

Model Stirlingova motoru

Stirling Engine Model

Jan Bílek, OK1TIC

Úvod

Princip Stirlingova motoru je znám bezmála 200 let. Je založen na periodické kompresi a expanzi plynu uzavřeného v soustavě dvou válců, kdy vstupující energie má formu tepla a vystupující energie je mechanická (rotující setrvačnik). Elegance tohoto nedoceňovaného motoru vidím především v absenci jakýchkoliv explozí známých z běžných spalovacích motorů a jeho relativně vysoké účinnosti.

V tomto článku Vám popíši konstrukci mnou zhotoveného modelu tohoto motoru.

Motivace

Proč jsem se vlastně začal zabývat tímto typem motoru?

Hlavním důvodem byl v mém případě fakt, že tento typ motoru nabízí relativně snadný způsob generování elektrické energie. Může být rovněž alternativou k drahým fotovoltaickým panelům. Alternativu s větší účinností (v případě komerční výroby), alternativu, kterou lze „jakš takš“ vyrobit i amatérsky doma (na rozdíl od fotovoltaických článků).

Ovšem jak lze vyrobit za pomoci Stirlinga elektrickou energii ze sluneční energie jako je tomu u fotovoltaických panelů?

Jednoduše! Do ohniska parabolického reflektoru vyrobeného z vysoce odrazivé hmoty vložíte Stirlingův motor, na který je mechanicky navázáno dynamo či jiný měnič mechanické energie na elektrickou a máte ideální zdroj elektrické energie. Toto není fikce ani výplod bujné fantazie, toto je realita, která se začíná pomalu ve světě prosazovat (čtete např. zde: [1]).

Principy fungování motoru

Kdybych zde měl popsat principy fungování Stirlingova motoru, zřejmě bych musel popsat mnoho stránek. A to se mi moc nechce. Nemluvě o tom, že se na to ani necítím být dostatečně teoreticky zdatný. Přiznám se, jsem spíše praktik než teoretik, a čtenáře tedy raději odkazuji na bohaté internetové zdroje: [2], [3], [4], [5]. a v dalším textu budu tiše předpokládat jistou znalost základních principů fungování tohoto motoru.

Na tomto místě bych ovšem rád ještě zmínil alespoň pár základních faktů o motoru:

- **VÝHODY:**

- motor je poháněn libovolným zdrojem tepla - např.:
 - spalováním libovolného typu paliva
 - fokusací slunečního záření
 - odpadním teplem
- v motoru nedochází k explozivnímu spalování nýbrž ke kontinuálnímu
- malá hlučnost, vibrace

- nízké provozní náklady
- vysoká jednoduchost => velká spolehlivost
- dlouhá doba mezi údržbami
- *NEVÝHODY:*
 - motor se komerčně nevyrábí, tudíž není cenově dostupný
 - motor má méně příznivý poměr hmotnost-výkon
 - motor je náročný na materiály, které musí vydržet i relativně vysoké teploty při minimální roztažnosti
- *APLIKACE:*
 - alternativa k fotovoltaickým panelům
 - kogenerační jednotky
 - pohon pro stroje, kde nevdá větší rozměry a hmotnost
 - tepelné čerpadlo
 - geotermální elektrárny

Má konstrukce

Z důvodů jednoduchosti a dostupnosti vhodných surovin jsem zvolil gamma konfiguraci motoru, kdy hlavní válec obsahující přemíst'ovač (angl. Displacer) je vyroben z plechovky od bombónů a malý válec je vyroben z malé hliníkové trubky. Na setrvačnik jsem využil dvě k sobě slepená CD. Celý motor je usazen v jednoduché dřevěné konstrukci a zdrojem tepla je jedna nebo dvě malé svíčky. Schéma motoru je zobrazeno na obr. 1, obrázky 2 a 3 obsahují několik fotografií.

Následující odstavce popisují jednotlivé části motoru:

1. Dřevěná konstrukce

Celý motor (jak oba válce /8/ a /14/, tak i kliková hřídel /6/) je upevněn v jednoduché dřevěné konstrukci vyrobené ze třech prken o patřičných rozměrech. Prkna jsou k sobě spojena pomocí malých plechových úhelníků. Díra pro klikovou hřídel má průměr o milimetr větší než-li je průměr drátu použitého k výrobě klikové hřídele. Tím je zajištěno malé tření klikovky.

