

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta strojní

Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel



Bakalářská práce

Externí zdroj tlakového oleje spalovacího motoru

Vedoucí práce:
Ing. Miloslav Emrich, Ph.D.

Vypracoval:
Katarína Balázsiová

Praha 2015

Anotace

Jméno autora:	Katarína BALÁZSIOVÁ
Název BP:	Externí zdroj tlakového oleje spalovacího motoru
Akademický rok:	2014/2015
Ústav:	Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
Vedoucí BP:	Ing. Miloslav Emrich, Ph.D.
Bibliografické údaje:	44 stran, 8 tabulek, 31 obrázků
Klíčová slova:	Viskozita oleje, spalovací motor, přetlak vůči atmosféře, teplota, průtok

Práce řeší mechanickou stránku návrhu externí jednotky coby zdroje tlakového oleje. Zabývá se návrhem funkčního schémata, volbou komponent použitelných v externí jednotce a uspořádáním komponent do sestavy. Předložená práce ověřuje vhodnost zvolených komponent v souladu s definovanými parametry motorového oleje a chladicí vody, která je na zkušebnách k dispozici a v souladu se stanovenými požadavky na podmínky, při kterých mají být měření realizována. Hlavním cílem práce je vytvoření modelu externího zdroje tlakového oleje spalovacího motoru v 3D modeláři.

Annotation

Author:	Katarína BALÁZSIOVÁ
Name of thesis:	External Source of Pressurized Engine Oil
Academic year:	2014/2015
Department:	Department of Automotive, Railway and Aerospace Engineering
Advisor:	Ing. Miloslav Emrich, Ph.D.
Work contents:	44 pages, 8 tables, 31 figures
Keyword:	Oil viscosity, combustion engine, overpressure relative to the atmosphere, temperature, flow

This thesis addresses the mechanical side draft of external source of pressure oil. It deals with the draft of functional diagram, selecting useful components and arrangement of the components in the assembly. Submitted work verifies the suitability of the selected components according to the defined parameters of engine oil and cooling water that is available in testing departments and according to specified requirements on the conditions under which the measurements are to be realized. The main aim is to create a model of an external source of pressurized engine oil in a 3D modeller.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracovala samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne

.....

Katarína Balázsiová

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu práce Ing. Miloslavovi Emrichovi, Ph.D. za vedení, cenné připomínky, odborné rady a pomoc při psaní a realizaci této práce.

Obsah

Seznam použitých symbolů	7
Seznam obrázků	8
Seznam tabulek	9
1. Úvod	10
2. Funkční schéma	12
3. Komponenty	18
4. Sestava komponent do funkčního celku	36
5. Závěr	38
Použité zdroje	39

Seznam použitých symbolů

Symbol	Fyzikální jednotka	Název
α	[°]	Vrcholový úhel zúžení
D	[m]	Průměr potrubí
ζ	[-]	Ztrátový součinitel
g	[ms ⁻²]	Gravitační zrychlení
h_z	[m]	Ztrátová výška
k_v	[m ³ h ⁻¹]	Jmenovitý průtok
n	[min ⁻¹]	Otáčky elektromotoru
p	[bar, kPa]	Přetlak média vůči atmosféře
P	[W, kW]	Výkon
Δp	[bar]	Tlaková ztráta
Q	[m ³ h ⁻¹ ; lmin ⁻¹ ; ls ⁻¹]	Průtok potrubím
ρ	[kgm ⁻³]	Hustota média
S	[m ²]	Plocha průřezu potrubí
t	[°C]	Teplota média
Δt	[°C]	Změna teploty média
τ	[min; s]	Doba ohřevu
U	[V]	Napětí
v	[ms ⁻¹]	Rychlost proudění

Seznam použitých zkratk

Symbol	Význam
BP	Bakalářská práce
ČSN	Česká státní norma
DIN	Německá národní norma
PID	Proporcionálně – integračně – derivační regulátor
VTP	Vědeckotechnický park

Seznam obrázků

Obrázek 1 Viskózní křivka	11
Obrázek 2 Striebeckův diagram	11
Obrázek 3 Funkční schéma externí jednotky	12
Obrázek 5 3D model sestavy	12
Obrázek 4 3D model sestavy	12
Obrázek 6 Zapojení pro zabezpečení konstantní teploty.....	15
Obrázek 7 Zapojení pro zabezpečení konstantního tlaku (demonstrováno čerpadlo motoru)	16
Obrázek 8 Zapojení pro zabezpečení konstantního tlaku (spuštěné čerpadlo motoru) ..	17
Obrázek 9 Zapojení pro nahrazení vlastního ohřevu.....	17
Obrázek 10 Kulový ventil	18
Obrázek 11 Tlakové ztráty kulových ventilů	19
Obrázek 12 Vodní filtr YD 6/4“ex	19
Obrázek 13 Závislost tlakové ztráty vodního filtru na průtoku.....	20
Obrázek 14 Termostatický ventil FJVA20	20
Obrázek 15 Ztrátový součinitel při změně průměru potrubí	22
Obrázek 16 Ztrátového součinitel kolena	24
Obrázek 17 Protiproudý tepelný výměník DVT CB30-100H.....	27
Obrázek 18 Olejový filtr 685-25-GR	30
Obrázek 20 Závislost maximálního provozního tlaku čerpadla na viskozitě média	30
Obrázek 21 Topné těleso na ohřev oleje	31
Obrázek 22 Doba ohřevu oleje v závislosti na velikosti tepelných ztrát.....	32
Obrázek 23 Třicestný změšovací ventil MXG461.20-5.0P.....	33
Obrázek 24 Přepouštěcí ventil 617tGFO DN20 FKM	33
Obrázek 25 PR-23-1-100-A-1/8-0600-M8.....	34
Obrázek 26 Upevňovací přesuvné šroubení	34
Obrázek 27 Průtokoměr oleje IND OG-SS-3/4“ F110PS-1-K-L	34
Obrázek 28 Sestava komponent	36
Obrázek 29 Řady hliníkových profilů 40x40 od firmy Alutec.....	36
Obrázek 30 Fixační úhelníky se záslepkami	37

Obrázek 32 Pojezdové otočné kolečko	37
Obrázek 31 Pojezdové otočné kolečko s brzdou	37

Seznam tabulek

Tabulka 1 Parametry pro provoz jednotky se soudobými motory	10
Tabulka 2 Parametry chladicí vody na zkušebnách.....	10
Tabulka 3 Ztrátová výšky termostatického ventilu	25
Tabulka 4 Tabulka vypočtených průtoků pro možné přívody chladicí vody	26
Tabulka 5 Výkon tepelného výměníku CB30-100H (n = 1450 min ⁻¹ ; t = 40°C).....	28
Tabulka 6 Výkon tepelného výměníku CB30-100H (n = 1450 min ⁻¹ ; t = 90°C).....	28
Tabulka 7 Výkon tepelného výměníku CB30-100H (n = 2900 min ⁻¹ ; t = 40°C).....	29
Tabulka 8 Výkon tepelného výměníku CB30-100H (n = 2900 min ⁻¹ ; t = 90°C).....	29

1. Úvod

Cílem práce je vytvořit návrh externí jednotky zdroje tlakového oleje pro spalovací motor. Jednotka bude na základě této práce fyzicky vyrobena a používána na zkušebně motorů Ústavu automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel (12120) a v Centru vozidel udržitelné mobility Josefa Božka (12201).

Obecné požadavky na toto zařízení vznikly na základě konzultací s vedoucím práce. Byly pevně definované parametry, které musí jednotka splňovat pro provoz se soudobými motory do výkonu přibližně 200 kW, viz Tabulka 1.

Průtok oleje do motoru	20 až 50 l/min
Teplota oleje	cca 20-120 °C
Tlak oleje	2-5 bar

Tabulka 1
Parametry pro provoz jednotky se soudobými motory

Současně byly ujasněné parametry chladicí vody, která je dostupná ve VTP a na zkušebně na Julisce (Tabulka 2).

VTP Roztoky

t [°C]	p (bar)
6	1,5
25	2,5
40	2,5

Zkušebna na Julisce

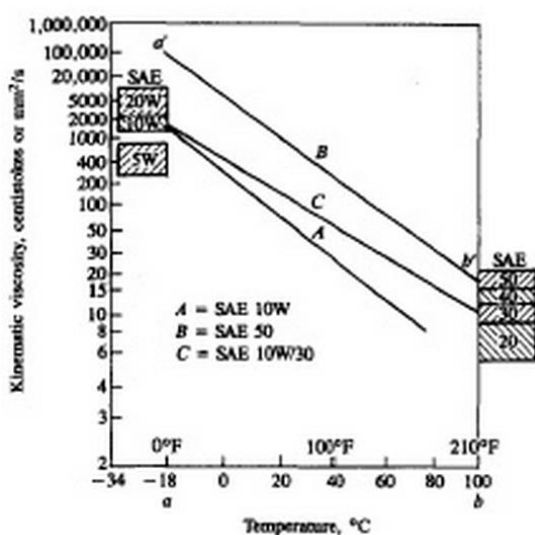
t [°C]	p (bar)
20	1
35	
20	2,2
35	

Tabulka 2
Parametry chladicí vody na zkušebnách

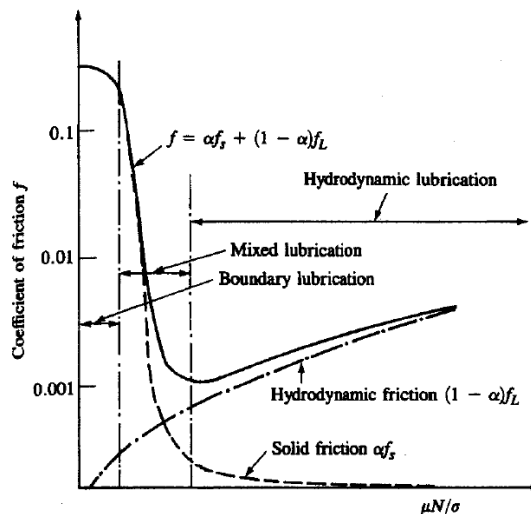
Východiska této práce tvořili výše uvedené informace a doporučená literatura ([5], [12], [16]). Práce je rozdělena na tři hlavní části. První část se zaměřuje na vytvoření funkčního schématu jednotky a popisu provozních režimů. Jsou nadefinované průřezy potrubí a požadavky na jednotlivé komponenty jednotky. V druhé části jsou zvolené vhodné komponenty od různých výrobců splňující požadované parametry. Poslední část práce zobrazuje koncepční návrh uspořádání komponent v mobilním vozíku, vše vytvořené ve 3D modeláři.

