

# TRP

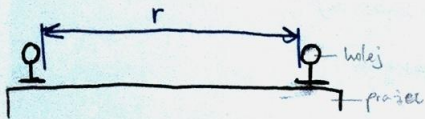
Trakční Pohony KEV/TRP



ŠKODA TRANSPORTATION



## Rozchody



Normální - 1435 mm ~ 4' 8 1/2"

Úzké - 600 mm dle místních podmínek

(čímější infrastruktura) 750 mm saglao

760 mm české historické: dle místních podmínek

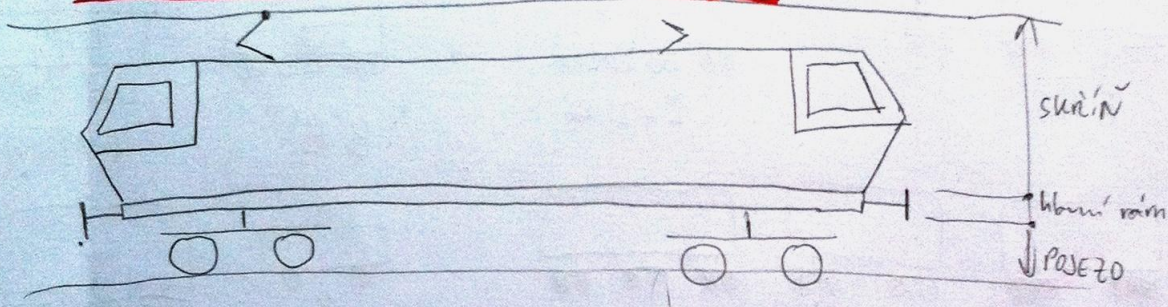
1000 mm dle místních podmínek: TEŽ

1067 mm kapský rozchod

Široké - 1520 mm bývalý sovětský, nyní SSSR

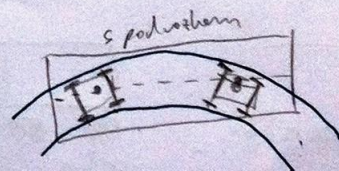
1676 mm Indie, Pakistan

## HLAVNÍ DÍLY TRAKČNÍCH VOZIDEL

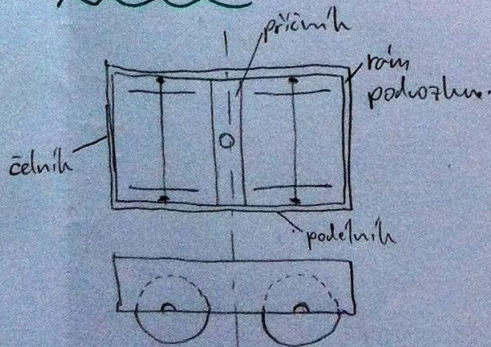


Pojezd < bezpodvozkový  
podvozkový

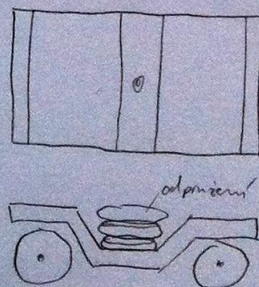
Poloměr zatáčky: dle 90m  
trmavý 15m minimum



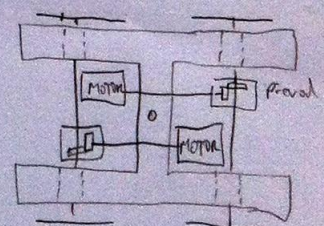
## Podvozek



Pojezd s většími rámy



trmavý



Pojezd s minimálními rámy



## Označování vozidel

1) označení od začátku vozidla ke konci vozidla

2) Symboly: číslice ... 1, 2, 3... (dvojholý bez pohonu)

písmena ... A, B, C, D (dvojholý s pohonem)

' (apostrof) ... rejdovnosť

0 (nula) ... individuálny pohon dvojholý

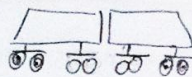
() závorky ... podvozok s bežnými a kĺbovými dvojholými

+ ... vícedielne odpojiteľné vozidlá

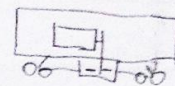
$\overline{\quad}$  ... když náprava je společná pro dvě šluně



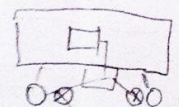
$2' \overline{B'}$



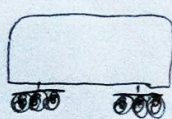
$B' 2' + 2' B'$



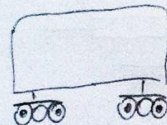
$B' B'$



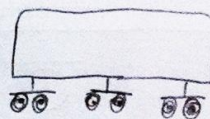
$(1A)' (A1)'$



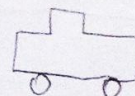
$C' C'$



$(A1A)' (A1A)'$



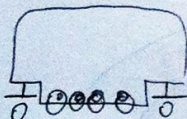
$B' B' B'$



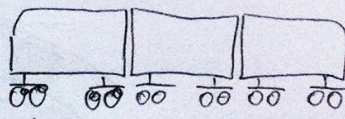
$B$



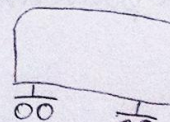
$B' B' B'$



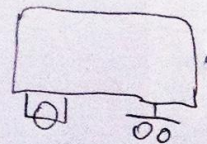
$1' D' 1'$



$B' B' + 2' 2' + 2' 2'$



$2' B'$



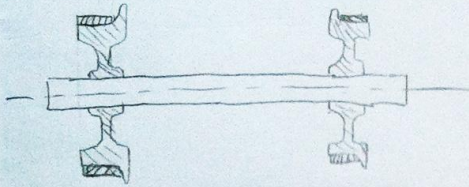
$A 2'$



TRP 2. Pr

26.9.2011

Dvojholý





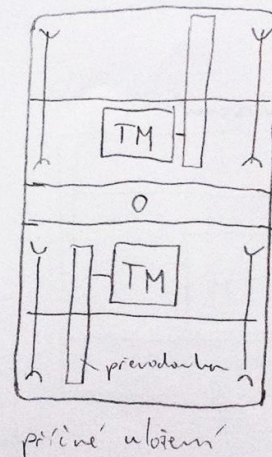
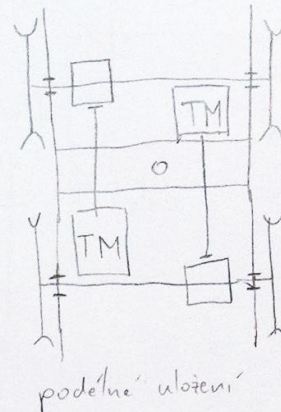
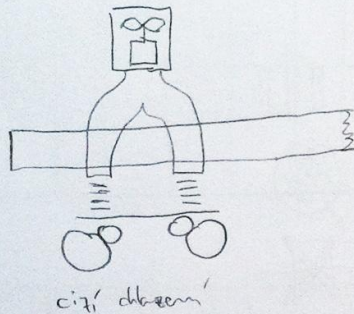
## Mechanický pohon

- trakční motor
  - převodovka
  - dvojholří
- / podélné  
 \ příčné

### Chlazení

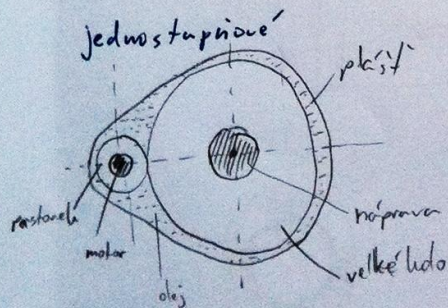
vzduchové

- přestupem
- vlastní
- cizí

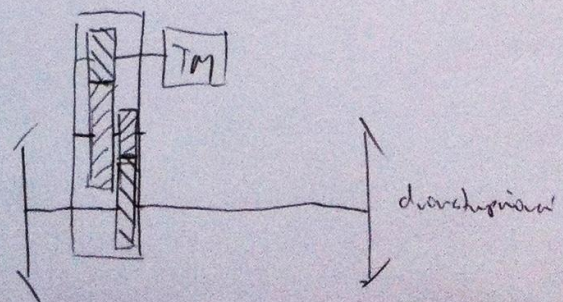
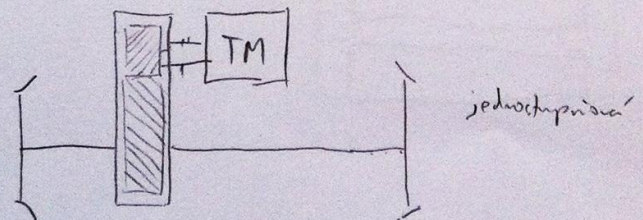


### Převodovka

- pevný převod
  - převod dopomaha
- { převod 3,5 Dc motor  
 { převod 4,5 asyn. motor

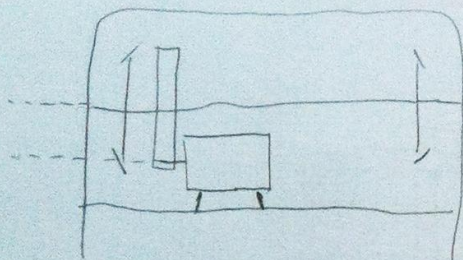


- chlazení - přímé
- - nepřímé



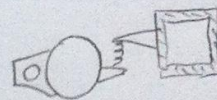
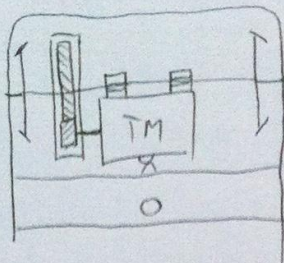


## Přenos krátkého momentu



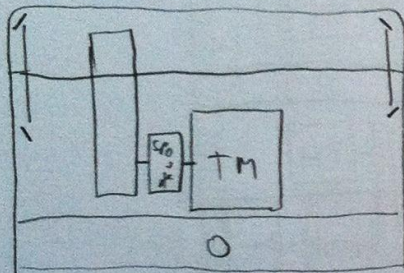
motor je připraven tak, aby přeměnil energii na odporovou nápravu

