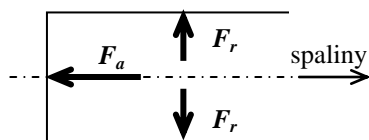


TRYSKOVÉ MOTORY

Tryskové motory jsou hnací stroje, ve kterých se tepelná energie získaná spálením paliva přímo přeměňuje v kinetickou energii plynů, která je pak zcela nebo zčásti využívána k vyvození reakční síly, tzv. tahu motoru, ve výstupní trysce.

Princip vzniku tahu motoru



Jestliže palivo hoří v trubici jednostranně otevřené, působí tlak spalin ve všech směrech stejně. V radiálních směrech se tlak spalin zachycuje pevností trubice (síly F_r). Ve směru osy trubice ale mohou spaliny otvorem, tzv. tryskou, volně unikat a proto jejich tlak (síla F_a) působí pouze na stěnu protilehlou trysce. Tato síla uvádí trubici do pohybu a nazývá se tahem motoru.

Rozdělení tryskových motorů

Tryskové motory ke svému provozu potřebují palivo a okysličovadlo. Podle zdroje okysličovadla jsou pak rozdělovány na tryskové motory

- proudové, jejichž činnost je podmíněna existencí kyslíku v prostředí, ve kterém se motor pohybuje
- raketové, jejichž činnost na prostředí závislá není.

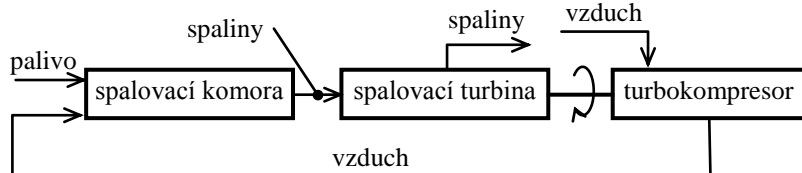
Proudové motory

U proudových motorů se ke spalování využívá atmosférický vzduch. Do spalovací komory je dopravován

- kompresorem
- nápořem
- pulzací.

Kompresorové proudové motory

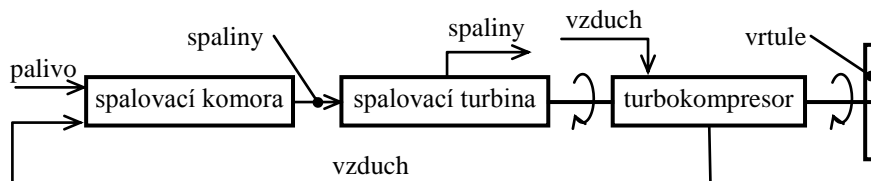
Kompresorové proudové motory užívají k pohonu kompresoru spalovací turbínu. Tah motoru může být vyvozen



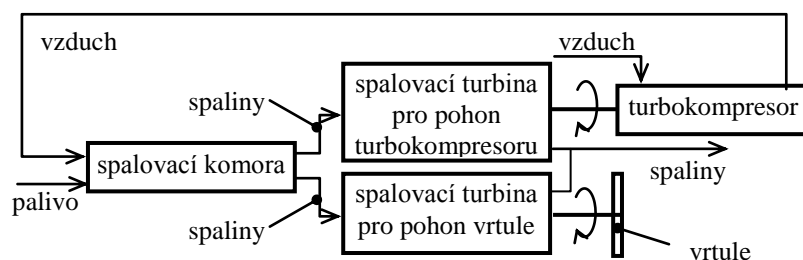
Funkční schéma čistě proudového motoru

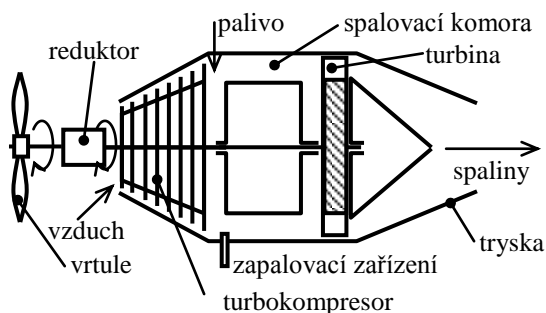
- pouze expanzí spalin v trysce; takové motory se nazývají čistě proudové
- expanzí spalin v trysce a tahem vrtule; takové motory se nazývají turbovrtulové.