Motivací pro vytvoření takovéto jednotky je výzkum v oblasti pasivních odporů na Ústavu automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel a v Centru vozidel udržitelné mobility Josefa Božka. Pasivní odpory spalovacího motoru významně ovlivňuje viskozita oleje. Závislost viskozity oleje na jeho teplotě uvádí obrázek 1.

Na základě Striebeckova diagramu (Obrázek 2) má viskozita, teplota oleje a vzájemná rychlost výrazný vliv na empirický součinitel tření, který je úměrný pasivním odporům motoru. [16] Připravovaná jednotka by měla pomoci zajistit během měření konstantní teplotu mazacího oleje a zajistit motoru dostatečné množství mazacího oleje při konstantním tlaku. Požadavkem je, aby bylo možné hodnotu tlaku nastavovat ručním ventilem. Jednotka by měla umožňovat ohřev oleje, což se uplatní zejména při určování pasivních odporů metodou protáčení motoru za různých teplot oleje. Díky výkonnému chladiči oleje umožní jednotka provádět experimenty i za nízkých či atypických teplot.

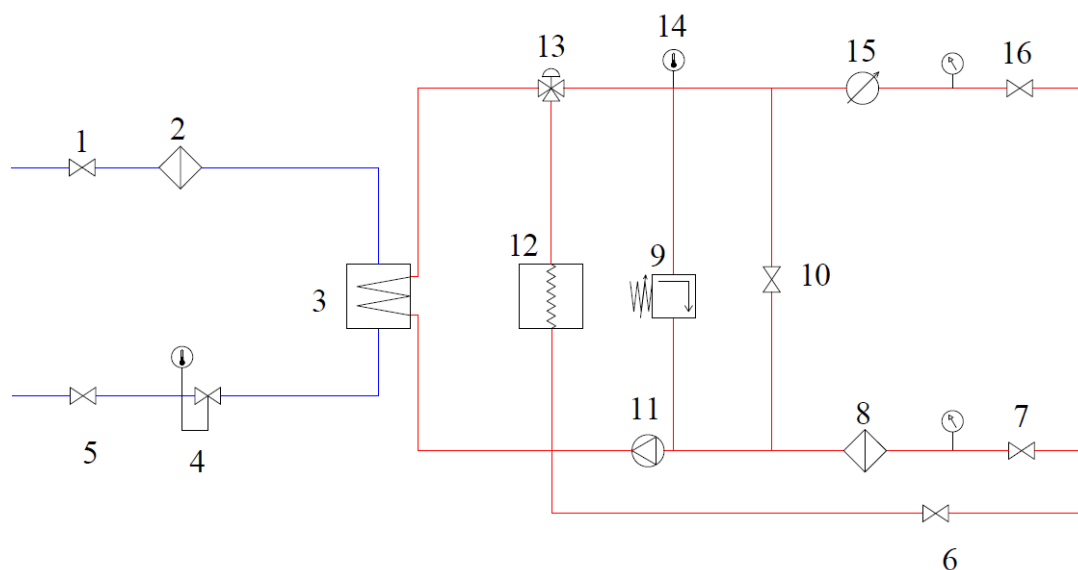


Obrázek 1
Viskózní křivka v logaritmickém měřítku, znázorňující klasifikaci olejů dle normy SAE (Převzato z [16])
V jednotce bude používán olej SAE 30.



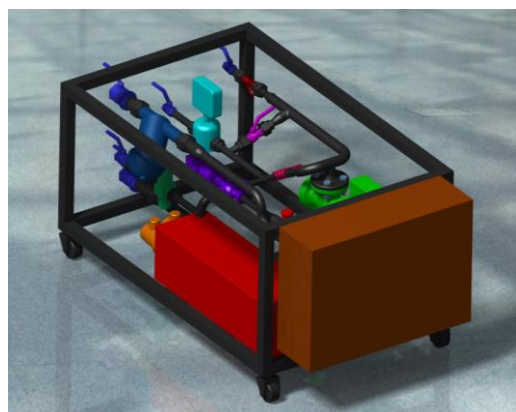
Obrázek 2
Striebeckův diagram (Převzato z [16])

2. Funkční schéma

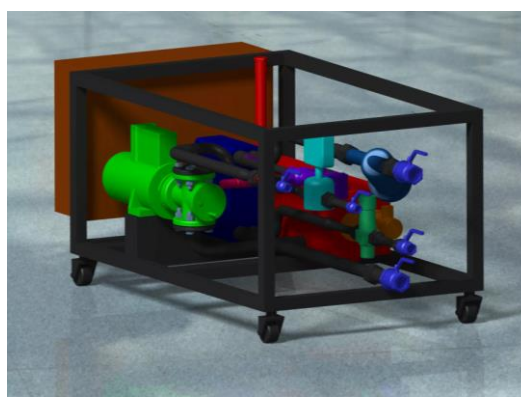


Obrázek 3
Funkční schéma externí jednotky vytvořeno v programu Inventor [17]

Nejdřív bylo potřebné vytvořit funkční schéma jednotky (Obrázek 3), na základě kterého byly zvoleny konkrétní komponenty vyhovující předem definovaným požadavkům. Následně byl vytvořen 3D model sestavy zvolených komponent (Obrázek 4, Obrázek 5). Funkční schéma je složeno ze dvou okruhů – chladicí okruh vody a okruh oleje. Na vstupu a výstupu okruhu vody jsou uzavírací kulové ventily (1, 5) s požadovaným minimálním tlakem 2,5 bar stanoveným na základě maximálního možného provozního tlaku chladicí vody. Za uzavíracím kulovým ventilem na vstupu (1) je zařazen vodní filtr (2), který by měl být schopen dostatečně jemné filtrace, aby nedošlo k ucpaní tepelného výměníku (3). Vedoucím práce byla



Obrázek 4
3D model sestavy vytvořen v programu Catia V5 [9]



Obrázek 5
3D model sestavy vytvořen v programu Catia V5 [9Chyba! Nenašel sa žiaden zdroj odkazov.]

poskytnuta informace, že výrobce zvoleného tepelného výměníku doporučuje jemnost filtrace 130 μ m. Vodní filtr by také měl splňovat požadavky na minimální průtok, tlak a provozní teplotu chladicí vody. V tepelném výměníku dochází k přestupu tepla mezi mazacím olejem a chladicí vodou, při protiproudém protékání kanály mezi nalisovanými profilovými deskami výměníku. [1] Vedoucím práce bylo upřesněno, že do chladicí kapaliny se odvádí přibližně 25% přivedeného tepla, přibližně 35% do činného výkonu, přibližně 30% odchází spalinami a zbylých 10% zůstává v oleji. Definovaný maximální výkon zkoušených motorů je 200 kW, v palivu se tedy přivádí 571 kW. V oleji zůstává 57,1 kW. Vzhledem k tomu, že na jednotce požadujeme chladit olej i na atypické teploty, například teploty, které odpovídají studenému startu, je nutno výměník dostatečně předimenzovat. Vlastnosti zvoleného tepelného výměníku musí vyhovovat maximální provozní teplotě oleje 120°C, minimální požadovaný provozní tlak je 5 bar a průtok 50 l/min. Chladicí voda v tepelném výměníku je udržována na konstantní teplotě pomocí termostatického ventilu (4). Termostatický ventil pracuje na principu tepelné objemové roztažnosti a ve vodním okruhu slouží k regulaci průtok tak, aby se teplota vody udržela na konstantní hodnotě. [10] Termostatický ventil je možno nastavit v určitém rozsahu teplot. Pokud je teplota nastavená na ventilu blíže požadované teploty oleje, je teplota nechlazeného oleje a ochlazeného oleje téměř stejná, čím se zjednodušuje následná regulace teploty v třicestným směšovacím ventilu (13).

Součásti zařazené do olejového okruhu musejí mít minimální provozní teplotu 120 °C a tlak 5 bar. Okruh oleje má dva vstupy, na každém z nich je uzavírací kulový ventil (6, 7) a za jedním z nich je zařazen olejový filtr (8). Minimální požadovaný průtok kulovými ventily je 50 lmin⁻¹. Zařazení filtru do okruhu oleje externí jednotky má spíše pojistní charakter, protože motor má vlastní plnoprůtokový filtr. Filtr tedy slouží pouze k zachycení náhodně, zejména při montáži, zanesených hrubých nečistot, proto není potřeba definovat požadavek na jemnost filtrace. Minimální požadovaný průtok olejovým filtrem se shoduje s požadavkem na kulové ventily. Druhý vstup okruhu oleje slouží pouze k vypouštění jednotky a k nahrazení vlastního ohřevu a chlazení zkoušené jednotky, kdy je olej čerpán čerpadlem motoru a čerpadlem jednotky vůbec neprotéká, není tedy potřebné ho filtrovat. Za olejovým filtrem jsou dva bypassy propojující vstup a výstup jednotky, které napomáhají vyrovnání průtoků oleje čerpadlem motoru a čerpadlem jednotky (11). Jeden z nich je opatřen kulovým ventilem (10), druhý přepouštěcím ventilem (9), kterého úlohou je konstantně udržet tlak na nastavené

hodnotě. Na přepouštěcím ventilu je možné nastavit otevírací přetlak. Pokud bude v okruhu dosažena tato hodnota přetlaku, ventil odpouští přes bypass oleje tak, aby se tlak oleje v okruhu pro motor udržel konstantní. [19]

Aby byla pokryta široká škála uvažovaných motorů, požaduje se možnost regulace průtoku oleje pomocí čerpadla. Za čerpadlem se okruh rozvětjuje do tepelného výměníku a svařované nádoby na ohřev (12). Svařovaná nádoba na ohřev musí být svařena z plechů, nátrubků a trubek vyrobených z materiálů se zaručenou svařitelností. Ochlazený olej přitékající z tepelného výměníku a olej přitékající z nádoby na ohřev se v určitém poměru míchá v třicestném směšovací ventilu. Regulací tohoto poměru je regulována výsledná teplota oleje. Směšovací ventil by mělo být možné řídit ručně nebo automaticky pomocí PID regulátoru. Výsledná teplota oleje vracejícího se zpátky do zkoušené jednotky se kontroluje sondou s odporovým teploměrem Pt100 (14), výsledný průtok oleje je kontrolován průtokoměrem (15). Na výstupu okruhu oleje je zařazen uzavírací kulový ventil (16).

