

MODEL STIRLINGOVA MOTORU

THE MODEL STIRLING ENGINE

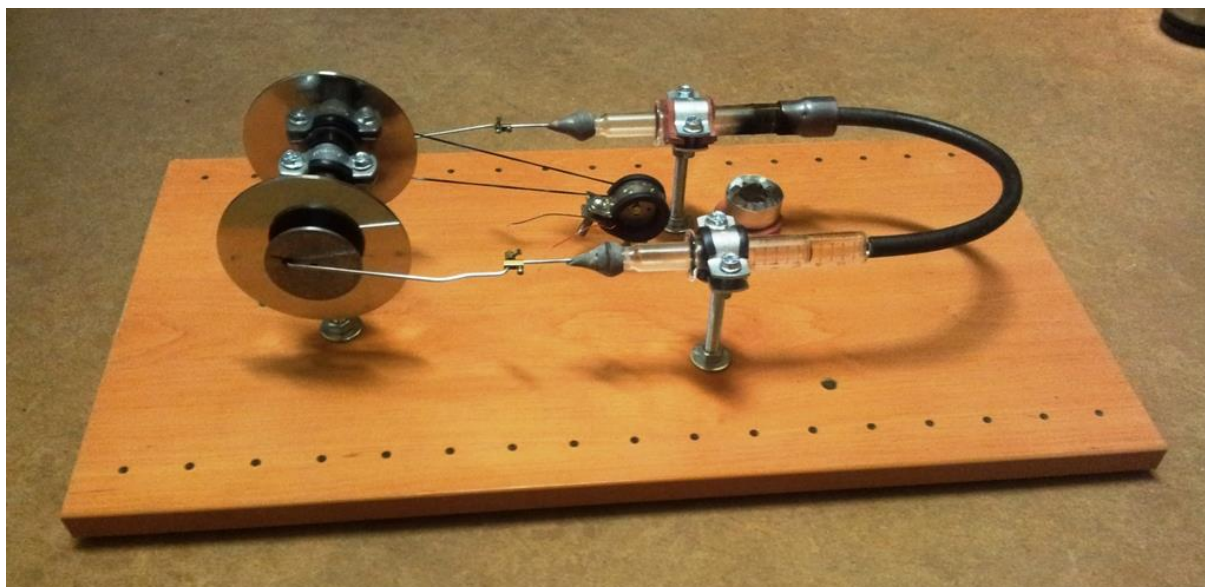
VLADIMÍR KABRT

Resumé

Článek popisuje výrobu a funkci modelu Stirlingova motoru. Stirlingův motor je uzavřený, atmosférický, horkovzdušný, pístový, vzduchem chlazený motor s vnějším spalováním. Model lze využít ve výuce na základních a středních školách jako výukový prostředek v technických předmětech. Pomocí modelu lze demonstrovat mmj. roztažnost plynů, setrvačnost, termodynamické jevy a přeměnu tepelné a mechanické energie na elektřinu.

Abstract

The article describes the production and function of the model Stirling engine. Stirling engine is a closed, atmospheric convection, piston, air cooled engine with external combustion. The model can be used as a teaching tool in technical subjects at primary and secondary schools. The model can demonstrate for example an expansion of gas inertia, a thermodynamic phenomena and a conversion of thermal and mechanical energy into electricity.



Obr. 1 - Finální výrobek

ÚVOD

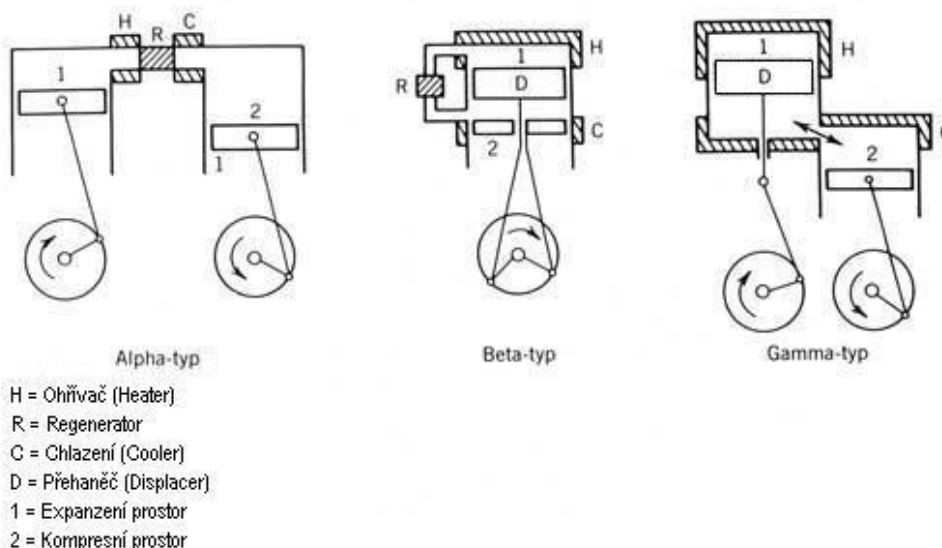
Cílem autora bylo vytvořit pomocí dostupných technických prostředků a materiálů funkční model Stirlingova teplovzdušného motoru, a to konfigurace alfa.