↓  
Hákové zavěšení



## Spojka

Závěšací uložení



Spojka

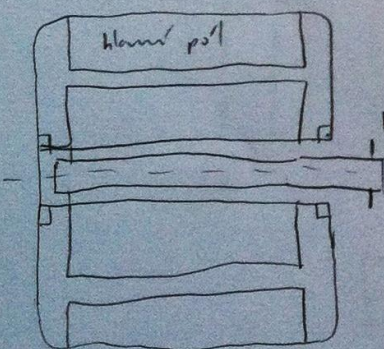
pryžar

zubová

lamelová

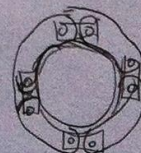
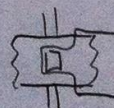
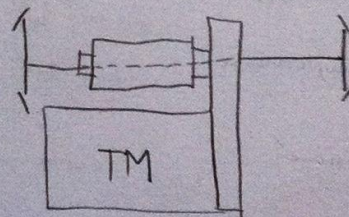


## Dutý hřídel motoru



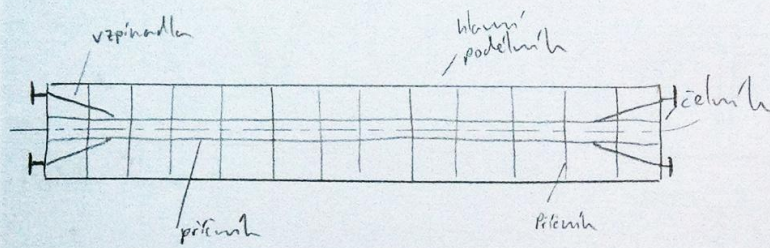
Kardanový  
závit

## Dutý hřídel na nápravě

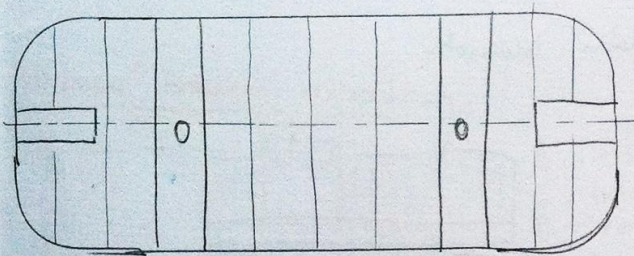




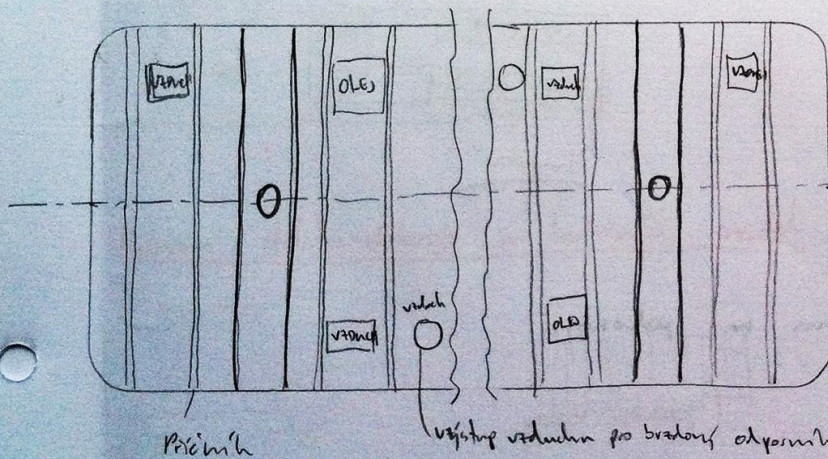
# HLAVNÍ RÁM



vlah



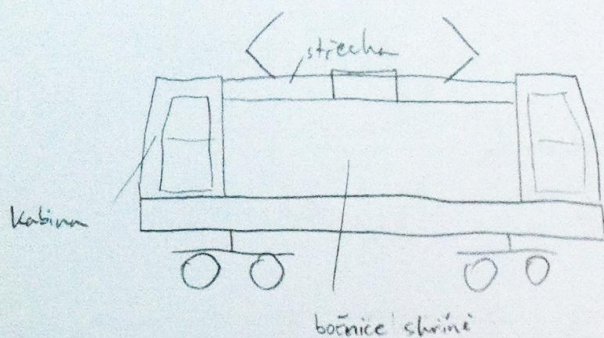
meto



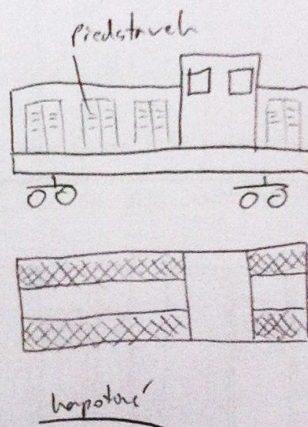
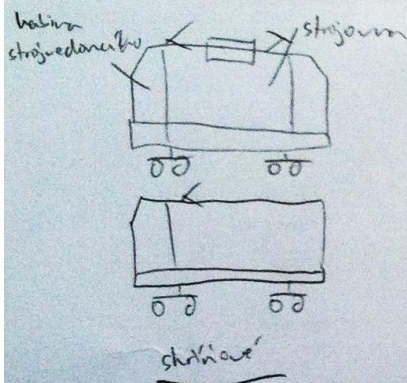
lokomotiv



# SKŘÍNĚ

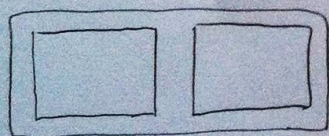


## Skříňové a lopatové uspořádání lokomotiv



rozdíl nejvíce je za deště

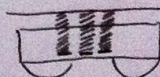
Uložení skříně a hlavního rámce na podvozky



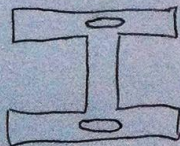
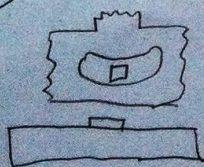
Přítokové valby

Přítokové pruhy

flexicoil (průtisk)



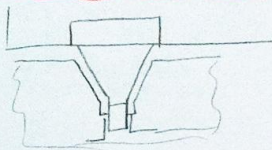
kluznice



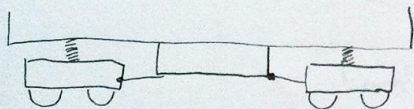
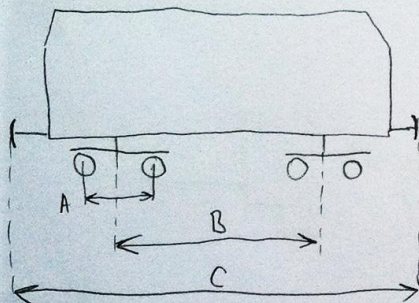


PŘENOS TAŽNÝCH SIL Z PODVOZKŮ NA HLAVNÍ KÁM

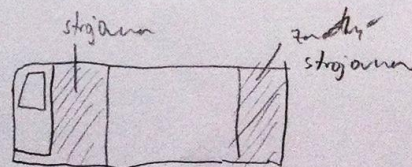
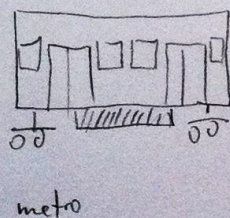
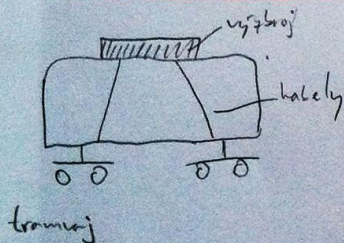
- čep



- Podélné tyče

Hlavní rozměry vozidla

- A - rozvor podvozků  
(rozvor kolejnic dvojhlaví)
- B - vzdálenost otočných čepů
- C - délka přes nárazníky

Uložení elektrovlábnice u trakčních vozidel



## Hlavní TECHNICKÉ ÚDAJE traktoru

- Rozsah
- uspořádaní pohonu
- Profil USE
- hmotnost prázdného a plně vybaveného vozidla
- hmotnost na kolech
- šířka stopy
- výška se zvednutým i zloženým sbíracím
- Napájecí soustava
- Výkon jmenovitý  $P = F_e \cdot v$
- Přetížitelnost
- Zrychlení při max rychlosti (zrychlení zrychlení)
- Max rychlost
- nízkopodlažnost
- tahová síla při rozjezdu

Zapřítel

Nesetorový záhon

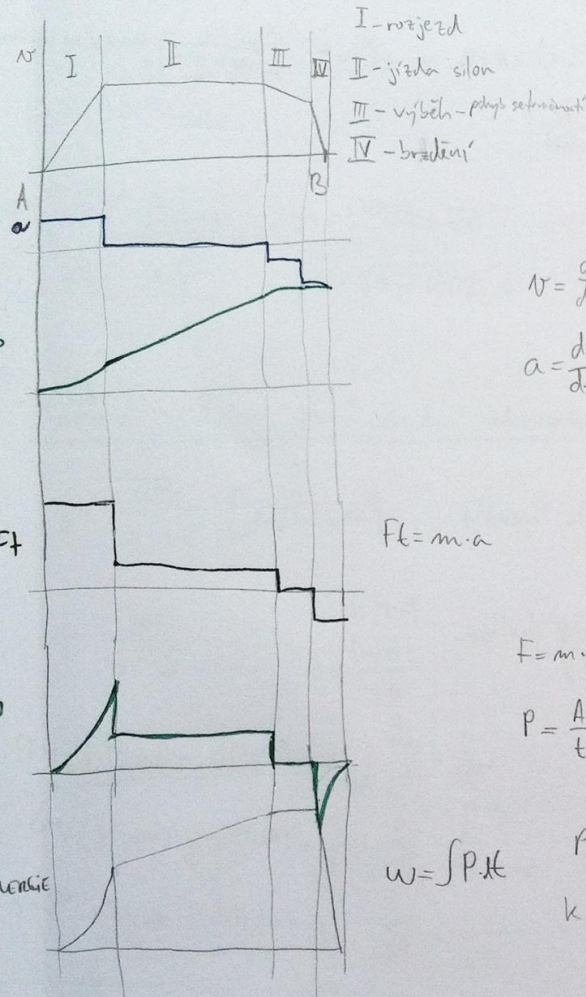
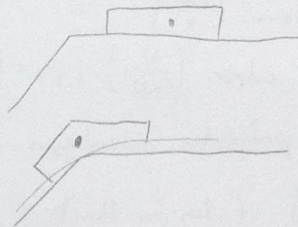
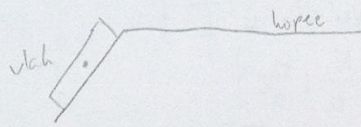