Součásti jsou navzájem propojeny nerezovými trubkami [28] následujících rozměrů:

Ø 21,3 x 2,00

Ø 26,9 x 2,60

Ø 26,9 x 3,00

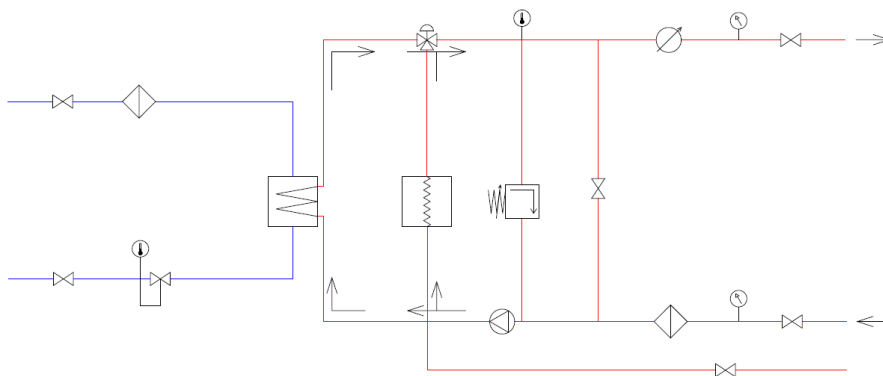
Ø 38,0 x 2,00

Ø 48,3 x 4,00

S ohledem na využití jednotky byly po dohodě s vedoucím práce navrženy následující čtyři možné provozní metody:

A. Zabezpečení požadované teploty oleje, při které má měření probíhat

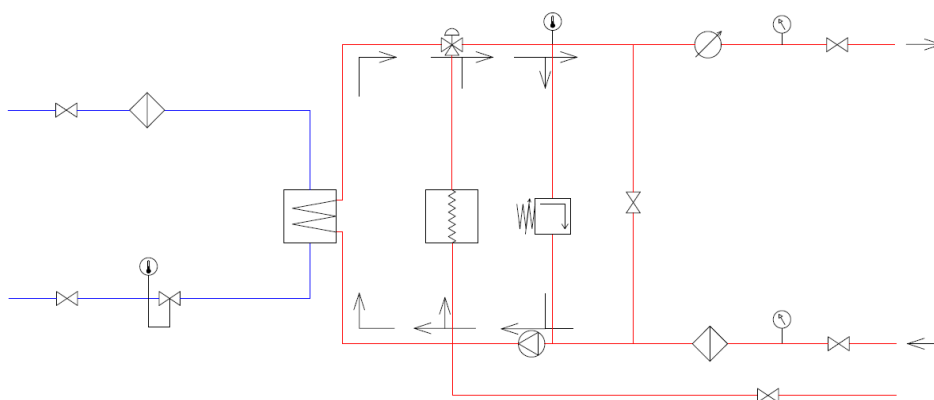
Požadovanou teplotu mazacího oleje je možno dosáhnout zapojením, které je znázorněné na Obrázek 6. Čerpadlo externí jednotky čerpá olej z olejové vany, přes olejový filtr, do okruhu oleje, kde se olej přehřívá nebo ochlazuje na požadovanou teplotu. Následně je olej vrácen zpátky do olejové vany motoru. Přepouštěcí i kulový ventil na bypassu při tomhle zapojení neplní žádnou funkci a jsou uzavřeny. Mazací soustava motoru pracuje bez dalších úprav.



Obrázek 6
Zapojení pro zabezpečení konstantní teploty vytvořeno v programu Inventor 2014 [17]

B. Zabezpečení požadovaného konstantního tlaku při demontovaném čerpadlu motoru

Konstantního tlaku oleje lze dosáhnout, pokud je čerpadlo motoru demontováno a čerpadlo externí jednotky zabezpečuje přepravu oleje jak přes externí jednotku, tak přes motor (Obrázek 7). Olej je čerpán z olejové vany motoru přes filtr externí jednotky do ohřevu a tepelného výměníku. Po smíšení ohřátého a ochlazeného oleje v třicestném směšovací ventilu je část oleje přiváděna do motoru. Dodržení požadovaného tlaku je zajištěno pomocí bypassu s přepouštěcím ventilem, kterým protéká veškerý přebytečný olej, který se následně vrací zpátky do čerpadla a cirkuluje v okruhu externí jednotky. Pro regulaci tlaku oleje pomocí přepouštěcího ventilu je nutné, aby byl kulový ventil na druhém bypassu uzavřen.

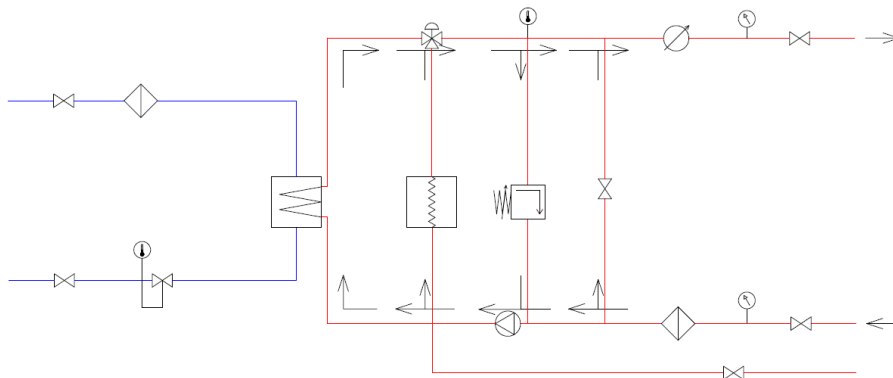


Obrázek 7
Zapojení pro zabezpečení konstantního tlaku při demontovaném čerpadlu motoru vytvořeno v programu Inventor 2014 [17]

C. Zabezpečení požadovaného tlaku, pokud je čerpadlo motoru spuštěno

Při spuštěném čerpadlu motoru, kterého průtok je vyšší, než průtok čerpadlem externí jednotky, lze zabezpečit konstantní tlak pomocí otevřeného kulového ventilu na druhém bypassu, jak je znázorněno na Obrázek 8. Čerpadlem externí jednotky protéká pouze část objemu oleje proudícího ze zkoušené jednotky. Zbytek se hned za olejovým filtrem přes bypass vrací zpátky do olejové

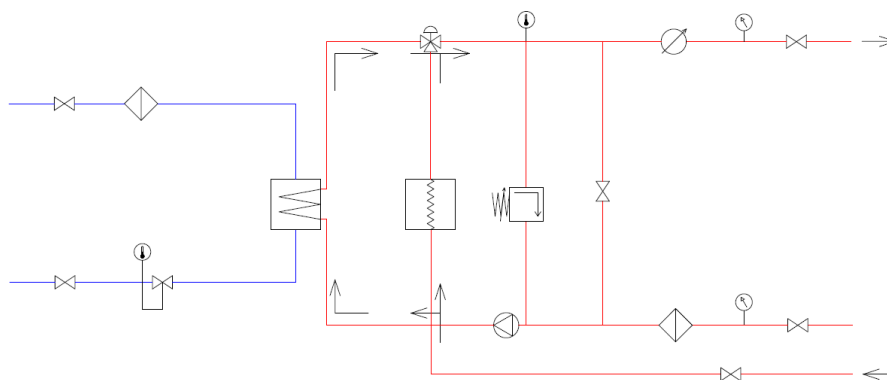
vany motoru. Pokud je průtok čerpadla motoru nižší než průtok čerpadla jednotky, konstantní tlak oleje se zajistí pomocí alespoň částečně otevřeného přepouštěcího ventilu, přes který v okruhu jednotky část objemu oleje cirkuluje.



Obrázek 8
Zapojení pro zabezpečení konstantního tlaku při spuštěném čerpadlu motoru vytvořeno v programu Inventor 2014 [17]

D. Nahrazení vlastního ohřevu a chlazení zkoušené jednotky

Při tomto zapojení (Obrázek 9) je olej čerpán čerpadlem zkoušené jednotky z olejového okruhu motoru do olejového okruhu externí jednotky, přes olejový filtr, výměník, ohřev a třicestný směšovací ventil zpátky do olejového okruhu motoru. Čerpadlo externí jednotky je vypnuto a přepouštěcí i kulový ventil na bypassu neplní žádnou funkci a jsou uzavřeny. Přepouštěcí ventil se uzavře přenastavením na vyšší tlak (optimálně na maximální tlak tj. 8 bar) než je tlak dosažitelný čerpadlem spalovacího motoru.



Obrázek 9
Zapojení pro nahrazení vlastního ohřevu vytvořeno v programu Inventor 2014 [17]

3. Komponenty

Dle požadavků nadefinovaných v 2. kapitole byly ověřovány vlastnosti výrobků od konkrétních dodavatelů. Následně byly zvoleny výrobky splňující veškeré požadavky:

KULOVÉ VENTILY od firmy Stasto Automation [31]

1800-3/4“

- min. teplota média: - 20 °C
- max. teplota média: + 160 °C
- jmenovitý průtok: 29,5 m³h⁻¹
- max. provozní tlak pro 80°C: 30 bar

1800-1“

- min. teplota média: - 20 °C
- max. teplota média: + 160 °C
- jmenovitý průtok: 43 m³h⁻¹
- max. provozní tlak pro 80°C: 30 bar

1800-1 1/4“

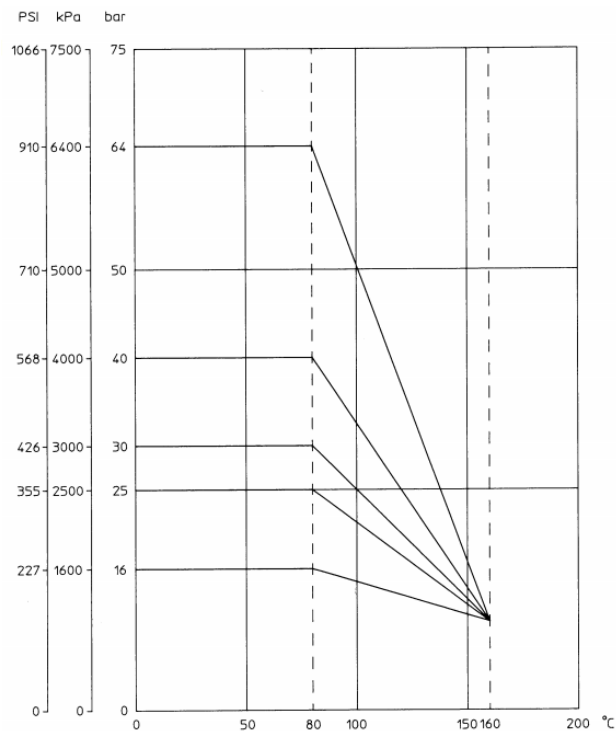
- min. teplota média: - 20 °C
- max. teplota média: + 160 °C
- jmenovitý průtok: 89 m³h⁻¹
- max. provozní tlak pro 80°C: 25 bar

1800-1 1/2“

- min. teplota média: - 20 °C
- max. teplota média: + 160 °C
- jmenovitý průtok: 230 m³h⁻¹
- max. provozní tlak pro 80°C: 25 bar



Obrázek 10
Kulový ventil (převzato z [31])



Obrázek 11
Tlakové ztráty kulových ventilů (převzato z [31])

Pro maximální provozní teplotu nadefinovanou v kapitole 1 (120 °C) lze z obrázku 11 odečíst maximální přípustný tlak pro ventily 1800-3/4" a 1800-1" přibližně 20 bar a pro ventily 1800-1 1/4" a 1800-1 1/2" přibližně 19 bar. V kapitole 1 byl definován provozní tlak 1,5 až 5 bar, zvolené kulové ventily tedy vyhovují požadavku.