Turbovrtulové motory jsou konstruovány dvojím způsobem - jako jednoturbinové (jednohřídelové) nebo jako dvouturbinové (dvouhřídelové). U jednoturbinových proudových motorů jediná turbína pohání turbokompresor pro přívod vzduchu do spalovací komory i vrtuli. U

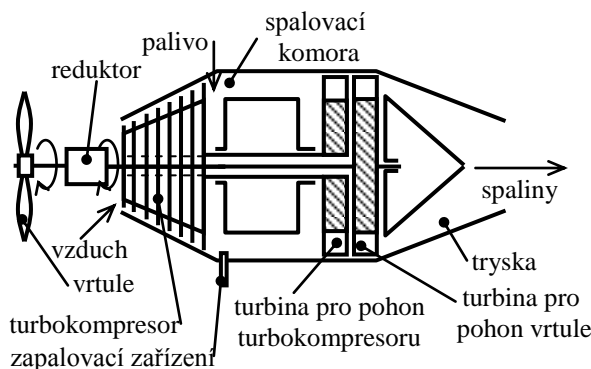


dvouturbinových proudových motorů mají jak turbokompresor, tak vrtule vlastní turbínu. Reduktor je převodové zařízení, ve kterém se otáčky turbíny snižují (redukuje) na otáčky vhodné pro vrtuli.



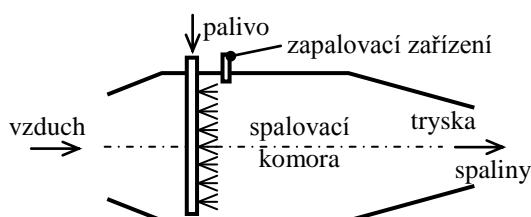


Konstrukční provedení turbovrtulových



Konstrukční provedení turbovrtulových

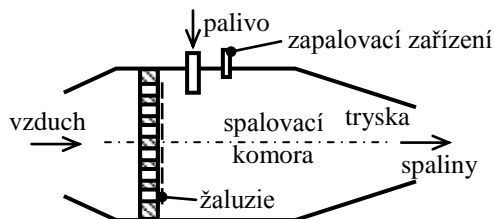
Náporové proudové motory



Konstrukční uspořádání náporového motoru

Náporové motory se užívají u letadel s vysokou rychlostí letu, kdy $M > 1,5$. Tlak vzduchu před motorem je tak velký, že není třeba kompresor a tedy ani spalovací turbina. Dostatečný nápor ovšem vzniká až při vysoké rychlosti letu. Proto musí být letadlo s náporovým motorem vybaveno ještě motorem jiným, zpravidla proudovým s kompresorem, jehož pomocí startuje a dosáhne rychlosti potřebné pro funkci motoru náporového.

Pulzační proudové motory



Pulzační proudové motory na rozdíl od předchozích typů nepracují plynule, ale přerušovaně - pulzují. Vzduch a palivo jsou dodávány v časových intervalech, ohraničených samočinným otevíráním a uzavíráním vstupního otvoru pružnými žaluziemi. Motor se startuje přivedením proudu vzduchu na vstup k žaluziím. Žaluzie se tlakem vzduchu odtlačí a proud vzduchu ve spalovací komoře strhne a rozpráší palivo přiváděné do trysky. Po zapálení směsi paliva se vzduchem zvýšený tlak spalin přitlačí žaluzie na opěrnou mříž. Spaliny unikají tryskou a uvádějí motor do

pohybu. Při poklesu tlaku ve spalovací komoře odtlačí nápor vzduchu před motorem žaluzie, vzduch vstupuje do spalovací komory, strhává a rozprašuje palivo a celý pulzační cyklus se opakuje.

Z popisu je zřejmé, že k nastartování motoru je třeba vyvolat nápor vzduchu ve vstupu do motoru. To je možno uskutečnit například startem za pomoci startovacích raket (viz dále).

