

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ**



DOPRAVNÍ A MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ

Přednáška 4

Ing. Robert Brázda, Ph.D.

Ing. Jan Vyletělek

Ing. Kamil Skácel

Ing. Petr Günther

Bc. Jaroslav Grabec

Bc. Jakub Žalčík

Ostrava 2013

© Ing. Robert Brázda, Ph.D., Ing. Jan Vyletělek, Ing. Kamil Skácel, Ing. Petr Günther, Bc. Jaroslav Grabec, Bc. Jakub Žalčík

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3012-4



Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1	PŘEDNÁŠKA 4	3
1.1	Analýza tažných sil v nekonečném tažném prvku	4
1.1.1	Důvody pro výpočet průběhu a analýzu tahových sil v nekonečném... ..	4
1.1.2	Graficko – početní metoda určení průběhu tahových sil:.....	4
1.1.3	Tvorba tažných sil na nekonečně malém elementu dopravního pásu:	4
1.1.4	Algoritmus určování tahových sil:	5
1.1.5	Základní rovnice mechaniky pohonu:	7
1.1.6	Volba druhu pohonu závisí:	8
1.1.7	Rozdělení pohonů:	8
2	POUŽITÁ LITERATURA:.....	12



1 PŘEDNÁŠKA 4



OBSAH KAPITOLY:

Analýza tažných sil v dopravním pásu

Pohony dopravních, zvedacích a manipulačních zařízení

Základní rovnice mechaniky pohonu

Rozdělení pohonů



MOTIVACE:

Naučíme se analyzovat tažné síly v nekonečném tažném prvku, což může obsáhnout obrovské množství dopravních systémů – řetězových, lanových a s dopravním pásem. Dále bude vysvětleno, které typy pohonů jsou nejvhodnější vzhledem ke svým momentovým charakteristikám pro dané účely.



CÍL:

Důvody pro výpočet tahových sil v nekonečném tažném prvku (pro určení potřebného příkonu, pevnostní kontrolu tažného prvku, prodloužení tažného prvku, napínací síly).

Graficko- početní metoda (tvorba tažných sil na nekonečně malém elementu dopravního pásu, výpočet potřebných tahů v jednotlivých místech dopravního pásu, určení odbíhající a nabíhající síly, bezpečnost proti prokluzu).

Základní rovnice mechaniky pohonu (momentová, jeřábová, ventilátorová charakteristika, volba druhu pohonu).

Rozdělení pohonu (ruční pohon, motorový pohon-výhody, nevýhody, elektrický stejnosměrný, elektrický střídavý, spalovací motor, hydraulický, pneumatický).



