

Předmět: BPC-OZU**Úloha č. 8 Tepelné čerpadlo****Cíl úlohy**

Cílem úlohy je seznámit se základními principy funkce Stirlingova motoru a jeho různými možnostmi uspořádání. Seznámení se s možností využití Stirlingova motoru jako tepelného čerpadla. Ověření funkce Stirlingova motoru v jeho základním uspořádání tak v uspořádání tepelného čerpadla.

Zadání úlohy

Určete typ použitého Stirlingova motoru. Pomocí topného elementu zahřejte výměník tepla a sledujte napětí a proud generovaný Stirlingovým motorem, příkon a teplotu na výměníku při různých hodnotách proudu. Následně budou vypočteny výkony a účinnost pro jednotlivé příkony a bude sestaven graf výkonu motoru v závislosti na dosažené teplotě a příkonu.

V druhé části úlohy připojíte ke hřídeli elektromotor a přiložením napětí ji roztočíte a budete sledovat, jak Stirlingův motor funguje jako tepelné čerpadlo při různých způsobech otáčení.

Kontrolní otázky

- 1) Určete modifikaci používaného Stirlingova motoru v laboratorní úloze.
- 2) Jaké jsou hlavní výhody Stirlingova motoru

Teoretický rozbor

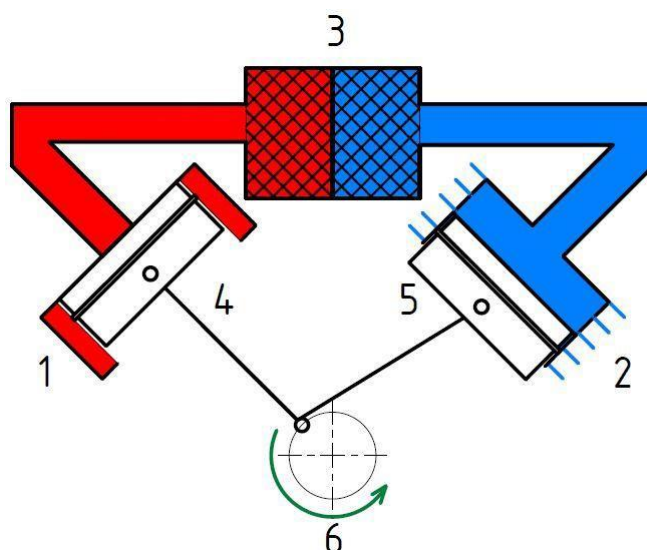
Vynález Stirlingova motoru se datuje již do roku 1816, kdy si jej nechal patentovat Robert Stirling. Jedná se o tepelný motor s vnějším spalováním, který byl vynalezen jako konkurence parního stroje za účelem odstranění rizika výbuchu parního kotle, což byla častá závada u prvních parních strojů. Byť byla jeho konstrukce velmi jednoduchá a bezpečnost oproti parnímu stroji vyšší zájem o jeho další rozvoj upadl po vynalezení elektromotoru a následně zážehového a vznětového motoru.

Jak již bylo zmíněno, jedná se o tepelný motor s vnějším spalováním, přesněji čtyřdobý pístový motor s vnějším ohřevem, u něhož nedochází k výměně pracovní látky během cyklů. Jako pracovní látka slouží plyn, v nejzákladnější konfiguraci vzduch, ale v ideálním případě se jedná o vodík nebo hélium, které se svými vlastnostmi nejvíce přibližují vlastnostem ideálního plynu, čímž se zvyšuje účinnost Stirlingova motoru. Základní princip Stirlingova motoru tkví v přeměně tepelné energie na energii mechanickou pomocí stlačování stálého množství pracovní látky při nízké teplotě a jejím následném rozpínání při vysoké teplotě. Díky faktu že práce spotřebovaná pístem na stlačení pracovního plynu je menší než práce, kterou píst odevzdá při jeho následném rozpínání, motor tak odevzdává užitečnou mechanickou energii. Stirlingův motor je, jak již bylo zmíněno jednoduchý z hlediska konstrukce a skládá se ze dvou hlavních částí a to ohřívače a chladiče aktivního media. Ohřívání náplně motoru probíhá v ohřívači a jeho teplota je udržována na stálé hodnotě,

