



Středoškolská technika 2011

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

**TEPELNÉ MOTORY – STIRLINGŮV MOTOR,
HISTORIE A VÝVOJOVÉ TRENDY**

Ondřej Burian

STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA

HRADEC KRÁLOVÉ, HRADECKÁ 647

Prohlašuji, že jsem maturitní práci vypracoval samostatně a použil jsem jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

V Hradci Králové, dne 23.3.2011 Ondřej B. Urban

podpis

Anotace

V práci jsou rozděleny motory dle typu spalování na motory s vnějším a motory s vnitřním spalováním a dle změny tepla na motory pístové, turbíny a reaktivní motory. Dále je vysvětlen princip a historie Stirlingova motoru, vytvořen 3D model motoru, postup tvorby motoru, měření tlaku, otáček a výkonu.

Klíčová slova

Tepelný motor, pístový motor, turbína, reaktivní motor, parní motor, spalovací motor, vznětový motor, zážehový motor, parní turbína, plynová turbína, proudový motor, raketový motor, Stirlingův motor

Annotation

In my work, there are the engines divided according to type of combustion into the external combustion engines and internal combustion engines. They are also divided according to change in heat into the piston engines, turbines and reaction engines.

More there is explained the principle and the history of Stirling engine and there is made the 3D model of engine, process of making the model, pressure measuring, rotational-speed measurement and the engine power.

Key words

Heat engine, piston engine, turbine, reaction engine, steam engine, combustion engine, compression-ignition engine, spark ignition engine, steam turbine, gas turbine, turbojet engine, rocket engine, Stirling engine

Obsah

1.	Úvod.....	6
2.	Tepelné motory	7
3.	Rozdělení tepelných motorů	8
3.1	Rozdělení podle způsobu získávání plynu o vysoké teplotě a tlaku	8
3.2	Rozdělení, dle změny tepla na mechanickou práci	9
4.	Pístové motory	10
4.1	Parní motory	10
4.2	Spalovací motory.....	11
4.2.1	Vznětové motory.....	11
4.2.2	Zážehové motory	12
5.	Turbíny.....	13
5.1	parní turbína	13
5.2	Plynová turbína	13
6.	Reaktivní motory	14
6.1	Proudový motor.....	14
6.2	Raketový motor	15
6.2.1	Motor na pevné pohonné hmoty	15
6.2.2	Motor na kapalné pohonné hmoty	15
7.	Stirlingův motor	16
7.1	Princip motoru.....	17
7.2	Historie	18
8.	Měření otáček a výkonu u Stirlingova motoru	19
8.1	Měření otáček	19
8.2	Měření výkonu brzděním	19
9.	Návrh a provedení měření průběhu tlaku.....	20
10.	Postup tvorby počítačového modelu Stirlingova motoru v Inventoru	21
10.1	Pole součástí	21
10.2	Pole sestavy	22
11.	Závěr	23

1. Úvod

V této práci se pokusím rozdělit tepelné motory, nastínit jejich význam a historii. Dále se zaměřím na Stirlingův motor, kde si objasníme jeho historii a princip, na kterém tento motor funguje a jeho využití. Na modelu změříme tlak, výkon a otáčky. Tepelné motory jsem si vybral záměrně, protože je považuji za jedny z primárních a základních pohonných jednotek strojů, které mají širokou škálu využití, a bez kterých by se lidstvo v dnešní době jen těžko mohlo obejít.

2. Tepelné motory

Tepelné motory jsou tělesa využívající kruhového děje, která přetváří energii dodané látky na kinetickou energii, tato přeměna probíhá u různých typů tepelných motorů různě. Tyto motory pracují na základě **prvního a druhého termodynamického zákona**. [8]

První termodynamický zákon nám říká, že energie izolované soustavy je neměnná, tudíž ji lze změnit jen do energie jiného druhu, ale množství zůstane stejné. [9]

Druhý termodynamický zákon, dle W. Thomsonova, nám říká: že nelze sestrojít periodicky pracující stroj, který by přijímal teplo z ohřívače a vykonával stejně velkou práci. Nelze sestrojít perpetuum mobile druhého druhu. [10]

3. Rozdělení tepelných motorů

3.1 Rozdělení podle způsobu získávání plynu o vysoké teplotě a tlaku

Motory s vnějším spalováním

Druh tepelného motoru, využívající chemickou reakci spalování, která probíhá nepřímo v pracovním prostoru motoru, tedy mimo motor. Při čemž se ohřeje v motoru látka, která je schopna vykonávat práci. Nevýhoda těchto motorů spočívá v tom, že při stejném výkonu jsou tyto motory často těžší než motory s vnitřním spalováním, ale jsou méně závislé na typu a kvalitě použitého paliva a produkují méně škodlivin. [1]

Patří sem:

