



**Autor práce:** Bc. Petr Kirchner  
**Název práce:** Termodynamický návrh a optimalizace organického Rankinova cyklu /ORC/  
**Typ práce:** Diplomová

**Vedoucí:** Ing. Miloš Müller, Ph.D

**Pracoviště vedoucího:** Katedra energetických zařízení, Technická univerzita v Liberci

**A. Formální náležitosti práce: Velmi dobře mínus**

(Vyjádřete se k jazykové a typografické úrovni práce, struktuře textu, řazení kapitol, přehlednosti ilustrací a ke skladbě, správnosti a úplnosti citací literárních zdrojů)

Předkládaná diplomová práce je rozčleněna do šesti kapitol. V první a ve druhé kapitole jsou uvedeny motivace práce a teoretický úvod do technologie ORC s využitím parního motoru. Popis reálného ORC a jeho komponent ve třetí kapitole slouží jako podklad pro vytvoření virtuálního fyzikálního modelu ORC ve čtvrté kapitole. Aplikace sestaveného výpočetního modelu a ukázky některých výsledků jsou provedeny v páté kapitole. V závěru jsou pak shrnuty optimální režimy provozu. V práci se vyskytují gramatické chyby a formátování některých tabulek přesahuje okraje stránky. V kapitole popisující stechiometrický výpočet složení spalín chybí odkaz na literaturu. Některé i autorem generované obrázky jsou rozmazané.

**B. Řešení práce po teoretické stránce: Velmi dobře**

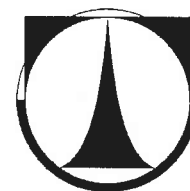
(Vyjádřete se k rozsahu a způsobu zpracování rešerše, způsobu popsání řešeného problému, případně k vhodnosti a náročnosti použité teoretické metody)

Rešeršní část práce zahrnuje stručný popis dvou ORC jednotek nabízených na trhu a dále obecný popis komponent, které jsou v rámci ORC cyklu využívány. V rešerši by bylo vhodné zmínit, zda jsou k dispozici aplikace umožňující výpočet ORC. Teoretický popis zahrnuje zejména fyzikální modely jednotlivých komponent cyklu a také popis výpočtu složení spalín. Použité metody odpovídají rozsahu řešeného problému a jsou vhodně aplikované. V obrázku 2.11. jsou zaměněny indexy představující pracovní a zdvihový objem motoru a u textu za stejným obrázkem není zřejmé, zda je součástí popisu obrázku.

**Praktická část práce: Velmi dobře**

(Vyjádřete se k přiměřenosti a náročnosti použitých metod, k úrovni a množství získaných dat.)

V praktické části práce je v souladu se zadáním sestaven virtuální model reálného ORC cyklu. Základem pro výpočet bylo vytvoření databáze vlastností použitého chladiva, aby bylo možno provádět výpočty v odpovídajícím rozsahu parametrů. Jednotlivé fyzikální modely byly naprogramovány v prostředí software Matlab. Aplikace provádí výpočty stavových veličin v jednotlivých bodech cyklu a výpočty přeneseného tepla a práce a umožňuje do řešení zahrnout rekuperační výměník. Z důvodu vysoké složitosti není ve výpočtech zahrnut detailní model parního motoru. Ze stejného důvodu model nezohledňuje příměs maziva do pracovní látky. Na základě potřebného a odvedeného tepla jsou provedeny výpočty teplosměnných ploch kondenzátoru a generátoru páry. Pro výpočet teplosměnných ploch je použita metoda LMTD.



**C. Rozbor získaných výsledků:**

**Velmi dobře**

(Vyjádřete se k úrovni zpracování získaných dat, včetně určení nejistot měření, k diskusi výsledků a formulování závěrů.)

