

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta strojní

Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel



Bakalářská práce

System chlazení/ohřevu oleje pro uzavřený stav převodovek

Vedoucí práce:
doc. Dr. Ing. Gabriela Achtenová

Vypracoval:
Vojtěch Kubina

Praha 2017

Prohlášení

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

V Praze dne

.....
Vojtěch Kubina

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí této práce doc. Dr. Ing. Gabriele Achtenové za vedení, cenné připomínky, odborné rady a pomoc při tvorbě práce. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Miroslavu Kolářovi z firmy PMP PAL International s.r.o. za umožnění spolupráce ve výrobním závodě a odborné poradenství v dané problematice.

Anotace

Jméno autora: Vojtěch Kubina

Název BP: Systém chlazení/ohřevu oleje pro uzavřený stav převodovek

Akademický rok: 2016/2017

Ústav: Automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

Vedoucí BP: doc. Dr. Ing. Gabriela Achtenová

Bibliografické údaje: 45 stran, 56 obrázků, 5 tabulek

Klíčová slova: převodovka, olej, chlazení, ohřev

Práce řeší konstrukční návrh zařízení pro chlazení/ohřev převodového oleje cirkulujícího v planetový a hřídelových soukolích, určených k životnostním zkouškám na uzavřeném stavu. Zabývá se návrhem funkčních schémat zařízení, volbou komponent a jejich sestavení do funkčního celku. Konstrukce zohledňuje prostorové požadavky laboratoře.

Annotation

Author: Vojtěch Kubina

Name of thesis: Oil conditioning system for closed-loop experimental set-up

Academic year: 2016/2017

Department: Department of Automotive, Railway and Aerospace engineering

Advisor: doc. Dr. Ing. Gabriela Achtenová

Work contents: 45 pages, 56 figures, 5 tables

Key words: gearbox, oil, cooling, heating

The thesis solves the design of the device for cooling / heating of the gear oil circulating in planetary and shaft gears intended for service life in the closed state. It deals with the design of functional diagrams of equipment, selection of components and assembly of components into a functional unit. The design takes into account the laboratory's spatial requirements.

Obsah

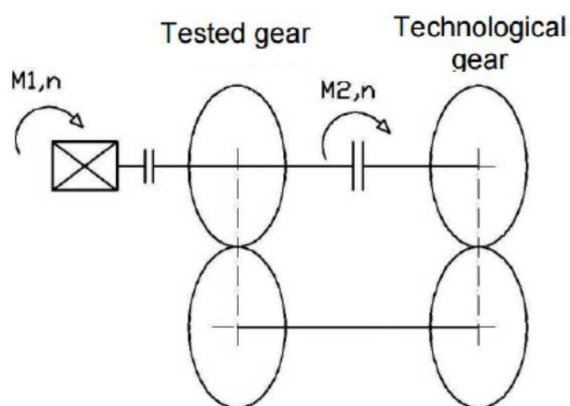
1.	Úvod.....	8
2.	Popis funkce.....	8
3.	Vzorová zařízení	10
4.	Funkční schéma	14
4.1.	Okruh pro chlazení oleje	15
4.2.	Okruh ohřevu oleje	16
5.	Konstrukční řešení	18
6.	Seznam komponent	22
7.	Závěr.....	37
8.	Seznam použitých znaků	38
9.	Seznam tabulek	39
10.	Seznam použitých obrázků	40
11.	Seznam použitých zdrojů.....	42
12.	Seznam příloh	45

1. Úvod

Cílem této práce je navrhnout vhodné zařízení pro zkoušky planetových a hřídelových převodovek umístěných na uzavřeném zkušebním stavu (Obr. 1.1). Zařízení bude určeno pro chlazení případně ohřev převodového oleje protékajícího převodovkami při zkouškách. Dalším cílem této práce je navrhnout systém, který by automaticky udržoval teplotu oleje v okruhu. Součástí řešení je navrhnout rám na který bude možné umístit celý systém chlazení/ohřevu oleje se zohledněním prostorových možností laboratoře. Zařízení bude umístěno ve Vědeckotechnickém parku v Roztokách u Prahy.

Bakalářská práce navazuje na již hotovou diplomovou práci pana Guennoca Antoine, využívá prezentované výsledky a dále je rozvíjí.

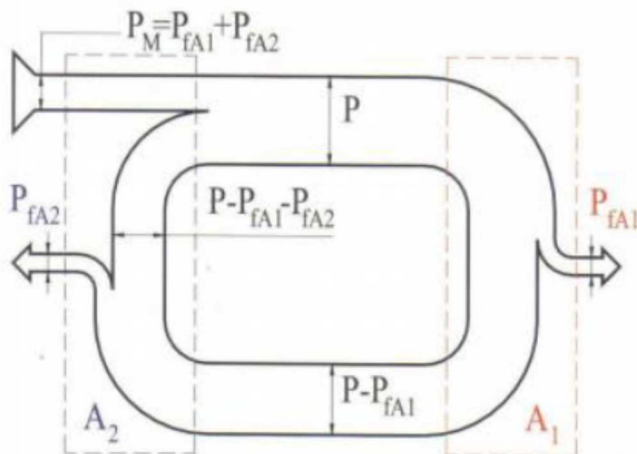
Bakalářská práce je rozdělena do tří hlavních částí. V první části je navrženo základní schéma systému jako celku a dále je rozděleno do dvou okruhů s chlazením nebo ohřevem oleje s popisem funkce jednotlivých součástí. Druhá část je věnována konstrukci rámu pro umístění zařízení s ohledem na prostorové možnosti v laboratoři, kde je umístěn zkušební stav. V třetí části je uveden seznam komponentů s požadovanými parametry.



Obr. 1.1. Schéma zkušebního stavu (převzato z [1])

2. Popis funkce

Dvě stejné převodovky jsou namontovány souose na rám, mezi ně je vložen mechanismus regulující moment a úhlové natočení vstupní/výstupní hřídele. Otáčky jsou regulovány elektromotorem umístěným na vstupní hřídeli jedné z převodovek. Ze schématu (Obr. 2.1.) je vidět, že kroučící moment motoru odpovídá součtu ztrát obou převodovek. Výkon dodávaný elektromotorem odpovídá ztrátovému výkonu celého mechanismu. Pro správné řízení je důležité, aby elektromotor dosahoval vysokých otáček v našem případě až 6 400 ot./min.



Obr. 2.1. Uzavřená smyčka (převzato z [1])

V práci pan Guennoca jsou spočítány účinnosti planetové a hřídelové převodovky a vybrány základní komponenty zařízení pro chlazení oleje. Moje práce navazuje na již rozpracovanou část pojednávající o chlazení oleje a rozšiřuje funkci zařízení o ohřev oleje na pracovní teplotu 50°C.

V práci pana Guennoca byla zjištěna horší účinnost pro planetové převodovky $\mu_p = 0,89$ pro výpočet odpadního výkonu použijeme rozdíl celkové účinnosti 1 a skutečné 0,89.

$$\mu_o = 1 - \mu_p \quad (1)$$

$$\mu_o = 1 - 0,89 \quad (2)$$

$$\mu_o = 0,11 \quad (3)$$

Parametry převodovky:

$$n = 6400 \frac{ot}{min} \quad M = 250 Nm$$

Výpočet odpadního výkonu:

Základní vzorec z [2]: (4)

$$P = M \cdot \omega \cdot \mu_o$$

Vzorec pro úhlovou rychlost [2]: (5)

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (6)$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot 6400}{60} \quad (7)$$

$$\omega = 669,87 rad/s \quad (8)$$

$$P = 250 \cdot 669,87 \cdot 0,11$$

Výsledný výkon: (9)

$$P = 18\,421,34 W$$

Vstupní parametry pro zřízení jsou uvedeny v tabulce 2.1

Teplota oleje	50°C
Teplota vody pro chlazení	15°C
Odvedený výkon	18 421,4 W
Předehřívací teplota	50°C

Tab. 2.1. Parametry zařízení

3. Vzorová zařízení

Prvním vzorovým zařízením byl hydraulický stav od firmy Seall s.r.o.. Toto zařízení se skládá z olejové nádrže svařené z plechu na niž je přišroubováno víko s osazeným přírubovým elektromotorem. Sestava nádrže s víkem je uložena do plechové vany pro zachycení oleje. Na zadní straně nádrže je umístěn tepelný výměník. Elektrické řízení stavu je uschováno ve skříni přišroubované k dvěma svislým nosníkům. Celé zařízení je umístěno na kolečkách pro snadnou manipulaci.



Obr. 3.1. Vzorový stav Seall

Další vzorová zařízení jsou od firmy Chvalis s.r.o.. Tato zařízení jsou konstruována podle požadavků zákazníka. Jedná se o hydraulické agregáty nebo celé systémy. Konstrukce je navržena vždy tak, aby všechny potřebné prvky pro funkci zařízení byly umístěny na víku nádrže. Nádrže jsou navrhovány dvěma způsoby buď jako hliníkový odlitek s ocelovým víkem (Obr. 3.2.) nebo jako svařenec z ocelového plechu. (Obr. 3.3.)



Obr 3.2. Zařízení s hliníkovou vanou (převzato z [3])

Obě tato zařízení mají olejové čerpadlo umístěno na vrchu víka, oproti tomu zařízení Seall má olejové čerpadlo umístěné v olejové nádrži. Jako velký nedostatek vidím přímé spojení nosného rámu s podlahou. Vibrace elektromotoru a čerpadla nejsou nijak tlumeny a mohou prostupovat rámem stroje přímo do podlahy.



Obr 3.3. Zařízení se svařenou vanou (převzato z [3])

Po dohodě s firmou PMP PAL International s.r.o. mi bylo umožněno prohlédnout si hydraulické systémy a agregáty přímo ve výrobním závodě. Tato zařízení jsou používána na výrobní lince k hydraulickému ovládní montážních zařízení případně v hydraulických lisech. První zařízení používá hybridní konstrukci z již jmenovaných. Jako základní nosná část je použita odlitá hliníková vana. Na níž je usazeno ocelové víko o tloušťce 5 mm s přišroubovaným elektromotorem. Olejové čerpadlo je vloženo do vany, tlakový olej je hnán do dvoucestného elektricky ovládaného ventilu. Z důvodu úniku oleje je zařízení umístěno na záchytné vaně svařené z 3 mm ocelového plechu.



Obr 3.4. Zařízení s hliníkovou vanou - PAL International s.r.o.

Parametry tohoto zařízení jsou velmi podobné s navrhovaným zařízením pro chlazení /ohřev převodového oleje.



Obr 3.5. Parametry zařízení s hliníkovou vanou - PAL International s.r.o.

Další agregát (Obr. 3.6.) používá zmiňovanou konstrukci svařené olejové vany s čerpadlem umístěným v nádrži. Jako pohonná jednotka je opět instalován přírubový elektromotor. Zajímavým konstrukčním prvkem je chladič oleje přimontovaný na víku nádrže, jedná se o chladič olej vzduch s několik rychlostním ovládním průtoku vzduchu.



Obr 3.6. Zařízení s výměníkem - PAL International s.r.o.

Posledním zkoumaný agregát (Obr. 3.7) je konstruován jako zdroj tlakového oleje. Základním prvkem je vana v provedení ocelového svařence. Víko je vyrobeno z 5 m plechu a opět osazeno přírubovým elektromotorem s čerpadle vloženým do olejové lázně.



Obr 3.7. Zdroj tlakového oleje - PAL International s.r.o.

