



Lekce z elektrotechniky

Vítězslav Stýskala,
Jan Dudek

Základy elektrotechniky

Oddíl 1

Určeno pro studenty komb. formy FBI
předmětu 452081 / 06 Elektrotechnika

Základní definice el. veličin

- **Elektrický proud (I):** Je to tok volných nosičů el. nábojů za určitý čas, měří se měřicím přístrojem (dále jen MP) zvaným „ampérmetr“ zapojeným do série, základní jednotkou je A (ampér).
- **Elektrické napětí (U):** Je dáno rozdílem potenciálů. Rozlišujeme napětí „elektromotorické“, resp. „svorkové“ u el. zdroje a tzv. „úbytek napětí“ na svorkách pasivního spotřebiče vzniklým vlivem protékajícího proudu. Napětí měří se MP zvaným „voltmetr“ zapojeným paralelně k měřenému objektu, základní jednotkou je V (volt).
- **Odpor (R):** Je významnou vlastností všech látek, jejíž prostřednictvím brání průchodu el. proudu obvodem. Měří se MP zvaným „ohmetr“ zapojovaným paralelně k měřenému objektu, základní jednotkou je Ω (ohm). Prvek reprezentující tuto vlastnost se nazývá „rezistor“. Směr úbytku napětí na něm je shodný se směrem proudu.
- **Vodiče:** Představují je látky s velmi malým odporem protékajícímu proudu, např. stříbro, měď, zlato, hliník, ocel, atd. Vodivá látka může být všech 3 skupenství.
- **Izolanty:** Představují je látky s velmi velkým odporem protékajícímu proudu, např. plasty, suché dřevo, sklo, papír, žula, bavlna, ale i např. vzduch, olej, apod.

Některé základní veličiny v elektrotechnice

elektrický proud I (A) elektrické napětí U (V)

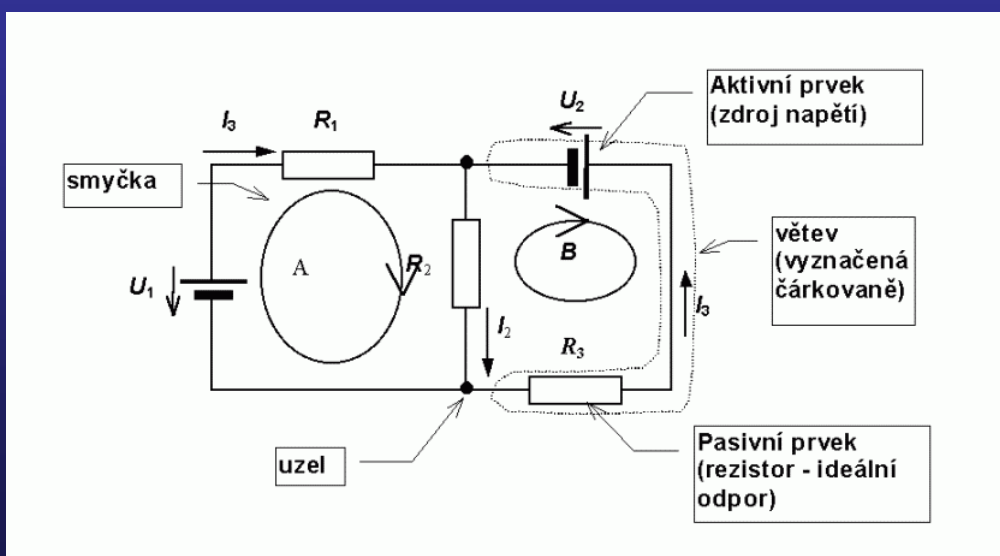
$$P = U \cdot I \quad p = u \cdot i \quad (\text{W}; \text{V}, \text{A})$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad i = \frac{dq}{dt} \quad (\text{A}; \text{C}, \text{s})$$

$$E = P \cdot T \quad E = \int p(t) \cdot dt \quad (\text{J}; \text{W}, \text{s})$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} \quad 1 \text{ W} \cdot \text{h} = 3600 \text{ J} \quad 1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3600000 \text{ J}$$