- Stirlingův motor
- plynová turbína
- parní stroj

Motory s vnitřním spalováním

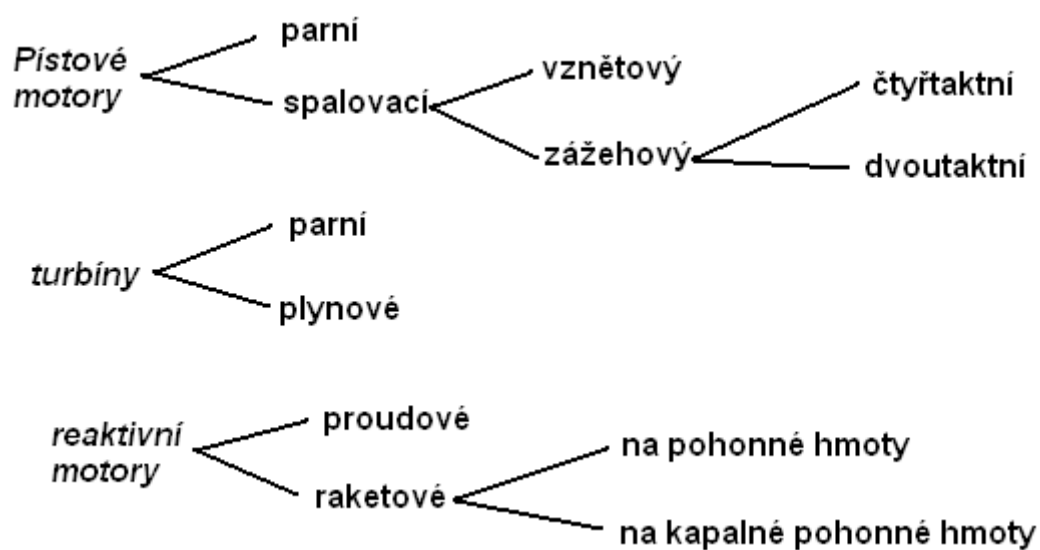
Spalování probíhá přímo v pracovním prostoru motoru, v němž dochází k vysokým tlakům a teplotám. Nevýhodou je, že při tom vzniká vysoké procento znečištění oproti motorům s vnějším spalováním, ale na rozdíl od nich mají vysoké procento účinnosti, díky čemuž mají uplatnění jako pohon v dopravních prostředcích. [1]

Patří sem:

- čtyřdobý motor
- dvoudobý motor
- raketový motor
- spalovací turbína

3.2 Rozdělení, dle změny tepla na mechanickou práci

Zde jsou uvedené jen ty nejdůležitější tepelné motory (Obr. 1.) podle změny tepla na mechanickou práci.



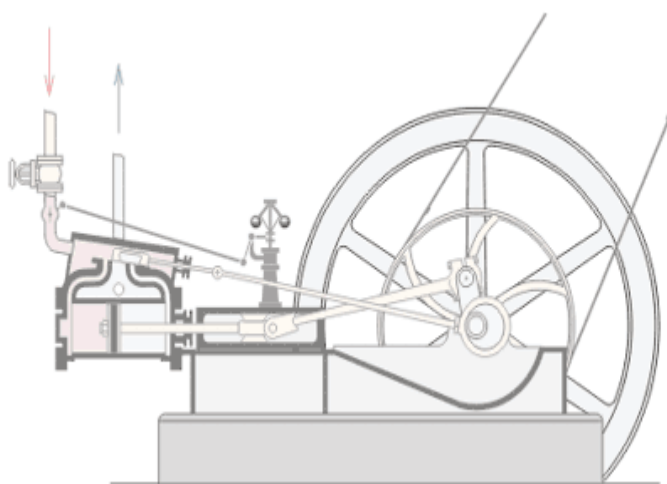
Obr. 1. Rozdělení motorů

4. Pístové motory

Jsou typy motorů, které dělíme na motory s vnějším nebo vnitřním spalováním. Tyto motory přeměňují energii tlaku (když dojde k expanzi a plyn vykoná práci) na energii mechanickou. Základní částí je píst, který je umístěn ve válci, v němž se pohybuje periodicky opakujícím se pohybem. Pístový spalovací motor je nejrozšířenějším pohonem automobilů, motocyklů, lodí a malých letadel.

4.1 Parní motory

Vynález mnoha vědců, z nichž James Watt v roce 1769 uvedl do provozu první parní stroj (Obr. 2.) pro pohon strojů. Principem stroje je, že ohřátá vodní pára v parním kotli se střídavě převáděla na dvě strany válce, díky čemuž dochází k pohybu pístu.



Obr. 2. Parní stroj

V 19. století přichází éra parních strojů. Parní stroj se stal nejvýznamnějším zdrojem energie. Největší využití v dopravě jako lokomotivy, parníky, parní válce, parní oračky, parní kladiva, parní lisy. V dnešní době využití parních strojů poněkud opadlo - převážná většina strojů byla nahrazena, v dopravě spalovacím motorem a v průmyslu elektrickými motory.

Tepelná účinnost parního stroje se pohybuje mezi 5 až 10%, což je oproti spalovacím motorům, kde je tepelná účinnost až na 35%, velmi slabé. Jednou z výhod oproti spalovacím motorům je jejich spolehlivost a nízká cena za pohonné hmoty. [11]