Z různých konstrukčních řešení vzorových zařízení bych pro svůj návrh použil vanu jako svařenec z ocelového plechu, a to z důvodu jednoduchosti výroby oproti hliníkovému odlitku. Pohonným agregátem bude přírubový asynchronní motor přišroubovaný do ocelového víka. Olejové čerpadlo umístím do olejové lázně, a to hlavně z důvodu prostorové tísně v laboratoři. Jak je vidět na obr 3.8. pod zařízením je potřeba umístit zachytnou vanu, v opačném případě dojde k znečištění pracovního prostředí.

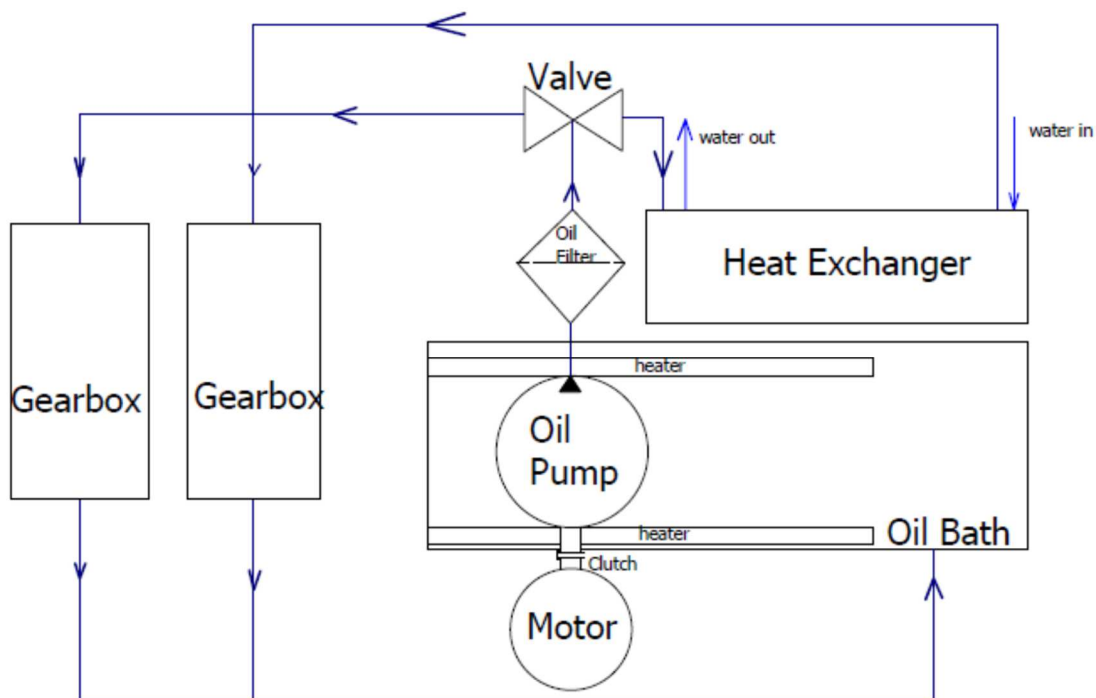


Obr 3.8. Ochrana pracovního prostředí

4. Funkční schéma

Navrhované zařízení se skládá z chladicího okruhu a okruhu pro ohřev oleje (Obr. 4.1.) na pracovní teplotu 50 °C. Celé zařízení je umístěno na rámu z ocelového plechu tloušťky 3 mm a je uloženo na 12 gumových podstavcích. Hlavním komponentem je ocelová vana svařena z 3 mm plechu, do této vany je ponořeno olejové čerpadlo o průtoku 14,9 litrů/min a dvě topná tělesa, každé o výkonu 1000 W. Nádrž je zakryta víkem z 5 mm ocelového plechu s odvzdušňovacím/kontrolním otvorem. Na víko je ve svislé poloze přišroubován 4 kW přírubový asynchronní elektromotor. Víko bude přimontováno na nádrž tak, aby výstupní hřídel motoru umístěna souose s vstupní hřídelí olejového čerpadla. Ke spojení motoru a čerpadla slouží pružná hřídelová spojka. Čerpadlo je přimontováno do nádrže k připraveným montážním bodům.

Jednotlivé okruhy jsou přepínány třicestným termostatickým ventilem ESBE MBA132 s hraniční teplotou nastavenou na 50°C. V případě předehřevu bude ohřátý olej čerpán přes olejový filtr a třicestný termostatický ventil do převodovek. V případě chlazení bude ventil přepnut do druhé polohy. Přehřátý olej bude horním vtokovým otvorem přitékat do vany a dále bude čerpán přes filtr do tepelného výměníku, kde bude ochlazen na 50 °C a poté vháněn do převodovek.



Obr. 4.1. Funkční schéma

4.1. Okruh pro chlazení oleje

Chladicí okruh (Obr. 4.1.1) bude zajišťovat ochlazení oleje odcházejícího z převodovky umístěné na zkušebním stavu. Při odvalování ozubených kol dochází k ohřevu oleje nad 80 °C, takto ohřátý olej však ztrácí potřebné viskózní vlastnosti a při dlouhodobé zkoušce by degradoval a nadále by nemohl akumulovat teplo vzniklé třením kol a převodovka by se přehřívala. Tento stav by neodpovídal skutečnému provoznímu stavu a došlo by k znehodnocení měření.

Olej je tlakovým spádem přiváděn z převodovky do olejové vany, kde dochází ke smíchání s chladnějším olejem, tímto procesem se část tepla předá pro vyrovnání teplot chladnějšího a ohřátého oleje.

Pro výpočet tlakového spádu použijeme vztah:

$$p_{\Delta} = \rho \cdot g \cdot h_{\Delta} \quad (10)$$

Známe veličiny: hustota oleje $\rho = 900 \frac{kg}{m^3}$

gravitační zrychlení v tíhovém poli Země $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

výška k výpusti převodovky $h_1 = 0,45 m$

výška k vstupu do olejové vany $h_2 = 0,203 m$

rozdíl hladin:

$$h_{\Delta} = h_1 - h_2 \quad (11)$$

$$h_{\Delta} = 0,157 m \quad (12)$$

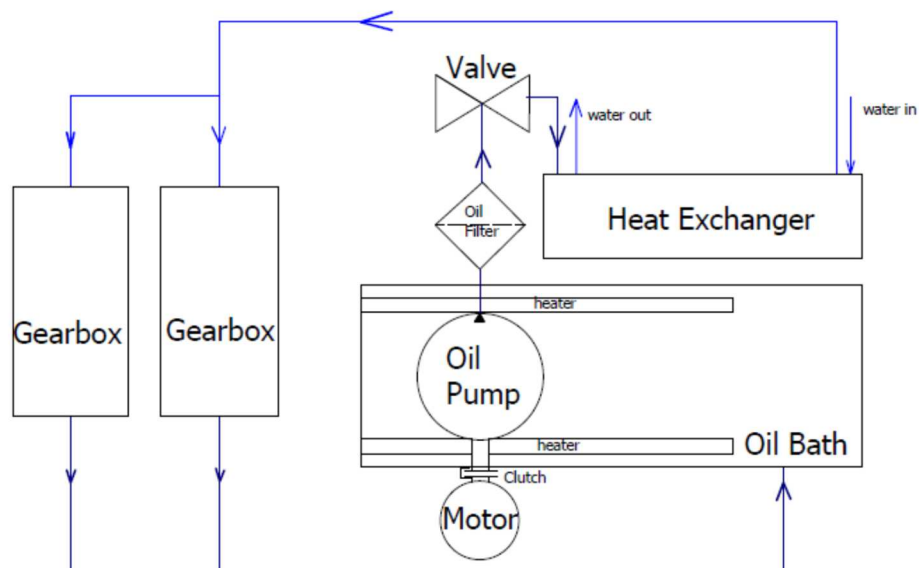
Dosazení do rovnice (10):

$$p_{\Delta} = 900 \cdot 9,81 \cdot 0,157 \quad (13)$$

$$p_{\Delta} = 1\,386 Pa \quad (14)$$

Vana a víko olejové vany jsou vybaveny přepážkami pro potlačení tvorby bublinek vzniklých při odvalování kol v převodovce. Tyto bublinky se postupně uvolňují a stoupají k hladině, kde explodují, při tomto procesu by ve vaně vznikala pěna, která by se rozprostřela po celé hladině. Přepážka přivařená na víku zadrží vznikající pěnu jen v jedné části nádrže. Dále je olej nasáván čerpadlem a vháněn do olejového filtru, kde je očištěn od mechanických nečistot.

Pro řízení přepínání okruhů chlazení/ ohřevu je použit třicístý termostatický ventil ESBE typ MBA132. Hraniční teplota oleje je stanovena na 50 °C při překročení této hodnoty ventil uzavře obvod určený pro ohřev a otevře přívod do tepelného výměníku. Olej bude vháněn do protiproudého výměníku, kde se ochladí na požadovanou hodnotu 50 °C a pomocí hydraulického potrubí bude přiveden zpět do převodovky.

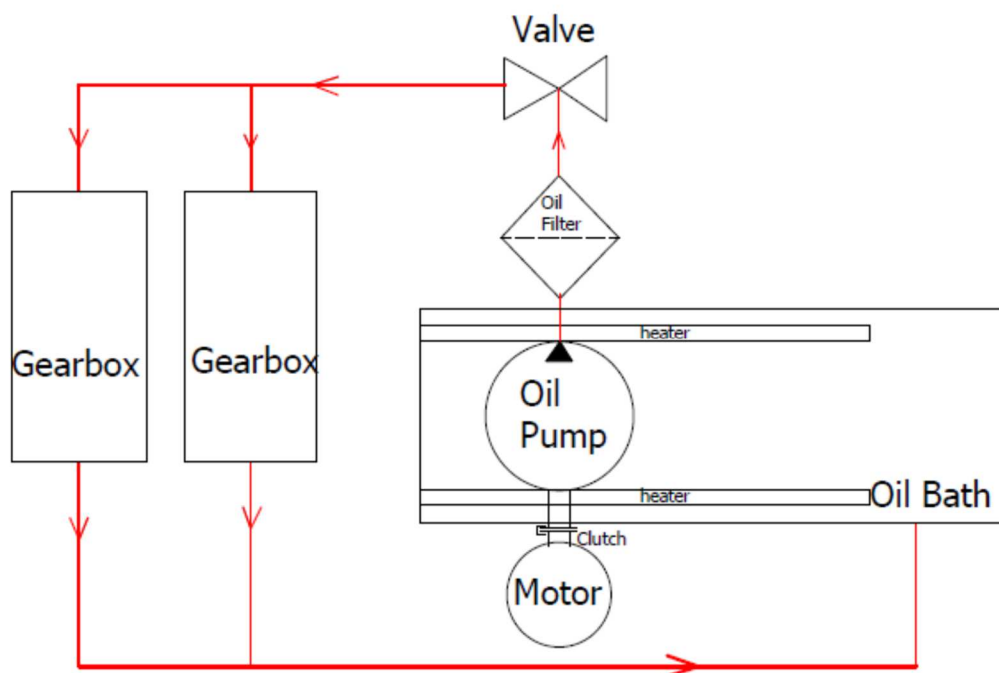


Obr. 4.1.1. Chladicí okruh

4.2. Okruh ohřevu oleje

Okruh ohřevu (Obr. 4.2.1) se skládá z olejové vany, do které jsou vloženy dvě topná tělesa ELTOP typ 1407090140 určená pro ohřev oleje se speciální vrstvou proti spékání na povrchu spirály. Každé těleso má výkon 1000 W celkový výkon pro ohřev je tedy 2000 W. Tělesa jsou napájena 230 V z elektrické sítě umístěné v laboratoři.