1.1 ANALÝZA TAŽNÝCH SIL V NEKONEČNÉM TAŽNÉM PRVKU

1.1.1 Důvody pro výpočet průběhu a analýzu tahových sil v nekonečném tažném prvku:

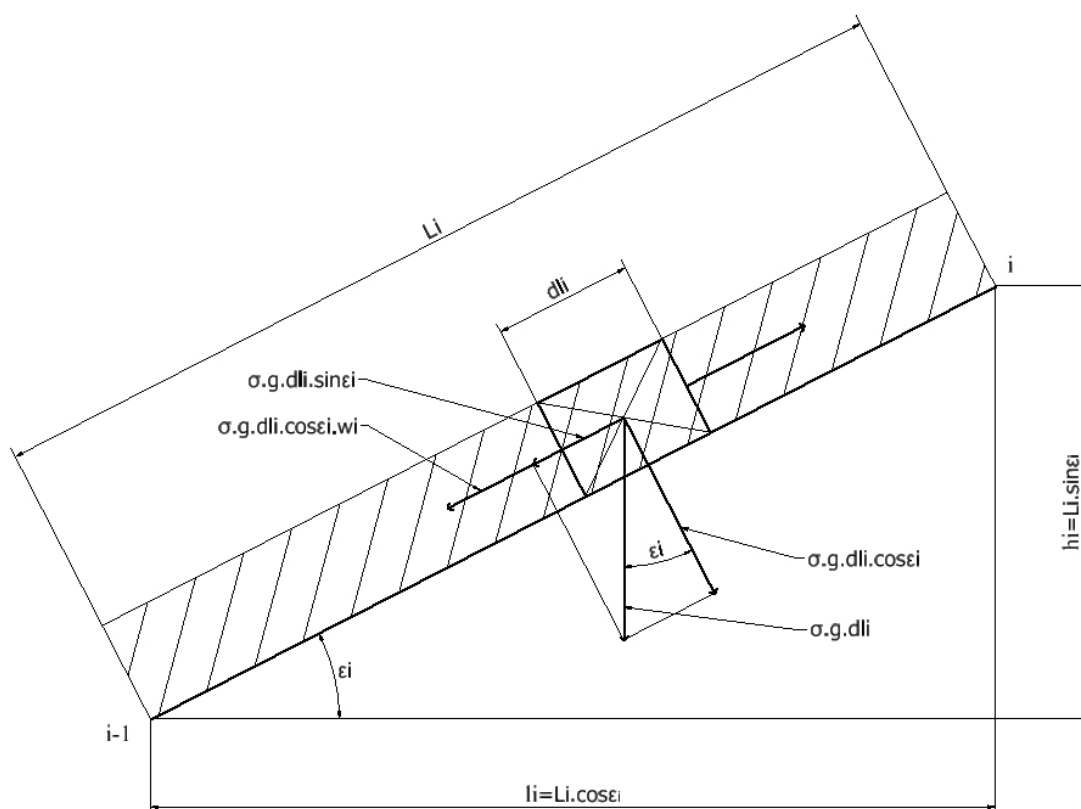
- pro určení potřebného příkonu poháněcí stanice
- pro pevnostní kontrolu tažného prvku
- pro určení prodloužení tažného prvku
- pro určení velikosti napínací síly

1.1.2 Graficko – početní metoda určení průběhu tahových sil:

Vychází z měrného délkového zatížení σ [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$]

V plné větvi σ_{pl} zahrnuje zatížení dopravovaným materiálem a tažným prvkem.

V prázdné větvi σ_{pr} zahrnuje jen zatížení tažným prvkem.



Obr. 36 – analýza sil na nekonečném tažném prvku

1.1.3 Tvorba tažných sil na nekonečně malém elementu dopravního pásu:

$$\int_{T_{i-1}}^{T_i} dT_i = \sigma \cdot g \cdot \int_0^{L_i} dl_i \cdot \sin \varepsilon_i + \sigma \cdot g \cdot \int_0^{L_i} dl_i \cdot \cos \varepsilon_i \cdot w_i$$

$$T_i - T_{i-1} = \sigma \cdot g \cdot L_i \cdot \sin \varepsilon_i + \sigma \cdot g \cdot L_i \cdot \cos \varepsilon_i \cdot w_i$$

$$T_i = T_{i-1} + \sigma \cdot g \cdot (\pm h_i + w_i \cdot l_i)$$

Speciálním případem výpočtu tahových sil je pásový dopravník, u kterého je nutno při stanovení pohybových odporů uvažovat i rotující hmoty válečků, redukované do dopravního pásu.

Pro plnou větev dopravníku platí vztah:



$$T_i = T_{i-1} + (m_p + q + m_{vh})g \cdot w_i \pm (m_p + q)g \cdot h_i + \sum F_{pv_i}$$

Pro prázdnou větev dopravníku platí vztah:

$$T_i = T_{i-1} + (m_p + m_{vs})g \cdot w_i \pm m_p \cdot g \cdot h_i + \sum F_{pv_i}$$

m_p – měrná délková hmotnost dopravního pásu [kg.m⁻¹]

q - měrná délková hmotnost dopravovaného material [kg.m⁻¹]

m_{vh} - měrná délková hmotnost rotujících částí válečků plné (horní) větve redukována do dopravního pásu [kg.m⁻¹]

m_{vs} – měrná délková hmotnost rotujících částí válečků prázdné (spodní) větve redukována do dopravního pásu [kg.m⁻¹]

w_i – měrný pohybový odpor v i-tém úseku [-]

$\sum F_{pv}$ – suma přídatných a vedlejších odporů v i-tém úseku [N]