TRP - Pr

# TRAKČNÍ MECHANIKA

Mechanika hmotného bodu

$v, a, l, P, F_t$  tažná síla



$$v = \frac{ds}{dt} = \text{konst.} + t$$

$$s = v \cdot t$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$$

$$\text{pohyb rovnoměrně zrychlený: } s = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$$

$$s = \int v dt$$

$$F_t = m \cdot a$$

$$F = m \cdot a \quad \left[ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$P = F \cdot v$$

$$P = \frac{A(\text{práce})}{t} = \frac{F \cdot s}{t}$$

$$F \left[ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \right]; P \left[ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} \right]$$

$$W = \int P dt$$

$$P = h \cdot t$$

$$k s = \frac{1}{2} t^2$$

## Pohybová rovnice

- poměrová (vztahovaná na jednotku hmotnosti)

$F_t$ ... tažná síla

$$F_t = m \cdot a + \text{hrybí ztrát} \left( \begin{array}{l} \text{aerodynamický} \\ \text{valivý odpor} \\ \text{tření v ložiskách} \end{array} \right) \left( \begin{array}{l} f(v^2) \\ f(v) \end{array} \right)$$

Odpor: vozidlové - jízdní odpor

tratiové - odpor stoupání

odpor průjezdu obloukem

$$\frac{F_t}{m} - p_n - (p_o + p_r + s) \cdot g = 0$$



$F_t$  ... ťažná síla [N]

$m$  ... hmotnosť súpravy [t]

$P_a$  ... merná zrychľujúca síla  $\left[\frac{N}{t}\right]$

$$P_a = 1000a \left[\frac{N}{t} \mid \frac{m}{s^2}\right]$$

$g$  ... ťihové zrychlenie  $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

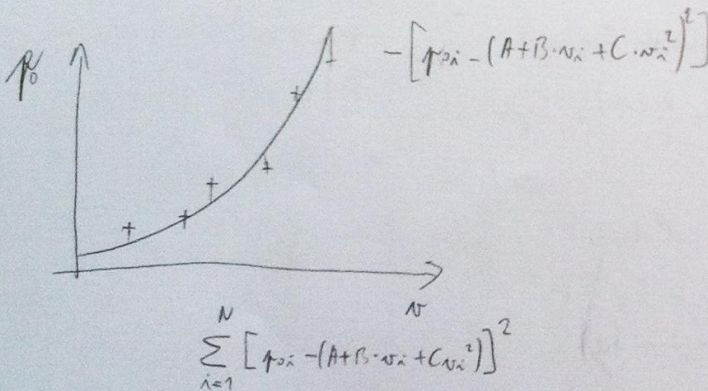
$p_0$  ... merný jazdný odpor  $\left[\frac{N}{kN}\right]$ ;  $p_0 = f(v) = A + B \cdot v + C \cdot v^2$   $\left[\frac{N}{kN} \mid \frac{km}{h}\right]$  koriguje sa meraním

$p_r$  ... merný odpor prijazdu obloženia  $\left[\frac{N}{kN}\right]$

$s$  ... sklon [%] (1m na 1km)

$$\frac{F_t}{m} - p_a - (p_0 + p_r + s) \cdot g = 0$$

$$\frac{-p_a}{g} = p_0 \Rightarrow p_0 = \frac{-1000a}{g}$$



$$A \cdot N + B \sum_{i=1}^N v_i + C \sum_{i=1}^N v_i^2$$

$$A \sum_{i=1}^N v_i + B \sum_{i=1}^N v_i^2 + C \sum_{i=1}^N v_i^3$$

$$A \sum_{i=1}^N v_i^2 + B \sum_{i=1}^N v_i^3 + C \sum_{i=1}^N v_i^4$$

$$\begin{bmatrix} N & \sum_{i=1}^N v_i & \sum_{i=1}^N v_i^2 \\ \sum_{i=1}^N v_i & \sum_{i=1}^N v_i^2 & \sum_{i=1}^N v_i^3 \\ \sum_{i=1}^N v_i^2 & \sum_{i=1}^N v_i^3 & \sum_{i=1}^N v_i^4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N p_{0i} \\ \sum_{i=1}^N p_{0i} \cdot v_i \\ \sum_{i=1}^N p_{0i} \cdot v_i^2 \end{bmatrix}$$

$$y = f(x)$$

$$\frac{d(f(x))}{dx} = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial A} = \sum_{i=1}^N [p_{0i} - (A + B \cdot v_i + C \cdot v_i^2)]^2 = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial B} = \sum_{i=1}^N [p_{0i} - (A + B \cdot v_i + C \cdot v_i^2)]^2 = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial C} = \sum_{i=1}^N [p_{0i} - (A + B \cdot v_i + C \cdot v_i^2)]^2 = 0$$

$$\sum_{i=1}^N [p_{0i} - (A + B \cdot v_i + C \cdot v_i^2)] \cdot (+1) = 0$$

$$\sum_{i=1}^N [p_{0i} - (A + B \cdot v_i + C \cdot v_i^2)] \cdot (+v_i) = 0$$

$$\sum_{i=1}^N [p_{0i} - (A + B \cdot v_i + C \cdot v_i^2)] \cdot (+v_i^2) = 0$$

$$\sum_{i=1}^N p_{0i} = \sum_{i=1}^N A + \sum_{i=1}^N B \cdot v_i + \sum_{i=1}^N C \cdot v_i^2$$

$$\sum_{i=1}^N p_{0i} \cdot v_i = \sum_{i=1}^N A \cdot v_i + \sum_{i=1}^N B \cdot v_i^2 + \sum_{i=1}^N C \cdot v_i^3$$

$$\sum_{i=1}^N p_{0i} \cdot v_i^2 = \sum_{i=1}^N A \cdot v_i^2 + \sum_{i=1}^N B \cdot v_i^3 + \sum_{i=1}^N C \cdot v_i^4$$

TOHLE JE TYPICKÁ ZADANIE



4 nápravné osobní vozy

$$p_0 = 1,35 + 8v + \frac{v^2}{3000} \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{km}}; \frac{\text{km}}{\text{h}} \right]$$

4 nápravné nákladní vozy

$$p_0 = 1,3 + \frac{v^2}{3000}$$

$A_{\text{mee}} / B_{\text{mee}}$

$$p_0 = 0,984 + 0,0104 \cdot v + 0,00021 \cdot v^2$$

$69F \cdot 363$

$$p_0 = 1,4 + 0,02 \cdot v + 0,0004 \cdot v^2$$

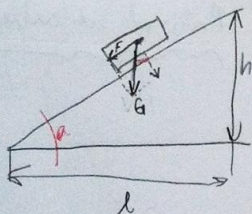
### Měrný odpor průjezdu obloukem

$$p_r = \frac{650}{r-55} \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{km}}; \text{m} \right] \quad \text{hlavní dráha}$$

$$p_r = \frac{500}{r-30}$$

vedlejší dráha

### Odpor sklonu



$$G = m \cdot g$$

$$F_g = G \cdot \sin \alpha$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{l}$$

$$F_s = G \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot \frac{h}{l} = 0,0004 \cdot v^2$$



$$(Pr) \quad v = 60 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$m = 400 \text{ t}$$

$$p_0 = 1,35 + 0,08 \cdot \frac{v}{10} + 0,033 \cdot \frac{v^2}{100}$$

$$p_0 = 1,35 + 0,08 \cdot \frac{60}{10} + 0,033 \cdot \frac{60^2}{100}$$

$$p_0 = 3,018 \frac{\text{N}}{\text{kN}}$$

$$F = p_0 \cdot m \cdot g$$

$$F = 3,018 \cdot 400 \cdot 9,81 = 11\,843 \text{ N} = \underline{\underline{11,843 \text{ kN}}} \quad \text{Jedn' odpor}$$

$$(Pr2) \text{ tyčová souprava z (Pr1) příjezd } v = 500 \text{ m}$$

$$p_r = \frac{650}{r - 55}$$

$$p_r = \frac{650}{445}$$

$$p_r = 1,4607 \frac{\text{N}}{\text{kN}}$$

$$F = p_r \cdot m \cdot g$$

$$F = 1,4607 \cdot 400 \cdot 9,81 = 5\,732,96 \text{ N} = \underline{\underline{5,733 \text{ kN}}} \quad \text{Příjezd dolů$$

$$(Pr3) \text{ stejný vlak } (v=1)$$

$$\text{sklon } s = 8\text{‰}$$

$$F = s \cdot m \cdot g = 31\,392 \text{ N} = \underline{\underline{31,392 \text{ kN}}} \quad \text{sklon}$$

$$(Pr4) \text{ stejný vlak } (v=1)$$

$$\text{Jahon síla potřebuje při zrychlení soupravy } a = 0,5 \text{ m/s}^2$$

$$F = 1000 \cdot a \cdot m = 200\,000 \text{ N} = \underline{\underline{200 \text{ kN}}} \quad \text{zrychlení}$$

$$\underline{\underline{\Sigma F = 11,84 + 5,733 + 31,392 + 200 = 248,92 \text{ kN}}}$$