Topologie elektrických obvodů

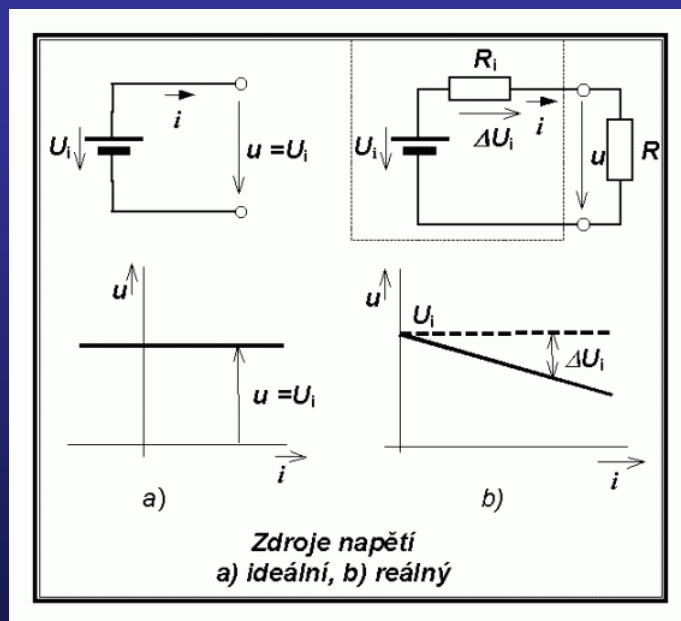


Rozdělení prvků el.obvodů

- Prvky

- aktivní (zdroje)
- pasivní (spotřebiče)
- ideální (pouze jedna požadovaná vlastnost)
- reálné (kromě požadované vlastnosti navíc nežádoucí parazitní vlastnosti)

Aktivní prvky obvodu

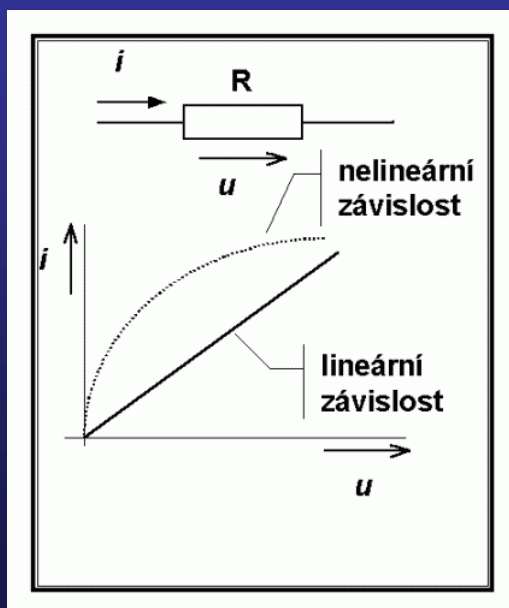


$$U = U_i - \Delta U_i = U_i - R_i \cdot I$$

Pasivní prvky elektrického obvodu

- Rezistor
- Cívka (Induktor)
- Kondenzátor (Kapacitor)

Značka a volt-ampérová charakteristika rezistoru



$$U = R \cdot I$$

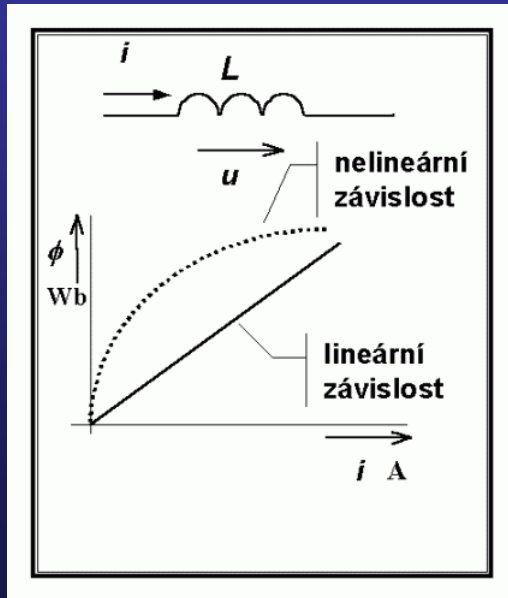
$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