Raketové motory

U raketových motorů se potřebný tah vyvozuje výhradně reakcí proudících spalin v trysce. Okysličovadlo pro spalování paliva odebírá motor ze zásobníku.

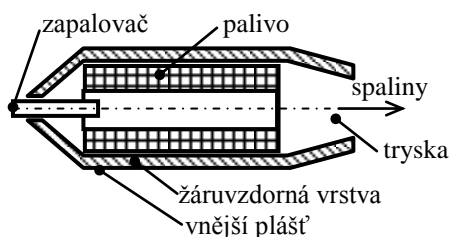
Paliva raketových motorů

Paliva raketových motorů mohou být

- tuhá (pevná); většinou je to střešný prach slisovaný do tvaru dutého válce
- kapalná, kterými mohou být
 - výrobky z ropy, např. parafiny (krystalické směsi vyšších nasycených alifatických uhlovodíků), aromatické uhlovodíky (benzen, toluen, xylén, ethylbenzen), nafteny čili cyklické uhlovodíky (cyklopentan, cyklohexan)
 - alkoholy
 - nitrosloučeniny.

Jako okysličovadlo se užívá kapalný kyslík, peroxid vodíku, kyselina dusičná, oxid dusičný atd..

Raketové motory na tuhé palivo



Základní uspořádání raketového motoru na tuhé palivo

Palivová náplň po zapálení hoří po celém vnějším i vnitřním povrchu. Činnost motoru nelze po startu regulovat ani přerušit. Rychlost hoření paliva je velká, motory vyvozují velký tah po krátkou dobu - od zlomku sekundy po řádově minuty.

Raketové motory na tuhé palivo se používají u střel a jako pomocná startovací zařízení letadel nebo jiných tryskových motorů.

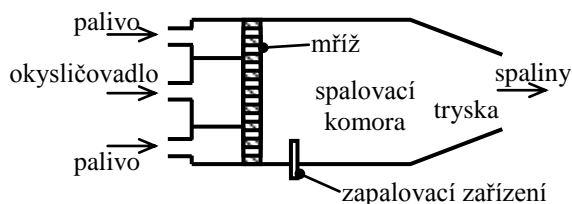
Raketové motory na kapalném palivo

Palivo a okysličovadlo jsou v kapalném stavu uloženy v zásobnících. Do spalovací komory mohou být dopravovány dvojím způsobem:

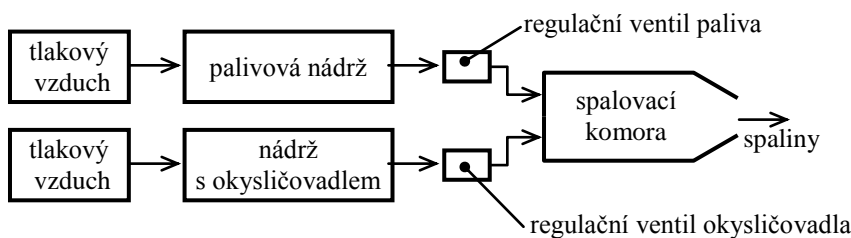
- přetlakem vzduchu, přiváděného do zásobníků paliva a okysličovadla ze zvláštních tlakových nádob
- čerpadly.

Zážeh motoru se provádí elektrickou jiskrou v pomocné zážehové komoře, vstřikem samozápalného paliva do spalovací komory a pod..

Turbíny pro pohon čerpadel paliva a okysličovadla mohou být poháněny spaliny vznikajícími ve spalovací komoře motoru nebo ve zvláštních k tomu speciálně určených spalovacích komorách.