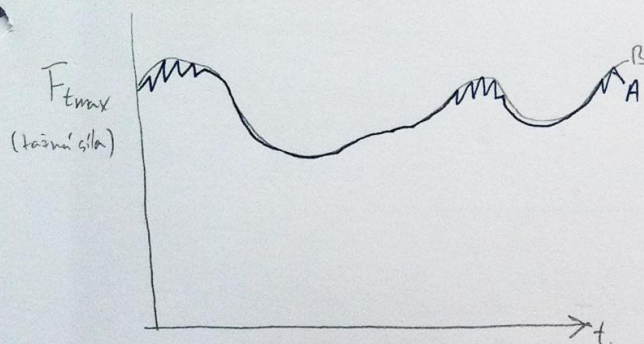
Redukovaný sklon  $\Rightarrow$  respektuje všechny tratěové odpory



## Prostředky ke zlepšení adheze

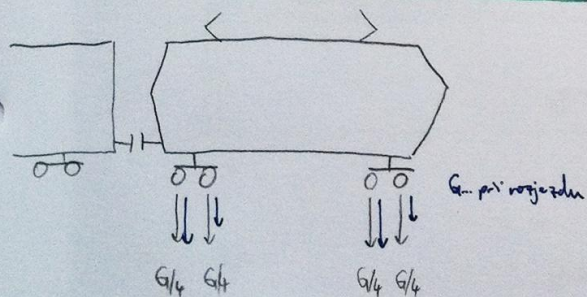
- přehraňování
- ohřev styku kolo-kolejnice
- jízda po mezi adheze - sluzový regulátor
  - měří se otáčky na všech kolech (první předložené to první)
  - vyhodnocuje se to nejmenší kolo
  - podle se vyhodnocuje nárůst rychlosti pro případ prohloubení všech kol

### Účinnost sluzové ochrany



$$\eta_{so} = \frac{A}{B} = 0,9$$

### Vyrovňávání nápravných tlaků



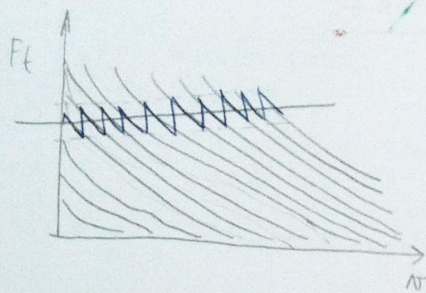
### Imenovitý bod

Bod v němž může zařízení pracovat trvale a přitom je maximálně zatíženo.

$$\text{Přetřítelnost} = \frac{F_{tmax}}{F_{tjm}} = 130\%$$

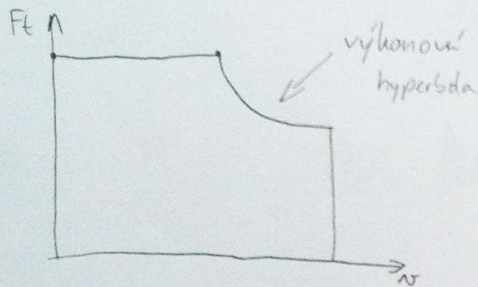


## Traction characteristics (4)



drub regulace:  
 SS - odpor  
 Str - regulace odbočení } stupnicová regulace

## Plynulá regulace

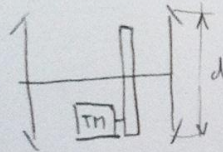


Jmenovitý bod

$M_{jm}; n_{jm}$

B<sub>0</sub> B<sub>0</sub>

$F_t, v, p = ?$



$d$  - průměr kola  
 $\eta_p$  - účinnost převodu  
 $p$  - převod  $> 1$   
 $n_k$  - obvodová rychlost kola

4. úloha:  $F_t = 4 \cdot \frac{M_{jm}}{d/2} \cdot p \cdot \eta_p = 4 \cdot \frac{2M_{jm}}{d} \cdot p \cdot \eta_p$   
 $M_k = p \cdot M_{jm} \cdot \eta_p$

(otáčky/min)  $n_k = \frac{n_{jm}}{p} [\text{min}^{-1}]$

$v_k = \frac{n_k \pi d}{60} \cdot 3,6 \left[ \frac{\text{km}}{\text{h}}; \text{min}^{-1}, \text{m} \right]$

$P = F_t \cdot v_k / 3,6 \left[ \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} \right] = [\text{W}; \text{N}, \text{km/h}]$

výkon motoru  $P = 770 \text{ W}$

$n_{jm} = 1475 \text{ ot/min}$

$d = 1,25 \text{ m}$

$p = 3,52$

$\eta_p = 0,975$

$M_{jm} = \frac{P}{\omega} = \frac{P \cdot 30}{\pi n} = 6,258$

$F_t = 8 \cdot \frac{6,258}{1,25} \cdot 3,52 \cdot 0,975 = 137,4557 \text{ N}$

$n_k = \frac{n_{jm}}{p} = \frac{1475}{3,52} = 333,8$

$v_k = \frac{n_k \pi d}{60} \cdot 3,6 \cdot \frac{1,25}{60} \cdot 3,6 = 78,66 \text{ km/h}$



TRP

## NAPÁJECÍ SOUSTAVY

17.10.2011

stejnoseměrné

- 250 V - dální dráhy

- 600 V - MHD

- 750 V - MHD, podzemní dráha

- 1500 V - Holandsko, Francie, Tabor - Bechyně

- 3000 V - ČR, SR, Polsko, Itálie, býv. SSSR, Slovinsko  
2000-3600 V

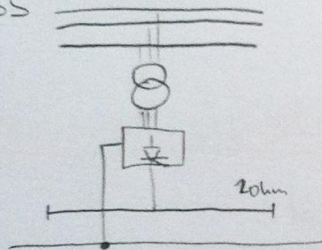
střídavé

- 15 kV  $16 \frac{2}{3}$  Hz  $\rightarrow 16,7 \text{ Hz} = 50 \text{ Hz} : 3$  - Německo, Rakousko, Švýcarsko, Nor, Šve.

- 25 kV 50 Hz - ČR, SR, Hu, býv. SSSR, DN, FR, Ind, Pákistán  
19-29 kV

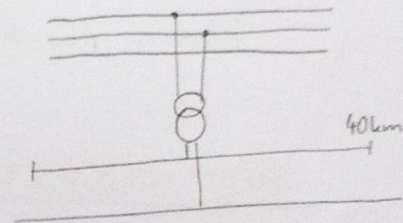
### Napájecí stanice

SS

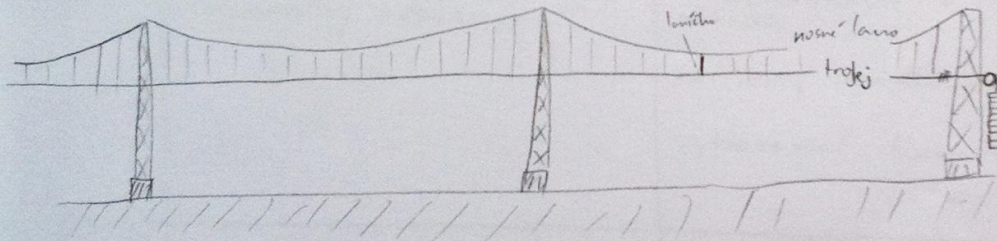


3 kV DC

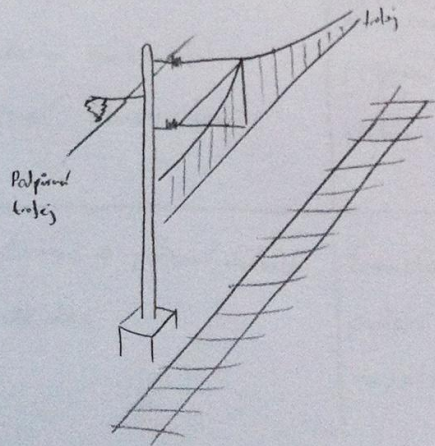
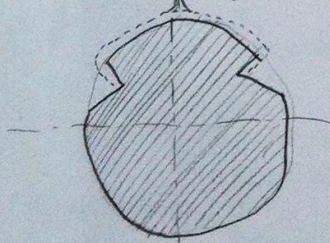
str



25 kV 50 Hz



Průřez trati





Površinové vodiče vedení

120 Cu + 150 Cu 0,088 S<sub>l</sub>/km

120 Cu + 150 Cu + 240 AlFe 0,06 S<sub>l</sub>/km

120 Cu + 150 Cu + 2 x 240 AlFe 0,048 S<sub>l</sub>/km

Střední vzdálenost 20 km



Výhody napájecích soustav

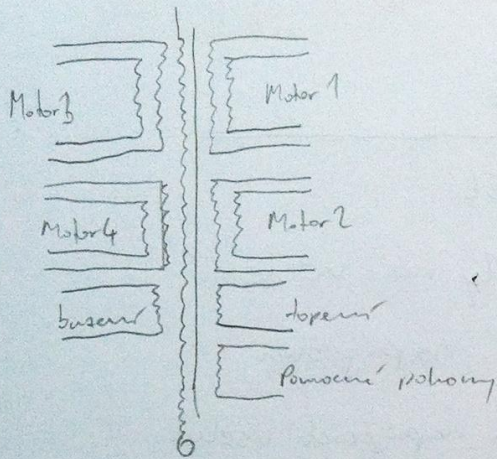
3 kV DC	25 kV 50 Hz
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jednodušší vozidlo</li> <li>• levnější vozidlo</li> <li>• Symetrické zatížení napájecí sítě</li> <li>• Obsah <sup>vysších</sup> harmonických podstatně nižší</li> <li>• Větší bezpečnost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vyšší napětí</li> <li>• Menší ztráty na vedení</li> <li>• Jednodušší napájecí trať</li> <li>• Větší délka napájecích úseků</li> <li>• Menší průřez troleje</li> <li>• Možnost relukvence do nadřazené sítě</li> <li>• Malý únik bludných proudů</li> </ul>