1.1.4 Algoritmus určování tahových sil:

- Rozdělíme dopravní trasu na úseky konstantního úklonu. Začínáme (bod 0) v místě, kde dopravní pás opouští pohon a pokračujeme ve směru jeho pohybu (body 1,2,3 atd.)
- Zakreslíme zrcadlový obraz plné větve a zakótujeme převýšení (h_i) a vodorovné průměty délek (l_i) jednotlivých úseků.
- Dle dříve uvedených vztahů vypočteme tahové síly v pásu relativně k tahu v bodě 0, což je zatím neznámá odbíhající síla F_0 .

$$T_0 = F_0$$

$$T_1 = T_0 + (m_p + m_{vs})g \cdot w \cdot l_1 + m_p \cdot g \cdot h_1 + \sum F_{pv1} = F_0 + K_1$$

$$T_2 = T_1 + (m_p + m_{vs})g \cdot w \cdot l_2 - m_p \cdot g \cdot h_2 + \sum F_{pv2} = F_0 + K_1 + K_2$$

$$T_3 = T_2 + (m_p + m_{vs})g \cdot w \cdot l_3 + m_p \cdot g \cdot h_3 + \sum F_{pv3} = F_0 + \sum_1^3 K_i$$

$$T_4 = T_3 + \sum F_{pv4} = F_0 + K_1 + K_2 + K_3 + K_4 = F_0 + \sum_1^4 K_i$$

$$T_5 = T_4 + (m_p + q + m_{vh})g \cdot w \cdot l_5 - (m_p + q)g \cdot h_5 + \sum F_{pv5}$$

$$T_5 = F_0 + \sum_1^5 K_i$$

$$T_6 = T_5 + (m_p + q + m_{vh})g \cdot w \cdot l_6 + (m_p + q)g \cdot h_6 + \sum F_{pv6}$$

$$T_6 = F_0 + \sum_1^6 K_i$$

$$T_7 = F_n = T_6 + (m_p + q + m_{vh})g \cdot w \cdot l_7 - (m_p + q)g \cdot h_7 + \sum F_{pv7}$$

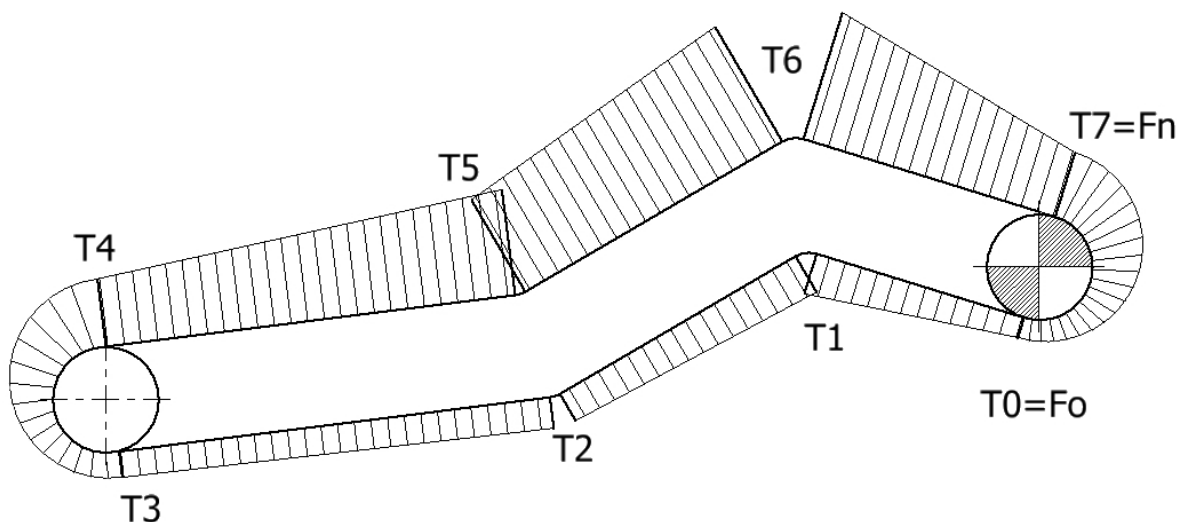


$$T_7 = F_n = F_0 + \sum_1^7 K_i$$

Obvodová síla

$$F = F_n - F_0 = \sum_1^7 K_i$$

Kde K_i – celkové pohybové odpory dopravníku v i -tém úseku [N]