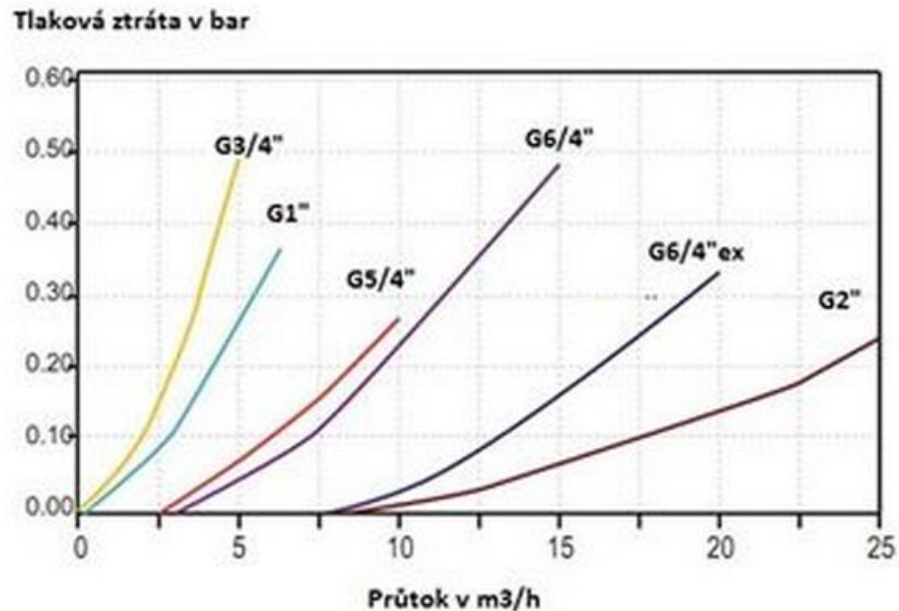
VODNÍ FILTR YD 6/4" ex od firmy Aqua Products [3]

- Teplota média: 2-40°C
(max. 60 °C)
- provozní tlak: 6 bar
(max. 8 bar)
- jemnost filtrace: 130 μm
- max. průtok: 20 m³h⁻¹
- filtrační plocha: 310 cm²



Obrázek 12
Vodní filtr YD 6/4"ex (převzato z [3])

Pro čištění diskového filtru je nutné přerušit provoz jednotky a odšroubovat spodní část filtru, v níž je uchycená sestava disků. Disky je potřebné uvolnit a propláchnout proudem vody. Pro určení ucpaní je na filtr možné instalovat manometry se závity G 1/4“ .



Obrázek 13
Závislost tlakové ztráty vodního filtru na průtoku (převzato z [3])

TERMOSTATICKÝ VENTIL FJVA20

od firmy Dafnoss [10]

- regulační rozsah: 25-65 °C
- min. teplota média: - 25 °C
- max. teplota média: 55 °C
- max. provozní tlak: 10 bar
- Bypass Ø2 mm
- teplotní senzor: Vlnovec
- jmenovitý průtok: 3,4 m³h⁻¹



Obrázek 14
Termostatický ventil FJVA20
(převzato z [10])

Termostatický ventil umožňuje regulaci průtoku na základě změny teploty ve zpátečce. Konstantní minimální průtok je zabezpečen pomocí bypassu.

Na základě údajů o zvolených komponentách vodního okruhu, lze určit jejich ztráty a dopočítat výslední průtok vody okruhem. Ztráty třením na stěnách potrubí jsou oproti ztrátám jednotlivých armatur zanedbatelné a proto se ve výpočtech nebudou uvažovat.

Výškové ztráty jednotlivých komponent:

- **vstupní ventil 1800 – G6/4**

V literatuře [26] je uveden výpočet tlakové ztráty kulového ventilu ze jmenovitého průtoku podle vztahu (1)

$$\Delta p = \rho \cdot \left(\frac{Q}{k_v}\right)^2 \cdot \frac{1}{1000} \cdot 10^5 \quad (1)$$

$$\Delta p = \rho \cdot \frac{S^2 \cdot v^2}{k_v^2} \cdot \frac{1}{1000} \cdot 10^5 \quad (2)$$

Podle jiného zdroje [29] se tlaková ztráta Δp může vyjádřit vztahem (3), pomocí kterého lze snadno dopočítat ztrátový součinitel.

$$\Delta p = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \quad (3)$$

$$\zeta = \frac{2 \cdot \Delta p}{\rho \cdot v^2} \cdot 10^5 \quad (4)$$

$$\zeta = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot r^4}{1000 \cdot k_v^2} \cdot 10^5 \quad (5)$$

$$\zeta = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot (20,15 \cdot 10^{-3})^4}{\left(\frac{230}{3600}\right)^2} \cdot 10^2 \quad (6)$$

$$\zeta = 7,97 \cdot 10^{-2} \quad (7)$$

V už spomenutém literárním zdroji [29] je uveden i vztah (8), pomocí kterého lze na základě vypočteného ztrátového součinitele dopočítat ztrátovou výšku ventilu 1800 – G6/4.

$$h_z = \zeta \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (8)$$

$$h_z = 7,97 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (9)$$

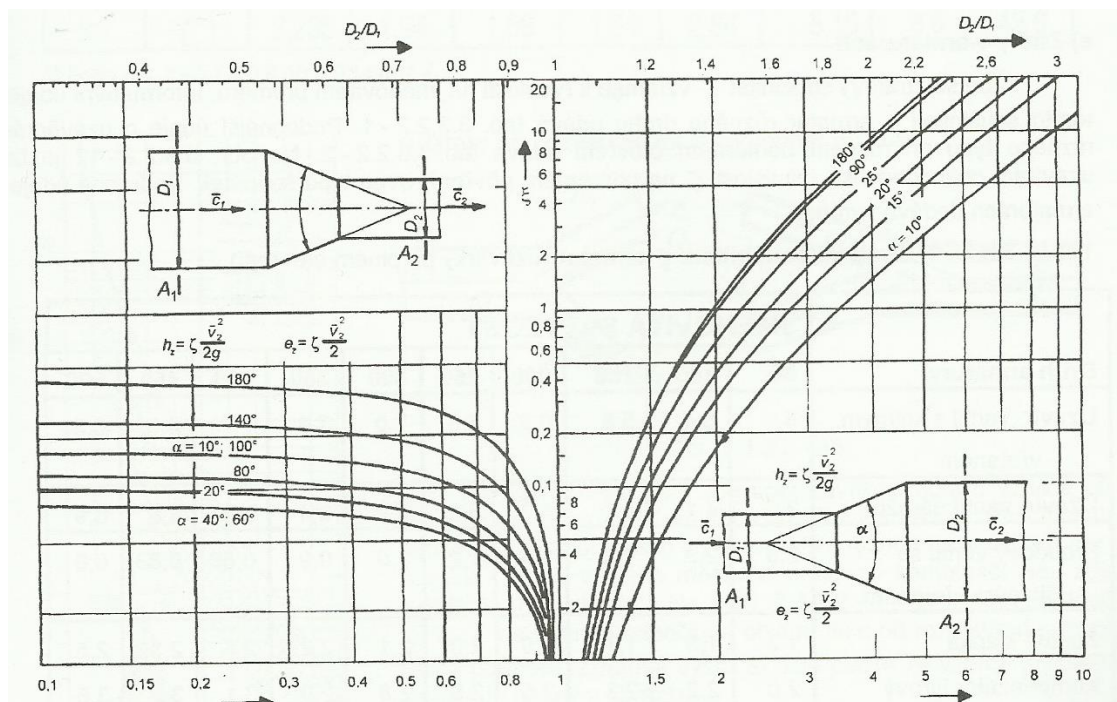
- **Vodní filtr:**

Předpokládáný průtok okruhem vody je $Q < 7,5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$, proto lze na základě obrázku Obrázek 13 uvažovat, že zvolený vodní filtr má zanedbatelnou tlakovou ztrátu a tedy i ztrátovou výšku.

- **Tepelný výměník:**

Velikost tlakové ztráty tepelného výměníku, která se pohybuje řádově v kPa, je vzhledem k velikosti tlakových ztrát jiných komponent zanedbatelná.

- **Změna průměru potrubí:**



Obrázek 15

Závislost ztrátového součinitele při změně průměru potrubí na poměru průměrů před a za zúžením/rozšířením a na vrcholovém úhlu zúžení/rozšíření (převzato z [29])

Při výpočtu ztrát způsobených změnou průměru potrubí se vychází z obrázku Obrázek 15. Aby bylo možné z grafu vyčíst ztrátový součinitel, je nutné dopočítat vrcholový úhel zúžení a poměr průměrů potrubí před a za zúžením. V okruhu vody se použili dvě koncentrické varné redukce od firmy Mit Metal dle normy DIN 2616, jejichž rozměry lze zjistit z [25].