Hlavní části elektrovýzbroje

	3 kV DC	25 kV 50 Hz
SS. sériový	rozejzdové odporníky odporníky odbuzování	transformátor s přepínacím odbočem neřízený usměrňovač vyhlazovací tlumivka
SS. cizí buzení	pulzní měnič koturní pulzní měnič buzení vyhlazovací tlumivky	transformátor s pevným převodem řízený usměrňovač vyhlazovací tlumivka
asynchronní motor	proudový střídač + pulsní měnič napětový střídač	transformátor s pulsním převodem pulsní usměrňovač, kondenzátor, napětový střídač



transformátor s pevným převodem ve



Hlavní část elektrorozvodny



TNP/

24.10.2011

# Stejnosměrný trakční motor



TRP/

31.10.2011

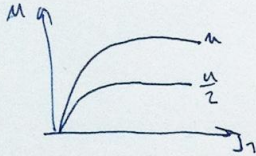
Bó Bó'

$$n_{jm} = 1000 \text{ min}^{-1}$$

$$\mu = 3,52$$

$$D = 1,25 \text{ m}$$

$$I_0 = 95 \text{ A}$$



$$M_0 = 995 = \mu \cdot 0 = A_0 + I_L \cdot (A_1 + (I_L - 30) \cdot (A + (I_L - 60) \cdot (A_3 + A_4 (I_L \cdot 90))))$$

31   95   26,73   95   -0,2844    $2,202 \cdot 10^{-3}$   
 $-1,205 \cdot 10^{-3}$

$$u_i = \left( \frac{1000}{995} \right) \cdot 1277$$

$$M_i = 1283 \text{ V}$$

$$\Delta P_{\text{mech}} = 2,13 \cdot 10^{-3} \text{ m} + 1,12 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 + 8,25 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 = 3,33 \text{ hW}$$

$$\Delta P_{\text{mech}} = \frac{\Delta P_{\text{mech}}}{\omega} = \frac{3,33 \cdot 10^3}{\frac{2\pi \cdot 1000}{60}} = 31,82 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\Delta P_{\text{Fe}} = 1,0525 \cdot 10^{-2,07804} \cdot u_i \cdot 2,38264 = 15,62 \text{ hW}$$

$$\Delta M_{\text{Fe}} = \frac{\Delta P_{\text{Fe}}}{\frac{2\pi \cdot 1000}{60}} = \frac{15,62 \cdot 10^3}{\frac{\pi \cdot 10^3}{30}} = 149 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$I_a = 775 \text{ A}$$

$$i = h \Phi I_a = \frac{u_i (I_b)}{\omega_0} \cdot I_a = \frac{1277}{\frac{2 \cdot \pi \cdot 995}{60}} \cdot 775 = 8762,85 \text{ Nm}$$

$$M_h = M_i - \Delta M_0 = 8582 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$v = \frac{n_m \cdot \pi \cdot D}{60} = \frac{\frac{n_m}{\rho} \cdot \pi \cdot D}{60} = \frac{1000}{3,52} \cdot \frac{\pi \cdot 1,25}{60} = 18,5937 \text{ m/s} = 66,937 \text{ km/h}$$

$$F_t = \frac{2M \cdot p}{D} =$$

$$M = M_h \cdot p \cdot \eta_r = 8,582 \cdot 3,52 \cdot 0,9975 = 29453,4 \text{ Nm}$$

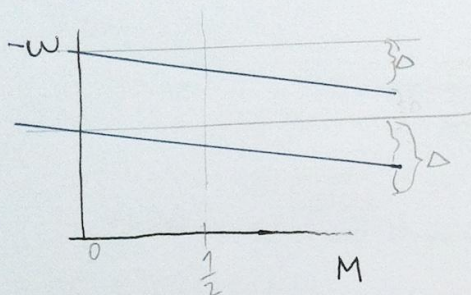
$$F_t = \frac{4M}{D} = \frac{117873,7}{\frac{1,25}{2}} = 188497 \text{ N} = 188,5 \text{ kN}$$

$$P = \frac{F_t \cdot v}{3,6} = \frac{188,5 \cdot 10^3 \cdot 66,9}{3,6} = 3,57 \text{ MW}$$

$$I_{ss} = \frac{P}{u} = \frac{3,57 \cdot 10^6}{3000} = 1190 \text{ A}$$

$$I_{bss} = \frac{P}{u \cdot \cos \varphi} = \frac{3,57 \cdot 10^6}{25000 \cdot 0,8} = 1785 \text{ A}$$



Řízení otáček ss motoru - cizobuzení

$$M - M_2 = M_M$$

$$R_a I_a + L \frac{dI_a}{dt} + U_i = U_a$$

$$\omega = \frac{U_a - R_a I_a}{L \Phi}$$

$$\omega = \frac{U}{L \Phi} - \frac{R_a I_a}{L \Phi}$$

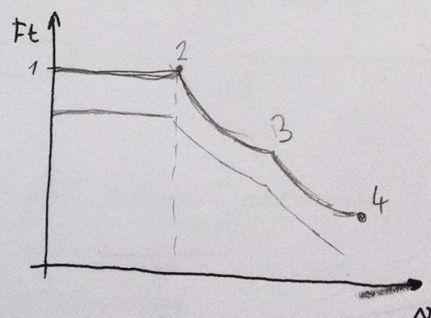
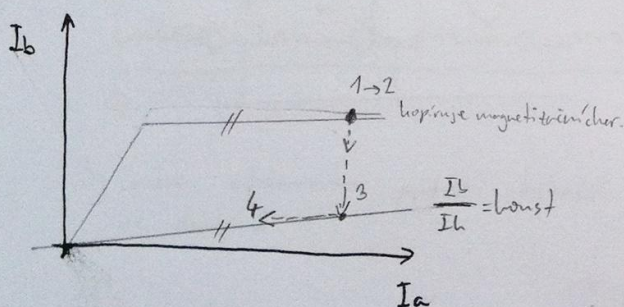
$$U_i = L \Phi \omega = \frac{U_i(I_a)}{\omega_0} \omega$$

$$U_a = R_a I_a + \frac{U_i(I_a)}{\omega_0} \cdot \omega$$

$$M = \frac{U_i(I_a)}{\omega_0} \cdot I_a$$

Způsob řízení

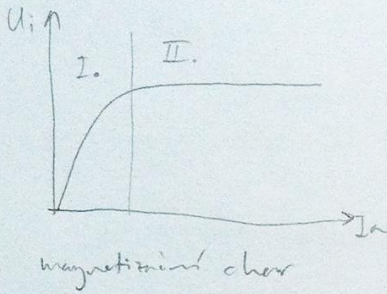
- 1) Zvyšování napětí při  $I_b = \text{konst}$   
*budící proud*
- 2) Odbuzováním při  $I_a = \text{konst}$
- 3) Minimální odbuzení  $\frac{I_b}{I_a} = \text{konst}$   
- minimální shunt

Budící charakteristika



# Rízení otáček ss motoru - sériový

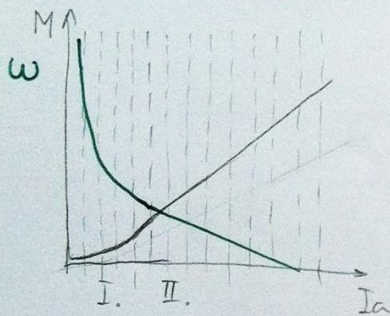
// vinutí buzení je spojeno do série s vyvrtáním kotvy //



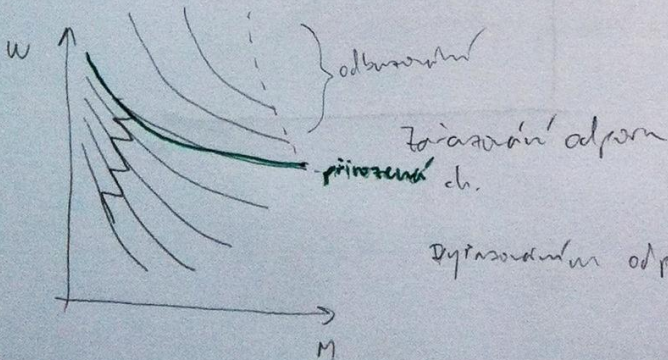
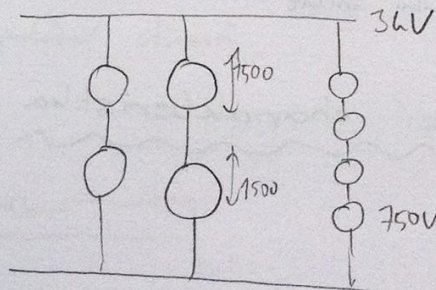
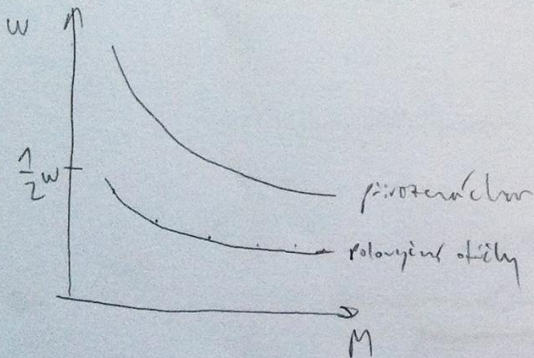
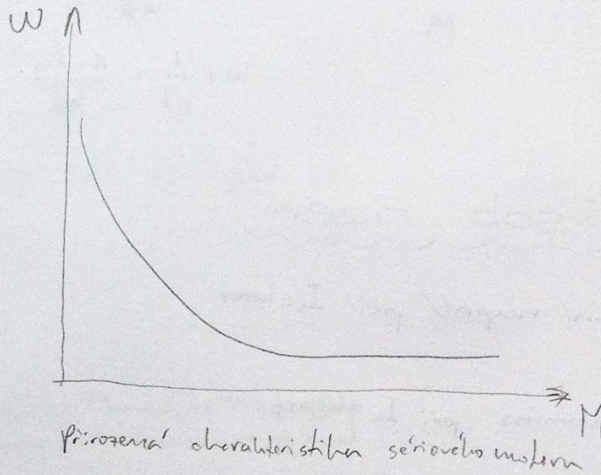
$$M = \frac{U_{io}(I_a)}{\omega_0} \cdot I_a$$

$$\omega = \frac{(U_a - R_a I_a) \cdot \omega_0}{U_{io}(I_a)}$$

$$\omega = \frac{U_a}{U_{io}(I_a)} \cdot \omega_0 - \frac{R_a I_a}{U_{io}(I_a)} \cdot \omega_0$$