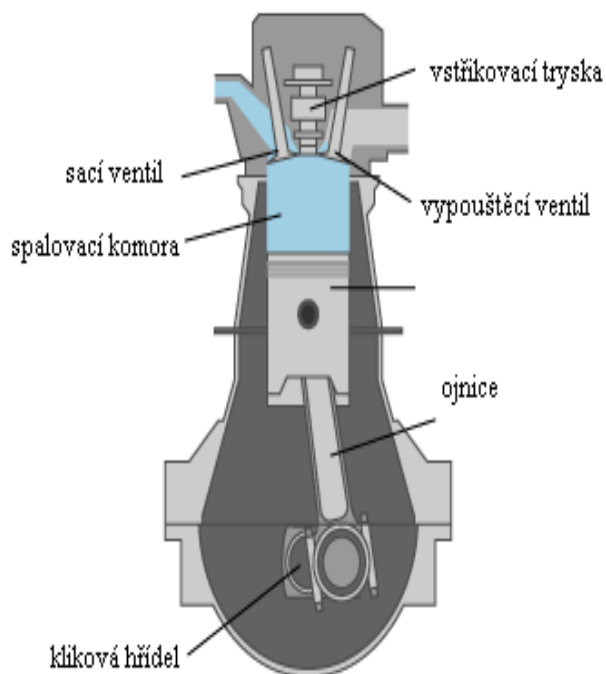
4.2 Spalovací motory

Rozlišují se na motor **vznětový** a **zážehový**. Největší rozšíření v dvacátém století, kdy nahradily tehdejší parní motory.

4.2.1 Vznětové motory

Vynalezeny Rudolfem Dieselem. Dieselův motor (Obr. 3.) se dříve užíval pro pohon ponorek a nákladních lokomotiv. V dnešní době se užívá v nákladních automobilech, stavebních strojích, autobusech a lodích.

Palivem je nafta, která se vstříkuje do válce, kde dojde ke vznícení stlačeného vzduchu, jelikož stlačený vzduch dosahuje až 600 °C. Na rozdíl od zážehového motoru se sacím kanálem nasává kyslík. Namísto elektrické svíčky využíváme vstříkovací trysku, kterou vstříkujeme naftu. [12]



Obr. 3. Vznětový motor

4.2.2 Zážehové motory

Vynalezeny koncem 19. století. Zážehové motory rozlišujeme na dvoutaktní a čtyřtaktní. Na rozdíl od vznětových motorů dojde k zapálení elektrickou svíčkou. Plně nahradily parní stroje převážně díky své účinnosti, která je výrazně vyšší než u parních strojů. Pohonnou hmotou je benzín. [13]

a) Dvoutaktní motory

Využívají se k pohonu malých motorek, zahradních sekaček a menších strojů. Mají jednodušší konstrukci. Pracují ve dvou dobách, kdy v první době nastane sání a komprese a v druhé době expanze a výfuk. Dvoudobé motory mají nižší účinnost než čtyřtaktní motory převážně proto, že musí být zkrácena komprese, či expanze, aby proběhl převod paliva. [14]

b) Čtyřtaktní motory

Sestrojen roku 1876 německým inženýrem Nicolausem Ottem. Motor s vnitřním spalováním, užívá se v dopravě, převážně u aut a motorek. Pracuje ve čtyřech dobách - sání, komprese, expanze, výfuk. Zážehový čtyřtakt nahradil plně parní stroje díky menší váze, větší tichosti, čistotě a převážně díky účinnosti, která je podstatně větší než u dvoutaktního motoru a než u parních motorů. Nyní je jeden z nejvíce rozšířených motorů v autech a motorek, konkurencí mu může být vznětový motor díky nižší spotřebě, avšak vznětový motor má vyšší cenu. [15]

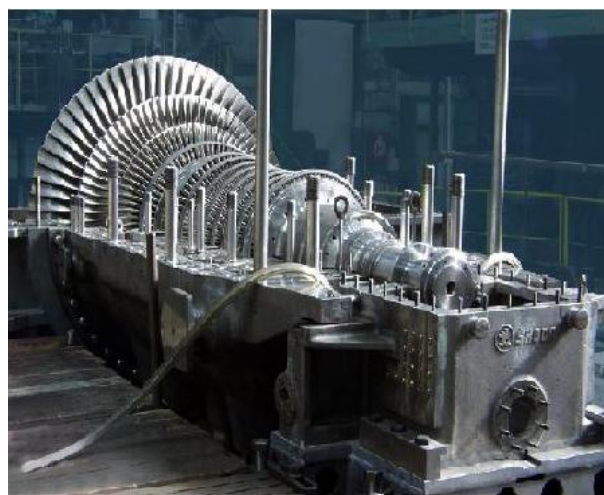
5. Turbíny

Jsou mechanické stroje, které přeměňují energii proudící látky nejčastěji na elektrickou energii, nebo na energii pro stlačení plynu. Mají proto dobré uplatnění jako alternátory převážně v elektrárnách - například vodní elektrárna, kde se proudící voda využívá pro pohon turbíny. V dopravě se používají pro pohon tanků, velkých lodí, vlaků.

5.1 parní turbína

Vynalezena v roce 1884 Charlesem Parsonsem. V dvacátém století postupně nahradila parní stroj díky vyšší účinnosti. Je to tepelný stroj, který přeměňuje kinetickou i tepelnou energii páry na mechanický pohyb hřídele, který dále může energii přeměnit na elektrickou energii. Parní turbíny se využívají v energetice, převážně v elektrárnách, jako pohon alternátorů, dále u bitevních lodí a ponorek.