přičemž platí, že čím větší rozdíl mezi teplotou ohřivače a chladiče tím vyšší bude mechanická práce, kterou motor vykoná. Zdrojem tepla může být fosilní palivo i obnovitelné zdroje jako je bioplyn, odpadní teplo či sluneční energie. Chlazení náplně probíhá v chladiči na odvrácené straně motoru. Součástí, která do velké míry ovlivňuje účinnost Stirlingova motoru, je regenerátor, umístěný mezi chladičem a ohřivačem. V případě využití regenerace není nezbytně nutné přivádět velké množství tepelné energie nutné k rozpínání pracovní látky jelikož je energie akumulována v regenerátoru při nižší teplotě než je teplota dováděná, ale vyšší teplotě než je teplota odváděná. Díky regenerátoru tak dochází k značnému zvýšení účinnosti z přibližně 19 % bez regenerátoru na zhruba 70 % s regenerátorem. Díky využití regenerátoru se účinnost Stirlingova motoru blíží účinnosti Carnotova cyklu.

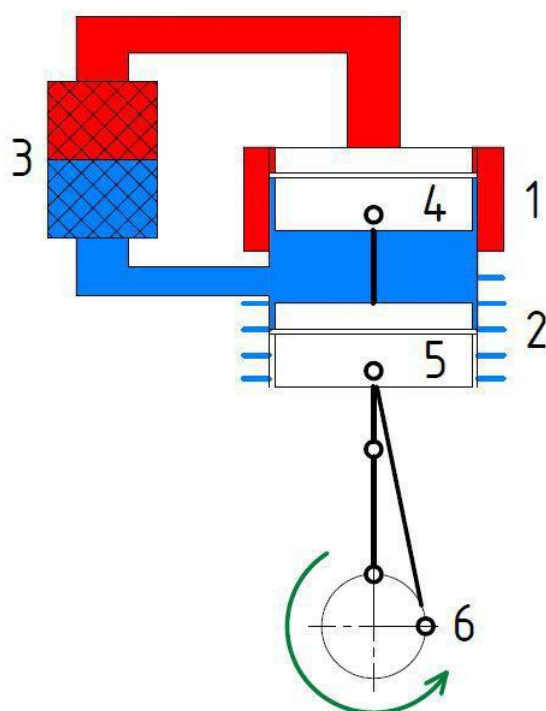
Základní konfigurace Stirlingova motoru

α -modifikace – jedná se o základní modifikaci Stirlingova motoru využívající dva válce, které jsou společně propojeny pomocí regenerátoru viz Obr. 1. Jeden válec je tedy nepřetržitě tepelně namáhán (ohřivač), přičemž druhý slouží jako chladič. Tato modifikace se používá u zařízení, na něž jsou kladeny vysoké tepelné nároky, jako jsou čerpadla či chladničky.



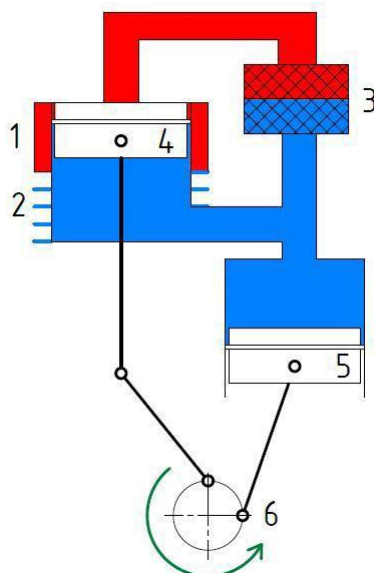
Obr. 1. α -modifikace Stirlingova motoru, 1 – ohřivač, 2 – chladič, 3 – regenerátor, 4 – expanzní píst, 5 – kompresní píst, 6 – setrvačnick

β -modifikace – jedná se o základní modifikaci Stirlingova motoru jak byla navržena Robertem Stirlingem. Tato modifikace využívá jeden společný válec pro oba písty, přičemž mezi studenou a ohřátou částí je vložen regenerátor viz Obr. 2. Na rozdíl od předchozího uspořádání nazýváme jeden píst pracovní a druhý přemísťovací jež slouží k přemísťování pracovního plynu z ohřívací do chladičské části. Výhodou tohoto uspořádání je malá velikost motoru a tím i menší hmotnost. Nevýhodou tohoto uspořádání je pak jeho konstrukční náročnost.