2. Chladič

Chladič je důležitou součástí mého modelu. Proč? Protože tento model má jednu základní nectnost – velký nežádoucí přenos tepla z teplé části motoru do studené části motoru skrze obvodové stěny velkého válce /14/. (blíže viz. Kapitola „Zkušenosti a doporučení“). Je tedy zapotřebí studenou část velkého válce co nejintenzivněji chladit.

Chladiče používám ve skutečnosti dva. Každý je přišroubován k víku velkého válce /14/ pomocí dvou šroubů. Tepelný kontakt je zlepšen teplovodivou pastou.

3. Vodící „čepička“

Tato součástka je použita proto, aby ojnice přemíst'ovače /4/ byla vedena pouze svislým směrem a aby nedocházelo k jakémusi vyosování a naklánění přemíst'ovače do stran.

Čepička je vyrobena z hliníkového víčka od obalu doutníku. Je k víčku velkého válce /14/ připájena za pomoci kapaliny pro pájení hliníku. Otvor pro ojnici /4/ ve víčku je umístěn přesně nad otvorem pro ojnici, který se nachází ve víčku velkého válce /14/. Takto je zajištěno správné vedení ojnice.

4. Ojnice přemísťovače

Ojnice je vyrobena z tenkého drátku o průměru 0,6 mm. Drátek má na spodním konci připájenou malinkou trubičku o vnitřním průměru 0,8 mm a délce 4 mm. Trubička slouží jako kloub mezi drátkem přemísťovače /11/ a ojnici.

Ojnice je ke klikové hřídeli /6/ připevněna prostým několikanásobným obtočením drátku okolo klikovky. Obtočení musí být volné, aby se mohla ojnice pohybovat.

5. Ojnice výkonového pístu

Tato ojnice je stejné konstrukce jako ojnice /4/.

6. Kliková hřídel

Kliková hřídel je vyrobena z měděného drátu o průměru 1,5mm. Drát je zahnutý tak, aby výkonovému pístu /5/ i přemísťovači /11/ poskytoval optimální zdvih a zároveň mezi nimi zajišťoval fázový posuv 90°.

Kliková hřídel prochází volně otvory v dřevěné konstrukci /1/. Na jedné straně je připevněna k setrvačníku /7/, na druhé straně je zajištěna proti vysunutí z dřevěné konstrukce /1/.

Hřídel je natvarovaná tak, aby měl přemísťovač /11/ zdvih zhruba 15mm (spodní úvrat'-horní úvrat') a výkonový píst /9/ zdvih zhruba 13mm (spodní úvrat'-horní úvrat').

7. Setrvačník

Setrvačník je vyroben ze dvou CD přilepených na středovou část plastového obalu od CD. CD jsou k sobě slepena vteřinovým lepidlem. Setrvačník je přilepen na klikovou hřídel /6/ pomocí tavné pistole.

8. Válec výkonového pístu

Válec je vyroben z hliníkové trubičky o vnitřním průměru 10mm a vnějším průměru 12mm. Její délka je 30mm. Tento válec je k velkému válci /14/ připájen – za pomoci kapaliny pro pájení hliníku.

9. Výkonový píst

Tento píst je vyroben z hliníkové tyčky o průměru 10mm a délce 25mm. Píst je k ojnici /5/ připevněn skrze drátek, který je k válci připájen pomocí kapaliny pro pájení hliníku.

10. Propojení válců

Oba válce jsou propojeny skrze otvor ve velkém válci /14/. Tento otvor má průměr zhruba 3-5mm.

11. Přemísťovač

Přemísťovač je vyroben z balzy. Tento materiál je dostatečně lehký a oproti polystyrenu odolává teplotám vyvolaných dvěma svíčkami. Jeho průměr činí 95mm, výška je 10mm.

V prostředku přemísťovače je upevněn drátek procházející skrze vodící „čepičku“ /3/. Drátek slouží k připojení přemísťovače k ojnici /4/.