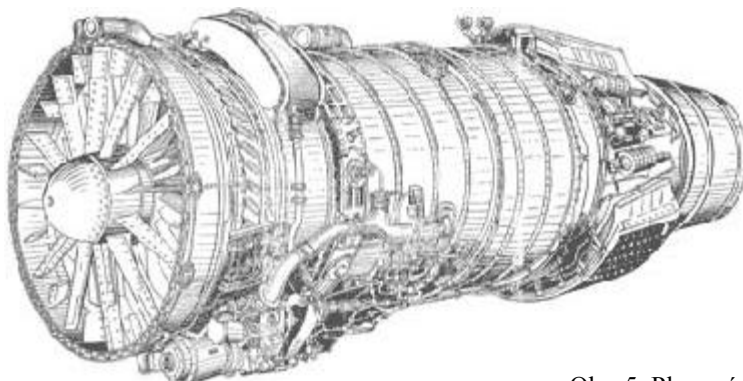
[16]



Obr. 4. Parní turbína

5.2 Plynová turbína

Tepelný stroj přeměňující tepelnou energii plynu na mechanickou práci, motor s vnitřním spalováním. Nevýhodou plynových turbín je jejich krátká životnost, vzniklá namáháním lopatek, a vyšší hlučnost. V šedesátých letech dvacátého století užívaná pro pohon velkých letadel a v energetickém průmyslu na výrobu energie. Předností je, že může být rychle uvedena do chodu. [17]



Obr. 5. Plynová turbína

6. Reaktivní motory

Dělí se na motory proudové a raketové, které vyvíjejí tahovou sílu. Pracují na principu akce a reakce. Využití v proudových letadlech a raketoplánech, popřípadě i jako řízené nebo neřízené střely.

6.1 Proudový motor

Využívá pohybový zákon akce a reakce. Spalováním paliva vznikají plyny unikající tryskou do okolí. Síla vypuzující plyny z trysky je takzvaná akční síla a ta vyvolá danou reakci. Na rozdíl od raketového motoru je zapotřebí vzduch, který je nasáván v přední části motoru.

První proudový motor byl objeven kolem třicátých let dvacátého století. Frank Whittle si ho v roce 1930 nechal patentovat. Využití proudových motorů především v letecké dopravě jako pohon letadel. [18]

6.2 Raketový motor

Na rozdíl od proudového motoru je palivo i okysličovadlo v nádržích, díky tomu je motor nezávislý na tom, kde se nachází, a funguje i mimo naši atmosféru. Má nejvyšší účinnost z uvedených tepelných motorů, která sahá zhruba okolo 50%.

Rozlišuje se na dva druhy - na pevné pohonné hmoty a kapalné pohonné hmoty, popřípadě se používá i takzvaný hybridní motor, ten je kombinací obou typů motoru. [19]

6.2.1 Motor na pevné pohonné hmoty

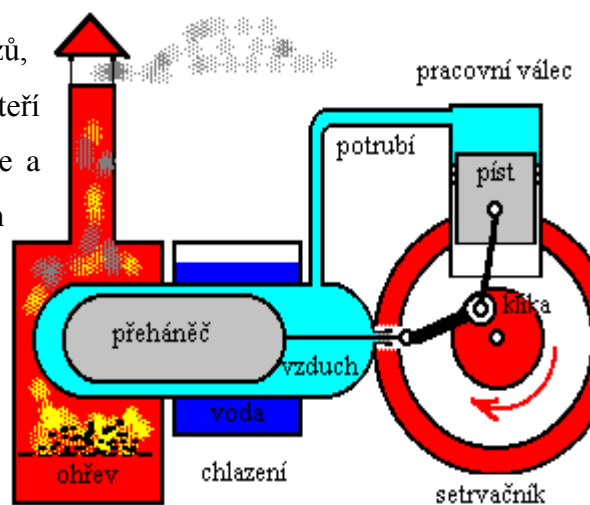
Poháněn tuhým palivem, velice spolehlivý, výkon se dá omezeně regulovat. Celá spalovací komora je naplněna směsí okysličovadla a paliva, která postupně odhořívá. Využívá se u řízených střel, a to především proto, že nelze vícekrát zažehnout.

6.2.2 Motor na kapalné pohonné hmoty

Motor je složitější, ale také více účinný. Napájen ze dvou nádrží, jedna naplněna palivem a druhá okysličovadlem. Využití převážně u raketoplánů a raket díky dobré regulovatelnosti a dají se využít vícekrát, stačí jen doplnit nádrže.

7. Stirlingův motor

Historie lidstva je plná objevů a vynálezů, obohacujících nám život. V dnešní době si však někteří lidé začínají uvědomovat, že ne všechny konstrukce a technologie masově využívané s neustále rostoucím počtem obyvatel planety jsou udržitelné, především díky dopadu na životní prostředí. Z tohoto důvodu se lidstvo snaží nalézt nová nebo v minulosti opuštěná řešení, které by nezatěžovalo životní prostředí. Takovéto řešení nacházíme v zařízeních a motorech využívajících Stirlingův uzavřený cyklus s regenerací tepla.



Obr. 6. Stirlingův motor

[7]

Stirlingův motor je teplovzdušný motor vynalezen v roce 1816 skotským pastorem Robertem Stirlingem. Činnost motoru je založena na kompresi a expanzi plynného pracovního média. Jeho hlavní výhodou je, že může pracovat s nejrůznějšími zdroji vnější tepelné energie (geotermální energie, sluneční energie, odpadní teplo), náklady na výrobu a obsluhu motoru jsou na rozdíl od jiných motorů nízké a k jeho spuštění stačí pouze pustit ohřev, díky čemuž se motor uvede do pohybu. U těchto motorů se nemusíme bát exploze, jako tomu bylo u parních strojů, mají velmi malé opotřebení, menší spotřebu paliva u typů pracujících s teplem dodaným spalováním než u parních strojů. Existuje mnoho konstrukčních provedení, například pístový nebo turbokompresorový motor. Nevýhodou Stirlingova motoru je jeho špatná regulovatelnost, potřeba velkého chladiče, a aby dosáhl vysoké účinnosti, musí pracovat s vysokým tlakem.