POPIS STIRLINGOVA MOTORU

Jak je již výše popsáno, jedná se o uzavřený, atmosférický, horkovzdušný,

pístový, vzduchem chlazený motor s vnějším spalováním. Existují tři základní typy těchto motorů: alfa, beta a gamma. Autor zvolil ke konstrukci nejméně běžný typ alfa. Snahou bylo použít co nejjednodušší konstrukci.

Typ alfa znamená, že motor má dva oddělené pracovní písty. Jeden z válců je ohříván.



Obr. 2. – Základní typy Stirlingova motoru

V „teplém“ válci dochází k expanzi, ve „studeném“ ke kompresi. Oba válce jsou propojené trubičkou. Písty jsou vůči sobě natočeny o 90 stupňů. Úhel 90° zde tvoří jakýsi 'předstih' a dává pracovnímu médiu (vzduchu) čas ohřát se nebo naopak ochladit.

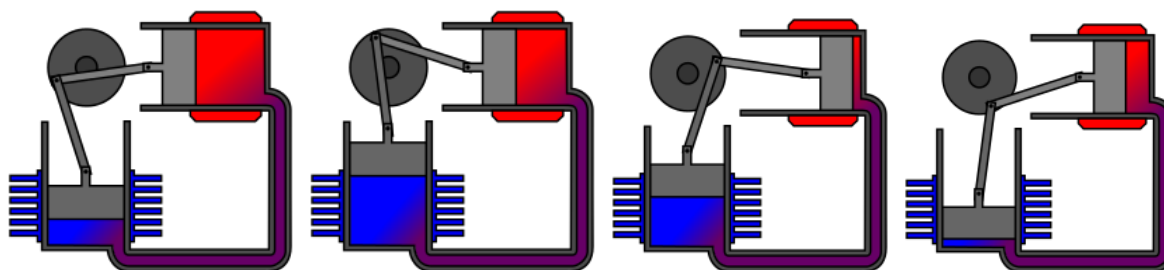
HISTORIE

První použitelný teplovzdušný motor sestrojil Sir George Cayley již kolem roku 1807. Svůj motor si ale nedal patentovat. Patent si podal až skotský pastor Robert Stirling v roce 1816. Ten v roce 1818 postavil stroj, který čerpal vodu z lomu. Hlavní motivací při konstrukci motoru byla snaha nahradit parní stroj, kterému příslušelo mnoho smrtelných zranění.

Na svém vrcholu stanuly teplovzdušné motory na přelomu 19. a 20. století. Poté se objevily první spalovací motory a poptávka i vývoj teplovzdušných motorů začala bohužel postupně slábnout.

PRINCIP STIRLINGOVA MOTORU

Stirlingův motor je stroj s uzavřeným cyklem, obsahuje tedy stálou náplň plynu, v našem případě vzduch. Stroj je utěsněný a množství plynu se nemění. Motor prochází čtyřmi hlavními pracovními fázemi: chlazením, kompresí, ohřevem a expanzí. Toho se dosahuje přesunováním pracovního plynu tam a zpátky mezi teplým a studeným válcem (výměnkem). Teplý válec je v kontaktu s externím zdrojem tepla, jako je například hořák pro spalování paliva. Změna teploty způsobí příslušnou změnu tlaku plynu, zatímco pohyb pracovního (teplého) pístu způsobí expanzi nebo kompresi plynu. Plyn se chová v souladu s termodynamickými zákony, které popisují, v jakém vzájemném vztahu jsou stavové veličiny plynu: tlak, teplota a objem. Z rozdílu práce získané při pracovním zdvihu a spotřebované při vratném zdvihu dostaneme čistou získanou práci na jeden pracovní cyklus. Čím větší je teplotní spád – rozdíl mezi studeným a teplým pístem, tím větší účinnost stroje.



Obr. 3 – 1.-4. doba motoru

1. doba:

Plyn se zahřívá v „teplém“ válci a jeho roztahováním dochází k adiabatické expanzi, která pokračuje ve studeném válci. Ten je o 90° pozadu za teplým pístem v cyklu klikového mechanismu a odebírá energii horkému plynu. Píst koná práci.

