je na obou výstupech 0 (zakázaný stav).

Synchronní: Hodinový pulz na vstupu C umožní přenést vstupy R a S přes obvody D1, D2 typu NAND na vstupy obvodů D3, D4. V okamžiku hodinového pulzu C = 1 při S = 1 a R = 1 projde na výstup D1 signál 1 a výstup D2 signál 0. D4 bude mít tedy na výstupu 1 a D3 signál 0. Analogicky pak pro další kombinace R, S.

Tabulka 2: Synchronní klopný obvod RS

C	0	0	0	0	1	1	1	1
S	0	0	1	1	0	0	1	1
R	0	1	0	1	0	1	0	1
Q	zachování paměti				0	1	zakázáno	

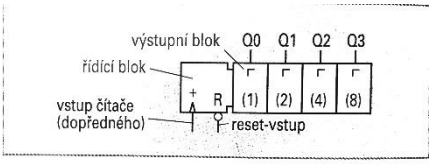
- při C = 0 nelze stav paměti tvořené D3 a D4 změnit

ČÍTAČE

Čítač je **obvod, který počítá (čítá) impulsy**. Jejich počet určíme ze stavu klopných obvodů, z nichž jsou sestaveny (JK, D). Po vyčerpání všech dovolených stavů jednotlivých KO se čítač vrátí do výchozího stavu. Mohou pracovat v různých kódech – nejčastěji dvojkový a BCD.
Podle způsobu čítání je dělíme na čítače vpřed, vzad a vratné čítače.
Z hlediska řízení je rozdělujeme na:

- ***Asynchronní čítače*** – každý KO je spuštěn předcházejícím KO, takže poslední KO nemůže změnit stav, dokud předcházející KO své stavy nezmění. Zpoždění jednotlivých KO se sčítá a tím je omezena max. rychlost čítání. Tato se zmenšuje se vzrůstajícím počtem KO.
  - Výhody**:** jednoduchost a minimální zatěžování zdroje čítaných impulsů.

- ***Synchronní čítače*** – vstupy hodinových impulsů jsou vzájemně propojeny. Všechny stupně čítače, které mají při čítání měnit svůj stav, ho změní najednou. Maximální dosažitelná frekvence je určena zpožděním v jednom stupni čítače.
  - nevýhodou je podstatně větší zatěžování zdroje čítaných impulsů.



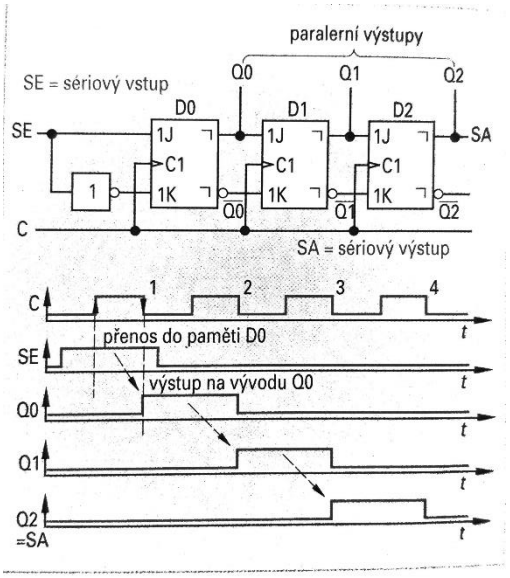
Obr. 1 Schematická značka binárního čítače

Posuvné registry (paměť)
Jsou sestaveny z klopných obvodů JK, RS nebo D a ***lze do nich vložit informaci a vnějšími řídícími impulsy ji posouvat***, popř. ponechat v registru obíhat po dobu, kdy ji není třeba zpracovávat.

- každá paměťová buňka může uchovávat údaj o jednom bitu → taktovacími/posouvacími impulzy na společnou hodinovou sběrnici mohou být informace přesouvány do sousedních paměťových buněk dopředu (doprava) nebo zpět (doleva)
- informace do registru mohou být vkládány sériově/paralelně a stejně tak i vybírány

Počet KO udává délku posuvného registru, a tím i počet řádů dvojkového čísla, které můžeme do registru uložit.
Posuvné registry rozdělujeme podle směru posuvu vložené informace na:

- ***Registry s posuvem vpřed*** – informace se posouvá zleva doprava., informace se postupně na výstupu ztrácí a je nahrazována novou
- ***Vratné registry*** – lze měnit směr posuvu vnějším řídícím signálem a posouvat informaci vlevo nebo vpravo.
- ***Kruhové registry*** – informace obíhá stále dokola ve směru vstup – registr – výstup – vstup, popř. opačným směrem.



Obr. 3 Posuvný registr se sériovým vstupem, sériovým a paralelním výstupem

Podle uspořádání výstupu na:

- ***Registry se sériovým výstupem*** – posouvaná informace se objevuje postupně po jednom bitu na jediném výstupu posledního KO obvodu.
- ***Registry s paralelním výstupem*** – posouvanou informaci lze odebírat současně z výstupů jednotlivých KO.