[21]

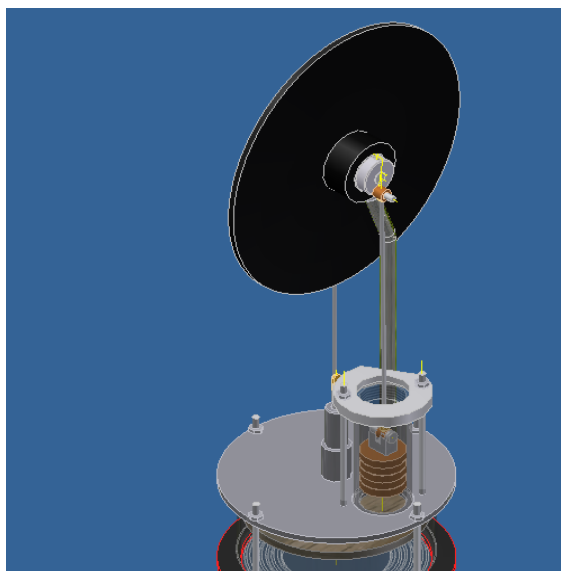
7.1 Princip motoru

Motor se skládá z klikového mechanismu, na který je připevněn píst, na druhé straně je přeháněč, kolem kterého proudí určité množství plynu. Přeháněč (takzvaný přemístovací píst) je umístěn v uzavřeném válci. Ve válci je hermetické, stálé množství pracovního plynu (Jako pracovní plyn se nejprve používal obyčejný vzduch. Nejlepších

vlastností a účinnosti, jaké nemá ani hélium, se však dosahuje při užití vodíku.). Tento plyn se s okolím nevyměňuje. Jedna strana válce se ohřívá a na druhou působí chladič. Z válce vede potrubí do pracovního válce, kde je umístěn píst. Po skončení jednoho cyklu se přeháněč přesune na stranu chladiče a plyn obteče na stranu ohříváče. Zahřátý plyn se rozpíná, má vyšší tlak, píst v pracovním válci se stlačením pohne a uvede do pohybu setrvačnick i kliku, na které je napojen píst s přeháněčem. Ty se po uplynutí cyklu vrací zpět do původní polohy. Píst zároveň vytlačuje plyn z pracovního válce. Tento děj se pak celý periodicky opakuje a daný motor se otáčí.

Další vlastností přeháněče, je vlastnost takzvaného tepelného regenerátoru. Úkolem regenerátoru je odejmout co nejvíce tepla pracovnímu plynu před vstupem do chladiče a pokud možno všechno toto teplo pracovnímu plynu opět vrátit při jeho zpáteční cestě před vstupem do ohříváče. Toto teplo odevzdané z jedné části oběhu se neztrácí, regenerátor pracovní plyn střídavě ohřívá a předchlazuje, čímž se zvýší účinnost Stirlingova cyklu, jeho přeměny tepelné energie v energii mechanickou. [7]

Pracovní plyn se dnes v motoru nachází pod tlakem 15 až 20 MPa. Zdokonalením konstrukce a přidáním regenerátorů tepla pracovního plynu se účinnost zařízení dále zvyšuje. Účinnost je závislá na rychlosti otáček, což vyplývá z cyklu zahřívání a chlazení plynu, jehož čas se na jednotlivé fáze zahřívání a chlazení s počtem otáček snižuje. To má za důsledek snížení účinnosti. Motor, který využívá vodíku jako pracovního plynu, má při výkonu 52 kW/dm³ a 1500 otáčkách za minutu účinnost 35%. Snížením otáček na 500 min⁻¹ se účinnost zvýší na 46%. [22]



Obr. 7. Model Stirlingova motoru

7.2 Historie

Původní Stirlingův motor patentoval 27. září 1816 doktor Robert Stirling, kněz skotské církve v Galstonu. Robert Stirling byl první, kdo objevil a využil regeneraci tepla.

Během devatenáctého století byly teplovzdušné motory vyráběny a používány v relativně velkém počtu. Jednalo se o velké a těžké stroje o výkonu většinou od jedné do 5 koňských sil. Byly však stavěny i stroje mnohem větší. Největším byl motor postavený kolem roku 1850 Johnem Ericssonem se čtyřmi válci. Motor byl navržen pro výkon 300 kW a měl spotřebovávat méně než $\frac{1}{2}$ paliva v porovnání s parním strojem srovnatelného výkonu. Dokonce byl určen pro pohon obchodní lodi, ale kvůli nehodě ho nahradil Dieslův motor.

Teplovzdušné motory byly používány k různým účelům, nejčastěji k čerpání vody a pohonu strojního dílenského zařízení. Přestože se jednalo o stroje velké, těžké a pomalé, byly mnohdy pro obecné použití výhodnější než malé parní stroje, které vyžadovaly parní kotel a tam, kde byla požadovaná účinnost, také kondenzátor. Oba tyto doplňky byly většinou relativně velké, těžké a nákladné. Postupem času byl Stirlingův motor méně a méně využíván, nahrazovaly jej spalovací motory kvůli úspoře a výkonu. [7]

Současnost:

V nynější době je motor uplatněn využitím odpadního tepla nebo jakéhokoliv jiného druhu tepla, které přeměňuje na mechanickou práci, aniž by tím zatížil životní prostředí.