- a) $D_1 = 40 \text{ mm}$
 $D_2 = 25 \text{ mm}$
 $L = 58,8 \text{ mm}$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{D_1 - D_2}{2 \cdot L} \quad (10)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{40 - 25}{2 \cdot 58,8} = 0,127 \quad (11)$$

$$\frac{\alpha}{2} = 7^\circ \rightarrow \alpha = 14^\circ \quad (12)$$

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{25}{40} \doteq 0,625 \quad (13)$$

$$\zeta = 0,15 \quad (14)$$

$$h_z = 0,15 \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (15)$$

- b) $D_1 = 25 \text{ mm}$
 $D_2 = 20 \text{ mm}$
 $L = 45,1 \text{ mm}$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{D_1 - D_2}{2 \cdot L} \quad (16)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{25 - 20}{2 \cdot 45,1} = 0,055 \quad (17)$$

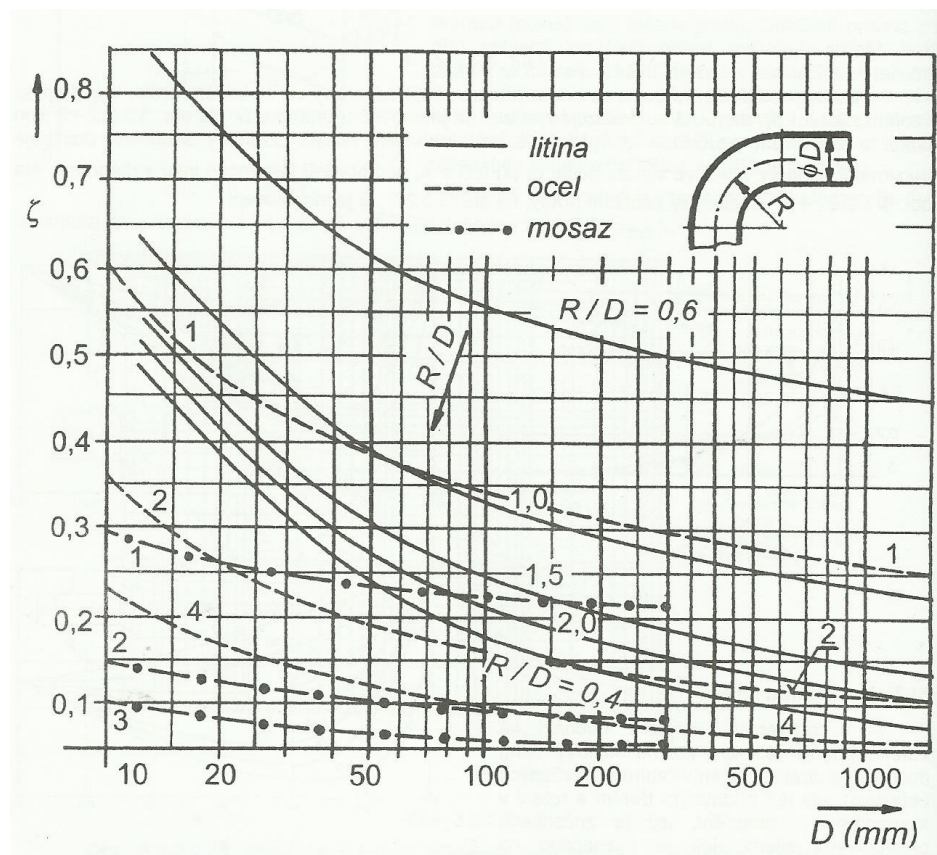
$$\frac{\alpha}{2} = 3^\circ \rightarrow \alpha = 6^\circ \quad (18)$$

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{20}{25} \doteq 0,8 \quad (19)$$

$$\zeta = 0,06 \quad (20)$$

$$h_z = 0,06 \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (21)$$

- **Kolena:**



Obrázek 16
Závislost ztrátového součinitele kolena na velikosti rádiusu a na průměru potrubí (převzato z [29])

V okruhu vody jsou čtyři varné kolena FOC090 velikosti 28,5 od firmy Armat [4]. Na základě rozměrů se z grafu na obrázku Obrázek 16 určí ztrátový součinitel a následně dopočítá ztrátová výška.

$$D = 28 \text{ mm}$$

$$R = 50 \text{ mm}$$

$$\frac{R}{D} = \frac{50}{28} \doteq 1,78 \quad (22)$$

$$\zeta = 0,42 \quad (23)$$

$$h_z = 0,42 \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (24)$$

- **Termostatický ventil**

Ztrátová výška termostatického ventilu byla zjištěna iterační metodou pomocí Excelu. Se zvolenou hodnotou ztrátové výšky byl pomocí Bernoulliho rovnice (28) dopočítán celkový průtok okruhem vody a následně byl dosazen do vztahu (1) pro výpočet tlakové ztráty. Z vypočtené tlakové ztráty se pomocí vztahů (4) a (8) dopočítala hodnota ztrátové výšky, která se následně porovnala se zvolenou hodnotou. Po korekci zvolené hodnoty byl výpočet opakován, dokud se vypočtená a zvolená hodnota ztrátové výšky dostatečně neshodovali. Ztrátové výšky termostatického ventilu pro různé tlaky uvádí Tabulka 3.

VTP Roztoky

p (bar)	Δh (m)
1,5	4,834
2,5	8,057

Zkušebna na Julisce

p (bar)	Δh (m)
1	3,223
2,2	7,090

Tabulka 3
Ztrátové výšky termostatického ventilu pro různé přetlaky chladicí vody

- **Výstupní ventil 1800 – G1**

Výpočet ztrátové výšky výstupního ventilu je analogický výpočtu ztrátové výšky vstupního ventilu na základě vztahů (5) a (8), proto zde uvádím pouze číselnou hodnotu ztrátové výšky.

$$h_z = 0,165 \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (25)$$

Celková ztrátová výška:

$$h_{zc} = (7,97 \cdot 10^{-2} + 0,15 + 0,06 + 0,165 + 4 \cdot 0,42) \frac{v^2}{2 \cdot g} + h_z \text{ termostatický ventil} \quad (26)$$

$$h_{zc} = 2,134 \frac{v^2}{2 \cdot g} + h_z \text{ termostatický ventil} \quad (27)$$

Bernoulliho rovnice [4129]:

$$\frac{p_1}{\rho \cdot g} = \frac{p_b}{\rho \cdot g} + \frac{v^2}{2 \cdot g} + h_z \quad (28)$$

$$\frac{p_1 - p_b}{\rho \cdot g} = \frac{v^2}{2 \cdot g} \cdot (1 + 2,134) + h_z \text{ termostatický ventil} \quad (29)$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \left(\frac{p_1 - p_b}{\rho \cdot g} + h_z \text{ termostatický ventil} \right)}{3,134}} \quad (30)$$

K dispozici je víc přívodů chladicí vody s různými hodnotami protlaku vůči atmosféře, proto se budou lišit i jejich průtoky. Při výpočtech byli zanedbány změny hustoty vody vlivem teploty, které nejsou natolik velké, aby hodnotu průtoku výrazně ovlivnili. Pro vodu ve VTP ($p = 1,5 \text{ bar}$) platí:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{1,5 \cdot 10^5}{10^3 \cdot 9,81} + 4,834 \right)}{3,134}} \text{ ms}^{-1} \quad (31)$$

$$v = 11,22 \text{ ms}^{-1} \quad (32)$$

$$Q = \frac{dV}{d\tau} = S \cdot v \quad (33)$$

$$Q = (5,8 \cdot 10^{-5} \cdot 11,22) \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \quad (34)$$

$$Q = 0,6503 \text{ ls}^{-1} \quad (35)$$

$$Q = 2,34 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \quad (36)$$

VTP Roztoky

p (bar)	Q (m ³ h ⁻¹)
1,5	2,3
2,5	3

Zkušebna na Julisce

p (bar)	Q (m ³ h ⁻¹)
1	1,9
2,2	2,8

Tabulka 4

Tabulka vypočtených průtoků pro možné přívody chladicí vody

Průtok vodním okruhem je pro všechny případy menší než $7,5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$, předpoklad o zanedbatelné ztrátové výšce vodního filtru byl tedy správný.

PROTIPROUDÝ TEPELNÍ VÝMĚNÍK

DVT CB30-100H od firmy Alfa Laval [1]

Z [1] lze zjistit následující parametry:

- | | |
|--------------------------|---------------------------------|
| - max. provozní teplota: | 175 °C |
| - min. provozní teplota: | - 160 °C |
| - max. provozní tlak: | 32 bar |
| - max. průtok: | $14,5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ |



Obrázek 17
Protiproudý tepelný
výměník DVT CB30-100H
(převzato z [1])

Výpočty výkonů tepelného výměníku byly provedeny na základě již vypočtených průtoků.

K dispozici je výkon výměníku pro dvě vstupní teploty oleje, pro dva otáčkové režimy čerpadla a pro všechny zkušební včetně různé teploty vody na Julisce v závislosti na provozu zkušebny a ročního období. Výsledky výpočtů jsou shrnuty v tabulkách Tabulka 5
Výsledky výpočtu výkonu tepelného výměníku CB30-100H při otáčkách $n = 1450 \text{ min}^{-1}$ a teplotě oleje $t = 40^\circ\text{C}$ (realizované pomocí programu CAS 2000), **Chyba! Nenašel sa žiaden zdroj odkazov.**, Tabulka 7

Výsledky výpočtu výkonu tepelného výměníku CB30-100H při otáčkách $n = 2900 \text{ min}^{-1}$ a teplotě oleje $t = 90^\circ\text{C}$ (realizované pomocí programu CAS 2000 a Tabulka 8

Výsledky výpočtu výkonu tepelného výměníku CB30-100H při otáčkách $n = 2900 \text{ min}^{-1}$ a teplotě oleje $t = 40^\circ\text{C}$ (realizované pomocí programu CAS 2000)

Dle manuálu k čerpadlu je při otáčkách 1450 min^{-1} , při rozdílu tlaku 4 bar a kinematické viskozitě oleje $40 \text{ mm}^2/\text{s}$ průtok $37 \text{ l}/\text{min}$.

	voda					olej				
	tlak [bar]	průtok [l/s]	průtok [m^3/hod]	teplota vstup [°C]	teplota výstup [°C]	průtok $37 \text{ l}/\text{min}$ [m^3/hod]	teplota vstup [°C]	teplota výstup [°C]	výkon výměníku [kW]	
VTP	1,5	0,65	2,3	6	18,9	2,22	90	57,3	35,2	
VTP	2,5	0,84	3	2,5	34,7	2,22	90	58,4	34,1	
VTP			3	40	48,4	2,22	90	62,9	29,3	
Juliska	2,2	0,79	2,8	20	30,6	2,22	90	57,5	34,9	
Juliska			2,8	35	44,5	2,22	90	61,2	31,1	
Juliska	1	0,53	1,9	20	35,6	2,22	90	58	34,5	
Juliska			1,9	35	48,8	2,22	90	62	30,3	

Tabulka 6

Výsledky výpočtu výkonu tepelného výměníku CB30-100H při otáčkách $n = 1450 \text{ min}^{-1}$ a teplotě oleje $t = 90^\circ\text{C}$ (realizované pomocí programu CAS 2000) [8]

	voda					olej				
	tlak [bar]	průtok [l/s]	průtok [m^3/hod]	teplota vstup [°C]	teplota výstup [°C]	průtok $37 \text{ l}/\text{min}$ [m^3/hod]	teplota vstup [°C]	teplota výstup [°C]	výkon výměníku [kW]	
VTP	1,5	0,65	2,3	6	11,8	2,22	40	24,7	15,8	
VTP	2,5	0,84	3,0	2,5	27,5	2,22	40	31,7	8,7	
VTP			3,0	40	-	2,22	40	-	-	
Juliska	2,2	0,79	2,8	20	23,4	2,22	40	29,4	11,1	
Juliska			2,8	35	35,9	2,22	40	37,1	3,1	
Juliska	1,0	0,53	1,9	20	24,8	2,22	40	29,7	10,7	
Juliska			1,9	35	36,3	2,22	40	37,2	2,9	