2. doba:

Plyn má největší objem. Píst teplého válce začíná přesunovat plyn do studeného válce, kde se ochladí, tlak klesne a vznikne podtlak. Plyn chladne.

3. doba:

Skoro všechnen plyn je ve studeném válci a dále se ochlazuje. Studený píst hnaný setrvačnickem stlačuje pracovní plyn.

4. doba:

Plyn dosáhl minimálního objemu. Bude se v teplém válci ohřívat a expandovat. Přitom bude pohánět teplý píst při pracovním zdvihu. Celý cyklus se opakuje.

VÝHODY A NEVÝHODY STIRLINGOVA MOTORU

Mezi výhody patří: tichost, bezpečnost, jednoduchost, nenáročnost na obsluhu a údržbu. Je možno použít jakéhokoliv paliva (pevné, kapalné, plynné). Není nutné spalování, ale lze použít i jiný zdroj tepla, například sluneční záření. Tento stroj má potenciál být velice ekologickým. Účinnost Stirlingova motoru je udávána až 20%, což je více než parní stroj. Nejsou potřeba žádné ventily, na rozdíl od jiných typů pístových motorů.

Nevýhodou je malá výkonnost vzhledem k hmotnosti. Dále obtížná regulace otáček (nehodí se pro mobilní aplikace – automobily).

VYUŽITÍ STIRLINGOVA MOTORU

Stirlingovy stroje jsou využitelné od topení a chlazení až k pohonu ponorek. Stirlingův stroj může ale pracovat i reverzně jako tepelné čerpadlo pro chlazení a topení. Další použití zahrnuje: kogenerace elektřiny a tepla, solární kolektory, Stirlingovy kryogenické generátory, tepelná čerpadla, námořní motory (ponorky) a motory pro malé tepelné spády. V afrických zemích a také ve Španělsku (Plataforma Solar de Almeria) fungují „stirlingy“ v ohnisku parabolických zrcadel k výrobě elektřiny.

V poslední době uvažuje NASA o využití Stirlingova motoru ohřívávaného radioaktivním rozpadem pro generování elektrické energie na kosmických sondách, které budou zkoumat vnější oblasti sluneční soustavy.

POPIS VLASTNÍHO MODELU

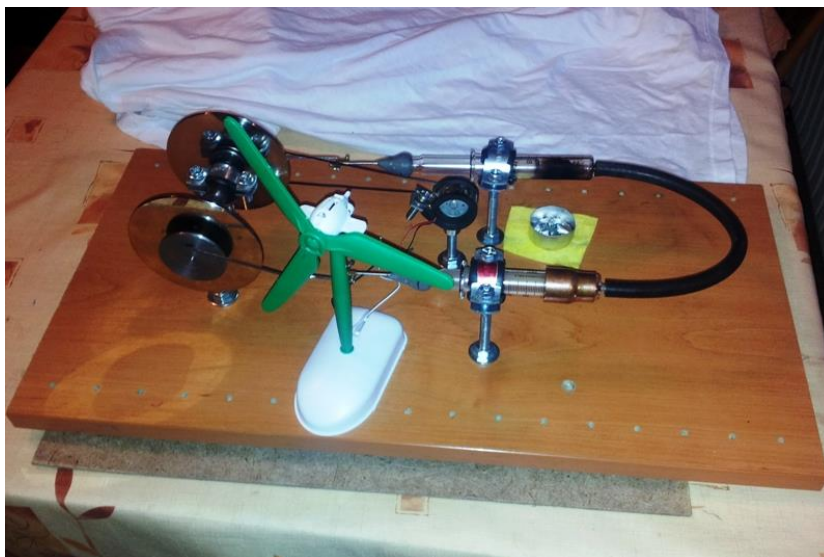
Nejdůležitější částí jsou písty a válce. Ty tvoří skleněné injekční stříkačky, odolné teplotám okolo 200°C. Písty bylo nutné nejprve pomocí brusného papíru (o zrnitosti 2500) zbrousit tak, aby se minimalizovalo tření a zároveň zachovala těsnost. Pomocí dvousložkového lepidla (Bizon) se k pístům připevnila tyčka – dráty na kolo. Po zatvrdnutí bylo nutné přebytečnou hmotu zbrousit, aby se snížila hmotnost vedení. Dráty od pístů jsou zkrácené a pomocí elektrikářských spojek propojené se setrvačником. Aby se minimalizovalo tření pístů v horní a dolní části, pomocí dalších el. spojek je vyroben kyvný mechanismus.

Hlavní části setrvačnicku tvoří ložiska ze starého počítačového disku a 4 kovové disky. Řemenice a gumička je použita z rozebraného autorádia. Ke spojení všech dílů na základní desku (lamino) byl použit systém instalatérských objímek na topenářské trubky a šrouby s matkami M8.