Ohřátý olej je čerpán z vany přes olejový filtr do převodovek a vrácen zpět do olejové vany. Ovládání okruhu je spouštěno třicestným termostatickým ventilem ESBE typ MBA132 umístěným za olejovým filtrem. Maximální teplota oleje je stanovena na 50 °C, v případě vyšší teploty bude okruh přepnut na chlazení.



Obr. 4.2.1. Okruh ohřevu

Výpočet času potřebného pro ohřev oleje na pracovní teplotu 50 °C:

Parametry oleje: $\rho = 900 \frac{kg}{m^3}$; $c_p = 2000 \frac{J}{kg^{\circ}C}$; počáteční teplota $t_0 = 20^{\circ}C$; konečná teplota $t = 50^{\circ}C$; Objem olejové vany: $V = 0,023 m^3$

Výpočet hmotnosti oleje k ohřevu na 50 °C:

Základní rovnice z [2] :

$$m = V \cdot \rho \quad (15)$$

Číselné dosazení do r. (15):

$$m = 0,023 \cdot 900 \quad (16)$$

Výsledná hmotnost:

$$m = 207 \text{ kg} \quad (17)$$

Výpočet tepla potřebného pro ohřátí oleje z 20 na 50 °C:

Kalorimetrická rovnice z [2]:

$$Q = c_p \cdot m \cdot (t - t_0) \quad (18)$$

Číselné dosazení do r. (18):

$$Q = 2000 \cdot 207 \cdot (50 - 20) \quad (19)$$

Výsledné teplo:

$$Q = 1\,242\,000 \text{ J} \quad (20)$$

Pro výpočet času potřebného pro ohřátí převodového oleje vyjdeme ze vztahu (21) převzatého z [5]. Pro ohřev jsou použita dvě topná tělesa každé o výkonu 1 000 W.

$$t = \frac{Q}{2P} \quad (21)$$

Číselné dosazení do (21):

$$t = \frac{1\,242\,000}{2 \cdot 1000} \quad (22)$$

$$t = 621 \text{ s} \approx 11 \text{ minut} \quad (23)$$

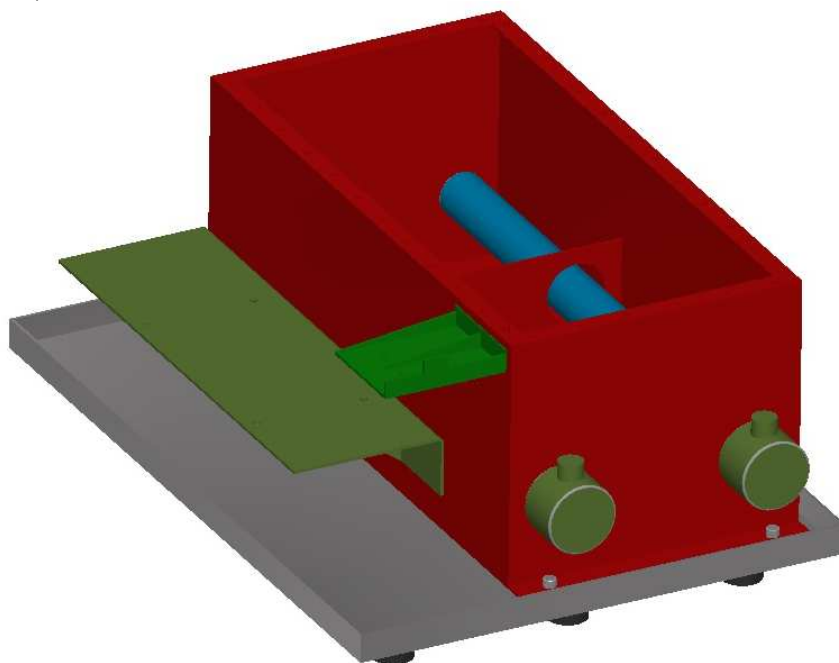
Pro ohřátí $0,023 m^3$ oleje bude potřeba přibližně 11 minut. Skutečný čas bude větší, protože se při výpočtu je pouze uvažován 100 % přenos veškerého tepla do oleje, ve skutečnosti dochází k přechodu tepla do olejové vany a také do rámu celého zařízení. Odhaduji, že bude potřeba dalších 30 vteřin pro správné prohřátí všech komponent a oleje, toto tvrzení bude nutné ověřit experimentálně.

5. Konstrukční řešení

Celé zařízení je umístěno na ocelovém rámu svařeném z 3 mm plechu. Rozměry rámu jsou limitovány prostorem v laboratoři a byly stanoveny na 700 x 500 mm. Z důvodu zachycení unikajícího oleje je nosný rám po celé délce obvodu ohraničen lemem výšky 30 mm. Pro tlumení rázů a vibrací od asynchronního elektromotoru a čerpadla bude celé zařízení usazeno na gumových podstavcích. Instalace podstavců bude realizována pomocí 30 mm závitových tyček M8 přivařených k vaně ve třech řadách, každá po 4 kusech. (Obr. 6.13)

Nosným prvkem celého zařízení je olejová vana (Obr. 6.4), jedná se o svařenec z 3 mm plechu o rozměrech 600 x 300 x 250 mm. Z důvodu vypouštění oleje je dno vany zkoseno pod úhlem 1° , v nejnižším místě je umístěn vypouštěcí šroub M14 x 1,5. K vaně je v podélném směru ve výšce 96 mm přivařena montážní podpora výměníku (Obr. 6.10). Ke stejné stěně vany bude do výšky 219 mm přivařena montážní podpora olejového filtru (Obr. 6.11). Vana s přivařenými podporami bude ukotvena k rámu čtyřmi šrouby ISO 4762-M10-8.8 [4].

Do připravených otvorů se závitem M48 x 2 budou instalovány dvě topná tělesa ELTOP 1407090140 (obr. 6.3).

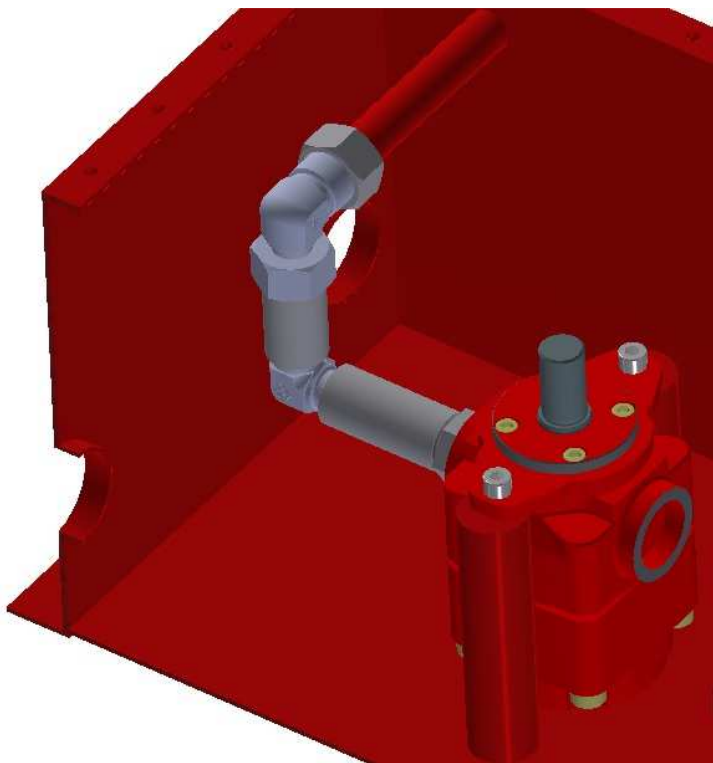


Obr. 5.1. Vana a rám

Šrouby ISO 4762-M8-8.8 [4] bude do připravených kotvicích bodů ve svislé poloze instalováno olejové čerpadlo Bucher Hydraulic QX 21-100 (Obr. 6.1). Výstupní hřídel o průměru 26 mm bude osazen pružnou hřídelovou spojkou. Spojení hřídele a spojky bude realizováno těsným perem 4 x 6 x 28 dle ČSN 02 2562 [4]. Nasávání oleje bude probíhat z volného objemu, tlaková větev čerpadla bude napojena do okruhu pomocí G3/4" redukce ve výstupním otvoru čerpadla dále trubicí průměru 28 mm délky 50 mm s vnitřním G3/4" závitěm na obou koncích, G3/4" kolenem s vnějšími závity, trubicí průměru 28 mm délky 45 mm s vnitřním G3/4" závitěm na jedné straně a vnějším na straně druhé, tento konec bude přišroubován převlečnou maticí k připravenému potrubí v olejové vaně (Obr. 5.2).

Pro zajištění čistoty nasávaného oleje je na dně vany umístěna přepážka zachycující mechanické nečistoty. Z důvodu vypouštění oleje samospádem k vypouštěcímu otvoru by nedocházelo k úplnému vyprázdnění vany (přepážka na dně by část oleje zadržela), proto jsou po stranách přepážky trojúhelníkové otvory.

Ve vaně by nemělo docházet k víření oleje a následnému „napěnění“, z tohoto důvodu nesmí hladina oleje v nádrži stoupnout nad horní funkční plochu upevňovacích bodů čerpadla. Správnou výšku hladiny a teplotu oleje můžeme vizuálně kontrolovat ukazatelem hladiny Kipp (Obr. 6.22), umístěným na boku vany v místě spojení elektromotoru s olejovým čerpadlem.

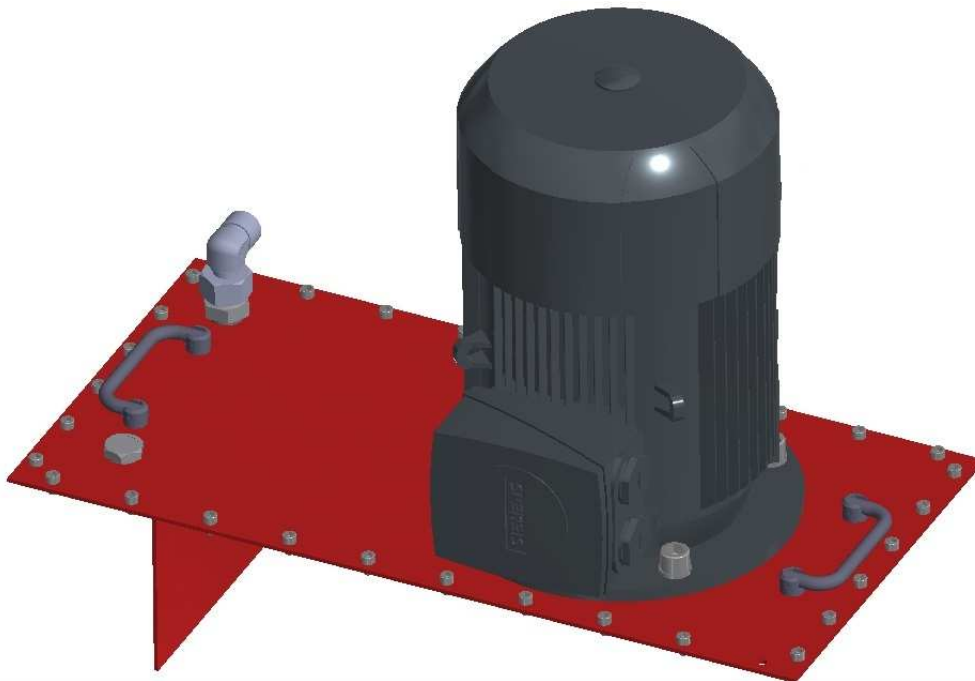


Obr. 5.2. Napojení čerpadla

Dalším důležitým dílem je víko nádrže, na kterém je přišroubován 4kW asynchronní přírubový elektromotor (Obr. 5.3.). Pro zvýšení únosnosti je v místo pod motorem zesíleno navařeným nákrůžkem o průměru 250 mm a tloušťce 5 mm. Hřídel motoru je spojena s pružnou spojkou pomocí těsného pera 8 x 7 x 50 dle ČSN 02 2562 [4]. Z důvodu doplnění oleje a vyrovnání tlaků ve vaně je ve víku osazena odvzdušňovací zátka TNF M 20 x 1,5 (Obr. 6.20). Při servisních zásazích je nutná manipulace s víkem, z tohoto důvodu jsou do víka přišroubovány dvě sklopná madla GN 425.120-CR (Obr. 6.21). Vstupní otvor oleje je vyztužen navařenou trubkou průměru 26 mm s G3/4" trubkovým závitem a redukcí pro připojení kolena.