Základní uspořádání raketového motoru na kapalném palivo

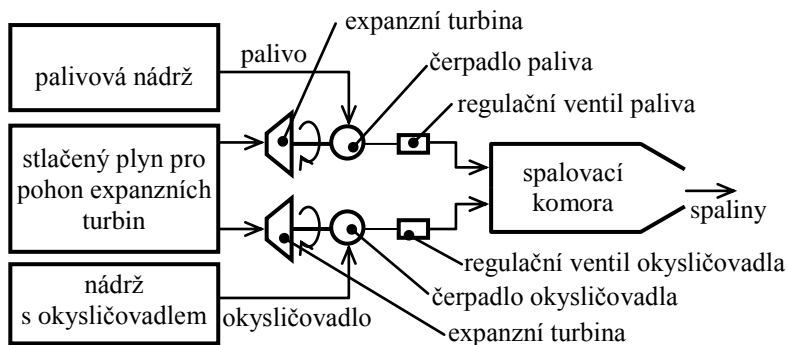


Funkční schéma raketového motoru s plněním přetlakem

výstupu.

Tah tryskových motorů

Tahem motoru se rozumí síla, kterou působí expandující spaliny na motor ve směru svého výstupu z trysky a v opačném smyslu svého



Funkční schéma raketového motoru s plněním čerpadly

Podle Newtonovy rovnice platí pro hybnost a impuls

$$F \cdot t = m \cdot (v_2 - v_1)$$

$$F = \frac{m}{t} \cdot (v_2 - v_1)$$

kde m je urychlovaná hmotnost. Poměr m/t představuje hmotnost urychlovanou v průběhu jedné sekundy.

Označíme-li

u ...okamžitou rychlost, se kterou se pohybuje motor (rychlost unášivá)

v ...rychlost, se kterou vystupují spaliny z trysky (relativní rychlost)

Q_{vz} ...hmotnost vzduchu vstupujícího do motoru za sekundu

Q_p ...hmotnost paliva spáleného v motoru za sekundu

Q_o ...hmotnost okysličovadla vstupujícího do motoru za sekundu

Q_{sp} ...hmotnost spalin vystupujících z motoru za sekundu, pak platí

a) u proudového motoru

$$F = Q_{vz} \cdot (v - u) + Q_p \cdot v$$

protože rychlost paliva vstřikovaného do spalovací komory je možno zanedbat.

Největší tah bude mít proudový motor v okamžiku startu, kdy je $u = 0$:

$$F_{\max} = Q_{vz} \cdot v + Q_p \cdot v = (Q_{vz} + Q_p) \cdot v = Q_{sp} \cdot v$$

b) u raketového motoru

$$F = Q_p \cdot v + Q_o \cdot v = (Q_p + Q_o) \cdot v = Q_{sp} \cdot v$$

Je zřejmé, že u raketového motoru jeho tah nezávisí na rychlosti letu.

Technické údaje

Pro ilustraci rozdílů v technických parametrech tryskových motorů je uvedena následující tabulka:

	motor		
	proudový		raketový
	s kompresorem	náporový	
teplota ve spalovací komoře (°C)	600 až 1250	≅ 2000	3000 až 4000
výtoková rychlost (m.s ⁻¹)	600 až 700	1200 až 1400	2000 až 2500
měrná spotřeba (kg.N ⁻¹ .h ⁻¹)	≅ 0,1	≅ 0,3	1,5 až 1,7
měrný tah (N.kg ⁻¹)	3 až 5	10 až 20	≅ 250

Použití tryskových motorů

Motory proudové se používají

- u letadel
- u silničních vozidel, vlaků, saní atd.

Motory raketové se používají

- u meziplanetárních raket
- u družic ke korekci pohybu a polohy
- u letadel pro zkrácení startovací nebo přistávací dráhy
- pro vyvození síly při měření různých namáhání (modelování síly větru u pozemních konstrukcí jako mostů a stožárů nebo zkoumání vlivu boční síly větru u vozidel atd.)
- u raketových střel ve vojenství atd..

Přehledné rozdělení tryskových motorů

Na závěr výkladu o tryskových motorech je pro upřesnění uvedeno jejich přehledné seřazení:

tryskové motory	- proudové	- kompresorové	- čistě proudové	
			- turbovrtulové	- jednoturbinové
				- dvouturbinové
		- náporové		
		- pulzační		
	- raketové	- na tuhá paliva		
		- na kapalná paliva	- s plněním přetlakem	
			- s plněním čerpadly	