$$G = \frac{1}{R}$$

$$R_{\nu} = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta \nu)$$

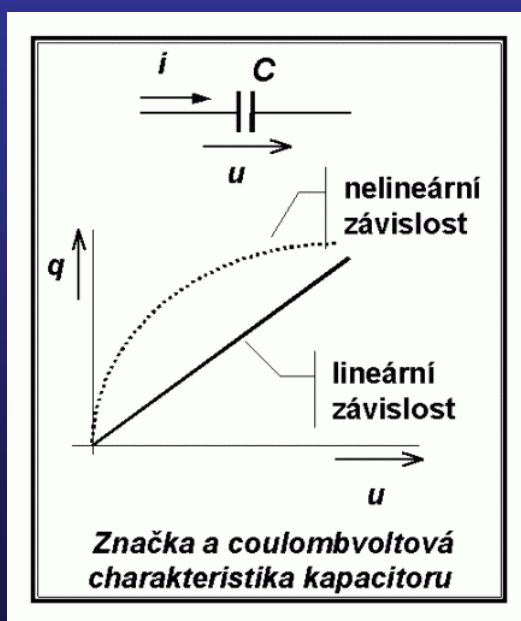
(Ω ; Ω , $^{\circ}\text{C}^{-1}$, $^{\circ}\text{C}$)

Značka a weber-ampérová charakteristika cívky (induktoru)



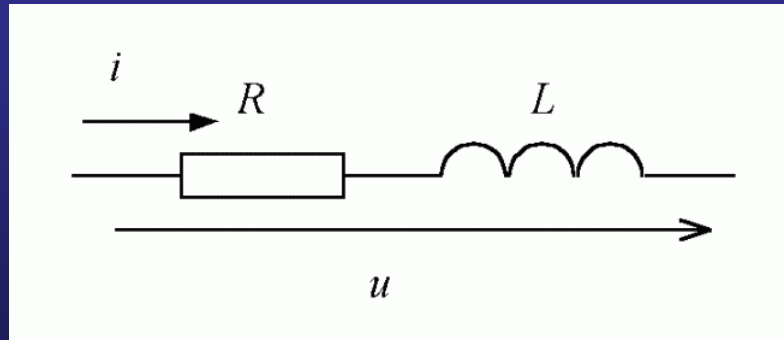
$$u = L \frac{di}{dt}$$

Značka a coulomb-voltová charakteristika kondenzátoru (kapacitoru)



$$i = C \frac{du}{dt}$$

Náhradní schéma reálné cívky



Steady-state circuits

Basic relationships

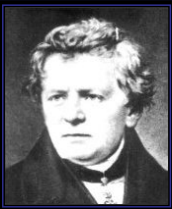
1. Ohm's law (O. Z.)
2. Applications of O. Z.
3. Kirchhoff's laws (K. Z.)
4. Arrangement of passive components
5. Power and work (energy) of DC current
6. DC sources
7. Arrangement of DC sources

A. Obvody stejnosměrné (DC)

Ve stejnosměrných obvodech má elektrický proud stále jeden směr a stálou velikost.

- **Ohmův zákon**: proud obvodem je přímo úměrný napětí a nepřímo úměrný velikosti odporu.

$$I = U / R$$



Georg Simon OHM
(1787 - 1854)

Ohmův zákon - aplikace

- **Úbytek napětí na spotřebiči** (směr úbytku je dán směrem proudu)

$$\Delta U = R \cdot I$$

- **Velikost odporu** (např. při jeho určení na základě měření Ohmovou metodou) je

$$R = U / I$$

Pomůcka k Ohmovu zákonu

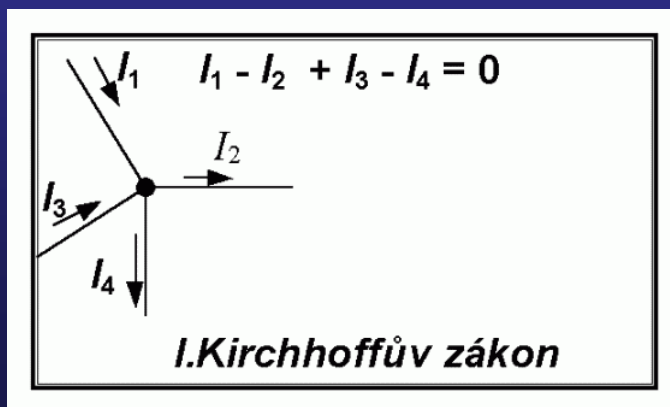


Gustav Robert KIRCHHOFF
(1824-1887)

Kirchoffovy zákony (K. Z.)