Při odvalování ozubených kol v převodovce dochází k promísení oleje a vzduchu, tento proces má za následek tzv. „našlehání“ oleje. Takto „našlehaný“ olej by nemohl být čerpán a ochlazován ve výměníku. Pro odstranění tohoto problému je víko olejové vany vybaveno přepážkou. Při vstupu oleje z převodovky do vany dojde k vztlínání vzduchových bublinek a jejich úniku z vany přes odvzdušňovací otvor. Při procesu vzniká olejová pěna, aby nedocházelo k zaplnění nádrže touto pěnou je oddělena od zbytku přepážkou umístěnou na víku.

Víko bude centrováno dvěma kužely umístěnými na lemu olejové vany a přišroubováno 30 šrouby ISO 4762-M6-8.8 [4]. Spojení vany a víka bude zatěsněno těsnícím tmelem (Obr. 6.35.).

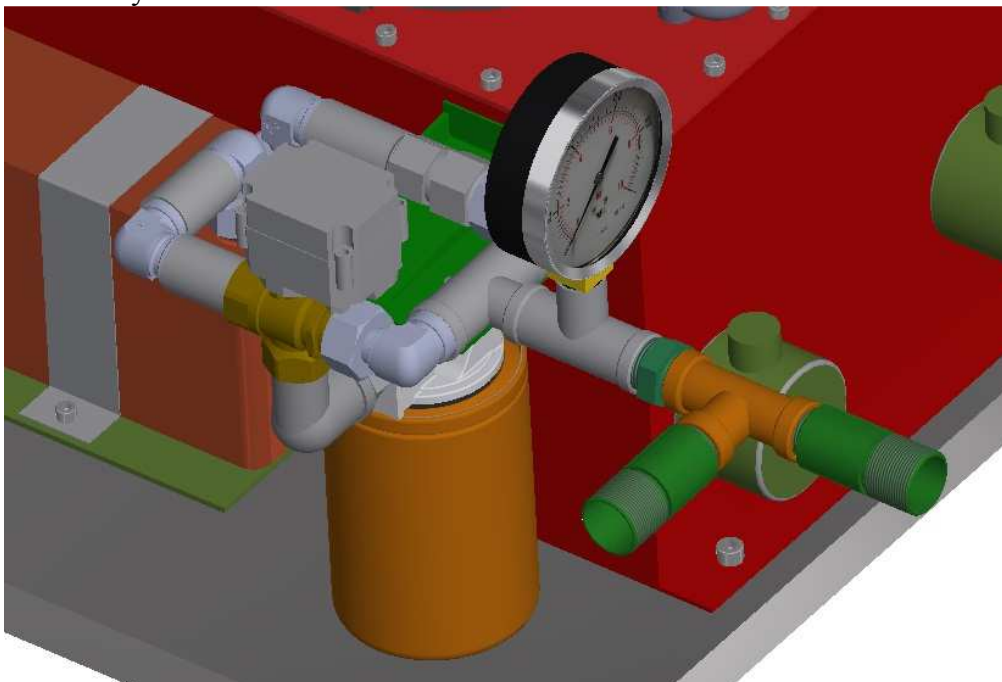


Obr. 5.3. Sestava vika

Olej z vany je čerpán do olejového filtru PARKER MXA1 (Obr. 6.18), přišroubovaném ve svislé poloze k montážní podpoře olejového filtru šrouby ISO 4762-M4-8.8 [4]. Filtr je spojen s olejovou vanou pomocí trubky s převlečnou maticí a G3/4" redukcí. Výstupní konec je připojen také G3/4" redukcí a G3/4" kolenem do vstupu třicestného ventilu (Obr. 5.4.). Trubkové spoje budou utěsněny teflonovou páskou (Obr. 6.38.).

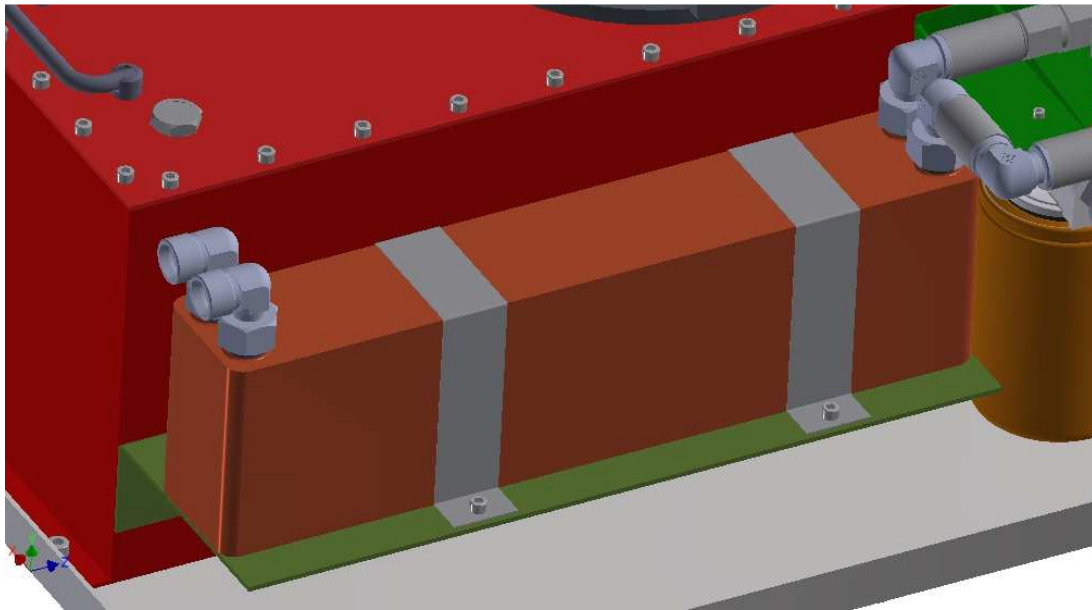
Olej dále pokračuje potrubím do elektricky ovládaného třicestného ventilu ESBE MBA132 (Obr. 6.23), kde je olej přesměrován do okruhu chlazení nebo ohřívání oleje. V případě ohřívání je olej hnán přes koleno, tlakový manometr s rozsahem 16 bar (Obr. 6.15) až do koncovky s rychlospojkami pro připojení hydraulických hadic.

V případě ohřevu by docházelo k natlakování tepelného výměníku, proto je do větve vedoucí z výměníku umístěn tlakový zpětný ventil (Obr. 6.24), který se při spuštění ohřevu uzavře a ochrání výměník před defekty.



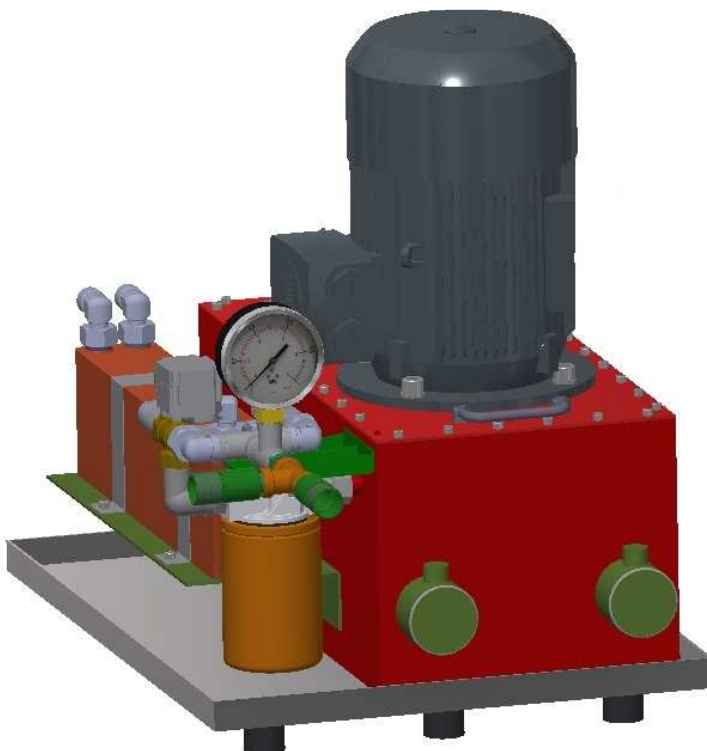
Obr. 5.4. Spojení okruhů

Tepelný výměník Secespol LA34 - 50 s G3/4" šroubeními (Obr. 6.2) bude umístěn na montážní podpoře, aby přípojovací šroubení ležela svisle vzhůru, zajištěn proti pohybu bude dvěma objímkami z plechu tloušťky 1 mm. (Obr. 5.5.) Objímky budou přichyceny k podpoře šrouby ISO 4762-M6-8.8 [4]. Ke každému vstupu/výstupu výměníku je připojeno G3/4" koleno a převlečnou maticí a vnějším G3/4" závitem.



Obr. 5.5. Připojení výměníku

V případě přepnutí třicestného ventilu na okruh chlazení bude olej procházet přes potrubí průměru 26 mm s vnitřním trubkovým závitem G3/4", kolenem s vnějšími závity G3/4" a opět potrubím průměru 26 mm do vstupního kolene našroubovaného na výměníku. Po ochlazení na teplotu 50 °C výstupním šroubením přes zpětný ventil, jehož otvácí tlak je 0,5 bar, až do koncovky s rychlospojkami pro připojení hydraulických hadic. Celková sestava (Obr. 5.6.) zařízení bude mít rozměry 700 x 500 x 645 mm, s rezervou 100 mm splní půdorysné požadavky laboratoře.



Obr. 5.6. Sestava zařízení

6. Seznam komponent

Některé komponenty chladicího okruhu již byly navrženy v diplomové práci pana Guennoca Antoine- Design of a cooling system. Tyto komponenty byly zapracovány do celkového systému pro zkušební stav převodovek.