Dále je uplatněn jako:

Energetické systémy - motory a generátory tlaku, které přijímají teplo o vysoké teplotě, určitou část přijatého tepla přeměňují v mechanickou energii a zbytek tepla vracejí při nižší teplotě.

Chladicí zařízení a tepelná čerpadla, která na základě přívodu mechanické energie čerpají teplo ze zásobníku o nižší teplotě do zásobníku o vyšší teplotě. [7]

8. Měření otáček a výkonu u Stirlingova motoru

Měření otáček a výkonu nebylo provedeno z důvodu nefunkčnosti modelu motoru. Proto je zde uveden pouze teoretický postup měření.

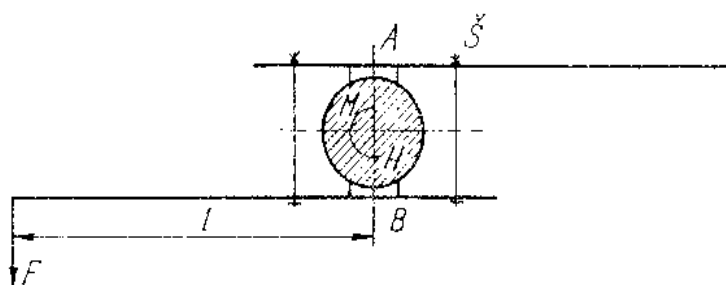
8.1 Měření otáček

Otáčky se dají změřit několika způsoby. Můžou se změřit buď dotykově, nebo bezdotykově. Hlavní jednotkou otáčivé rychlosti je otáčka za sekundu.

V tomto případě si zvolíme bezdotykové měření a budeme měřit pomocí otáčkoměru. Umístíme otáčkoměr. Na rotující část pak nalepíme odrazku, která nám při každém průchodu odráží paprsek, který se odráží zpět na optické čidlo otáčkoměr. Z displeje otáčkoměru (tachometru) se nám zobrazí výsledné otáčky motoru.

8.2 Měření výkonu brzděním

Podle schématu Pronyho brzdy (obr. 8), umístíme brzdu vyváženě okolo setrvačníku a váhu dáme na druhý konec ramene brzdného ramene. Necháme rozběhnout motor. Brzdu stlačíme při různých otáčkách a na váze naměříme působící sílu. Vzdálenost mezi zatíženým místem na setrvačnicku a váze je délka l . Výkon spočítáme ze vztahu $P = M_k \times \omega$, z čehož M_k je krouticí moment. Krouticí moment určíme ze vztahu $M_k = F \times l$. Dále víme, že ω (úhlová rychlost) je $2\pi n$.



A, B – brzdové čelisti,
 \check{S} – přitlačovací šrouby,
 F – odbrzděná síla,
 H – buben brzdy

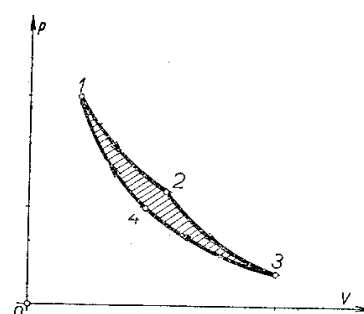
Naměřené hodnoty dosadíme do konečného vzorce $P = F \times l \times 2\pi n$, jednotkou práce je Watt (W). Výsledkem je výkonová charakteristika, ze které se dá určit, při jakých otáčkách je nejlepší chod motoru.

9. Návrh a provedení měření průběhu tlaku

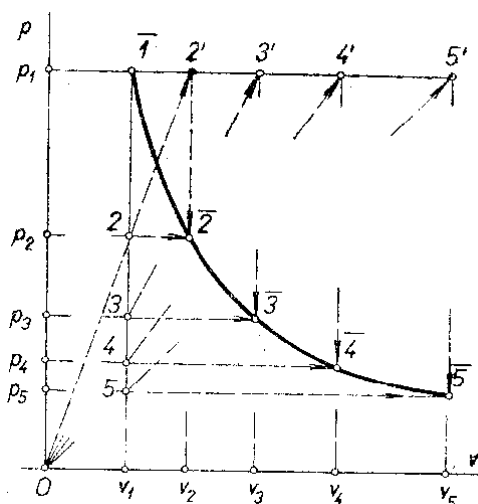
Provedení měření tlaku jsme bohužel nemohli zkonstruovat, z důvodu nefunkčnosti modelu motoru.

Tlak změříme na horní desce motoru, pomocí manometru. Z displeje určíme různé hodnoty tlaku, které závisí na tom, zda je plyn v danou chvíli rozpínán nebo ne. Měříme maximální a minimální hodnotu tlaku. Z nich konstruujeme vždy jednu adiabatou a izotermu.