⇒



Dynamický odpor zvyšuje otáčky při konstantním momentu



TRP/

Vozidlo ss. trahce s odporovou regulací

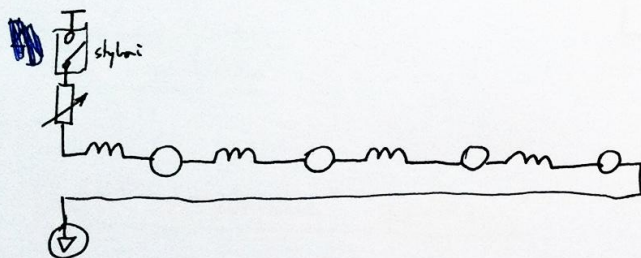
7.11.2011

- ss. sériový motor

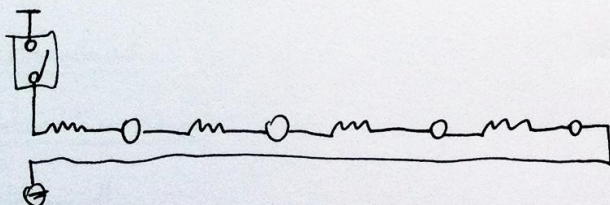
Řízení:

- 1) Napětím - 1500V - sériové řazení  $4 \times 750V$  } hospodárný  
- sérioparalelní  $2 \times 1500V$  } stupeň
- 2) Odbuzování ve stupních 30%
- 3) Odpojem - rozjezd

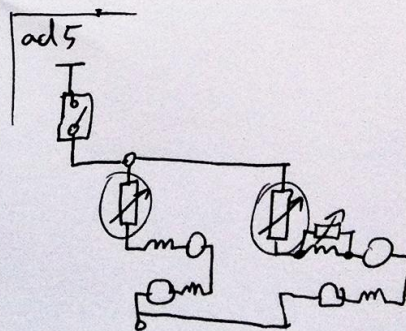
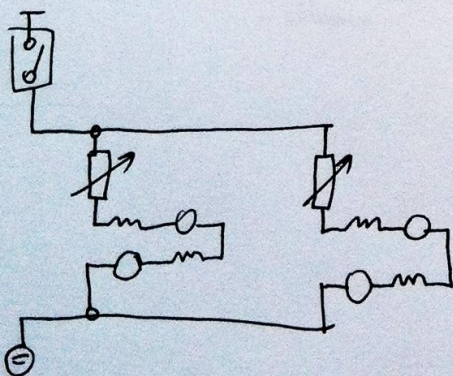
1) Všechny motory zapojené do série plus řazení rozjezdové odporů



2) Odpor plus vyřazen - 1. hospodárný stupeň

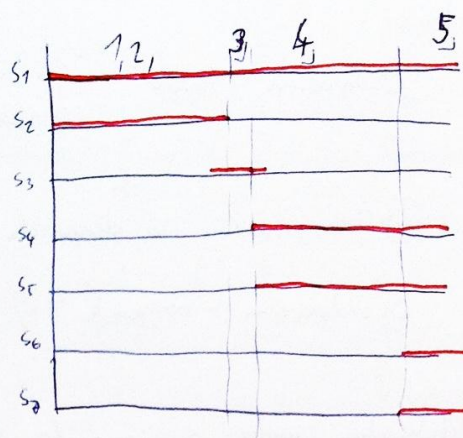
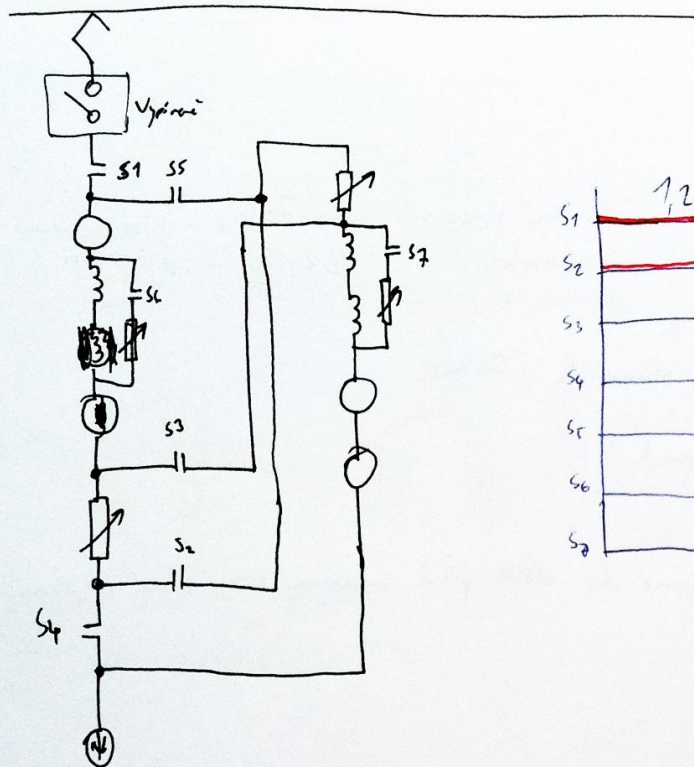


3) Změna schématu pomocí stykačů - plus řazení odporů, 2x 2 motory ve skupině



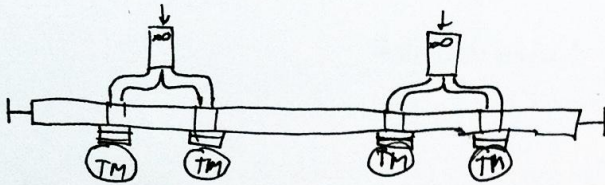
- 4) Odpor plus vyřazen - 2. hospodárný stupeň // pozni jedem hospodárněj než vozidlo s P. Mění
- 5) Zapojení se šunt (hořící) - rozložení se pole viz ad 5







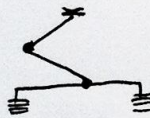
- Hlavní kompresor - jako zdroj tlakového vzduchu
- Pomocný kompresor → zvedání sběrače
- ventilátory ochlazení truhlicích motorů, tlumičů, vyvětrání tepla, chlazení polovodičových součástí



- nabíječ ~~olejové hospodářství~~
- olejové hospodářství
- vodní hospodářství

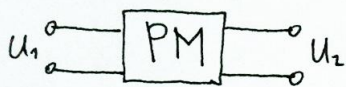
### Další elektrická zařízení

- Sběrač



- Uzemňovač
- Hlavní vypínač
- bleskojistka
- ochrany vůbec
  - napětové
  - přeprůběhové
  - diferenční
  - sklonové
- topení



Vozidla ss trakce s pulsními měniči
 $U_2 < U_1 \dots$  snížovací

 $U_2 > U_1 \dots$  zvyšovací

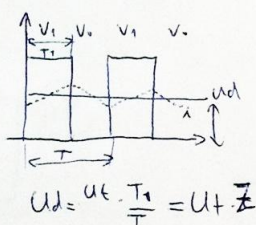
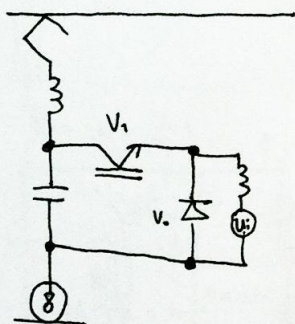
- ss. cizebuzené motory

- tlumivky

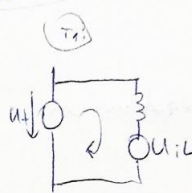
- PM – kotovní – 1 PM na 2 lokoty
- budící – všechny do série

- způsob řízení – napětím, proudová regulace
- odbuzování

$$-\frac{I_b}{I_a}$$

SNÍŽOVACÍ P.M

8... uzemnění v síťovici  
(když volám)