1847

I. K. Z. : *Součet* všech proudů v uvažovaném uzlu je roven nule.*



$$\sum_{x=1}^n I_x = 0$$

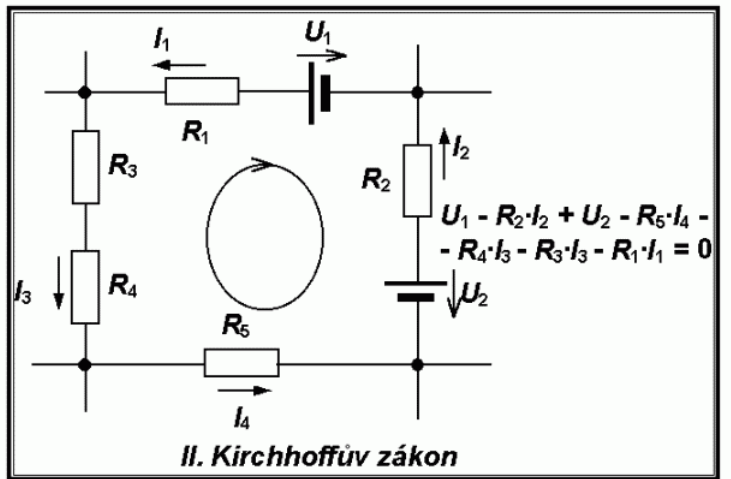
*Pozn. V případě stejnosměrných obvodů se jedná o algebraické součty.



Gustav Robert KIRCHHOFF
(1824-1887)

Kirchoffovy zákony (K. Z.)

II. K. Z. : *Součet* všech napětí (napětí elektromotorických i úbytků na spotřebičích) v uzavřeném el. obvodu je roven nule.*



$$\sum_{x=1}^n U_x = 0$$

Řazení pasívních prvků - rezistorů

- ✓ **Sériové** - *výsledná hodnota je dána součtem hodnot jednotlivých rezistorů. $I = konst.$*

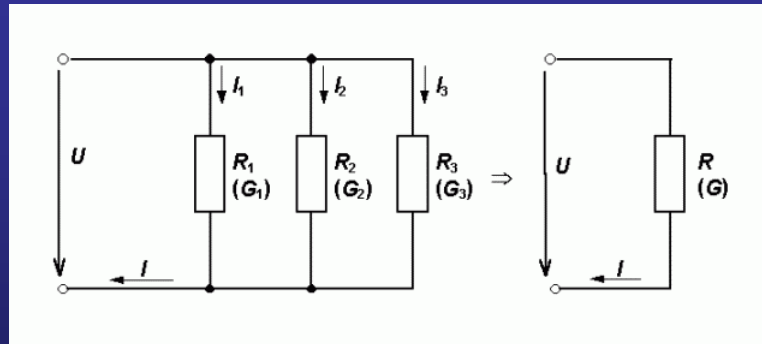
$$R_{V(s)} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

- ✓ **Paralelní** - *výsledná hodnota (její převrácená hodnota) je dána součtem převrácených hodnot jednotlivých rezistorů. $U = konst.$*

$$\frac{1}{R_{V(p)}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

- ✓ **Smíšené** - *neexistuje obecný univerzální vztah, řeší se postupným zjednodušováním (per partes) s využitím výše uvedených vztahů.*

➤ Rezistory paralelně ◀

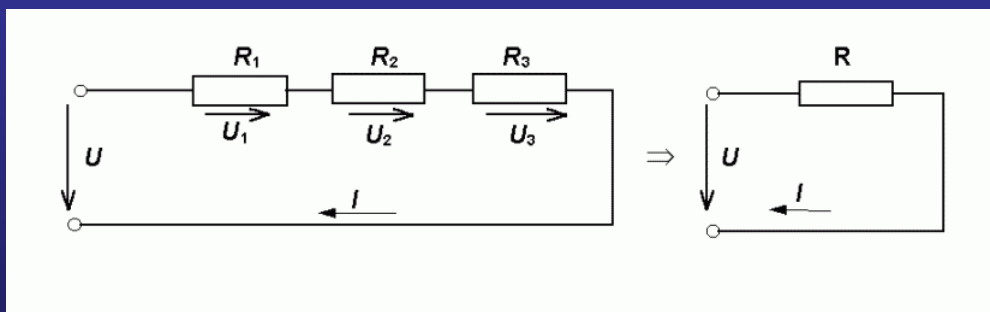


$$I = I_1 + I_2 + I_3 = U \cdot (G_1 + G_2 + G_3) = U \cdot G = \frac{U}{R}$$

$$G = \sum_{x=1}^n G_x$$

$$\frac{1}{R} = \sum_{x=1}^n \frac{1}{R_x}$$

➤ Rezistory v sérii ◀



$$\begin{aligned} U_1 &= R_1 \cdot I \\ U_2 &= R_2 \cdot I \\ U_3 &= R_3 \cdot I \end{aligned}$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