Obr. 37 – výsledek analýzy sil na dopravním páse

- Určíme velikost odbíhající síly F_0 tak, aby byly současně splněny tyto podmínky:
 - přenosu obvodové síly na poháněcí stanici třením

$$F_0 \geq \frac{k_s \cdot F}{e^{\mu \cdot \alpha_G} - 1}$$

- řetězovým kolem

$$F_0 = 2 \text{ až } 5 \text{ kN}$$

- dovoleného průvěsu dopravního pásu (lana)

pro plnou větev
$$T_i \geq \frac{t_1 \cdot (m_p + q) \cdot g}{8 \cdot y_{\max}}$$

pro prázdnou větev
$$T_i \geq \frac{t_2 \cdot m_p \cdot g}{8 \cdot y_{\max}}$$

pro řetěz v obou větvích
$$T_i \geq 0$$

kde t_1 (t_2) - rozteč válečkových podpěr horní (spodní větve) pásu [m]

$y_{\max}$ – dovolený relativní průvės dopravního pásu

dle ČSN ISO 5048 je $y_{\max} = 0,005$ až $0,02$

- Zvolenou hodnotu odbíhající síly F_0 dosadíme do dříve vypočtených vztahů a výsledné hodnoty zakreslíme do rozvinutého tvaru dopravníku.



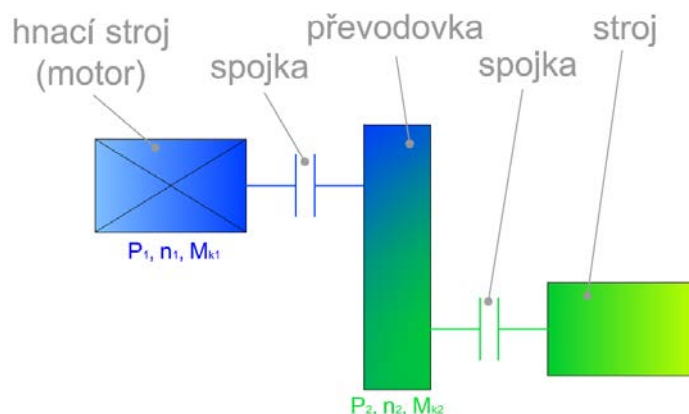


Animace 1.1 Graficko-početní metoda

1.1.5 Základní rovnice mechaniky pohonu:

$$M_m = (M_s + M_d)_{red} \quad [\text{N.m}]$$

$$M_m = (M_s + M_d) / (\eta \cdot i_p) \quad [\text{N.m}]$$



Obr. 38 – soustava motor – spojka – převodovka - stroj

Převodový poměr:

$$i_p = \frac{n_1}{n_2}$$

Účinnost:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{M_{k2}}{M_{k1}}$$

Momentová charakteristika je vyjádření vztahu momentu motoru M_m nebo zátěže M_s na úhlové rychlosti ω nebo otáčkách n .

$$M_{m,s} = f(n, \omega)$$

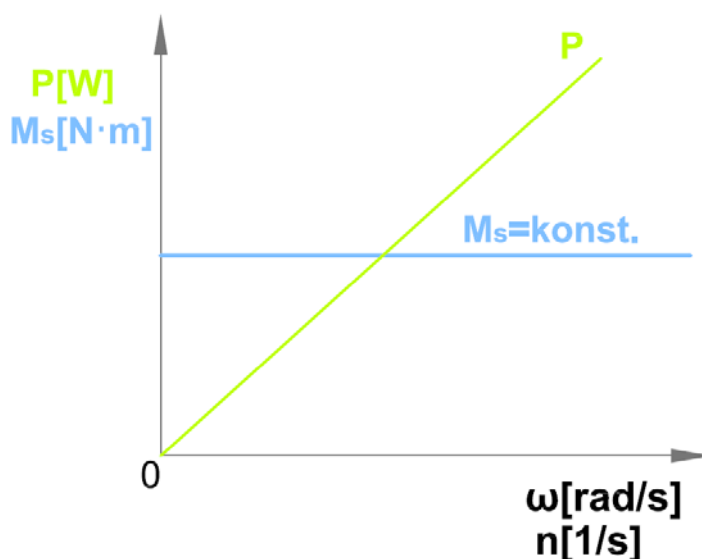
Jeřábová – dopravníky, jeřáby, výtahy = nižší rychlosti. $M_s = \text{konst}$