Komponenty z diplomové práce pana Guennoca:

OLEJOVÉ ČERPADLO od firmy Bucher Hydraulic QX 21- 010

- zubové olejové čerpadlo
- průtok 14,9 l/min
- otáčky 3600 ot./min
- příkon 4 kw
- maximální tlak (kontinuální) 160 bar
- průměr výstupu G1/2"
- hmotnost 6 kg



Obr. 6.1. Olejové čerpadlo (převzato z [5])

Displacement	Flow rate	Maximum speed	Code	Max. operating pressure at the pump outlet side				Torque	Power consumption
				continuous [bar]		intermittent [bar] ²⁾			
effective	1450 min ⁻¹ p = 0 bar			Mineral oil	HFC	Mineral oil	HFC		
[cm ³ /rev] ¹⁾	[l/min]	[rpm]						[Nm] ³⁾	[kW] ⁴⁾
10,3	14,9	3600	QX21-010	160	130	210	180	26	4,0
12,6	18,3	3600	QX21-012	125	100	160	135	25	3,8
15,9	23,0	3600	QX21-016	100	80	125	100	25	3,9
20,0	29,0	3000	QX31-020	160	130	210	180	51	7,7
25,3	36,7	3000	QX31-025	125	100	160	135	50	7,7
31,2	45,2	3000	QX31-032	100	80	125	100	50	7,5
40,7	59,0	3000	QX41-040	160	130	210	180	104	15,7
50,3	72,9	2600	QX41-050	125	100	160	135	100	15,2
64,7	93,8	2300	QX41-063	100	80	125	100	103	15,6
78,6	114	2300	QX51-080	160	130	210	180	200	30,4
101,1	146	2100	QX51-100	125	100	160	135	201	30,5
127,3	184	1800 ⁵⁾	QX51-125	100	80	125	100	203	30,8
160,5	232	1800 ⁶⁾	QX61-160	160	130	210	180	409	62,0
202,1	293	1800 ⁶⁾	QX61-200	125	100	160	135	402	61,0
249,7	362	1800 ⁶⁾	QX61-250	100	80	125	100	397	60,4
326,0	472	1750 ⁶⁾	QX81-315	160	130	210	180	830	126,0
402,6	583	1750 ⁶⁾	QX81-400	125	100	160	135	801	121,6
498,5	722	1500 ⁶⁾	QX81-500	100	80	125	100	793	120,5

Tab. 6.1. Parametry olejového čerpadla (převzato z [5])

Požadovaný průtok soustavou je 0,02 m³/s průtok čerpadlem je 14.9 l/min při 1450 ot./min. Otáčky pro stanovený průtok zjistíme z průtoku na 1 otáčku a to ze vzorce (24) převzato z [1]

$$n = \frac{Q}{Q_{n-1}} \quad (24)$$

$$n = \frac{20000}{10,3} \quad (25)$$

$$n = 1940 \text{ ot./min} \quad (26)$$

Maximální otáčky čerpadla jsou 3600 ot./min. Náš požadavek na otáčky bude splněn s výraznou rezervou.

PROTIPROUDÝ TEPELNÝ VÝMĚNÍK Secespol LA34 - 50 s G3/4" šroubeními

Tento komponent byl navrhován v programu od firmy Secespol CAIRO PRO [6]

- pájený deskový výměník
- teplosměnná plocha: 1,7 m²
- maximální tlak: 30 bar
- maximální teplota: 230 °C
- minimální teplota: -195 °C
- velikost připojení: G3/4"

Vypočtené parametry výměníku Secespol LA 34-50 s G3/4" šroubeními

Physical quantity	Symbol	Water	Oil	Unit
Inlet temperature	T _i	15	80	°C
Outlet temperature	T _o	30	50	°C
Reference temperature	T _m	22,5	65	°C
Mass specific heat	C _p	4184	2068	J/kg/K
Density	ρ	998,5	890	kg.m ³
Flow rate	q	2,94E-04	3,33E-04	m ³ /s
		17,62	19,99	L/min
thermal conductivity	λ	0,5964	0,127	W/m/K
Speed of the flow	V	1,15E-01	7,38E-02	m/s
Kinematic viscosity	ν	-	1,00E-04	m ² /s
		-	1,14E-05	m ² /s
		-	3,30E-05	m ² /s
Dynamic viscosity	μ	9,54E-04	2,94E-02	kg/(m.s)
Reynolds' Number	Re	2173,82	4,59	-
Flow regime		Transitory	Laminar	
Prandtl's number	Pr	6,692716298	-	-
Nusselt's number	Nu	20,26319589	4,36	-
Wet Perimeter	P _m	5,65E-01	1,26E+00	m
Hydraulic diameter	D _h	1,80E-02	2,44E-02	m
Coefficient of convective exchange	h	671,3872237	269,6921468	W/K/m ²

Tab. 6.2. Parametry tepelného výměníku 1 (převzato z [1])



Obr. 6.2. Tepelný výměník (převzato z [6])

Physical quantity	Symbol	Value	Unit
Thermal power to dissipate	P_{th}	18400	W
Log Mean Temperature Difference	LMTD	42,06	K
Coefficients:	R_2	2	-
	ε_2	0,23	-
Adjustment coefficient	F	0,96	-
Tubes:			
External diameter	D_e	0,02	m
Internal diameter	D_i	0,018	m
Thickness	e	0,001	m
Thermal conductivity of Copper	λ_{copper}	397	W/m/K
Pitch	pt	0,02	m
Equivalent diameter	D_r	2,05E-03	m
Oil tank:			
Height	h	0,09	m
Width	w	0,12	m
Global coefficient of exchange	K	192,3112503	W/K/m ²
Surface of exchange	S	2,369863003	m ²
Length	L	2,10	m

Tab. 6.3. Parametry tepelného výměníku 2 (převzato z [1])

TOPNÉ TĚLESO značky ELTOP typ 1407090140

- topné větve: ocelové / nerezové,
- provozní tlak do 0,6 MPa
- mosazní příruba s krytím IP 54
- výkon 1000 W
- délka 580 mm
- napájecí napětí 230 V
- ochranná vrstva proti spékání oleje



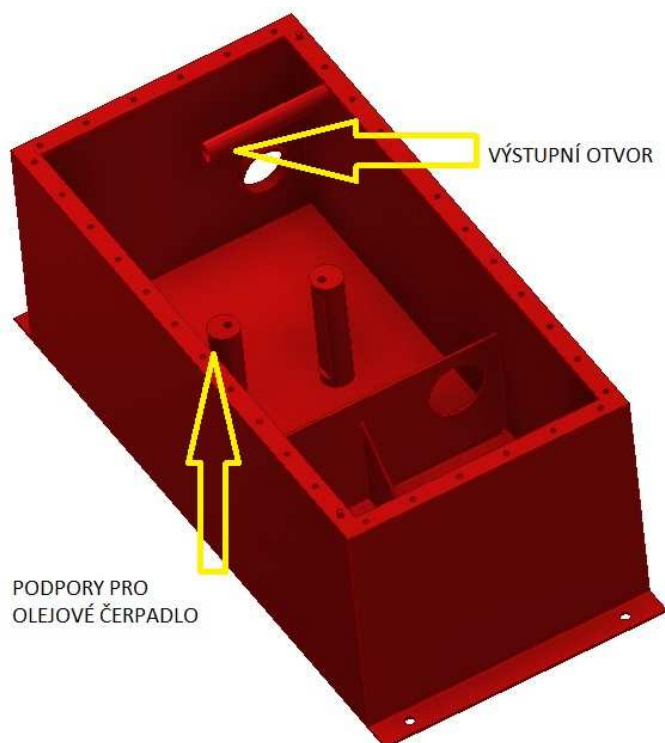
Obr. 6.3. Topné těleso (převzato z [7])

Typ	Napájení (V)	Výkon (W)	L (mm)	Závit
1407090020	A4546	1x230	500	M48x2 G6/4"
1407090010	A4545	1x230	750	
1407090040	A4544	1x230	1000	
1407090060	A4547	1x230	1250	

Tab. 6.4. Parametry topného tělesa (převzato z [8])

OLEJOVÁ VANA

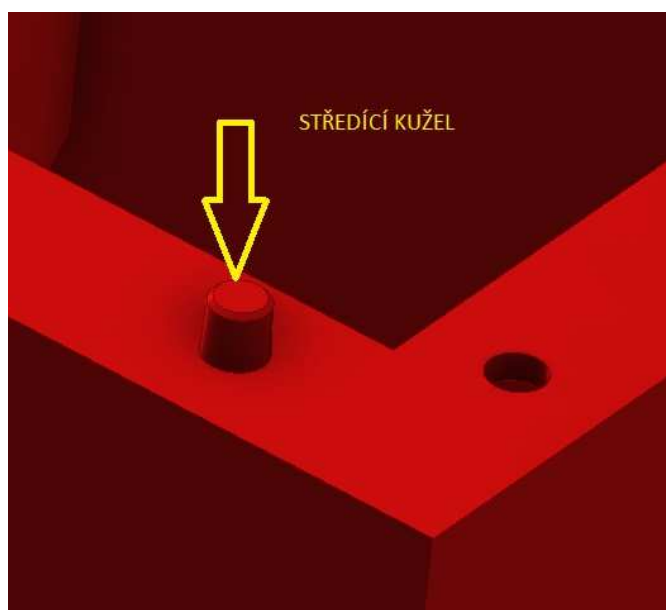
Základní nosnou částí celého zařízení je ocelová vana z 3 mm plechu DC01-A-m dle EN 10130 (ČSN 11 321) [9] tento materiál má mez pevnosti 270-390 MPa. Rozměry vany jsou 600 x 300 x 250 mm o celkovém objemu 0,023 m³. Nádrž má zkosené dno pod úhlem 1° směrem k výpustnému šroubu M 14 x 1,25. Ve vzdálenosti 347 mm od levé vnitřní strany je kde dnu přivařena přepážka pro zachycení mechanických nečistot na dně vany. Z důvodu vypouštění oleje je přepážka v rozích zkosenena, tímto vzniknou mezi přepážkou a stěnami trojúhelníkové otvory, kterými proteče olej k vypouštěcímu otvoru, v opačném případě by nebylo možné vypustit veškerý obsah nádrže. K přepážce je přivařena trojúhelníková výztuha opět z 3 mm plechu DC 01-A-m.



Obr. 6.4. Olejová vana

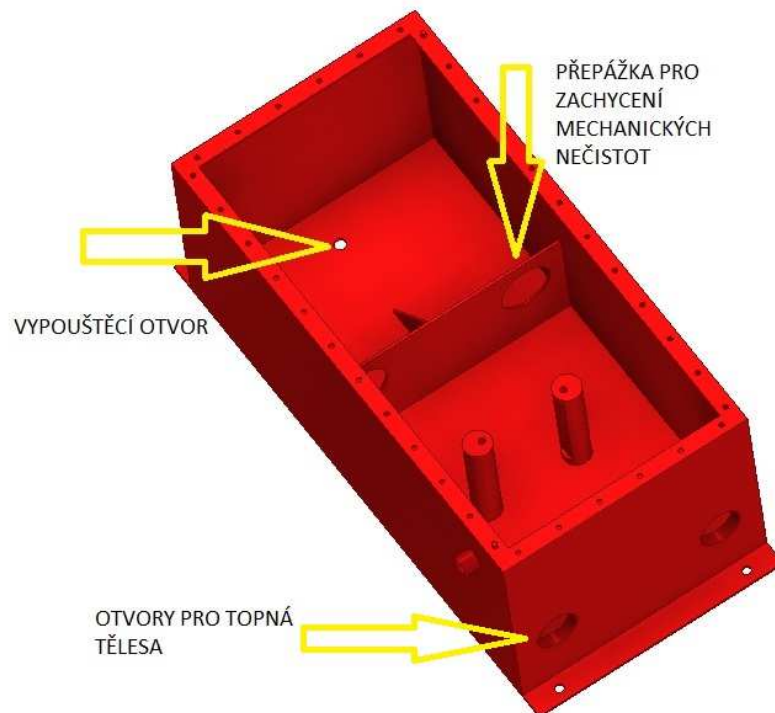


Obr. 6.5. Otvor v přepážce



Obr. 6.6. Středící kužel vika

Pro usnadnění a zpřesnění montáže jsou na horním lemu dva středící kužely. Při montáži je třeba dbát na správné vedení výstupní hřídele elektromotoru proti vstupní hřídeli čerpadla. Oba hřídele jsou zasazeny do pružné spojky s plastovou vložkou. Spojení spojky s hřídelemi je realizováno těsným perem. Doporučená tolerance souososti je 0,2 mm. K nosnému rámu je vana přišroubována čtyřmi šrouby ISO 4762-M10-8.8 [4].