Posuvný registr se dá použít jako

- Paměť pro nejrůznější použití, např. pro ukládání mezivýsledků
- Převaděč ze sériového způsobu činnosti na paralelní – informace se sériově posune do posuvného registru, načež se z jednotlivých KO současně odebere.
- Převaděč z paralelního způsobu činnosti na sériový – informace se současně vloží do všech KO, načež se postupně (sériově) na výstupu registru snímá.
- Zpožďovací člen – výstup z posledního KO je zpožděn proti vstupu prvního KO o počet taktů rovnající se kapacitě registru (počtu KO).
- Kruhový čítač – výstup čítače vyvedeme zpět na jeho vstup. Zapíšeme-li jedničku do prvního KO na počátku čítání, pak její poloha v posuvném registru určuje počet hodinových impulsů přivedených na vstup.

20. REALIZACE LOGICKÝCH OBVODŮ.

(pomocí tranzistorů, diod, relé, montážní součet, obvody OC, realizace sběrnice)

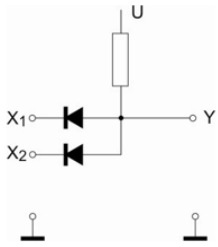
Logické operace jsou nejčastěji realizovány pomocí zapojení s tranzistory a diodami, pomocí spínačů či tlačítek nebo s použitím logických a integrovaných obvodů.
Při realizaci logických obvodů je nutné použít takovou realizační soustavu, která splňuje požadavky na úplný soubor logických funkcí. Funkce logického řízení lze – v závislosti na použitých stavebních prvcích logických obvodů – realizovat následujícími způsoby:

- ***kontaktně (elektricky)*** – prostřednictvím relé a stykačů
- ***bezkontaktně (elektronicky)*** – prostřednictvím integrovaných obvodů

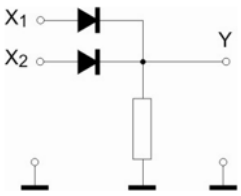
POMOCÍ TRANZISTORŮ A DIOD

(10) Je-li jeden ze vstupů (nebo oba) připojený na úroveň L (tedy se zemí), je na výstupu nízká úroveň (napětí V_{AK}) diody v propustném směru. Na výstupu bude vysoká úroveň (napětí U) pouze tehdy, budou-li obě diody připojeny k vysoké úrovni (k napětí U).
(11) Objeví-li se na jednom ze vstupů nebo na obou vysoká úroveň H (napětí U), začne téct proud ze vstupu přes odpor na zem a na výstupu bude napětí U-V_{AK} diody v propustném směru. Budou-li vstupy připojené k zemi, výstup bude uzemněný přes odpor a bude na něm nízká úroveň.

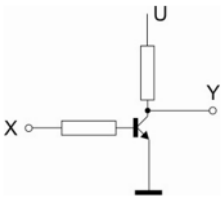
(12) Je-li na vstup připojená vysoká úroveň (napětí U), otevře se tranzistor a na výstupu bude U_{CESAT} (nízká úroveň). Připojíme-li naopak vstup k zemi (do nízké úrovně), bude tranzistor zavřený a na výstup bude přivedené napětí U přes odpor (úroveň H).



obr. 10 Realizace logického součinu



obr. 11 Realizace logického součtu



obr. 12 Realizace negace

POMOCÍ RELÉ (TLAČÍTEK)

Kontaktní řízení se uskutečňuje spínáním elektrických kontaktů. Elektrický řídicí systém je tvořen nastavovacím členem a řídicí jednotkou – příkladem může být spínačem ovládaný elektromotor, pracující jako pohon stroje.

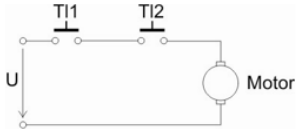
- **relé** = elektromagneticky ovládané spínače, jejich zapojení vyžaduje řídicí obvod a hlavní obvod, pomocí něj se malými proudy spínají velké proudy
- stykač = dálkově ovládané elektromagnetické spínače pro velké spínané výkony

Tlačítkový spínač je v aktivním stavu jen po dobu trvání aktivačního signálu, např. tlaku prstu nebo procházejícího proudu v cívce relé. Volicí spínač, například dvoupolohový přepínač nebo polarizované relé, setrvávají v nastavené poloze.

Je-li sepnuté jen jedno z tlačítek, motor se neotáčí. Rozběhne se po stisku obou tlačítek současně. Tedy stiskneme-li TL1 a TL2, rozběhne se motor.

- tlačítko je stisknuté = logická 1 X tlačítko není stisknuté = logická 0
- motor běží = logická 1 X motor neběží = logická 0
- např.: motor bucharu lze uvést do provozu jen tehdy, stiskne-li pracovník na levé straně stroje tlačítko a na pravé straně stroje další tlačítko → toto řešení zajistí, aby pod kladivem bucharu neměl pracovník ruce ve chvíli, kdy se buchar rozběhne

Stav	TL1	TL2	Běh motoru
0	0	0	0
1	0	1	0
2	1	0	0
3	1	1	1

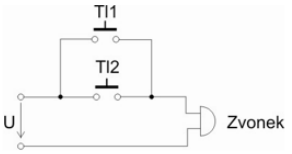


obr. 7 Realizace logického součinu

Je-li sepnuté jedno nebo druhé tlačítko, zazvoní zvonek. Zvonek bude zvonit i v případě, že stiskneme obě tlačítka současně. Tedy stiskneme TL1 NEBO TL2, zazvoní zvonek.