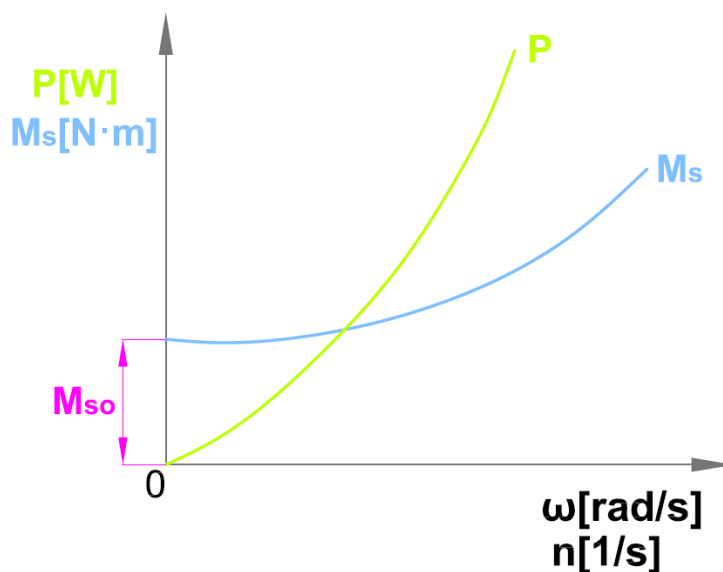
Ventilátorová – dopravníky, jeřáby, výtahy = nižší rychlosti.

$$M_s = M_{s0} + k \cdot \omega^n$$

k, n – parametr vyjadřující strmost ventilátorové charakteristiky



Obr. 39 – jeřábová charakteristika



Obr. 40 – ventilátorová charakteristika

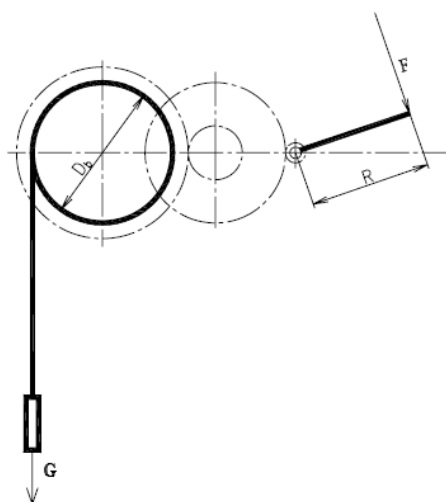
1.1.6 Volba druhu pohonu závisí:

- kinematice a dynamice pohonu
 - pohyb přímočarý, rotační, kyvadlový...
 - rychlost pohybu, frekvence startů a zastavení
 - požadavky na reverzaci chodu a další
- na prostorovém uspořádání, pracovních podmínkách a prostředí použití

1.1.7 Rozdělení pohonů:

- ruční pohon** – maximálně do 0,3kW, pracujících krátkodobě





$$F \cdot R \cdot i_p \cdot \eta = G \cdot \frac{1}{2} \cdot D_b$$

$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{G \cdot D_b}{R \cdot \eta} \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$$

Obr. 41 – typ ručního pohonu

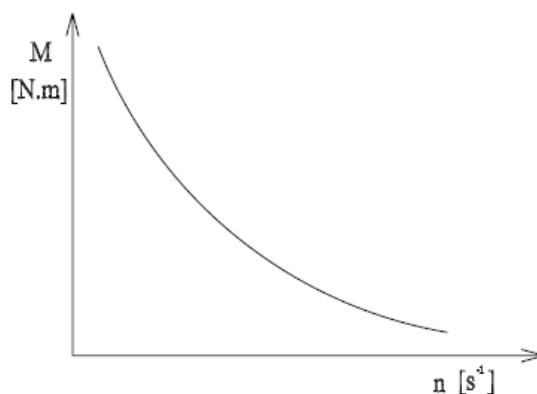
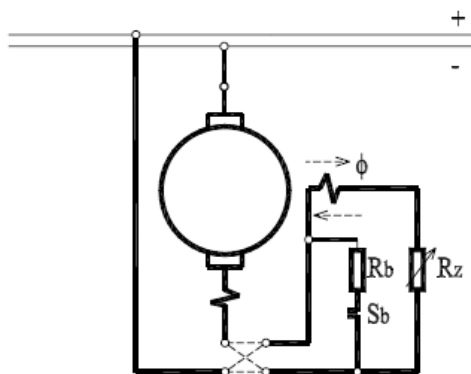
b) motorový pohon