Tabulka 5

Výsledky výpočtu výkonu tepelného výměníku CB30-100H při otáčkách $n = 1450 \text{ min}^{-1}$ a teplotě oleje $t = 40^\circ\text{C}$ (realizované pomocí programu CAS 2000) [8]

Dle manuálu k čerpadlu je při otáčkách 2900 min⁻¹, při rozdílu tlaku 4 bar a kinematické viskozitě oleje 40mm²/s průtok 79,8 l/min.

	voda					olej				
	tlak [bar]	průtok [l/s]	průtok [m ³ /hod]	teplota vstup [°C]	teplota výstup [°C]	průtok 79,8 l/min [m ³ /hod]	teplota vstup [°C]	teplota výstup [°C]	výkon výměníku [kW]	
VTP	1,5	0,65	2,3	6	30,5	4,79	90	61,2	66,9	
VTP	2,5	0,84	3	25	42,8	4,79	90	63,2	62,4	
VTP			3	40	55,2	4,79	90	67,3	52,9	
Juliska	2,2	0,79	2,8	20	39,5	4,79	90	62,3	64,3	
Juliska			2,8	35	52,1	4,79	90	65,9	56,1	
Juliska	1	0,53	1,9	20	48	4,79	90	63,5	61,7	
Juliska			1,9	35	59,1	4,79	90	67,4	52,8	

Tabulka 7

Výsledky výpočtu výkonu tepelného výměníku CB30-100H při otáčkách n = 2900 min⁻¹ a teplotě oleje t = 90°C (realizované pomocí programu CAS 2000) [8]

	voda					olej				
	tlak [bar]	průtok [l/s]	průtok [m ³ /hod]	teplota vstup [°C]	teplota výstup [°C]	průtok 79,8 l/min [m ³ /hod]	teplota vstup [°C]	teplota výstup [°C]	výkon výměníku [kW]	
VTP	1,5	0,65	2,3	6	14,0	4,79	40	30,2	22,0	
VTP	2,5	0,84	3,0	25	28,5	4,79	40	34,5	12,3	
VTP			3,0	40	-	4,79	40	-	-	
Juliska	2,2	0,79	2,8	20	24,7	4,79	40	33,0	15,6	
Juliska			2,8	35	36,3	4,79	40	38,1	4,4	
Juliska	1,0	0,53	1,9	20	26,7	4,79	40	33,4	14,7	
Juliska			1,9	35	36,9	4,79	40	38,2	4,1	

Tabulka 8

Výsledky výpočtu výkonu tepelného výměníku CB30-100H při otáčkách n = 2900 min⁻¹ a teplotě oleje t = 40°C (realizované pomocí programu CAS 2000) [8]

OLEJOVÝ FILTR 685-25-GR od firmy

Goetze [13]

- min. provozní teplota: -10 °C
- max. provozní teplota: 130 °C
- max. provozní tlak: 16 bar
- pro náhodné hrubé nečistoty



Obrázek 18
Olejový filtr 685-25-GR (převzato z [13])

ČERPADLO L3NG

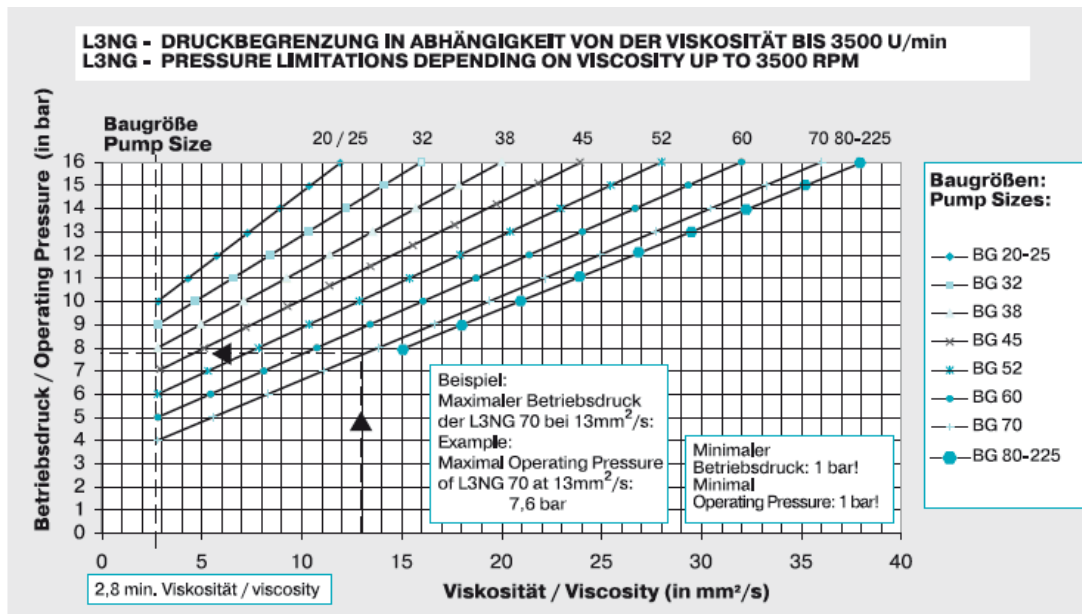
32/64-AFOKII-G od firmy Leistritz

[21]

- max. průtok: 700 m³h⁻¹
- min. provozní tlak: 1 bar
- max. provozní tlak: 16 bar
- max. provozní teplota: 150 °C
- velikost elektromotoru: 100L



Obrázek 19
Čerpadlo L3NG 32/64-AFOKII-G (převzato z [22])



Obrázek 20

Závislost maximálního provozního tlaku čerpadla na viskozitě čerpaného média (převzato z [21])

Z obrázku Obrázek 20 lze zjistit maximální provozní tlak čerpadla při dané viskozitě média. Kinematická viskozita oleje při jeho maximální teplotě 120°C je přibližně 8 mm²s⁻¹. Čerpadlu velikosti 32 a viskozitě 8 mm²s⁻¹ odpovídá maximální provozní tlak 12 bar. Čerpadlo tedy při maximální provozní teplotě splňuje požadavek minimálního požadovaného tlaku 2 bar, kterého lze dosáhnout pomocí přepouštěcího ventilu. Jak již bylo zmíněno v kapitole 1, s klesající teplotou viskozita oleje roste. Hodnota maximálního provozního tlaku je přímo úměrná viskozitě, proto bude čerpadlo vyhovovat i při minimální provozní teplotě 20 °C, kdy bude viskozita a tedy i maximální provozní tlak podstatně vyšší.

V jednotce bude použit elektromotor se spínačem, pomocí kterého lze měnit otáčky. K dispozici je elektromotor s možnou volbou otáček $n_1 = 1450 \text{ s}^{-1}$ a $n_2 = 2900 \text{ s}^{-1}$. Na základě známých otáček elektromotoru lze pomocí vztahu (37) uvedeného v [21] dopočítat průtok oleje jednotkou. Pro čerpadlo velikosti 32/64 ($B = 32$; $s = 64$) a otáčky $n_1 = 2900 \text{ s}^{-1}$ platí:

$$Q_V = \frac{B^2 \cdot s \cdot 1,8 \cdot n}{4 \cdot 10^6} \quad (37)$$

$$Q_V = \left(\frac{32^2 \cdot 64 \cdot 1,8 \cdot 2900}{4 \cdot 10^6 \cdot 60} \cdot 10^{-3} \right) m^3 s^{-1} \quad (38)$$

$$Q_V = 1,43 \cdot 10^{-3} m^3 s^{-1} = 85,52 \text{ lmin}^{-1} \quad (39)$$

Průtok oleje vychází větší než je minimální požadovaný průtok 50 lmin⁻¹, čerpadlo tedy vyhovuje požadavku.

TOPNÉ TĚLESO NA OHŘEV OLEJE 1407090060 od firmy Eltop

[11]

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| - napájecí napětí: | 230 V |
| - výkon: | 1250 W |
| - měrný výkon: | 1,10 W/cm ² |
| - max. provozní tlak: | 6 bar |
| - připojení: | M48x2 |



Obrázek 21
Topné těleso na ohřev oleje (převzato z [11])

Tento typ topného tělesa byl zvolen na základě toho, že dvě již jsou k dispozici.

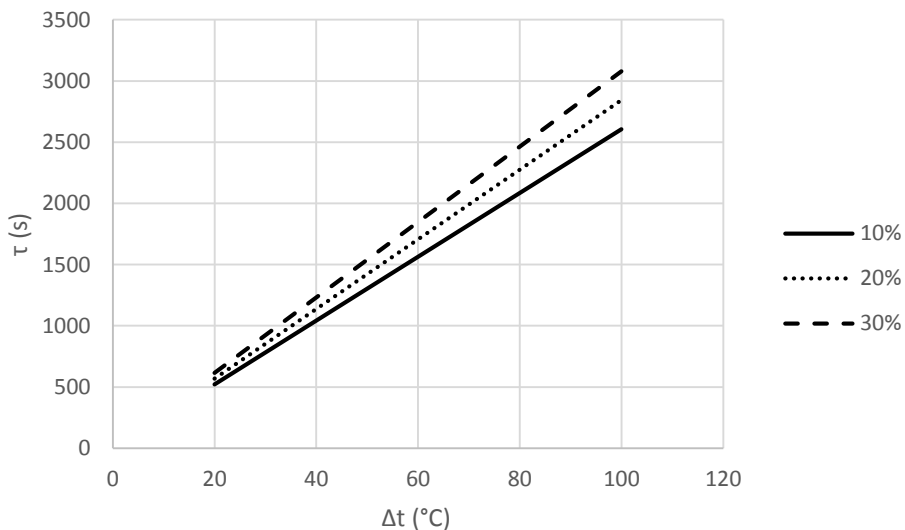
Čas, za který jsou topná tělesa schopna ohřát olej v jednotce lze zjistit pomocí vztahu (40) z [15] následujícím výpočtem:

$$\tau = \frac{Q}{2P} \quad (40)$$

$$\tau \doteq \frac{0,0329 \cdot 900 \cdot 2000 \cdot 100}{2 \cdot 1250} \text{ s} \quad (41)$$

$$\tau \doteq 2368,75 \text{ s} \doteq 39 \text{ min. } 28,75 \text{ s} \quad (42)$$

Dle výpočtu jsou topná tělesa schopna ohřát olej v jednotce o 100 °C za necelých 40 minut. Z důvodu, že výpočet nezahrnuje tepelné ztráty, bude v praxi ohřev oleje trvat o něco delší dobu. Graf na obrázku Obrázek 22 zobrazuje dobu ohřevu oleje o určitou teplotu v závislosti na velikosti tepelných ztrát.