$$R = \sum_{x=1}^n R_x$$

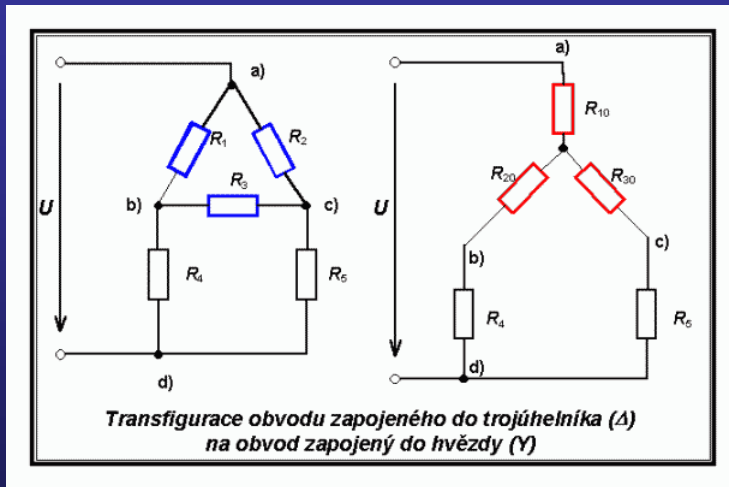
Metody řešení lineárních obvodů

1. metoda postupného zjednodušování obvodu,
2. řešení obvodu pomocí Kirchhoffových zákonů,
3. metoda smyčkových proudů,
4. metoda uzlových napětí,
5. metoda řezu,
6. metoda založená na principu superpozice, apod.

1. Metoda postupného zjednodušování obvodu

- Rezistory (prvky) v sérii
- Rezistory (prvky) paralelně
- Transfigurace s prvky (nepovinná)

➤ Transfigurace ◀ (nepovinná)



$$R_1 = R_{10} + R_{20} + \frac{R_{10} \cdot R_{20}}{R_{30}}$$

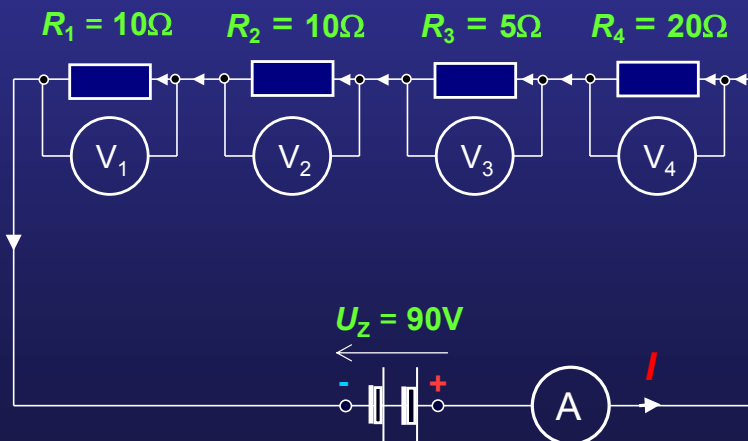
$$R_2 = R_{10} + R_{30} + \frac{R_{10} \cdot R_{30}}{R_{20}}$$

$$R_3 = R_{20} + R_{30} + \frac{R_{20} \cdot R_{30}}{R_{10}}$$

$$R_{10} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3}, R_{20} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3}, R_{30} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Příklad #1

Určete proud I sériovým obvodem a jednotlivé úbytky napětí U_1, U_2, U_3, U_4 na rezistorech dle schématu. Proveďte kontrolu správnosti výpočtu. Měřící přístroje uvedené ve schématu mohou sloužit ke kontrole vypočtených hodnot veličin.