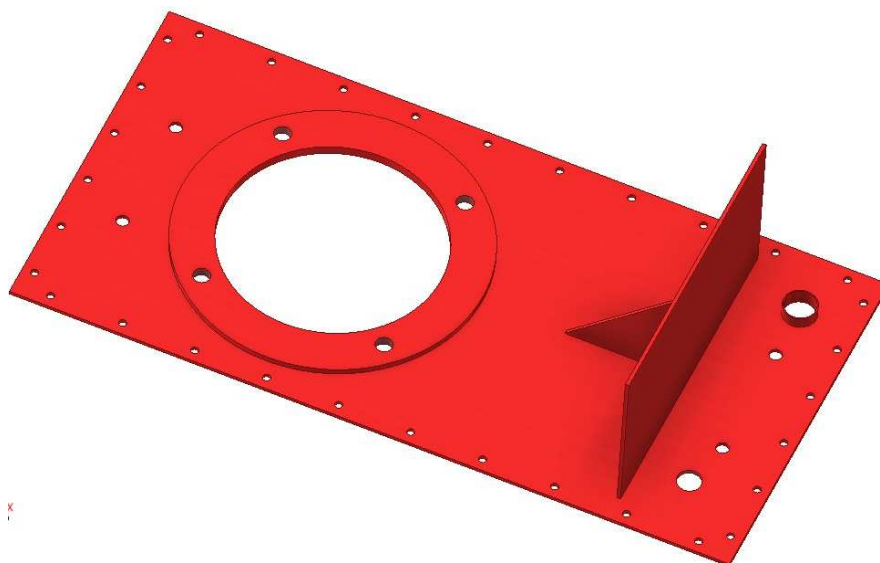


Obr. 6.7. Olejová vana s přepážkou

VÍKO VANY

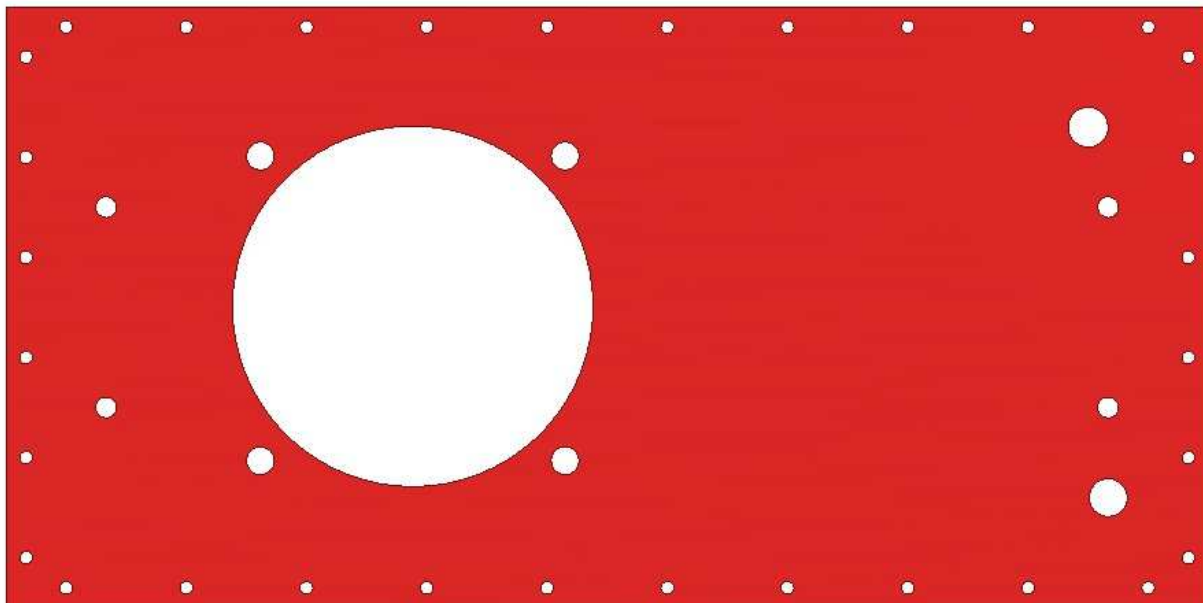
Pro výrobu je použit materiál DC01-A-m dle EN 10130 (ČSN 11 321) [9] s mezí pevnosti 270-390 MPa. Rozměry víka jsou 600 x 300 x 5 mm s kolmo přivařenou a vyztuženou přepážkou o rozměrech 258 x 140 mm. Pro zvýšení pevnosti v místě přišroubování elektromotoru je ze spodní strany navařen nákržek o průměru 250 mm a tloušťce 5 mm.

Dále je ve víku vyvrtaný otvor pro odvzdušňovací ventil se závitem M 20 x 2,5 a čtyři otvory průměru 10,5 mm pro sklopná madla, která umožní montážní a servisní manipulaci s víkem. K vstupnímu otvoru o průměru 26 mm je přivařen nákržek se závitem M22 x 1,5mm.



Obr. 6.8. Víko s přepážkou

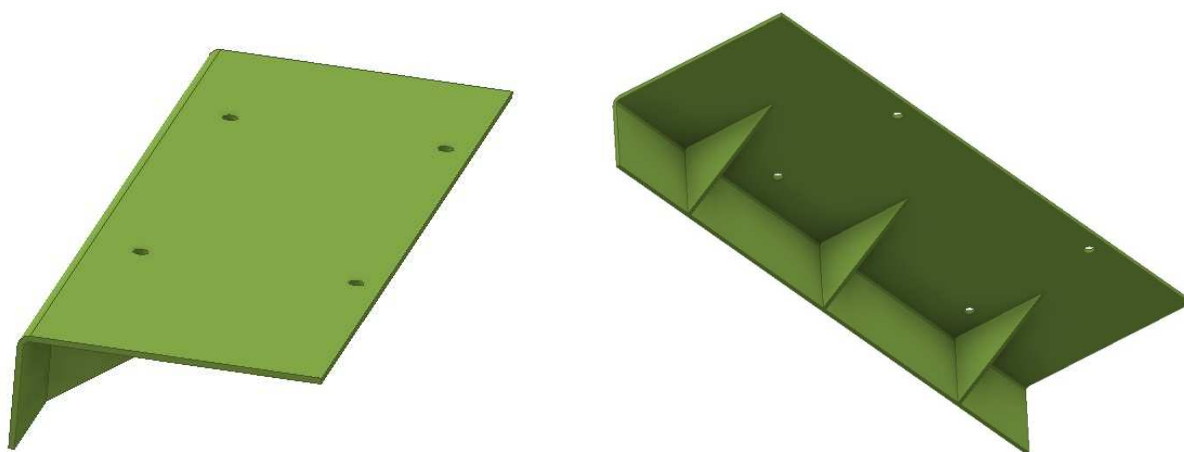
Víko je centrováno dvěma středícími kužely a přišroubováno šrouby ISO 4762-M6-8.8 [4].



Obr. 6.9. Víko s otvory

MONTÁŽNÍ PODPORA VÝMĚNÍKU

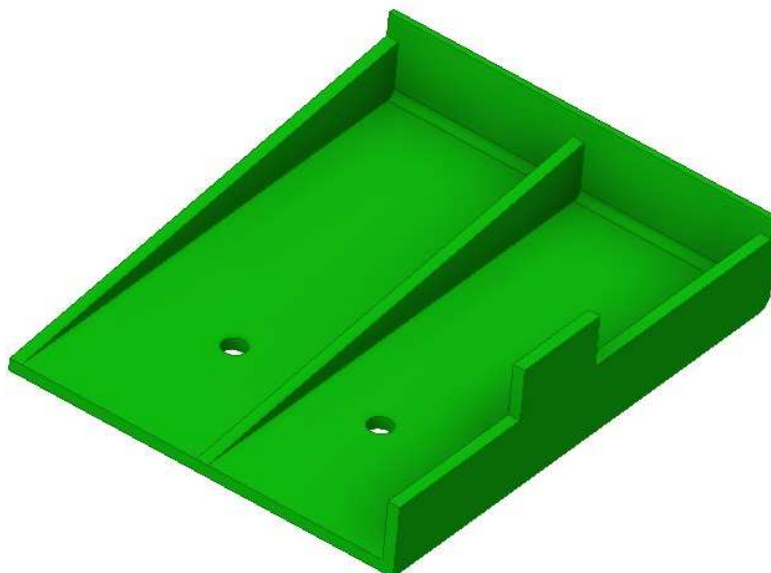
Výměník je přimontovaný na montážní podpoře z 3 mm plechu z materiálu DC01-A-m dle EN 10130 (ČSN 11 321) [9], ohnutý do tvaru L s žebry ze spodní strany s roztečí 152 mm. Rozměry profilu jsou 155 x 60 v délce 470 mm. Profil je přivařen k nádrži ve výšce 96 mm.



Obr. 6.10. Montážní podpora výměníku

MONTÁŽNÍ PODPORA OLEJOVÉHO FILTRU

Montážní podpora je přivařena k nosné olejové vaně koutovými svary. Jedná se o 3 mm plech DC01-A-m dle EN 10130 (ČSN 11 321) [9] s žebry z vrchní strany, jedno žebro má jiný profil z důvodu vytvoření podpěry pro hydraulické potrubí. Pro montáž olejového filtru jsou v podpoře dvě díry o průměru 6,5 mm. Rozměry profilu jsou 125 x 100 x 23 mm. Podpora bude přivařena k olejové vaně ve výšce 219 mm ode dna vany.



Obr. 6.11. Montážní podpora olejového filtru

OBJÍMKA VÝMĚNÍKU

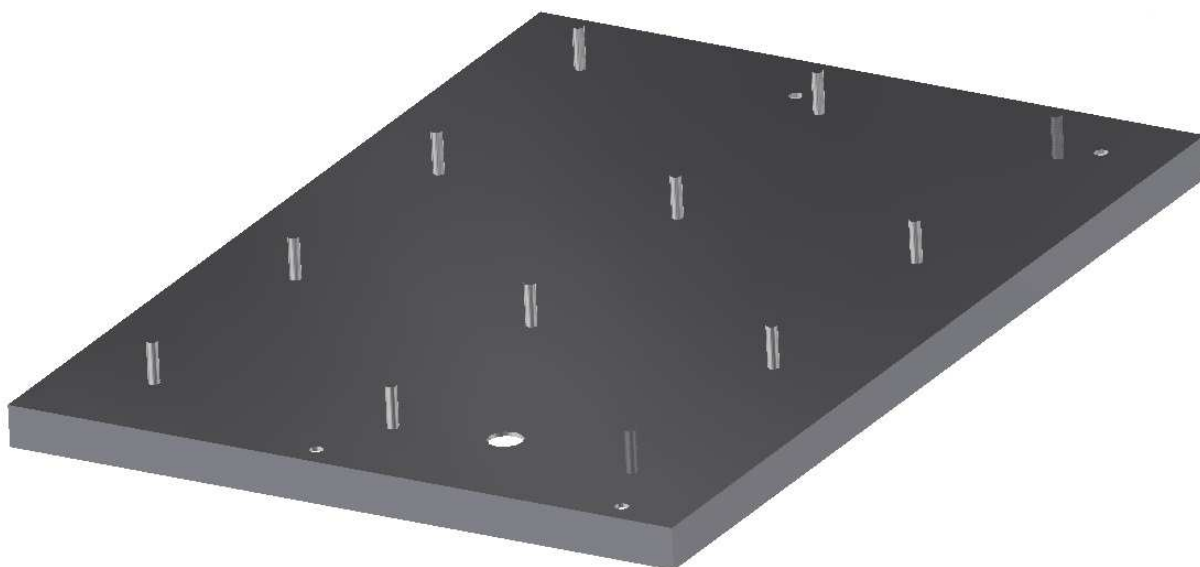
Uchycení výměníku k montážní podpoře budou použity dvě objímky z 1 mm plechu DX51D+Z275-M-A-C dle EN 10346 [10]. Objímka je ohnuta do tvaru U 124 x 80 x 40 mm s 25 mm lemy pro otvory průměru 8,5 mm.