Propojovací „potrubí“ tvoří silnostěnná hadice na vzduchotechniku, která nahradila původní hliníkovou trubičku. Topeniště tvoří hliníkový kalíšek z čajové svíčky. Topidlem je technický líh, pro svoji velkou výhřevnost.

Propojovací hadičku jsem opatřil krytem z měděné přechodky, jako ochranu proti plamenu. Podobná přechodka tvoří chladič na studeném válci a pomáhá „studený“ válec chladit.

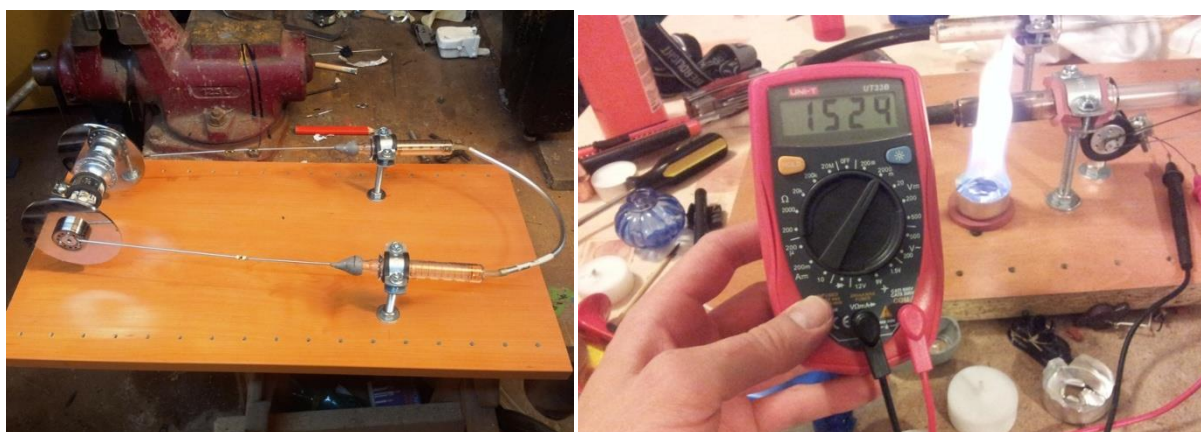
Mrtvý prostor studeného a teplého pístu je 0,5cm a 2,5cm, pracovní zdvih pístů 3 cm. Model je z části inspirovaný modely z internetu a z větší části vznikl vlastním vývojem metodou pokus – omyl.



Obr. 4 - Ukázka zapojení el. spotřebiče - větráčku

Hotový model je třetí vylepšovanou verzí. První verze motorů nefungovaly. V původní verzi byl například sestrojen setrvačnick z pomoci kombinace náboje jízdního kola (kuličková ložiska) a různých částí z pevného disku. Tyto části bylo nutné různě upravovat, brousit, vrtat, slepovat, atd. Tento setrvačnick měl ale velké tření, nepomohlo ani mazání řídkým silikonovým olejem. Následovala další neúspěšná verze setrvačnicku s uchycením tyček jako klikového mechanismu (jako vačkový hřídel).

Jedním z největších problémů při výrobě bylo nastavení „předstihu“, tedy komprese. Dle teoretických poznatků měl být studený píst opožděn o 90stupňů. S takovým nastavením ale stroj nefungoval. Fungovat začal při cca 110 stupních. Lze předpokládat, že to je z důvodů malé síly stroje, který nedokáže překonat tak velkou kompresi.



Obr. 5 - První verze motoru, Obr.6 - měření získaného el. napětí

ZÁVĚR

Model je funkční, ale je stále inovován. Motor dosahuje cca 500 otáček za minutu. Při zapojení generátoru el. energie (motůrku z rozebrané CD-ROM mechaniky) stroj vyrábí cca 1,5 V.

Jak je uvedeno v úvodu, model lze využít ve školství v technických předmětech mmj. jako ukázka přeměny teploty a mechanické energie na elektrickou. A dále v termodynamice, kdy lze aplikovat teoretické poznatky i početně stavové veličiny, vypočítat stavovou rovnici a teplotní spád (gradient).

POUŽITÉ ZDROJE A OBRÁZKY

- *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Stirlingův motor* [online]. c2015 [citováno 10. 05. 2015]. Dostupný z WWW:
<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Stirling%C5%AFv_motor&oldid=12436405>

Kontaktní adresa

Vladimír, Kabrt, Bc., KMT FPE ZČU v Plzni, 724 317 562, e-mail: vkabrt@students.zcu.cz