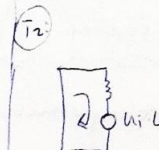


$$U_1 + L \frac{di}{dt} - U_2 = 0$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{U_1}{L} - \frac{U_2}{L} \quad / \int dt$$

$$i(t) = \frac{1}{L} \int (U_1 - U_2) dt$$

$$i(t) = \frac{1}{L} (U_1 - U_2) \cdot t + i(0)$$



$$L \frac{di}{dt} + U_1 = 0$$

$$\frac{di}{dt} = -\frac{U_1}{L} \quad / \int$$

$$i(t) = -\frac{1}{L} \int U_1 dt = -\frac{1}{L} U_1 t + C$$

$$C = I_0 + \frac{1}{L} U_1 T$$

$$i(t) = -\frac{1}{L} U_1 t + I_0 + \frac{1}{L} U_1 T$$

~~at T2~~

$$i(t) = \frac{1}{L} U_1 (T - t) + I_0$$

$$i(t) = \frac{1}{L} U_1 (T - t) + I_0$$

$$(T = T_1): \quad \frac{1}{L} (U_1 T - U_1 t) \cdot T_1 + i(0) = \frac{1}{L} U_1 (T - T_1) + i(0)$$

$$U_1 T - U_1 T_1 = U_1 T - U_1 T_1$$

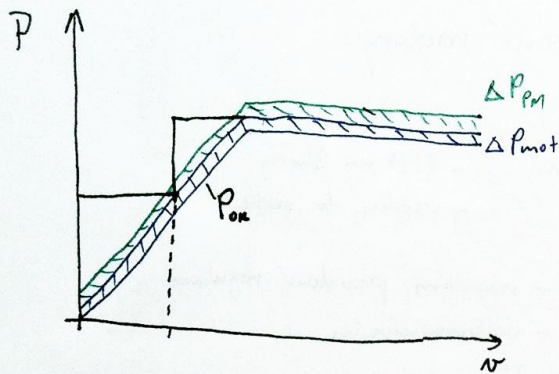
$$U_1 = U_1 \frac{T}{T_1}$$

$$U_1 = \frac{T_1}{T} U_1$$



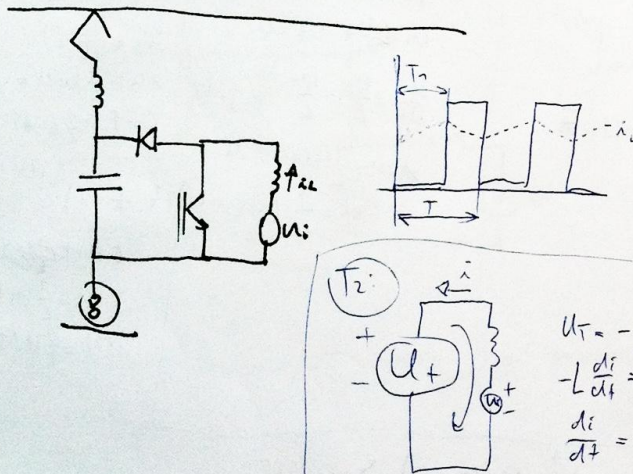
# ENERGETICKÉ $\text{SrO} \cdot \text{NaNO}_3$ VOZIDLO S ODPOROVOU REGULACÍ A S P.M.

konst. proud

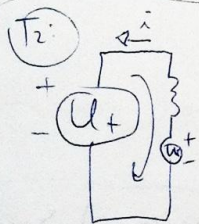


## Zvýšení PM

s rekuperačním brzděním



$T_1:$   $L \frac{di}{dt} = U_i = 0$   
 $L \frac{di}{dt} = U_i$   
 $\frac{di}{dt} = \frac{U_i}{L}$   
 $i = \int \frac{U_i}{L} dt$   
 $i = \frac{U_i}{L} \cdot t + C$



$$U_T = -L \frac{di}{dt} + U_i$$

$$-L \frac{di}{dt} = U_T - U_i$$

$$\frac{di}{dt} = -\frac{1}{L} (U_T - U_i)$$

$$i(t) = -\frac{1}{L} \int (U_T - U_i) dt$$

$$i(t) = \frac{U_i - U_T}{L} \int dt$$

$$i(t) = \frac{U_i - U_T}{L} \cdot t + C$$

$$t = T \dots i = i_0$$

$$i_0 = \frac{U_i - U_T}{L} T + C$$

$$C = i_0 - \frac{U_i - U_T}{L} \cdot T$$

$$i(t) = \frac{U_i - U_T}{L} \cdot t + i_0 - \frac{U_i - U_T}{L} \cdot T$$

$$i(t) = i_0 + \frac{U_i - U_T}{L} (t - T)$$

zdroj

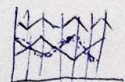
$$\frac{U_i}{L} \cdot T_1 + i_0 = \frac{U_i - U_T}{L} \cdot (T_1 - T) + i_0$$

$$U_i \cdot T_1 = U_i \cdot T_1 - U_T \cdot T_1 - U_i \cdot T + U_T \cdot T$$

$$0 = U_T (T - T_1) - U_i \cdot T$$

$$U_i = U_T \frac{(T - T_1)}{T}$$

Pozn. když bude dvojice měničů tak frekvence bude  $\frac{1}{2}$  s 2x frekv.

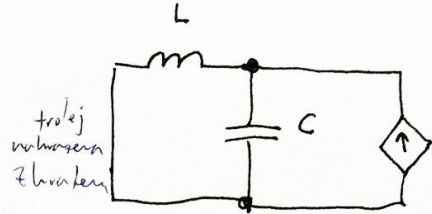
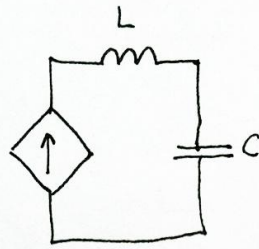
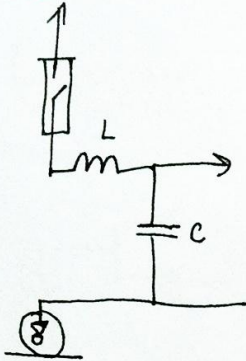




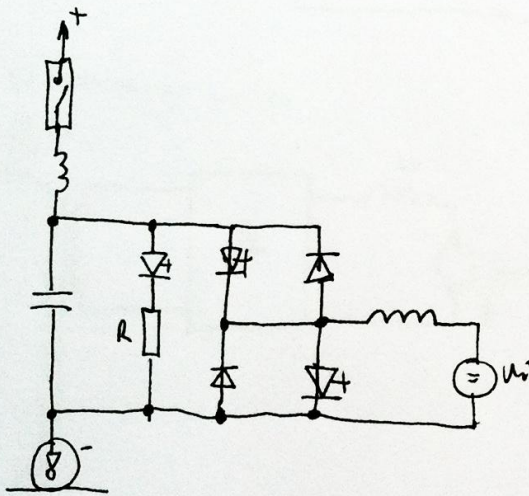
TRP

14.11.2017

Filter



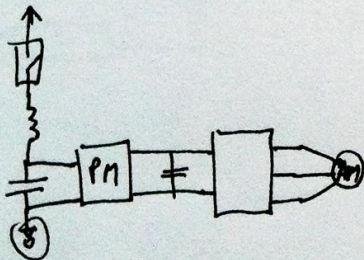
Obr. / filtery se ladí na  $f: 50,75,127,5 \text{ Hz}$



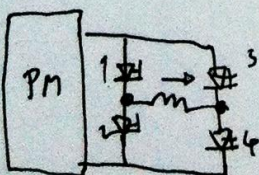
obráz (zvyšovací + snižovací) - kompletní zapojení

Další poznámky:

1. stabilizátor napětí v obvodu a asynchronní pohon



2. převrácení buzení

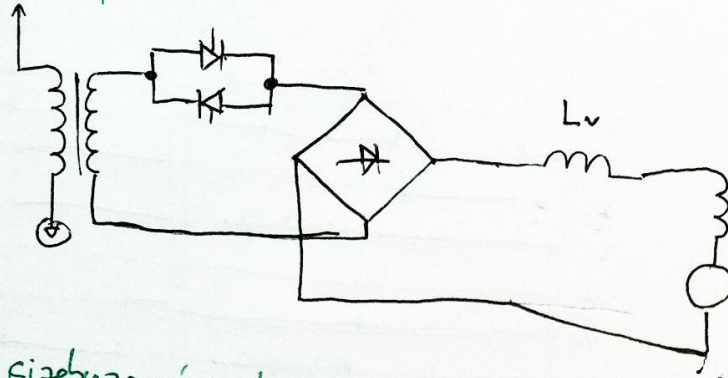


3. poznámky a poznámky pohonů  
(ventilátory...)

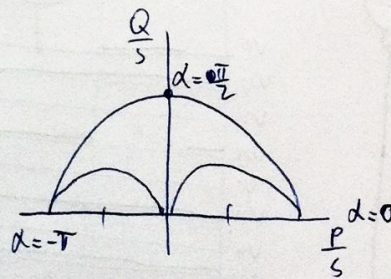
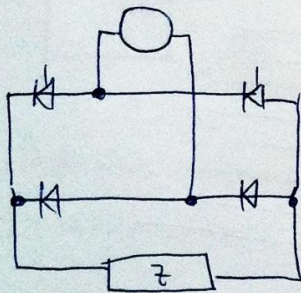
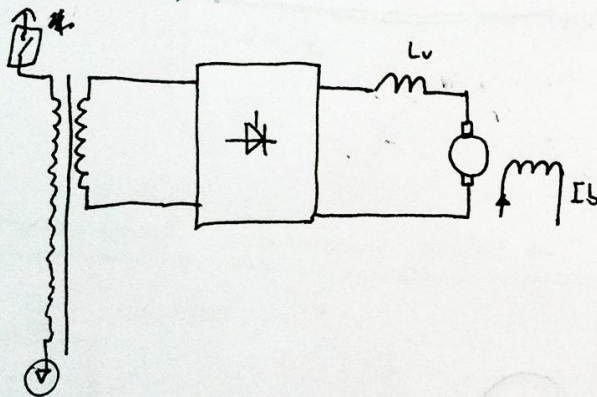