V rámci získaných výsledků jsou realizovány dva základní případy a to ORC bez rekuperace a bez přehřátí a ORC s rekuperací a s přehříváním. Z textu není zřejmé, proč byly zvoleny právě tyto dvě varianty. Rozsahy vstupních parametrů jsou definovány odpovídajícím způsobem v závislosti na provozu skutečného cyklu. Výstupy jsou především změny účinností a teplosměnných ploch v závislosti na vstupních parametrech cyklu. Autor se v jednotlivých případech snaží vysvětlit fyzikální podstatu získaných charakteristik. V práci je uvedeno i porovnání s referenčními daty poskytnutými společností Polycomp. Pro některé případy je provedeno ekonomické vyhodnocení. Tabulka ekonomického hodnocení 5.6. obsahuje zřejmě překlep, neboť je nelogické, aby při tak dlouhé době návratnosti byla hodnota NPV téměř 29 milionů.

**D. Celková úroveň a náročnost práce:**

**Velmi dobře**

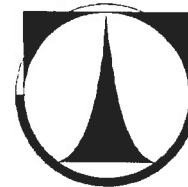
(Vyjádřete se k celkové náročnosti a rozsahu práce a k původní práci studenta.)

Předkládaná práce úzce navazuje na současné požadavky kontinuálního snižování energetické náročnosti technologických procesů a jedná se proto o velmi aktuální téma. Vlastní sestavení modelu představuje velmi náročný soubor dílčích kroků jako je implementace materiálové databáze chladiwa, termodynamický výpočet vlastního cyklu, výpočet stechiometrického složení spalin a výpočet teplosměnných ploch výměníků. Všechny uvedené kroky student realizoval a zakomponoval do vlastního výpočetního modelu. Určitě by bylo přínosné, kdyby aplikace zahrnovala i uživatelské rozhraní, protože v současném stavu je dostupné pouze pro uživatele Matlabu. Návrh modelu nezahrnuje žádné specifické optimalizační algoritmy.

**Celkové zhodnocení:**

Cílem hodnocené diplomové práce bylo sestavit virtuální model reálného ORC, který by umožňoval výrobcí tohoto zařízení posoudit účinnost zařízení a náklady při změně měřítka cyklu. Sestavený virtuální model umožňuje implementaci výpočtu složení spalin a směšování se studeným vzduchem simulovat rozdílné zdroje odpadního tepla. Model umožňuje vypočítat potřebné velikosti teplosměnných ploch kondenzátoru, generátoru páry a množství vyrobené elektrické energie v závislosti na širokém spektru vstupních parametrů. Ekonomické hodnocení vhodnosti investice bylo provedeno pomocí externí aplikace. Bylo by však praktické tyto analýzy implementovat přímo do výpočetního modelu. Výsledky práce jsou představeny v celkem srozumitelné grafické formě, avšak kvalita některých obrázků je nízká. V práci se objevují pravopisné a topografické chyby, které v některých částech práce snižují srozumitelnost textu. Konfigurace použité pro testování modelu jsou použity bez odůvodnění, proč byly voleny právě tyto.

Vlastní práce představuje poměrně komplexní problém, jehož popis a řešení je značně obtížné. Vlastní model může posloužit konstruktérům při návrzích ORC cyklu ve zvětšeném či zmenšeném měřítku a pomoci odhadnout i některé investiční náklady. Zejména z tohoto důvodu by bylo vhodné vytvořit k modelu uživatelské rozhraní.



**Otázky k obhajobě:**

1. Proč byly v rámci aplikace výpočetního nástroje porovnávány právě varianty s přehříváním pracovní látky a bez přehřívání?
2. Proč je na rozdíl od ORC s turbínou u ORC s parním motorem nutné doplňovat do pracovní látky mazivo a jaké problémy může směs chladiva s mazivem představovat?
3. Jaký je v realizovaném ORC cyklu rozdíl mezi kondenzátorem a chladicí věží?
4. Můžete vysvětlit, co z praktického hlediska představují termíny „Vnitřní výnosové procento“ a „Čistá současná hodnota“?

**Celková kvalifikace:** Práce splňuje požadavky na udělení akademického titulu, a proto ji doporučuji k obhajobě

Navrhuji tuto práci klasifikovat stupněm **Velmi dobře**

**V Liberci dne 9.6.2016**

Podpisem současně potvrzuji, že nejsem v žádném osobním vztahu k autorovi práce



Podpis vedoucího