12. Zdroj tepla

Jakožto zdroj tepla používám v mém případě jednu až dvě svíčky (ty nízké v hliníkovém obalu)

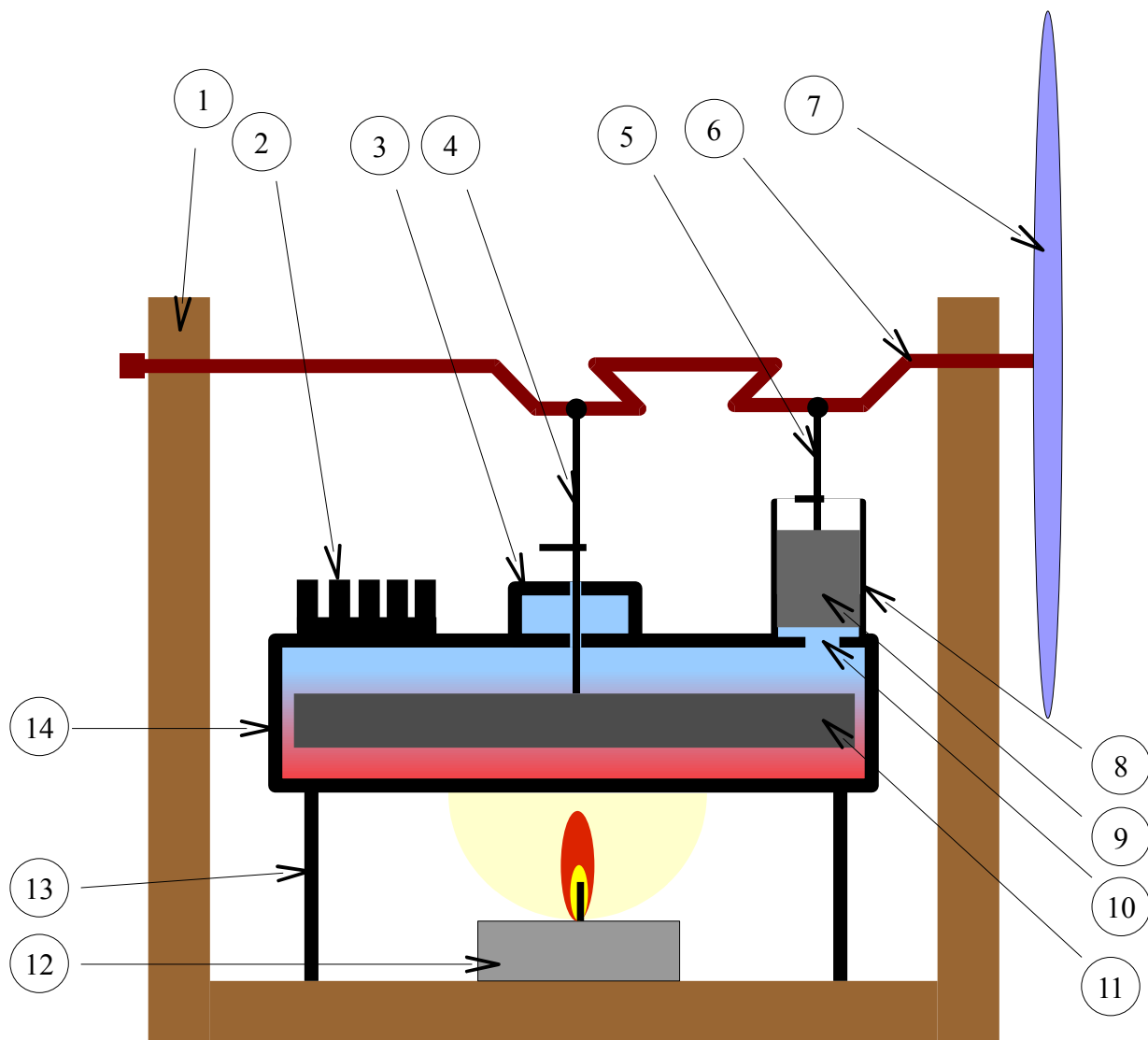
13. Podpěry

Motor (resp. velký válec /14/) je k dřevěné konstrukci /1/ připevněn pomocí tří podpěr. Podpěry jsou vyrobeny ze závitové tyče M3. Tyč je na jedné straně matkami přišroubována k dřevěné konstrukci /1/ a na straně velkého válce /14/ je pak zašroubována do závitových