Výhody: jednoduchost, malá hmotnost, nízká cena, vysoká účinnost, možnost regulace otáček, přizpůsobivost zatížení, zajištění čistoty, bezpečnost, spolehlivost

Nevýhody: závislost na dodávce elektrické energie, nebezpečí úrazu, kvalitní doplňková zařízení.

- **Elektrický stejnosměrný** (sériový, derivační, s cizím buzením)

Použití: měkká momentová charakteristika, dobrá regulace otáček = motory elektrických lokomotiv (sériové), těžní a výtahové stroje (s cizím buzením)



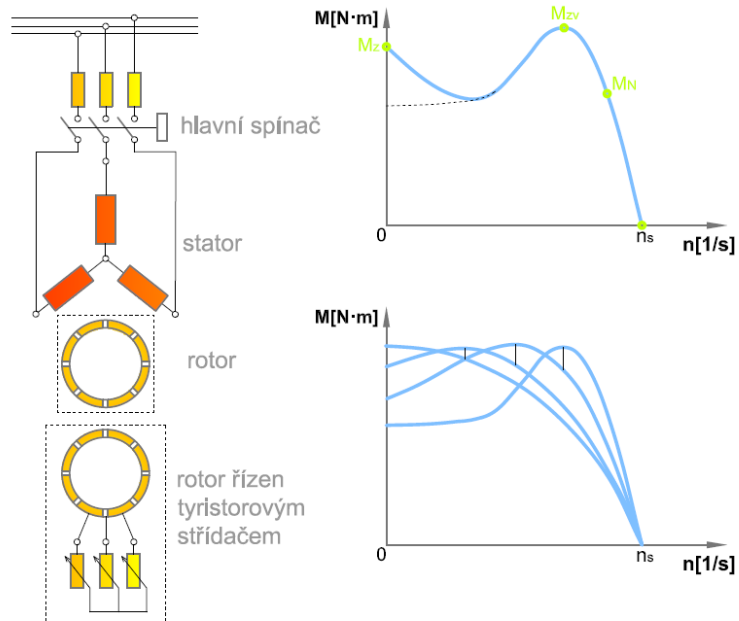
Obr. 42 – stejnosměrný elektrický motor

- **elektrický střídavý** (synchronní, asynchronní – s kotvou nakrátko, s kotvou kroužkovou)

Výhody: jednodušší, levnější, provozně spolehlivější než stejnosměrné sériové

Použití: výrazné zastoupení v dopravních a manipulačních zařízeních



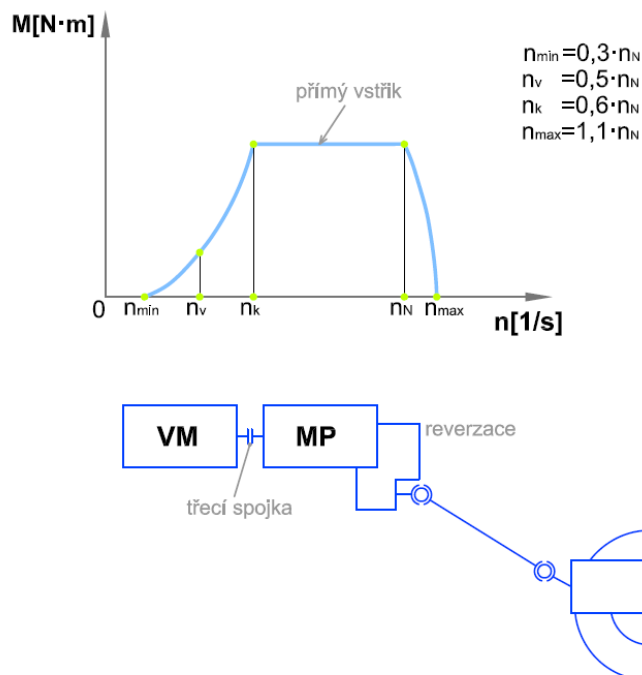


Obr. 43 – střídavý elektrický motor

- **spalovací motor** (vznětový, zážehový, turbínové)