Obr. 2. β -modifikace Stirlingova motoru, 1 – ohříváč, 2 – chladič, 3 – regenerátor, 4 – přemísťovací píst, 5 – pracovní píst, 6 – setrvačník

γ -modifikace – tato modifikace je kombinací modifikace α a β . Tato modifikace využívá dva válce se společným chladným prostorem. Ve kterých se pohybují dva písty stejně jako v případě β modifikace se jedná o píst pracovní a přemísťovací viz Obr. 3. Tato modifikace je konstrukčně jednodušší než β modifikace, ale nevýhodou je více kluzných ploch a nižší účinnost.



Obr. 3. γ -modifikace Stirlingova motoru, 1 – ohříváč, 2 – chladič, 3 – regenerátor, 4 – přemísťovací píst, 5 – pracovní píst, 6 – setrvačník

Stirlingův motor jako tepelné čerpadlo

Při využití Stirlingova motoru jako tepelného čerpadla probíhá proces popsáný v předchozím textu opačně, tedy motor neprodukuje mechanickou práci, ale mechanická práce je dodávána. Dochází k roztáčení hřídele Stirlingova motoru pomocí vnějšího zdroje a výsledkem je díky snižování a zvyšování objemu plynu produkovaní tepla na straně ohříváče a chladu na straně chladiče.

Výhody Stirlingova motoru

- Tichý běh
- Možnost používat jakýkoliv zdroj tepelné energie
- Malá poruchovost
- Vysoká živostnost
- Malé zatížení okolí v porovnání se spalovacími motory

Nevýhody Stirlingova motoru

- Vysoká pracovní teplota ohříváče
- Vysoké tlaky plynu
- Vysoké nároky na těsnění systému
- Obtížná regulace výkonu
- Vysoké výrobní náklady

Postup měření

- 1) Počkejte na příchod vyučujícího který vám vysvětlí práci se Stirlingovým motorem.
- 2) Na zdroji ohřevu nastavte proud 9 A a počkejte na dosažení teploty přibližně 280 °C. Následně nastartujte rukou Stirlingův motor a nechte ustálit teplotu na termočlátku. Pomocí termočlátku změřte teplotu ohříváče. Zapište si hodnoty generovaného napětí a proudu z voltmetru a ampérmetru, jež jsou připojeny na nepájivém poli se zatěžovacím odporem, který je připojen k vývodům elektromotoru, dále si odečtete napětí ze zdroje pohánějící ohříváč. Měření zopakujte pro hodnoty proudu 10, 11, 12, 13 a 14 A
- 3) Vypočtete dosažené výkony a účinnost Stirlingova motoru pro jednotlivé příkony a následně vyneste do grafu, dále vyneste teploty při jednotlivých příkonech.
- 4) Zapojte Stirlingův motor do konfigurace tepelného čerpadla – vypněte zdroj ohřevu. Odpojte elektromotor od nepájivého pole a následně připojte elektromotor k laboratornímu zdroji.
- 5) Zapněte zdroj ohřevu, nastavte hodnotu proudu na 10 A a nahřejte ohříváč Stirlingova motoru na teplotu 300 °C, poté zdroj ohřevu vypněte. Následně pomocí termočlátku sledujte teplotu na konci ohříváče a zjistěte čas než teplota poklesne na 80 °C a nakonec na 35 °C.

-
- 6) Opětovně zapněte zdroj ohřevu, nastavte hodnotu proudu na 10 A a nahřejte ohřívač Stirlingova motoru na teplotu 300 °C, poté zdroj ohřevu vypněte. Následně na zdroji nastavte 10 V a pomocí termočlánku sledujte teplotu na konci ohřívače a zjistěte čas než teplota poklesne na 80 °C a nakonec na 35 °C.
 - 7) Otočte polaritu elektromotoru připojeného ke zdroji a znovu zapněte zdroj ohřevu, nastavte hodnotu proudu na 10 A a nahřejte ohřívač Stirlingova motoru na teplotu 300 °C, poté zdroj ohřevu vypněte. Následně počkejte až teplota poklesne pod 100°C na zdroji nastavte 10 V a pomocí termočlánku sledujte teplotu na konci ohřívače a zjistěte čas uběhlý od zhasnutí hořáku než teplota poklesne na 80 °C a nakonec na 35 °C.