- stisknuté tlačítko = logická 1 X tlačítko není stisknuté = logická 0
- zvonek zvoní = logická 1 X zvonek nezvoní = logická 0
- např.: v každém panelovém domě jsou zvonková tlačítka dole u vchodových dveří a uvnitř domu u dveří k příslušnému bytu → zazvonit lze stiskem jednoho nebo druhého tlačítka

Stav	TL1	TL2	Zvonění zvonku
0	0	0	0
1	0	1	1
2	1	0	1
3	1	1	1

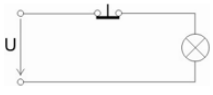


obr. 8 Realizace logického součtu

Je-li stisknuté rozpínací tlačítko, světlo nesvítí. **Žárovka bude svítit, nebude-li stisknuté tlačítko**. Stiskneme-li tlačítko, nesvítí žárovka, není-li stisknuté, žárovka svítí.

- tlačítko stisknuté = logická 1 X tlačítko není stisknuté = logická 0
- žárovka svítí = logická 1 X žárovka nesvítí = logická 0
- např.: otevřeme-li ledničku, není stisknuté tlačítko dveřního spínače, žárovka svítí → zavřením dveří dojde ke stisku tlačítka dveřního spínače a žárovka zhasne

Stav	TL	Žárovka svítí
0	0	1
1	1	0

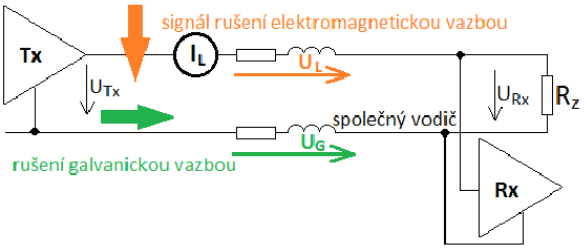


obr. 9 Realizace negace

REALIZACE SBĚRNICE

Sběrnice (bus) je skupina signálových vodičů, kterou lze rozdělit na skupiny řídících, adresových a datových vodičů v případě paralelní sběrnice nebo sdílení dat a řízení na společném vodiči u sériových sběrnic.
Základní veličinou je jednotka informace, která se interpretuje buď jako logická 0 (nízká úroveň L), nebo jako logická 1 (vysoká úroveň H).
Přenosová rychlost se vyjadřuje počtem bitů přenesených za sekundu. Přenos dat po sériové sběrnici vyžaduje přenos i režijních či obslužných dat, která jsou nezbytná pro synchronizaci a řízení provozu mezi zdrojem a příjemcem dat. Přenosový výkon udává počet přenesených bitů nesoucích informaci za sekundu. Je tedy oproti přenosové rychlosti tím nižší, čím má provoz sběrnice vyšší množství režijních dat.

Nesymetrická vedení je nejjednodušší typ sběrnice využívající společný zemní vodič pro přenos dat i napájení, vyznačuje se nedostatečnou odolností proti rušivým vlivům (galvanickou vazbou zemního vodiče nebo elektromagnetickou vazbou ovlivňující signálový vodič).



Obrázek 5: Princip nesymetrického vedení

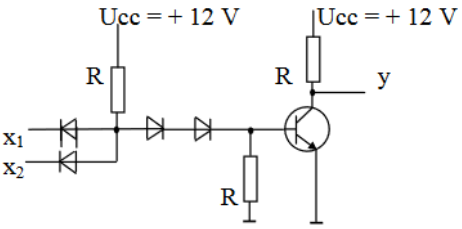
- zemní vodič je dobrým distributorem rušivého signálu (může jím protékat napájecí/vyrovnávací proud spojující komunikační bloky na stejný potenciál)
- reálný odpor zemního i signálového vodiče vytváří úbytek působící proti užitečnému signálovému napětí na straně vysílače → případná interference superponuje špičkový proud pouze na signálový vodič, který vlivem podélné indukce vytváří napěťové impulzy způsobující chybovost datového přenosu

Aby sběrnice byla odolná vůči rušivým vlivům, je potřeba přenášet informaci, jehož napěťová hladina je tak vysoká, že ji neovlivní superponované napětí pocházející ze zdroje rušení.

Sběrnice bývají realizované skrz integrované obvody!

MONTÁŽNÍ SOUČET

DTL obvody (Diode Tranzistor Logic) jsou obvody s diodami na vstupech a tranzistorem na výstupu, kde na vstupy X_1, X_2 se přivádí buď 0 V (logická 0) nebo +12 V (logická 1). Tyto obvody připouštějí bezprostřední spojení výstupů k sobě bez použití logického členu. V záporné logice (montážní součet) X v kladné logice (montážní součin).



Obr. 11. Schéma členu DTL