Obrázek 22
Doba ohřevu oleje v závislosti na velikosti tepelných ztrát

TŘÍCESTNÍ SMĚŠOVACÍ ELEKTROMAGNETICKÝ VENTIL

MXG461.20-5.0P od firmy Siemens [30]

- max. provozní tlak: 10 bar
- min. provozní teplota: 1 °C
- max. provozní teplota: 130 °C
- řídicí signál: DC 0...10 V
- napájecí napětí: AC 24 V
- doba přestavení: < 2s



Obrázek 23
Třícestný směšovací ventil
MXG461.20-5.0P (převzato z [30])

Směšovací ventil možno ovládat ručně nebo regulátory dodávajícími vhodný řídicí signál. Pro optimální řídicí výkon výrobce doporučuje použít čtyřvodičové zapojení. Magnetický pohon zabezpečuje řízení polohy a zpětnou vazbu od polohy. Výstup 0...10V odpovídá poloze ventilu a lze ním kontrolovat, zda ventil pracuje a do požadované polohy dojel. Bez napájecího napětí se ventil ve směru A→AB uzavře, což zajistí, že olej může proudit přes ohřívač bez možnosti chlazení.

PŘEPOUŠTĚCÍ VENTIL 617tGFO DN20 FKM od firmy Goetze [14]

- min. provozní tlak: 0,5 bar
- max. provozní tlak: 20 bar
- min. provozní teplota: -20 °C
- max. provozní teplota: 200 °C
- rozsah nastavitelného otevíracího tlaku: 2 – 8 bar



Obrázek 24
Přepouštěcí ventil 617tGFO
DN20 FKM (převzato z [14])

Minimální průtok přepouštěcím ventilem by měl být přibližně stejný, případně vyšší, než maximální průtok čerpadlem $4,79 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ pro případ, že jsou výstupní ventily jednotky uzavřené. Pro vodu při nastaveném tlaku v rozmezí 0,5 až 2,5 bar je v katalogu uvedená hodnota průtoku $6,1$ až $7,3 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$, přičemž s rostoucím tlakem roste hodnota průtoku ventilem. [14] Kdyby byla médiem voda, přepouštěcí ventil by tedy vyhovoval. Vzhledem

k tomu, že hodnota viskozity média ovlivňuje velikost průtoku minimálně, lze konstatovat, že bude přepouštěcí ventil vyhovovat i pro olej.

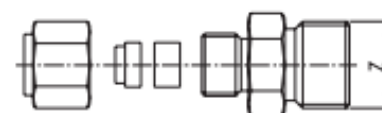
PR-23-1-100-A-1/8-0600-M8 od
firmy Jakar Electronics [18]

- min. provozní teplota: -30°C
- max. provozní teplota: 350°C
- max. provozní tlak: 6 bar



Obrázek 25
PR-23-1-100-A-1/8-0600-M8
(převzato z [18])

Sonda s odporovým teploměrem Pt100 bude instalována na upevňovací přesuvné šroubení pro plášťové snímače teploty od firmy Jsp. Šroubení je z nerezové oceli s teflonovým těsnícím kroužkem a přípojovacím závitem M8x1. Je určeno pro použití při teplotě do 200 °C. [20]



Obrázek 26
Upevňovací přesuvné šroubení (převzato z [20])

Regulace snímače teploty je nad rámec této práce.

PRŮTOKOMĚR OLEJE IND OG-SS-3/4" F110PS-1-K-L
Od firmy **Badger Meter** [7]

- rozsah průtoku: 2...60 lmin⁻¹
- max. provozní tlak: 55 bar
- max. provozní teplota: 120 °C
- přesnost ± 0,5 %



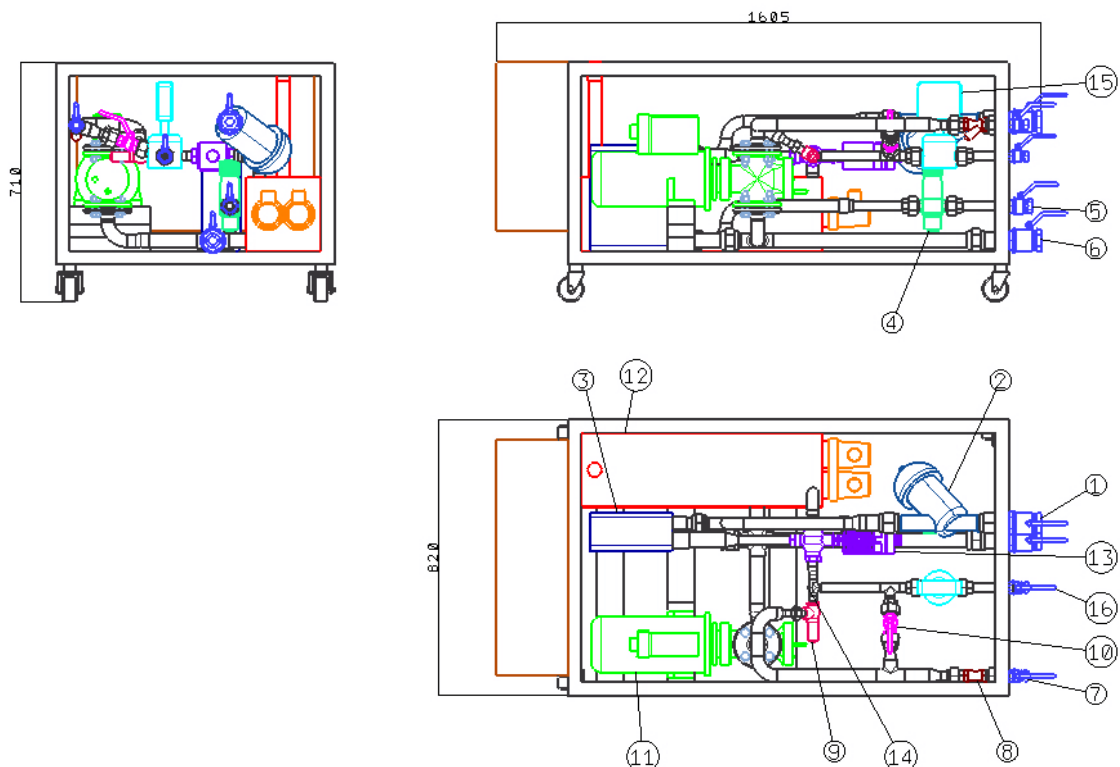
Obrázek 27
Průtokoměr oleje IND OG-SS-3/4"
F110PS-1-K-L (převzato z [6])

NÁDOBA NA OHŘEV OLEJE

Nádoba je svařena z nerezových plechů dle normy ČSN 17348. Jde o austenitickou, svařovanou ocel, která je odolná mezikrystalové korozi a mimo jiné, je určena ke konstrukci tlakových nádob s teplotou do 650 °C. [27] Tím vyhovuje požadavkům stanoveným v kapitole 2.

Svařenec pozůstává ze čtyř plechů o rozměrech 710 x 220 x 10 mm a dvou plechů o rozměrech 220x220x10 mm. Na svařenec jsou přivařeny dva nerezové nátrubky s metrickým závitem M48x2 od firmy 3Q Metal [32], na které budou instalována topná tělesa. Nátrubky jsou vyrobeny z chromniklové austenitické oceli dle ČSN 10088-1 1.4301 určené pro konstrukce, kterých maximální provozní teplota nepřekročí 450 °C [32], splňují tedy požadavek na provozní teplotu. Pro vypouštění oleje z nádoby je na nádobu přivařený nerezový nátrubek FOC 270 velikosti 1 od firmy Manver. [23] Nádoba je odvzdušňována a plněna přivařenou trubkou o průměru 38x3 s nátrubek FOC 270 velikosti 1. [23, 28] Pro přítok oleje do nádoby a pro jeho odtok jsou na nádobě navařeny nerezové svařované trubky o průměrech 42,4 x 4 a 33,7 x 3 [28] a to tak, aby z ohledem na polohu již navařených nátrubků a předpokládané uložení nádoby v jednotce byl návarek na vypouštění nádoby na dně a trubka 42,4 x 4 (přítok oleje), z důvodu odvzdušnění, na nižším místě jako trubka 33,7 x 3 (odtok oleje).

4. Sestava komponent do funkčního celku

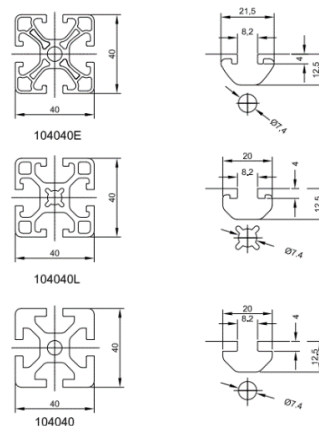


Obrázek 28

Sestava komponent vytvořena v programu Catia V5 [9]

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1 ventil na vstupu vodního okruhu | 10 bypass – kulový ventil |
| 2 vodní filtr | 11 čerpadlo |
| 3 tepelný výměník | 12 nádoba na ohřev oleje se dvěma topnými tělesy |
| 4 termostatický ventil | 13 třicestný směšovací ventil |
| 5 ventil na výstupu vodního okruhu | 14 návarek pro instalaci Pt100 |
| 6, 7 ventily na vstupu okruhu oleje | 15 průtokoměr oleje |
| 8 olejový filtr | 16 ventil na výstupu okruhu oleje |
| 9 bypass - přepouštěcí ventil | |

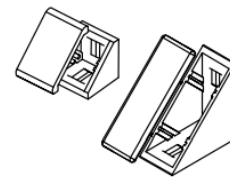
Při volbě rozměrů rámu byla uvažována jako hlavní kritérium taková šířka a výška, aby bylo možné na rám upevnit rozvodnou skříň o rozměrech 700 x 500 x 210 mm a současně aby jednotka projela dveřmi širokými 900 mm. Rám má rozměry 710 x 820 x 1395 mm a je sestaven z hliníkových profilů o rozměrech 40x40 mm od firmy Alutec K&K. Pro stejný rozměr profilů firma nabízí tři různé řady - profil 40x40 ekonomický (104040E), profil 40x40 lehký (104040L) a profil 40x40 (104040), z nichž je pro konstrukci rámu použita řada 40x40 lehký.