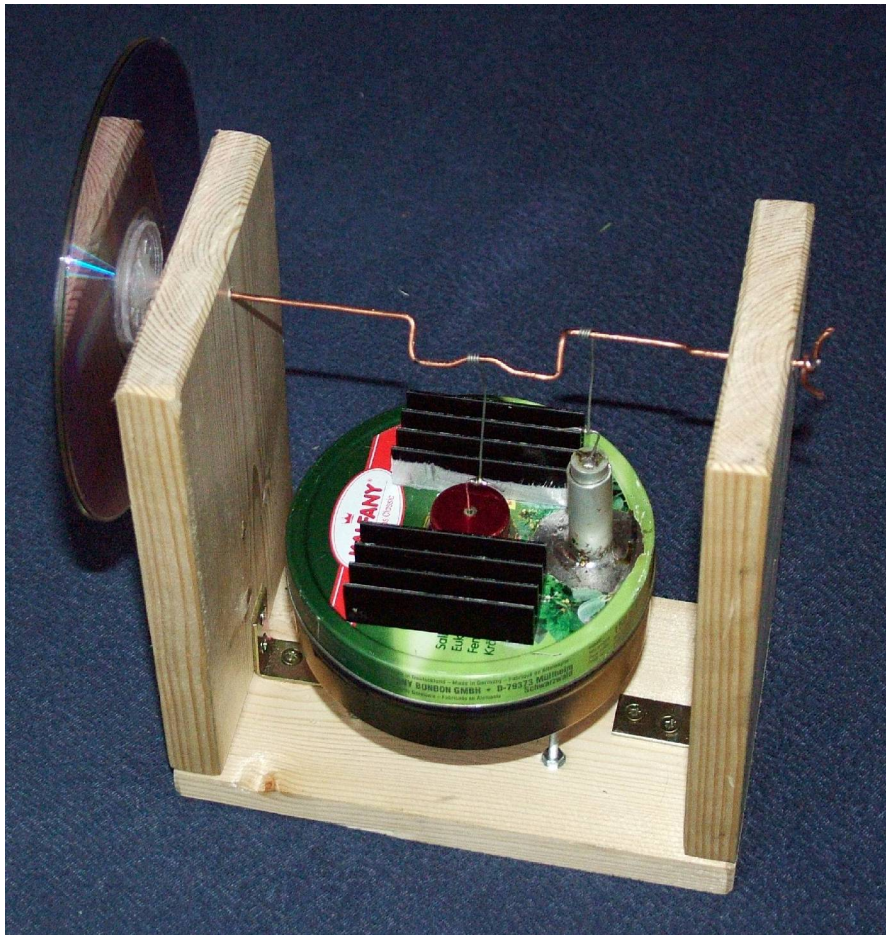
distančních šestihranných sloupků, které jsou k velkému válci /14/ připájeny pomocí kapaliny pro pájení niklu. Výška podvěr je zhruba 42mm.

14. Velký válec

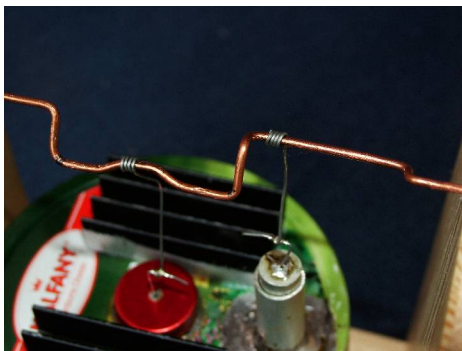
Tento válec je vyroben z kovové krabičky od bombónů. Její vnitřní průměr je 100mm a vnitřní výška 30mm. Dokonalá těsnost víčka je zajištěna jedním závitem izolačky nalepené na krabičce.