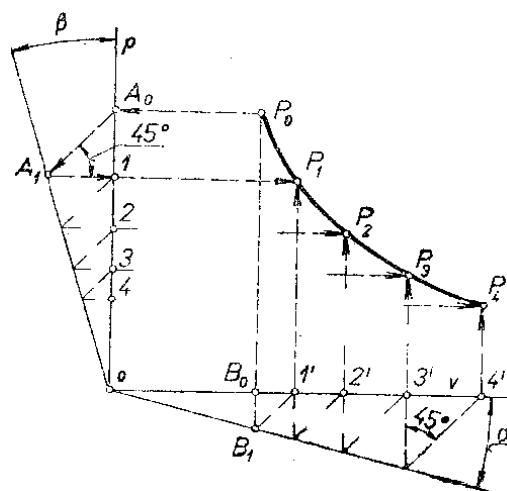
Pro určení práce v p-V diagramu potřebujeme zkonstruovat izotermu a adiabatou (protože jsme zjistili, že u stirlingova motoru se jedná o Carnův oběh). Carnův oběh zkonstruujeme: pomocí grafické konstrukce uvedené na obrázku Izotermu (obr. 9) a Adiabaty (obr. 10).



Obr. 9. Carnův oběh



Obr. 10. Izoterma

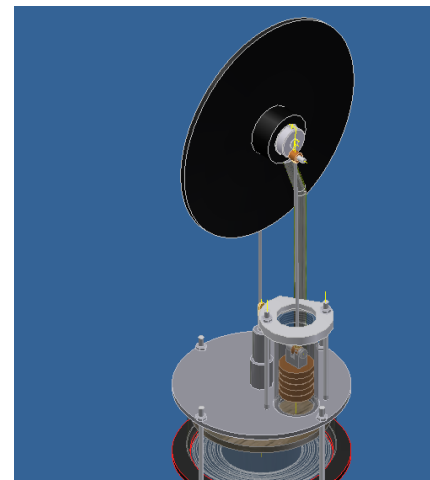


Obr. 11. Adiabat

Poté můžeme Prytzovým planimetrem nebo v ACADu určit plochu uzavřené křivky, ta je úměrná práci konané motorem.

10. Postup tvorby počítačového modelu Stirlingova motoru v Inventoru

Protože hlavním tématem mé práce byla fyzika, proto zde nebudu vypisovat kompletní postup práce, ale uvedu zde základní druhy postupu, jak byl motor tvořen.

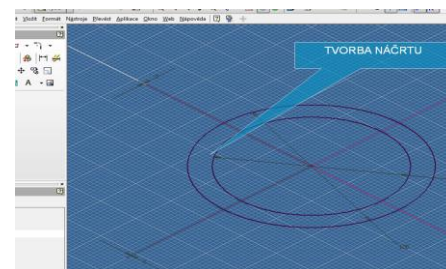


Obr. 12. Model Stirlingova motoru

Nejprve vytvoříme jednotlivé komponenty motoru v normě ipt. Teprve pak se můžeme pustit do tvorby sestavy motoru, kde jednotlivé díly skládáme pomocí vazeb.

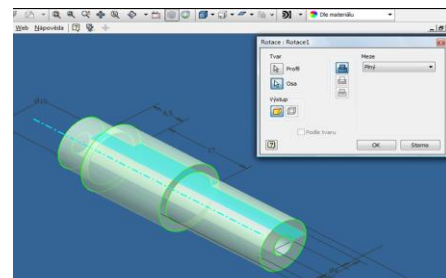
10.1 Pole součástí

Tvorba vysunutím: v 2D náčrtovém rozhraní vytvoříme náčrt (Obr. 13) součásti a určíme rozměry. Stiskneme dokončit, poté vysunout a zadáme parametry, tímto způsobem tvoříme součásti přes vysunutí.



Obr. 13. Tvorba Náčrt pro vysunutí

Tvorba rotací: postupujeme podobně jak u vysunutí, rozdíl je v tom, že náčrt nakreslíme z poloviny, protože tam umístíme osu, podle které zvolíme rotaci příkazem rotovat a vytvoříme rotovanou součást (Obr. 14).



Obr. 14. Tvorba rotované součásti

Tvorba skořepiny: vznikne příkazem skořepina, označením plochy určíme odebraný objem součásti.

Materiál se odebere tak, že zůstane skořepina navolené tloušťky.

Tvorba závitů: modelován příkazem závit. Na kartě specifikace najdeme druh a velikost závitů a vytvoříme.

Tvorba tažené součásti: táhneme profil po předem nadefinované dráze, kterou jsme si vytvořili.

Tvorba díry: na vymodelovaném tělesu si v 2D náčrtu zvolíme bod, zakótujeme ho, dokončíme náčrt a v panelu nástrojů stiskneme tlačítko díra. Nakonec nastavíme parametry a potvrdíme.

10.2 Pole sestavy

Do sestavy vložíme postupně vymodelovaná tělesa a začneme je skládat dohromady pomocí vazeb. Některé díly se vloží z obsahového centra, jen je vybereme, a pokud je potřeba tak upravíme velikost dílů na požadovaný rozměr. Jedná se o matice, šrouby, ložiska a další z databáze obsahového centra.

- Tvorba vazby:**
- vazbu proti sobě vytvoříme tak, že v nabídkové ploše stiskneme tlačítko vazby, vybereme vazbu proti sobě, určíme dotykové plochy těles a stiskneme připojit.

 - podobným způsobem vytvoříme vazbu vložit, rozdíl spočívá v tom, že se tělesa vkládají do sebe, využíváme to například u vkládání šroubů do otvorů se závitem.

 - poslední využitou vazbou je úhel, touto vazbou řídíme pohyb motoru.