Obrázek 29

Řady hliníkových profilů 40x40 od firmy Alutec (převzato z [2])

Profily budou dodané v čtyřmetrových tyčích, nařezané na potřebnou délku a navzájem spojené pomocí fixačních úhelníků se záslepkami (Obrázek 30). Úhelníky budou na profily připevněné pomocí šroubů M8 a matic s pružinou. Na rám budou pomocí šroubů M8x30 DIN 7991 uchycena čtyři elektricky vodivé pojezdové otočné kolečka o průměru 75 mm (Obrázek 32, Obrázek 31), z nichž budou dvě s brzdou. Elektromotor čerpadla, tepelný výměník a svařovaná nádoba na ohřev budou uloženy na třech hliníkových profilech 40x80 lehké řady. [2]



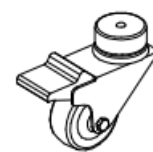
Obrázek 30
Fixační úhelníky se
záslepkami (převzato z
[2])

Vzhledem na rozměry, jsem při tvorbě 3D modelu do rámu umístila jako první čerpadlo a nádobu na ohřev. Čerpadlo bylo nutné umístit tak, aby výška přívodu do čerpadla byla na nižší úrovni jako výška odvodu oleje z olejové vany zkoušené jednotky a olej mohl samovolně stékat z vany do olejového okruhu. Nebylo však možné umístit ho přímo na konstrukci rámu, protože osová výška použitého elektromotoru je menší než výška potřebná k připojení příruby s navařeným kolenem na výstup čerpadla, proto bylo potřebné elektromotor podložit do výšky 130 mm nad spodek rámu.



Obrázek 32
Pojezdové otočné
kolečko (převzato z [2])

Svařovaná nádoba na ohřev je kvůli výšce v rámu umístěna naležato. Pro zabezpečení správného odvzdušnění je uložena pod úhlem 10° a to tak, aby byl přívod oleje na nižším místě jako jeho odvod. Z důvodu bezpečnosti při měření, by měl být přívod oleje a vody na opační straně rámu jako je veškerá elektrika, proto bylo čerpadlo i nádoba na ohřev umístěny na stejnou stranu rámu jako rozvodnou skříň. Protože stejně jako čerpadlo a nádoba na ohřev musí být podložen i tepelný výměník, byl umístěn na stejnou stranu jednotky. Umístění vodního filtru je zvoleno tak, aby byla možná manipulace při čištění. Dle manuálu je požadován volný prostor pod spodní částí filtru minimálně 10 cm. [3] Z tohoto důvodu je filtr instalován pod úhlem 45° a téměř hned za uzavíracím kulovým ventilem, aby nebyl v těsné blízkosti směšovacího ventilu. Při provozu jednotky totiž dochází k ohřevu magnetického pohonu třicestného směšovacího ventilu, proto je potřebné dodržet minimální volný prostor nad pohonem ventilu a po jeho stranách. V manuálu je uvedena



Obrázek 31
Pojezdové otočné kolečko
s brzdou (převzato z [2])

minimální bezpečná vzdálenost 100 mm. [30] Mezi jednotlivé komponenty jsou umístěny šroubení, které usnadňují demontáž a výměnu součástí v případě poruchy.

5. Závěr

Tato bakalářská práce řešila pouze mechanickou stránku konstrukce externí jednotky. Pro funkčnost zařízení bude ještě potřebné vytvořit výrobní výkres svařované nádoby na ohřev oleje, dořešit výrobu, montáž a elektrickou stránku jednotky. Je potřebné navrhnout řízení třicestného směšovacího ventilu pomocí PID regulátoru na základě výstupu snímače s odporovým teploměrem Pt100, vyřešit spouštění elektromotoru a změnu otáček pomocí přepínače. Dále je potřeba zajistit napájení topných těles na bezpečnostní systém dynamometru, aby v případě výpadku proudu došlo k jejich okamžitému vypnutí (například pomocí relé). Výkon topných těles je relativně malý a doba ohřevu oleje na provozní teplotu motoru je dlouhá i při uvažování 100% účinnosti a ohřevu bez ztrát. Z tohoto důvodu by bylo vhodné zvýšit výkon použitím jiných topných elementů, co je potřeba brát v úvahu při návrhu a realizaci elektrického zapojení.

Chladicí výkon tepelného výměníku pro olej teploty 90 °C je vyšší jako minimální požadovaný výkon 57,1 kW v případě, že pokusy probíhají ve VTP Roztoky a je použita chladicí voda s přetlakem vůči atmosféře 1,5 bar, nebo voda s přetlakem 2,5 bar a teplotou 25 °C. Na Julisce je tento požadavek splněn v případě, že experiment probíhá v zimním období, kdy chladicí voda dosahuje teploty 20 °C. Při experimentech na spalujícím motoru za nízkých provozních teplot je třeba využít zkušebnu ve VTP Roztoky, kde je při teplotě chladicí vody 6 °C chladicí výkon výměníku již pouze 22 kW, což odpovídá výkonu motoru přibližně 52 kW, tedy např. motoru Škoda 1,2 HTP.

Použité zdroje

1. ALFA LAVAL CORPORATE AB. *Řešení pro vytápění a chlazení od Alfa Laval: Pájené deskové výměníky tepla* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: http://www.comfort.alfalaval.com/hvac-handbook_cz/#166/z
2. ALUTEC K&K, A.S. *Produkty* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.aluteckk.cz/Katalog/>
3. AQUA PRODUCT. *YD 6/4" EX FILTR NA VODU DISKOVÝ* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.filtr-filtrace.cz/filtr-diskove-z-cerneho-polypropyleny/218-yd-6-4-ex-filtr-na-vodu-diskovy.html>
4. ARMAT SPOL. S R. O. *KOLENA 90°* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.armat.cz/pdf/nerzova-kolena-90.pdf>
5. AVL LIST GbmH: *AVL 554 Oil Conditioning System – provozní manuál*. Graz, 2004
6. BADGER METER EUROPA GMBH. *Industrial OG Zählerbaureihe IOG* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: http://www.badgermeter.de/fileadmin/content/badgermeter/media/produkte/OG/IOG_Serie/OG_IOG_DB_01_0967.pdf
7. BADGER METER CZECH REPUBLIC S.R.O. *Systémy pro měření a regulaci průtoku: Řada IOG* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: http://www.badgermeter.cz/fileadmin/user_upload/obecne/1304_E_Gesamtkatalog_P_CZ.opraveny.pdf
8. CAS 2000, verze 5.54.0.03, Alfa Laval
9. Catia V5, Dessault Systèmes
10. DAFNOSS. *Thermostatic valve: Type FJVA* [online]. 2015 [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.ra.danfoss.com/TechnicalInfo/Literature/Manuals/04/IC.PD.500.B3.02.pdf>
11. ELTOP-PRAHA, S.R.O. *Eltop: Ohřev oleje*. [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.eltoppraha.cz/cs/14070-14070-ohrev-oleje/>
12. EMRICH, M.: *Predikce mechanických ztrát spalovacích motorů*. Praha, 2010. Dostupné také z: http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2011/2011_78_01.pdf.

- Doktorská práce, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ú 12120. Vedoucí práce Doc. Ing. Pavel Baumruk, CSc.
13. GOETZE ARMATUREN. *Dirt trap made of gunmetal: Type 685* [online]. 2015 [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: http://www.goetze-armaturen.com/fileadmin/templates/_media/service-download/datenblaetter/en/13.04_Type-685_en.pdf
 14. GOETZE ARMATUREN. *Overflow and pressure control valves* [online]. 2015 [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: http://www.goetze-armaturen.com/fileadmin/templates/_media/service-download/datenblaetter/en/6.03_Series-617_en.pdf
 15. HALUZA, Z.: *NEPŘÍMÝ ODPOROVÝ OHŘEV: 6 PŘÍMÝ ODPOROVÝ OHŘEV*. Brno, 2013. Dostupné také z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=67903.
Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky. Vedoucí práce Doc. Ing. Ilona Lázničková, PhD.
 16. HEIWOOD, J. B.: *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill, Inc., ISBN 0-07-028637-X, 1998
 17. Inventor Professional 2014, Autodesk
 18. JAKAR ELECTRONICS, SPOL. S R.O. *PR-23 série* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.omegaeng.cz/ppt/pptsc.asp?ref=PR-23&nav=>
 19. JAN VOJNA - PRŮMYSLOVÉ ARMATURY, S. R. O. *Přepouštěcí ventily: jak fungují a mají výhody* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.armatury-vojna.cz/prepousteci-ventily.php>
 20. JSP, S.R.O. *Příslušenství - CC0126: Jimka k zašroubování dle ON 027210* [online]. 2015 [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.jsp.cz/files/c0126cpcz.pdf>
 21. LEISTRITZ CORPORATION. *Leistritz Schraubenspindelpumpen & Systeme* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: http://www.leistritz.com/pumps/de/00_pdf/L3NG_KOMPLETT.pdf
 22. LEISTRITZ CORPORATION. *L3NG Three-Screw Pump* [online]. 2008 [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: http://www.leistritzcorp.com/literature/l3ng_three_screw_pump_rev2008.pdf

23. MANVER S.R.O. *Varné tvarovky: Varná mufna FOC270* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: http://www.manver.cz/fitinky/varne_tvarovky/cz
24. Microsoft Office. Edition 2003 pro studenty a učitele. Microsoft corp. One Microsoft Way, Redmond, WA 98052-6399, USA.
25. MIT METAL SPOL. S R.O. *Srovnávací tabulka norem: Redukce PN 40* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: http://www.mitmetal.cz/sites/default/files/Redukce_PN40.pdf
26. MÜLLER CO-AX AG. *Výpočty ventilových charakteristik* [online]. 2015 [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.co-ax.de/berechnung.asp?lang=cz>
27. NEREZMATERIAL.CZ. *Jakosti materiálů* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.nerezmaterial.cz/rady>
28. NEREZMATERIAL.CZ. *Produkty: Trubky* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.nerezmaterial.cz/produkty-trubky>
29. NOŽIČKA, Jiří. *Mechanika tekutin*. Dotisk 1. vydání. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-01-02865-8.
30. SIEMENS BUILDING TECHNOLOGIES. *Spojité regulační ventily s magnetickým pohonem, PN16* [online]. 2009 [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.zefin.cz/files/mxg%20461.pdf>
31. STASTO AUTOMATION S.R.O. *Kohout z mosazi s plným průtokem*. [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.stasto.cz/data.aspx?data=1c71fb17-770c-4986-b2ce-d18ad5b2e844>
32. 3Q METAL S.R.O. *Nerezové armatury: Nerezová mufna metrická - mat. 1.4301* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.inerez.cz/Nerezove-armatury/Mufny/Nerezova-mufna-metricka-mat-1-4301.html>