Výhody: mobilní, nezávislost na energetické síti

Nevýhody: nevýhodná momentová charakteristika, nemožnost reverzace, malá přetížitelnost, výfukové plyny



Obr. 44 – spalovací motor

- **hydraulický**

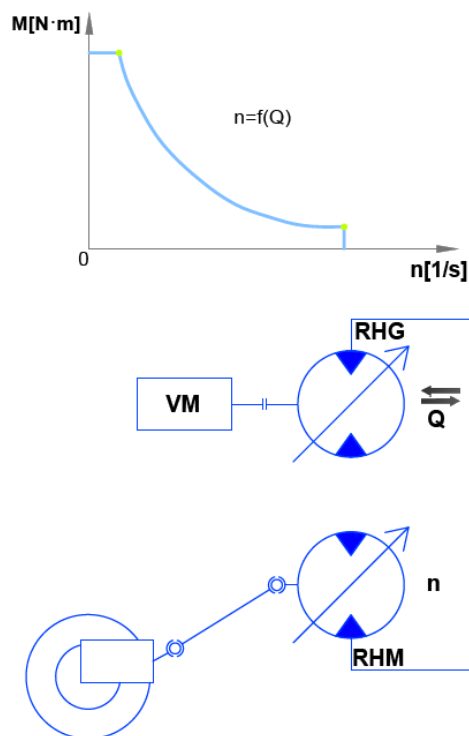
Změna energie z mechanické na tlakovou (hydrostatické pohony) a zpět na mechanickou energii.



- **hydrostatické** – pohon HG elektrickým nebo spalovacím motorem, přenos tlakové energie z HG na HM (regulační, neregulační). HG = zubové čerpadlo, axiální či radiální pístové čerpadlo, HM = zubový, pístový, lamelový.

Výhody: ideální momentová charakteristika pro trakční zařízení, dobrá regulace otáček, malé rozměry a hmotnost, funkce hydrostatické brzdy

Nevýhody: nízká účinnost 60% až 70%, přítomnost hořlavého a neekologického oleje, filtrace oleje



Obr. 45 – hydraulický hydrostatický motor

Změna energie z mechanické na energii kinetickou (hydrodynamické pohony) a zpět na mechanickou energii.

- **hydrodynamické** – použití jako hydrodynamické rozběhové spojky spolu s asynchronním motorem s kotvou nakrátko pro těžké rozběhy – těžní zařízení, drtiče, dopravníky a čerpadla
- **pneumatický**

Tlaková energie stlačeného vzduchu je nositelem energie na pohyblivý člen – přímočarý či rotační. Dělíme na pístové, lamelové a zubové.

Výhody: použití v dolech, jednoduché, ekologický provoz, akumulace energie, možnost přetížení, absence odpadního potrubí, snadné řízení

Nevýhody: nízká účinnost, hlučnější, úprava tlakového média, tlakové ztráty, měkká charakteristika



2 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Polák, J., Pavliska, J., Slíva, A.: Dopravní a manipulační zařízení I., Ostrava 2001, ISBN 80-248-0043-8.
- [2] Polák, J., Bailotti, K., Pavliska, J. a Hrabovský, L. Dopravní a manipulační zařízení II., Ostrava, 2003, ISBN 80-248-0493-X.
- [3] Polák, J., Slíva, A.: Dopravní a manipulační zařízení III., Ostrava 2005, ISBN 80-248-0963-X.
- [4] Pavliska, J., Hrabovský, L. Dopravní a manipulační zařízení IV., Ostrava, 2004, ISBN 80-248-0537-5.

Internet

Pohony v dopravní technice

<http://www2.nord.com/cms/cz/markets/handling/handling.jsp>