Obr. 6.12. Objímka výměníku

RÁM

Rám je vyroben z plechu tloušťky 3 mm plechu o specifikaci DC01-A-m dle EN 10130 (ČSN 11 321) [9], sloužící jako záchytná vana pro unikající olej. Půdorysné rozměry rámu jsou 700 x 500, po obvodu rámu je lem o výšce 30 mm. Ze spodní strany jsou k vaně přivařeny závitové tyčky M8 o délce 30 mm pro montáž gumových podstavců, zachycující vibrace vyvolané při chodu. Pro montáž olejové vany je nutné přivařit ze spodní strany čtyři navařovací matice DIN 928-M8-8.8 převzato z [11].



Obr. 6.13. Rám

GUMOVÝ PODSTAVEC od firmy Frame s.r.o.

- počet kusů: 12
- průměr 40 mm
- výška 40 mm
- závit M8x9
- materiál pryž NR/SBR



Obr. 6.14. Gumové podstavce (převzato z [12])

GLYCERINOVÝ MANOMETR GS06-15

- rozsah 0-16 bar
- teplota -20-+60 °C
- závit G1/2
- připojení stranové
- třída přesnosti 1,6%



Obr. 6.15. Glycerinový manometr (převzato z [13])

ELEKTROMOTOR 1LE1002-1BA23-4FA4

- činný výkon 4 kW
- pracovní napětí 400 V
- otáčky 2930 ot. /min
- hmotnost 26 kg
- účinník $\cos \varphi$ 0,86



Obr. 6.16. Elektromotor 1LE1002-1BA23-4FA4 (převzato z [14])

PRUŽNÁ SPOJKA MADLER řady RN 605 202 00

- nutno upravit otvory na \varnothing 28 mm pro motor a \varnothing 20 pro olejové čerpadlo
- maximální moment 190 Nm
- maximální otáčky 8500 ot/min
- hmotnost 0,46 kg



Obr. 6.17. Pružná spojka (převzato z [15])

OLEJOVÝ FILTR PARKER řady MXA1

- maximální průtok 50 l/min
- filtrační materiál skleněná vlákna
- velikost připojení G3/4''



Obr. 6.18. Olejový filtr (převzato z [16])

Quick Selector

1 2

After selecting an item in every box a product number will be generated.

Model	Length	Media	Seal Type	Indicator Type	Bypass/Indicator	Connections	Options
MXA1	2 (50 l/min)	10Q (Microgla:	Nitrile	Visual	Blocked	G3/4	Standard

Download PDF Brochure	Your selected product number MXA1210QBG2XG121	Contact us about this product
Download 3D Drawing	Summary of your product selection	Add to "My selection"

Obr. 6.19. Typ olejového filtru (převzato z [17])

ZÁTKA ELESA+GANTER TNF M20x1,5 58339

- materiál těla Polyamid se skleněnými vlákny
- teplotní rozsah max. 100 °C
- boční odvzdušňovací otvor a průměru 2 mm



Obr. 6.20. Zátka (převzato z [18])

MADLA SKLOPNÁ ELESA+GANTER GN 425.2-120-CR

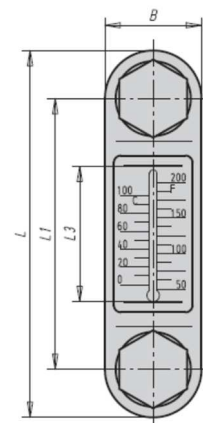
- materiál chromovaná ocel
- rozteč 120 mm
- upevnění maticemi M10 x 1



Obr. 6.21. Madlo (převzato z [19])

UKAZATEL HLADINY NÁPLNĚ značky KIPP typ K0444_207610

- ukazatel hladiny a teploty oleje
- provozní teplota max. 100 °C
- materiál ocel/termoplast



Obr. 6.22. Olejznak (převzato z [20])

ESBE MBA132 TROJCESTNÝ PŘEPÍNAČÍ VENTIL G 3/4" DN 20, TYP 43102700

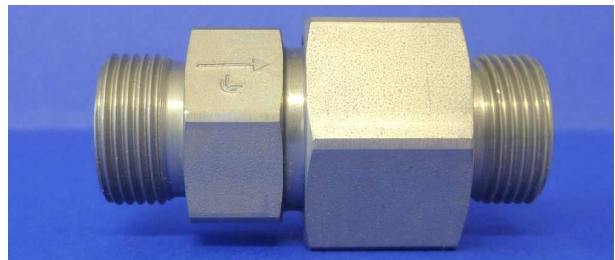
- maximální teplota media 90 °C
- připojení vnější závit G3/4"
- pracovní tlak max. 32 bar
- těsnost IP 44
- napájení 230 V
- doba běhu 90° za 40 s



Obr. 6.23. Třícestný ventil ESBE (převzato z [21])

ZPĚTNÝ VENTIL HYDROMA E 831 B 0022 000 10M

- otevírací tlak 1 bar
- maximální tlak 315 bar
- připojení G3/4"



Obr. 6.24. Zpětný ventil (převzato z [22])

VYPOUŠTĚCÍ ŠROUB M14 X 1,5

- délka 16 mm



Obr. 6.25. Vypouštěcí šroub (převzato z [23])

PŘEVLEČNÁ MATICE

- závit G3/4"
- vnitřní průměr 16 mm



Obr. 6.26. Převlečná matice (převzato z [24])

KOLENO EER G3/4"

- úhel ohybu 90°
- s převlečnou maticí
- vnější závit G3/4"
- celkem použito 8 kusů



Obr. 6.27. Koleno EER G3/4" (převzato z [25])

KOLENO VNITŘNÍ - VNĚJŠÍ G3/4" -A0022-34

- úhel ohybu 90°
- materiál poniklovaná mosaz



Obr. 6.28. Koleno vnější G3/4" (převzato z [26])

REDUKCE G3/4" - G3/4" Pneumatics & Hydraulics - DR3434M

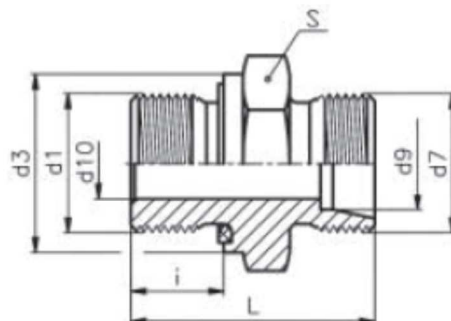
- materiál mosaz MS 58
- vnější závit G3/4"
- celkem použity 3 kusy



Obr. 6.29. Redukce G3/4" - G3/4" (převzato z [27])

REDUKCE ELO PHER2 15LR3/4

- materiál mosaz MS 58
- redukce ze závitu G3/4 " na metrický M22 x 1,5
- celkem použity 2 kusy



Řada	tlak MPa	trubka	Označení	Obj.číslo	d 1	d 7	d 3	i	d 10	L	S	Cena
L	40	15	PHER2 15LR3/4		G 3/4"	M22x1,5	32	16	12	38	32	73.40

Obr. 6.30. Redukce ELO (převzato z [28])

T-ŠROUBENÍ S VNITŘNÍMI ZÁVITY G3/4" A VNĚJŠÍM R3/4" A024-34

- materiál poniklovaná mosaz
- pracovní tlak 10 bar



Obr. 6.31. T-šroubení A024-34 (převzato z [29])

T-ŠROUBENÍ S VNITŘNÍMI ZÁVITY G3/4" A ODBOČKOU G1/2"- Pneumatics & Hydraulics TS1234M

- materiál mosaz MS 58



Obr. 6.32. T-šroubení TS1234M (převzato z [30])

T-ŠROUBENÍ HYDROLIDER 22/22/22 AAA

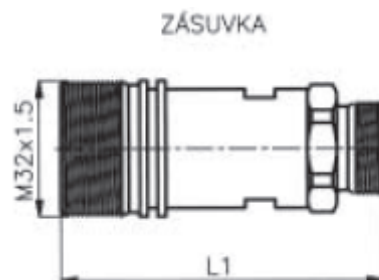
- vnitřní metrický závit M22 x 1,5



Obr. 6.33. T-šroubení 22/22/22 AAA (převzato z [31])

ZÁSUVKA RYCHLOSPÓJKY ELO KS-12,5 M22 X 1,5

- vnější závit M22 x 1,5
- přípojovací závit rychlospojky M32 x 1,5



Obr. 6.34. Zásuvka rychlospojky (převzato z [28])

TĚSNÍCÍ TMEL WYNN'S Black Gasket Maker

- ploché těsnění v tubě černé
- objem 200 ml



Obr. 6.35. Těsnicí tmel (převzato z [32])

ŠROUBY ISO 4762

- M14 4 kusy
- M10 4 kusy
- M8 10 kusů
- M6 30 kusů

PRUŽNÁ PODLOŽKA ČSN 02 1741- 14

- průměr 14 mm
- použity 4 kusy

TRUBKY SE ZÁVITEM G3/4"

- průměr trubek 28 mm
- délka 1 x 40 mm, 2 x 45 mm, 1 x 50 mm



Obr. 6.36. Trubka se závitem G3/4"

NAVAŘOVACÍ MATICE WÜRTH DIN 928

- závit M8
- pevnostní třída 8.8



Obr. 6.37. Navařovací matice M8 (převzato z [11])

PERO TĚSNÉ 4 x 6 x 28 DLE ČSN 02 2562

- délka 28 mm
- šířka 4 mm
- výška 6 mm

PERO TĚSNÉ 8 x 7 x 50 DLE ČSN 02 2562

- délka 50 mm
- šířka 8 mm
- výška 7 mm

TEFLONOVÁ PÁSKA PODLE DIN EN 751/3

- délka 12 m
- šířka 12 mm
- tloušťka 0,1 mm



Obr. 6.38. Teflonová páska (převzato z [33])

7. Závěr

Podářilo se naplnit cíl práce, tedy navrhnout stav pro chlazení/ohřev oleje pro uzavřený stav převodovek. S přihlédnutím k požadovanému odváděnému teple, respektive teple potřebnému na ohřev oleje byly navrženy základní komponenty. Podařily se splnit prostorové požadavky zařízení.

Vlastnímu návrhu předcházet teoretický rozbor obdobných zařízení používaných v praxi. Jednotlivé kroky návrhu byly ověřeny kontrolními výpočty.