11. Závěr

V této práci jsem rozdělil tepelné motory, nastínil jejich význam a historii. Zjistil jsem, že výhodou raketového motoru je fungování i mimo naši atmosféru. Dále jsem zjistil, že spalovací a vznětové motory jsou nejrozšířenějšími motory využívanými v dopravě a že Stirlingův motor je tepelný motor budoucnosti, protože v této době se začínají užívat typy, které neznečišťují ovzduší. Mě osobně tato práce vedla k uvědomění si, jak významné tepelné motory jsou. Jsou pro lidstvo jednou z nejdůležitějších pohonných jednotek, bez kterých bychom se rozhodně neobešlo.

Použitý SW

Microsoft office word 2007

Microsoft office powerpoint 2007

Autodesk Inventor 2011

Zdroje

Přílohy

CD: prezentace postupu Stirlingova motoru, sestava modelu Stirlingova modelu v Inventoru, Video s pohybem modelu.

Knihy

[1] LEPIL, Oldřich; BEDNAŘÍK, Milan; HÝBLOVÁ, Radmila; *Fyziky I: pro střední školy*. 4. vyd. Praha: Prometheus, 2007. 266 s. ISBN 978-80-7196-184-0

[2] SKOPAL, Vlastimil; ADÁMEK, Jindřich; HOFÍREK, Mojmír. *Stavba a provoz strojů IV: Konstrukční uspořádání provoz a údržba*. 1. vyd. Praha: SNTL- Nakladatelství technické literatury, 1982, 424 s. ISBN -----

[3] TVRZSKÝ, Jaroslav. *Mechanika: Pro II. ročník středních průmyslových škol elektrotechnických*. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1962, 253 s. ISBN -----

[4] ŠULC, Jan. *Technologická a strojnická měření: Pro SPŠ strojnické*. 3. vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1986, 418 s. ISBN -----

[5] ŠVERCL, Josef; VÁVRA, Josef. *TECHNICKÉ KRESLENÍ II: Deskriptivní geometrie pro střední průmyslové školy strojnické*. vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1981, 193 s. ISBN -----

[6] VONDRÁČEK, Vlastimil; STŘEDA, Ivo; MAMULA, Vladimír; HLINKA, Miloš. *MECHANIKA IV MECHANIKA TEKUTIN A TERMOMECHANIKA: pro SPŠ strojnické*. 2. vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1985, 252 s. ISBN -----

Článek v Časopisu

[7] -, -. Stirlingovy motory. *Alternativní Energie*. 2000, roč. 2000, č. 5, 6. S. 6.

Webová stránka

[8] Tepelný motor. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, last modified on 13. 3. 2011 [cit. 2011-03-21]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepelný_motor>.

[9] První termodynamický zákon. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, last modified on 12. 2. 2011 [cit. 2011-01-20]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/První_termodynamický_zákon> .

- [10] Druhý termodynamický zákon. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, last modified on 30. 1. 2011 [cit. 2011-03-15]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Druhý_termodynamický_zákon>.
- [11] Parní stroj. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, last modified on 23. 3. 2011 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Parní_stroj>.
- [12] Vznětový motor. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, last modified on 8. 3. 2011 [cit. 2010-12-11]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Vznětový_motor>.
- [13] Zážehový motor. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, last modified on 20. 2. 2011 [cit. 2011-01-24]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Zážehový_motor>.
- [14] Dvoudobý spalovací motor zážehový. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, last modified on 1. 2. 2011 [cit. 2011-01-18].
- [15] Čtyřdobý spalovací motor. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, last modified on 15. 2. 2011 [cit. 2010-12-25]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Čtyřdobý_spalovací_motor>.
- [16] Parní turbína. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, last modified on 23. 11. 2010 [cit. 2011-01-14]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Parní_turbína>.
- [17] Plynová turbína. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, last modified on 25. 1. 2011 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Plynová_turbína>.
- [18] Proudový motor. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, last modified on 12. 1. 2011 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Proudový_motor>.
- [19] Raketový motor. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, last modified on 2. 3. 2011 [cit. 2011-03-10]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Raketový_motor>.
- [20] *Mve.energetika.cz* [online]. 2006 [cit. 2011-03-21]. Teplovzdušné motory. Dostupné z WWW: <<http://mve.energetika.cz/uvod/stirling.htm>>.

- [21] Stirlingův motor. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, last modified on 17. 3. 2011 [cit. 2011-03-14]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Stirlingův_motor>.
- [22] ZAVADILÍK, Petr. *Mvegorvin.mysteria.cz* [online]. 2004 [cit. 2011-03-01]. Tepelné motory. Dostupné z WWW: <<http://www.gorvin.mysteria.cz/stirling.htm>>.

Převzatý materiál:

Obr. 1. Zdroj: *Nakreslen dle výukového programu termika, využívaný ve škole*

Obr. 2. Zdroj: <http://www.aspanek.cz/picture/parni.gif>

Obr. 3. Zdroj: <http://www.hk-phy.org/> a následně upraven

Obr. 4. Zdroj: <http://www.skoda.cz/images/578.jpg>

Obr. 5. Zdroj: <http://www.mzak.cz/motory/nk-8/NK82U1.JPG>

Obr. 6. Zdroj: <http://mve.energetika.cz/uvod/stirling.htm>

Obr. 8. Zdroj: *Technologická a strojnická měření*

Obr. 9. Zdroj: *Mechanika: pro II. ročník průmyslových škol elektrotechnických*

Obr. 10, 11. Zdroj: *Technická kreslení II: Deskriptivní geometrie pro SPŠ strojnické*