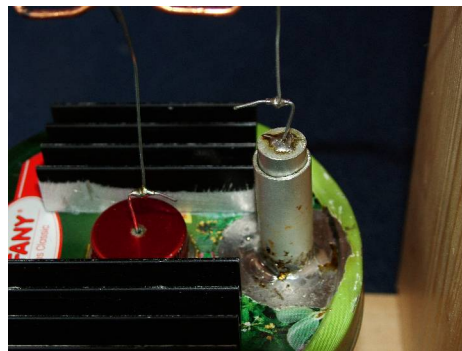
Obr. 1: Schéma modelu Stirlingova motoru



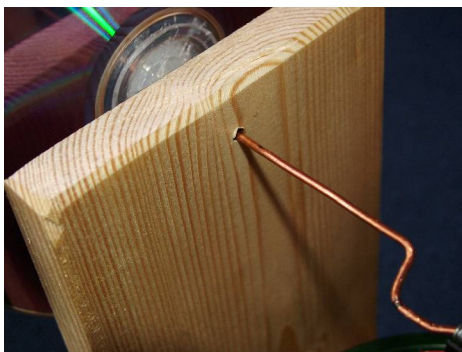
Obr. 2: Celkový pohled



a)



b)



c)



d)

Obr. 3: Detaily motoru: a- kliková hřídel, b- detail provedení ojníc, c- uchycení klikové hřídele, d- upevnění motoru

Zkušenosti a doporučení

Jak již bylo zmiňováno v předchozím odstavci, takto zkonstruovaný motor má jednu základní nectnost. A tou je velký nežádoucí přenos tepla z teplé části motoru do studené části skrze kovovou obvodovou stěnu motoru. Kdyby tato stěna byla vyrobena např. z plastu, přenos tepla by byl podstatně menší a motor by vykazoval znatelně lepší parametry. To ovšem znamená jinou konstrukci velkého válce a to již na tomto modelu nemá smysl dělat.

Díky této nectnosti motor funguje po omezenou dobu – cca 5 minut. Po této době se již horní (studená) stranba zahrřeje natolik, že teplotní rozdíl již nestačí pro chod motoru. A přidávat třetí svíčku již nelze, neboť se začne tavit cín u distančních šestihranných sloupků a cená konstrukce se stane nestabilní. Rovněž balze by se tato zvýšená teplota již nemusela líbit.

Další necností tohoto modelu je jeho netěsnost a vysoké tření. Tyto parametry jsou u Stirlingova motoru naprosto kritické. Tření musí být minimální a těsnost celé soustavy maximální, což je v domácích podmínkách při použití „recyklovaného“ materiálu a s minimálními finančními náklady těžké dosáhnout. Průchodka pro ojnici /4/ i výkonový píst /9/ do jisté míry „profukují“. To lze výrazně zlepšit intenzivním mazáním olejem. Průchodka pro ojnici se zakápne a na několik minut chodu motoru dostatečně těsní. Totéž platí u pístu /9/. Po chvilce však olej gravitací steče a profukování se opět objeví. Spotřeba mazacího oleje tedy není malá.

Další zjištěná fakta a doporučení již jen heslovitě:

- startovací doba (nahřátí motoru) trvá zhruba 2-3 minuty
- rychlost motoru je cca 100 ot./min.
- rychlost motoru je v tomto modelu odvislá především od energie dodávané svíčkami (více svíček nebo větší plamen = větší rychlost motoru)
- je vhodné studenou stranu motoru chladit ledem
- víčko motoru se rytmicky mírně prohýbá dovnitř a jak pracuje plyn uvnitř
- pro výrobu přemíst'ovače /11/ nepoužívejte polystyren. Nevydrží tak vysoké teploty.

Zdroje

- [1] <http://www.stirlingenergy.com/>
- [2] http://cs.wikipedia.org/wiki/Stirling%C5%AFv_motor
- [3] <http://www.stirling.cz/tedom-stirlinguv-motor-princip.html>
- [4] <http://mve.energetika.cz/uvod/stirling.htm>
- [5] <http://www.bekkoame.ne.jp/~khirata/>