8. Seznam použitých znaků

Symbol	Jednotka	Název
μ	[-]	účinnost
n	[ot./min]	otáčky
M	[Nm]	kroucí moment
ω	[rad/s]	úhlová rychlost
π	[-]	Konstanta Pi
P	[W]	výkon
p	[Pa]	tlak
h	[m]	výška
ρ	[kg/m ³]	hustota
g	[m/s ²]	gravitační zrychlení
c_p	[J/kg.°C]	tepelná kapacita
t	[°C]	teplota
V	[m ³]	objem
m	[kg]	hmotnost
Q	[J]	teplo
t	[s]	čas

9. Seznam tabulek

Tabulka 2.1. - Parametry zařízení	9
Tabulka 6.1. - Parametry olejového čerpadla.....	22
Tabulka 6.2. - Parametry tepelného výměníku 1	23
Tabulka 6.3. - Parametry tepelného výměníku 2	24
Tabulka 6.4. - Parametry topného tělesa	24

10. Seznam použitých obrázků

Obr 1.1. - Schéma zkušebního stavu	8
Obr 2.1. - Uzavřená smyčka	8
Obr 3.1. - Vzorový stav Seall	10
Obr 3.2. - Zařízení s hliníkovou vanou.....	10
Obr 3.3. - Zařízení se svařenou vanou	11
Obr 3.4. - Zařízení s hliníkovou vanou - PAL International s.r.o.....	11
Obr 3.5. - Parametry zařízení s hliníkovou vanou - PAL International s.r.o	12
Obr 3.6. - Zařízení s výměníkem - PAL International s.r.o.....	12
Obr 3.7. - Zdroj tlakového oleje - PAL International s.r.o.....	13
Obr 3.8. - Ochrana pracovního prostředí.....	13
Obr 4.1. - Funkční schéma.....	14
Obr 4.1.1- Chladicí okruh.....	16
Obr 4.2.1- Okruh ohřevu	16
Obr 5.1. - Vana a rám.....	18
Obr 5.2. - Napojení čerpadla	19
Obr 5.3. - Sestava víka	20
Obr 5.4. - Spojení okruhů	20
Obr 5.5. - Připojení výměníku	21
Obr 5.6. - Sestava zařízení.....	21
Obr 6.1. - Olejové čerpadlo	22
Obr 6.2. - Tepelný výměník	23
Obr 6.3. - Topné těleso	24
Obr 6.4. - Olejová vana	25
Obr 6.5. - Otvor v přepážce	25
Obr 6.6. - Středící kužel víka.....	25
Obr 6.7. - Olejová vana s přepážkou	26
Obr 6.8. - Víko s přepážkou.....	26
Obr 6.9. - Víko s otvory.....	27
Obr 6.10. - Montážní podpora výměníku	27
Obr 6.11. - Montážní podpora olejového filtru	28
Obr 6.12. - Objímka výměníku	28
Obr 6.13. - Rám.....	29
Obr 6.14. - Gumové podstavce	29
Obr 6.15. - Glycerinový manometr	29
Obr 6.16. - Elektromotor 1LE1002-1BA23-4FA4	30
Obr 6.17. - Pružná spojka	30
Obr 6.18. - Olejový filtr.....	30
Obr 6.19. - Typ olejového filtru	31
Obr 6.20. - Zátka	31
Obr 6.21. - Madlo.....	31
Obr 6.22. - Olejznak	31
Obr 6.23. - Třicestný ventil ESBE	32
Obr 6.24. - Zpětný ventil	32
Obr 6.25. - Vypouštěcí šroub	32
Obr 6.26.- Převlečná matice	32

Obr 6.27. - Koleno EER G3/4"	33
Obr 6.28. - Koleno vnější G3/4"	33
Obr 6.29. - Redukce G3/4" - G3/4"	33
Obr 6.30. - Redukce ELO	33
Obr 6.31. - T-šroubení A024-34	34
Obr 6.32. - T-šroubení TS1234M	34
Obr 6.33. - T-šroubení 22/22/22 AAA	34
Obr 6.34. - Zásuvka rychlospojky	34
Obr 6.35. - Těsnící tmel	35
Obr 6.37. - Trubka se závitem G3/4"	36
Obr 6.38. - Teflonová páska	36

11. Seznam použitých zdrojů

- [1] GEUNNOC, A.: Design of a cooling system for a test bench gearboxes. Praha, 2016
Diplomová práce, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ú 12120, Vedoucí práce doc. Dr. Ing.
Gabriela Achtenová
- [2] MIKULČÁK, Jiří. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky a vzorce pro střední školy*.
Praha: Prometheus, 2003. ISBN 9788071962649
- [3] CHVALIS S.R.O. *Hydraulické systémy* [online]. [cit. 2017-07-05]. Dostupné z:
<http://www.chvalis.cz/www/product/hydraulika/hydraulika.html>
- [4] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy
technického zaměření*. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 9788073610814
- [5] BUCHER HYDRAULICS. *Internal gear pump QXEH* [online]. [cit. 2017-02-10]. Dostupné
z: [http://www.bucherhydraulics.com/49637/Products/Mobile-and-Industrial-
hydraulics/Products/Pumps/Internal-Gear-Pumps-QXEH/index.aspx](http://www.bucherhydraulics.com/49637/Products/Mobile-and-Industrial-hydraulics/Products/Pumps/Internal-Gear-Pumps-QXEH/index.aspx)
- [6] SECESPOL *Deskový výměník LA34-50-3/4"* [online]. [cit. 2017-02-10]. Dostupné z:
<http://www.escespol.cz/cz-detail-1127835-deskovy-vymenik-la34-50-3-4.html>
- [7] ELTOP PRAHA. *Trubková topná tělesa* [online]. [cit. 2017-02-10]. Dostupné z:
<http://www.eltoppraha.cz/cs/14070-14070-ohrev-oleje/>
- [8] THERMIS S.R.O. *Topná tělesa pro ohřev olejů* [online]. [cit. 2017-07-03]. Dostupné z:
<http://www.thermis.cz/userstorage/files/produkty/technicky-list/152.pdf>
- [9] FERONA. *Plech valcovaný za studena k tváření za studena* [online]. [cit. 2017-07-03].
Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=22487>
- [10] FERONA. *Plech pozinkovaný v tavenině* [online]. [cit. 2017-07-03]. Dostupné z:
<http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=22480>
- [11] WÜRTH. *Matice navařovací DIN 928* [online]. [cit. 2017-07-08]. Dostupné z:
[https://eshop.wuerth.cz/DIN-928-ocel-MATICE-NAVAROVACI-
DIN928CERM8/038508.sku/WuerthGroup-Wuerth.cgi/cs/CZ/CZK/?CampaignName=](https://eshop.wuerth.cz/DIN-928-ocel-MATICE-NAVAROVACI-DIN928CERM8/038508.sku/WuerthGroup-Wuerth.cgi/cs/CZ/CZK/?CampaignName=)
- [12] FRAM S.R.O. *Silentbloky válcové* [online]. [cit. 2017-01-20]. Dostupné z:
<http://www.rubber.cz/cs/silentbloky-e-matice/282-silentblok-e-o-40x40.html>
- [13] KOMPRESORY VZDUCHOTECHNIKA S.R.O. *Manometry glycerinové GS* [online].
[cit. 2017-07-03]. Dostupné z: [https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/c/merici-
technika/manometry/glycerinove-manometry](https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/c/merici-technika/manometry/glycerinove-manometry)

- [14] ELEKTROMOTORY BERG. *Elektromotory 2800 ot.- min* [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.elektromotory-siemens.cz/obchod/elektromotory-2800ot-min/elektromotor-siemens-1le1002-1ba23-4xxx-4kw-1.html>
- [15] AMAECO S.R.O. *Spojky, posuvné náboje* [online]. [cit. 2016-11-12]. Dostupné z: <https://www.components.sk/catalogue/group364.pdf>
- [16] PHOENIX MARINE SOLUTIONS. *Parker UCC Filter* [online]. [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: <http://www.phoenixmarinesolutions.co.uk/Products/Parker-UCC-Maxiflow-Spin-On-Filters-and-Elements/MXA.7551.424>
- [17] PARKER HANNIFIN CORP.. *Quick selector* [online]. [cit. 2016-11-12]. Dostupné z: <http://www.filterselector.com/en/QuickSelector.aspx>
- [18] ELESA + GANTER. *Zátky* [online]. [cit. 2017-06-16]. Dostupné z: <https://www.elesa-ganter.cz/vyrobky/prvky-pro-hydraulicke-systemy/skupina/tn>
- [19] ELESA + GANTER. *Madla* [online]. [cit. 2017-06-16]. Dostupné z: <https://www.elesa-ganter.cz/vyrobky/madla/skupina/gn-425-2>
- [20] KIPP. *Olejoznaky kO444* [online]. [cit. 2017-06-10]. Dostupné z: <https://www.kipp.cz/cz/cs/Produkty/Ovl%C3%A1dac%C3%AD-prvky-normovan%C3%A9-d%C3%ADly/Ukazatele-hladiny-n%C3%A1pln%C4%9B-%C5%A1roubov%C3%A9-uz%C3%A1v%C4%9Bry/K0444-ukazatel%C3%A9-hladiny-oleje.html>
- [21] ESBE. *Motorized ball valve* [online]. [cit. 2017-06-11]. Dostupné z: <http://www.esbe.eu/lt/en/products/diverting-valves/mba130>
- [22] HYDROMA S.R.O. *Zpětné ventily* [online]. [cit. 2017-06-12]. Dostupné z: <http://www.hydroma.cz/zpetny-ventil-13260.html>
- [23] ŠKODA-DÍLY. *Šroub olejové vany* [online]. [cit. 2017-06-15]. Dostupné z: <https://www.skoda-dily.cz/nahradni-dil/n90288901-sroub-m14x1-5x16-febi-11274.html>
- [24] MIROSLAV DRIENKO. *Převlečná matice pro nerezové vlnovce* [online]. [cit. 2017-06-15]. Dostupné z: <http://eshop.duschy.cz/Nerezove-vlnovcove-trubky/1106-P%C5%99evle%C4%8Dn%C3%A1-matice-pro-nerez-vlnovec-DN16-3-4-poniklovan%C3%A1-mosaz>
- [25] MHI SERVIS S.R.O. *Koleno s maticí 90°-BSP závit* [online]. [cit. 2017-06-12]. Dostupné z: <http://eshop.mhiservis.cz/z1395-eer-3-4>
- [26] KOMPRESORY VZDUCHOTECHNIKA S.R.O. *Šroubení poniklované* [online]. [cit. 2017-07-03]. Dostupné z: <https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/p/15980/kolena-vnitri-g34-vnejsi-r34>
- [27] KOMPRESORY VZDUCHOTECHNIKA S.R.O. *Šroubení mosazné* [online]. [cit. 2017-07-03]. Dostupné z: <https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/p/16230/sroubeni-s-vnejsimi-zavity-r34-r34>

- [28] ELO TECHNIK. *Katalog ELO* [online]. [cit. 2017-07-01]. Dostupné z: http://www.elotechnik.cz/files/products_files/k/katalog_hydraulicke_sroubeni_elotechnik.pdf
- [29] KOMPRESORY VZDUCHOTECHNIKA S.R.O. *Šroubení poniklované* [online]. [cit. 2017-07-03]. Dostupné z: <https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/p/16006/t-sroubeni-s-vnitrnimi-zavity-g34-a-vnejsim-r34>
- [30] KOMPRESORY VZDUCHOTECHNIKA S.R.O. *Šroubení mosazné* [online]. [cit. 2017-07-03]. Dostupné z: <https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/p/16388/t-kusy-s-vnitrnimi-zavity-s-rekudovanou-odbockou-g34-g12>
- [31] HYDROLIDER S.R.O. *T-spojky* [online]. [cit. 2017-07-03]. Dostupné z: https://www.hydrolider.cz/cs_CZ/p/Hydraulicka-T-spojka-222222-AAA/9287
- [32] PRODEJ OLEJJU S.R.O. *Tmely-lepidla* [online]. [cit. 2017-07-05]. Dostupné z: <https://www.prodejoleju.cz/tmely-lepidla/wynn-s-black-gasket-maker-ploche-tesneni-v-tube-cerne-200-ml/>
- [33] TEMAX TECH S.R.O. *Teflonová páska* [online]. [cit. 2017-07-05]. Dostupné z: <http://www.temax.cz/produkty-teflonova-paska-plyn.html>

12. Seznam příloh

Příloha 1 – Kusovník

Příloha 2 – Výkres sestavy