# Lokomotivi s thyristorovou regulací

sériový motor



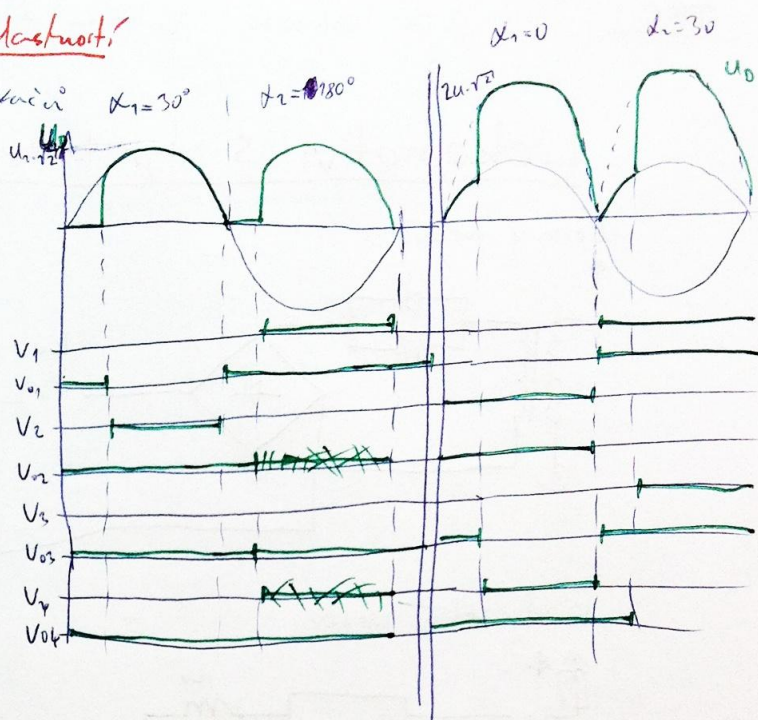
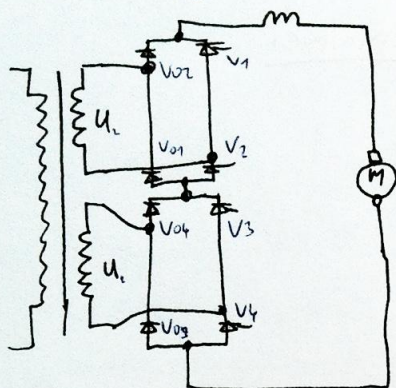
střezbužený motor



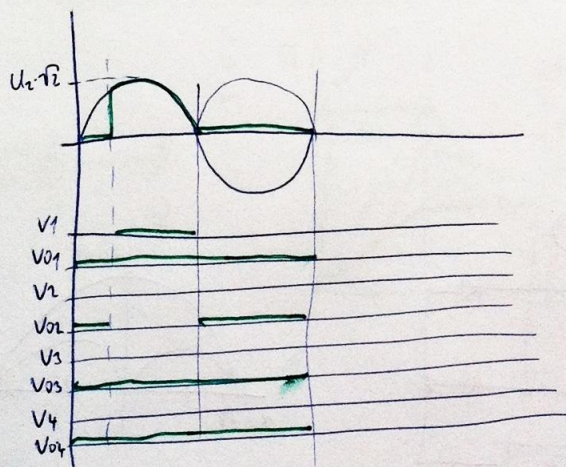
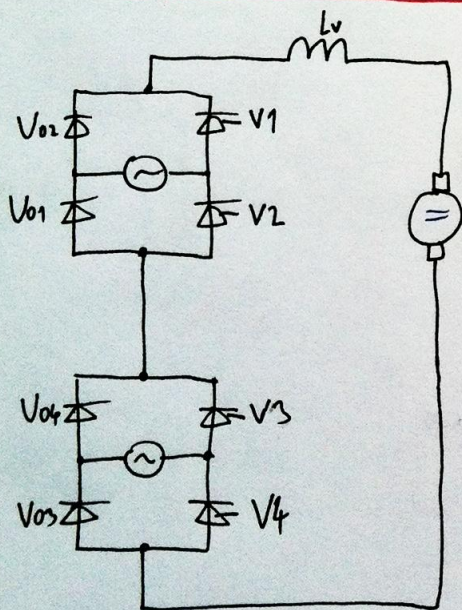


## Zlepšování energetických vlastností

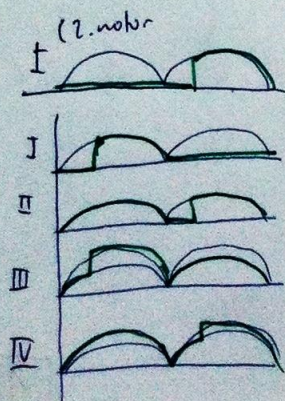
Sériové spojení dvou uměrnovačů  $\alpha_1 = 30^\circ$   $\alpha_2 = 180^\circ$



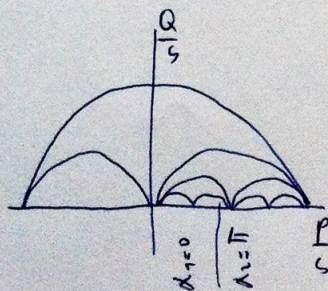
## Vystrídání řízení



Problém s transformátorem  $\Rightarrow$  rozdělení do 2 částí



Power faktor  
trikm  
pro stejné  
roční  
sancisteli





## Charakteristika

- trafo = odporový autotransformátor na sekundárním vinutí

- možnost individuálního napájení

hořák - regulace (proudová)

- regulace rychlosti

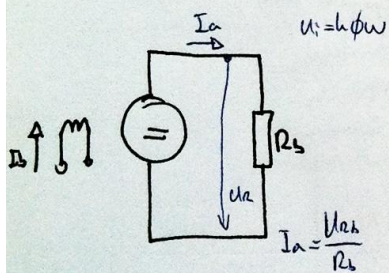
- možnost regulace sklonu

Měníče - spolehlivý (vnější komutace)

- jednodušší schéma

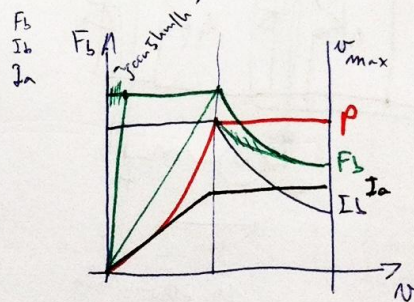
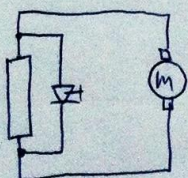
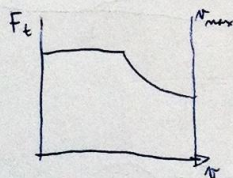
⊖ obsah vyšších harmonických

## Stejnouměrný cizelný motor a odporový brzda



1) Přestavíme schéma

2) nabídním motor



$$k_d = \frac{U_a}{\omega}$$

$$\omega = \frac{U_a}{k_d \Phi}$$

$$U_a = k_d \Phi \omega$$

$$P = M \cdot \omega$$

$$P = F_t \cdot v$$

$$P = I_a \cdot U_{a0}$$

$$P = \frac{U_{a0}^2}{R_a}$$

$$I_a = \frac{U_{a0}}{R_a}$$

$$P = F_t \cdot v$$

$$F_t = \frac{P}{v}$$

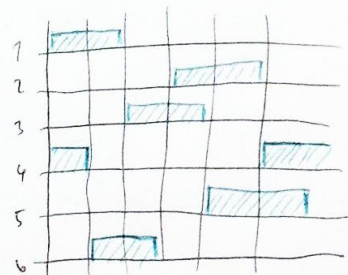
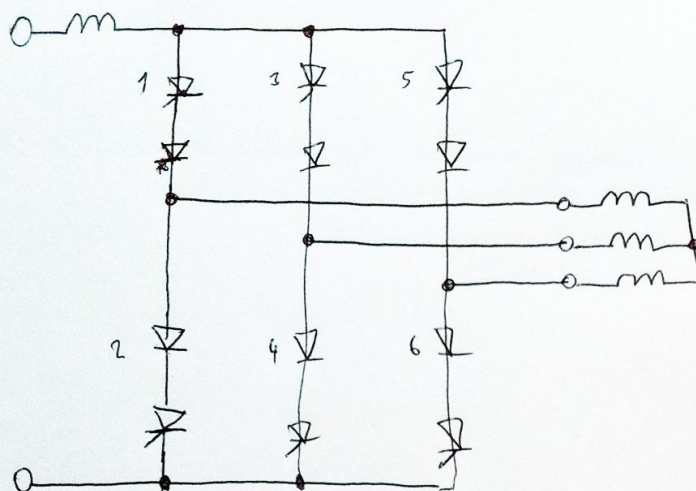
$$F_b = \frac{P}{\omega} = \frac{U}{R_a \omega}$$



# TRP / Proudový a napěťový střídač

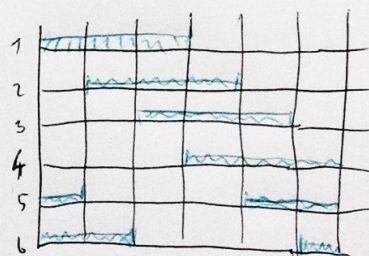
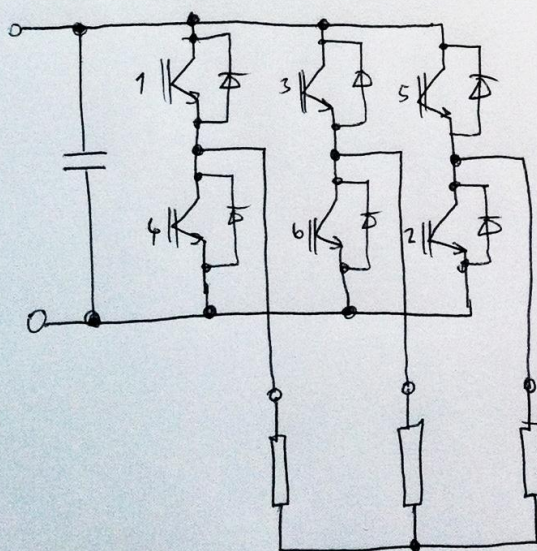
12.12.2017

## Proudový



- vedou vždy jen 2 fáze <sup>120°</sup>
- úhel konstantní ~~120°~~
- napětí se mění pulsním měněním
- je tlakovodný
- směr proudu zůstává, napětí je určeno obrátit
- ten proudu obdelitkový
- thyristory, obsahuje kondenzátory

## Napěťový - dle star standardem



- vedou 2-3 fáze
- úhel 60-180°
- napětí ~~změňuje~~ mění sahn
- není tlakovodný
- napětí zůstává, mění se směr proudu
- ten proudu sinusový
- vypínatelné součástky