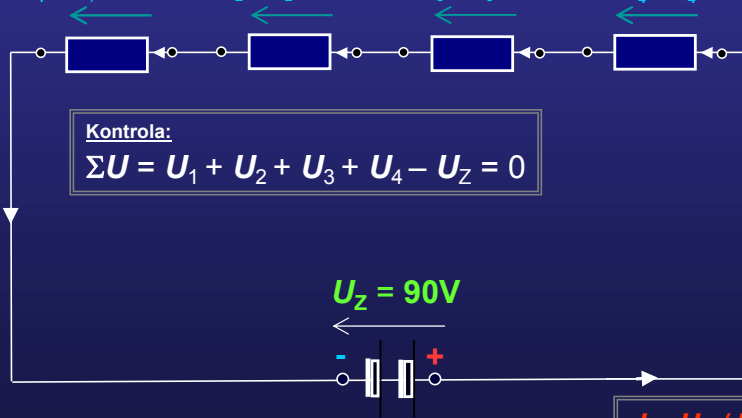


Řešení #1

1. K určení hodnoty proudu obvodem využijeme Ohmův zákon (viz. str. 4).
Celkový odpor je v sériovém zapojení dán součtem jednotlivých (viz. str. 7).
2. Jednotlivé úbytky napětí na rezistorech jsou dány součinem hodnoty protékajícího proudu rezistorem a hodnoty rezistoru, polarita je shodná se směrem proudu (viz. str. 5).

$$R_V = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 45 \Omega$$

$$\Delta U_1 = R_1 \cdot I = 20V \quad \Delta U_2 = R_2 \cdot I = 20V \quad \Delta U_3 = R_3 \cdot I = 10V \quad \Delta U_4 = R_4 \cdot I = 40V$$



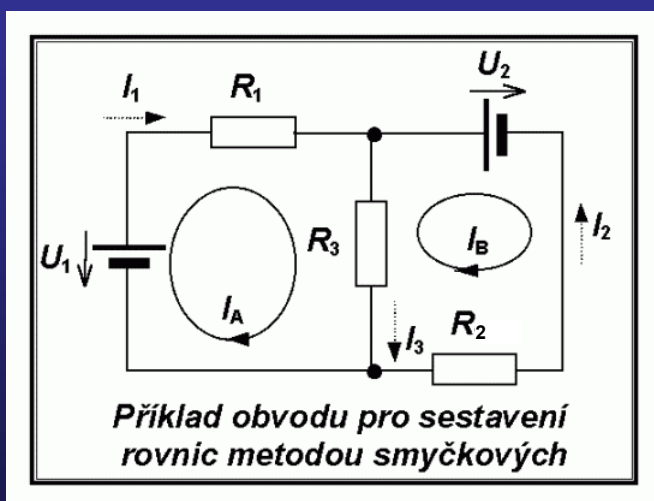
Kontrola:

$$\Sigma U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 - U_Z = 0$$

$$I = U_Z / R_V = 2A$$

3. Kontrolu výpočtu provedeme užitím II. K. Z., viz. str. 6.

Příklad 2: Řešení obvodu metodou smyčkových proudů



Definujeme 3 proudy, 2 smyčky

$$R_1 \cdot I_1 + R_3 \cdot (I_3) - U_1 = 0$$

$$R_3 \cdot (-I_3) + U_2 - R_2 \cdot I_2 = 0$$

resp. pro definované smyčky jen s proudy I_A, I_B

aplikace I. Kirchhoffova zákona

$$I_1 = I_A, I_2 = -I_B, I_3 = I_A - I_B$$

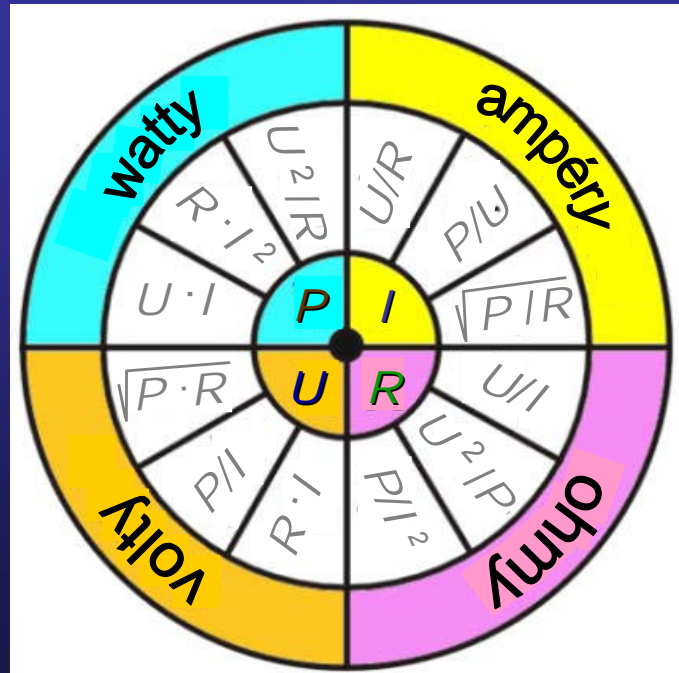
platí :

$$R_1 \cdot I_A + R_3 \cdot (I_A - I_B) - U_1 = 0$$

$$R_3 \cdot (I_B - I_A) + U_2 + R_2 \cdot I_B = 0$$

Aplikací II. Kirch. zák. vzniknou 2 rovnice o 2 neznámých

Pomůcka k určení základních vztahů
mezi veličinami a jejich jednotkami v DC obvodech



Výkon stejnosměrného proudu

Průchodem spotřebičem vykoná el. proud „**el. práci (energii)**“ značenou W , resp. A .

El. práce za čas je „**elektrický výkon**“.

V DC obvodech se výkon určuje se zpravidla výpočtem, např. pomocí údajů z MP. Základní jednotkou je W (watt).

$$P = A/t = R \cdot I^2 = U \cdot I = U^2 / R$$

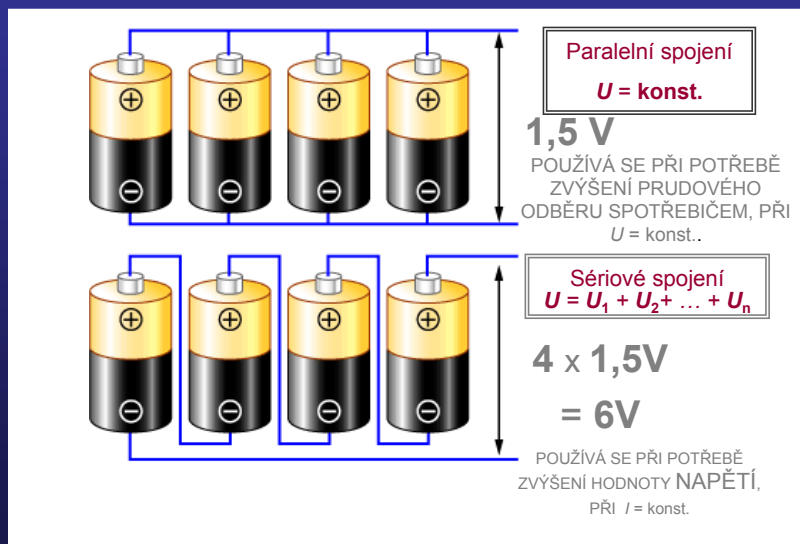
Zdroje stejnosměrného proudu a napětí - **BATERIE**

- **Suchý článek** : je primárním zdrojem, zpravidla má tvar válcové nádoby ze zinkového plechu (- pól), uvnitř uhlíková elektroda (+ pól) v roztoku chloridu amonného (elektrolyt). Jsou jednorázové. Další používané druhy jsou např. lithiové.
- **Akumulátory** : je sekundárním zdrojem. Pro použití např. v automobilech. Mají olověné elektrody v kyselém elektrolytu. Nabíjejí, resp. dobíjejí se (mnoho cyklů) buď z automobilového alternátoru resp. DC generátoru nebo ze síťové nabíječky.
Další používané druhy jsou např. suché niklokadmiové (NiCd) - (svítilny, vysílačky, hračky), lithiové (mobilní telefony, vysílačky, kamery, notebooky, palmtopy), apod.

Zdroje stejnosměrného proudu a napětí - jiné

- Stejnosměrné generátory (dynama)
- Usměrňovače (řízené, neřízené)
- Termoelektrický (Seebeckův) článek
- Fotovoltaické články

Řazení článků



Nelineární obvody

U nelineárních prvků NEPLATÍ Ohmův zákon, proto je nelze řešit metodou postupného zjednodušování.

Řešení:

- Linearizace charakteristiky tj náhrada charakteristiky odporem, příp. zdrojem napětí (tak se používá u diod)
- Náhrada V-A charakteristiky Taylorovým polynomem
- U obvodů s jedním nelineárním prvkem sestavení náhradního schématu tj. zdroje a impedance v místě vřazení prvku, grafickou metodou se určí průsečík (prac. bod)

