



Bakalářská práce

Návrh pohonu regulační armatury

Studijní program:

B0715A270008 Strojírenství

Autor práce:

Jakub Kárník

Vedoucí práce:

Ing. Ondřej Burian

Katedra energetických zařízení

Liberec 2024



Zadání bakalářské práce

Návrh pohonu regulační armatury

Jméno a příjmení:

Jakub Kárník

Osobní číslo:

S23000242

Studijní program:

B0715A270008 Strojírenství

Zadávací katedra:

Katedra energetických zařízení

Akademický rok:

2024/2025

Zásady pro vypracování:

Pro zadané šoupátko světlosti DN10 vyberte vhodný elektrický pohon a navrhnete jeho mechanické připojení k ventilu.

Zaměřte se na následující body:

1. Stanovte důležité mechanické vlastnosti vřetena šoupátka – stoupání, počet otáček mezi mezními polohami, krouticí moment. Rovněž stanovte zdvih šoupátka.
2. Na základě bodu 1 vyberte vhodný stejnosměrný elektromotor.
3. Navrhnete vhodné mechanické spojení mezi hřídelí elektromotoru a vřetenem šoupátka.
4. Navrhnete vhodné mechanické spojení mezi tělem motoru a tělem šoupátka.
5. Navrhnete mechanismus pro vhodné odměřování koncových poloh šoupátka. Například pomocí koncových spínačů nebo víceotáčkového potenciometru.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

Výkresy sestavy
35
tištěná/elektronická
čeština

Seznam odborné literatury:

MELICHAR, Jan; BRADA, Karel a BLÁHA, Jaroslav. *Hydraulické stroje: konstrukce a provoz*.
Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02657-4.

Vedoucí práce:

Ing. Ondřej Burian
Katedra energetických zařízení

Datum zadání práce:

1. ledna 2024

Předpokládaný termín odevzdání:

30. dubna 2025

doc. Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.
děkan

L.S.

doc. Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.
Garant studijního programu

V Liberci dne 1. ledna 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval/a samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom/a toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom/a povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom/a následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Poděkování

Mé poděkování patří Ing. Ondřeji Burianovi za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi věnoval v průběhu zpracování bakalářské práce.

Rovněž mé poděkování patří Davidu Bartošovi s celým týmem údržby firmy ŠKO-ENERGO, s.r.o. za pomoc při tvorbě komponentů fyzického modelu sestavy pohonu.

Obsah

| | |
|--------------------------------------------------|-----------|
| Prohlášení..... | 4 |
| 1 Úvod..... | 9 |
| 2 Teoretická část | 10 |
| 2.1 Řízení provozu hydrostatických čerpadel..... | 10 |
| 2.2 Regulační armatury..... | 11 |
| 2.2.1 Vlastnosti regulačních armatur | 11 |
| 2.2.2 Typy regulačních armatur | 12 |
| 2.2.3 Kuželky regulačních ventilů | 16 |
| 2.3 Pohony regulačních ventilů | 20 |
| 2.4 Čitace | 25 |
| 3 Praktická část | 26 |
| 4 Závěr..... | 43 |
| Seznam příloh | 44 |

1 Úvod

S rostoucím důrazem na automatizaci se stávají regulační armatury řízené pohony velmi populární variantou v průmyslových řešeních. Primárně se však využívají u ventilů velkých světlostí potrubí, vzhledem k pořizovacím nákladům sestav. U menších světlostí pak často bývá regulace skoková (zpravidla dvoupolohová) a není možnost souvislé regulace.

Vzhledem k vysokým pořizovacím nákladům a nedostatečné nabídce regulací jsem se rozhodl vytvořit variantu pro šoupátko s malou světlostí pro školní laboratoř. Bakalářská práce je rozložena do dvou částí, teoretické a praktické.

Teoretická část se zabývá rozdělením regulačních armatur a jejich vlastnostmi. Rovněž je v této části rozebráno rozdělení pohonů, které jsou variantami pro pohánění armatur.

Praktická část popisuje proces konstruování sestavy pohonu s regulační armaturou. V práci jsou popsány jednotlivé součástky a jejich funkce.

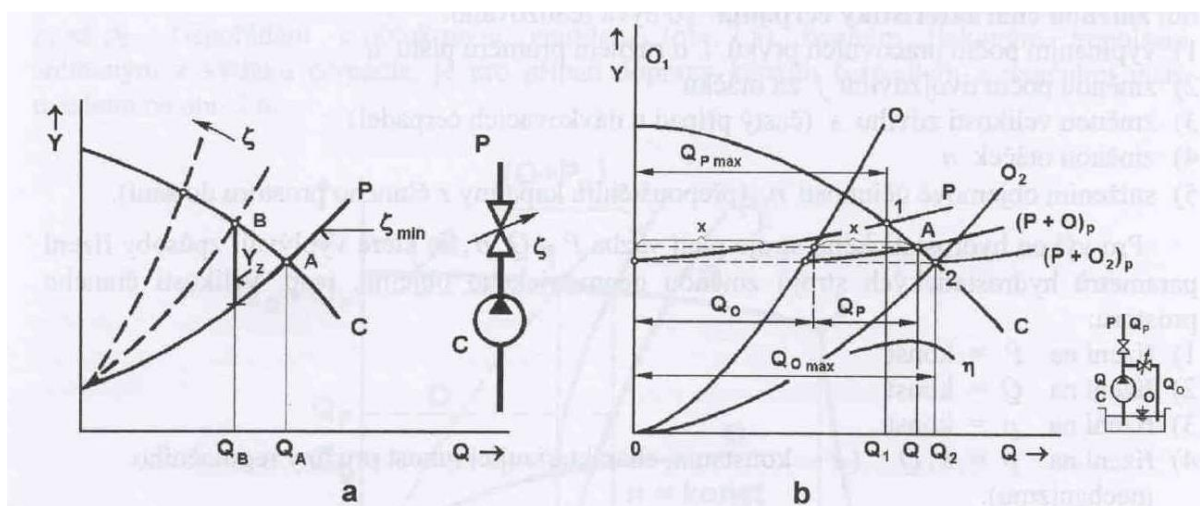
2 Teoretická část

2.1 Řízení provozu hydrostatických čerpadel

U řízení provozu hydrostatických čerpadel je potřeba si uvědomit praktickou nezávislost průtoku pracovní kapaliny na tlaku. Tlak se totiž nastavuje v závislosti na velikosti odporu systému, respektive podle velikosti Y_p , na kterém zařízení pracuje. [1]

Provoz hydrodynamických čerpadel a celého systému na ně navázaného můžeme řídit změnou provedenou v potrubním řádu nebo změnou na čerpadle, případně lze tyto dvě varianty kombinovat. V obou případech dochází ke změně parametru daného prvku, konkrétně pak:

- Změna odporu armatury ve výtlačném řádu (tzv. škrcení na výtlačku)
- Obtok (tzv. by pass) napojením na výtlačný řád [1]



Obr. 2.0 Změny provozního stavu hydraulického systému s radiálním hydrodynamickým čerpadlem změnou charakteristiky potrubí

- škrcení na výtlačku
- řízení obtokem [1]

Základním a nejjednodušším způsobem regulace průtoku je tzv. škrcení, provedené vložením regulační armatury do systému, kterou pak můžeme měnit hydraulický odpor. Přenastavení polohy hradícího prvku armatury způsobí změnu jejího součinitele ζ . Zavíráním armatury se ζ zvětšuje (dochází ke ztrátě měrné energie kapaliny Y_z), strmota charakteristiky potrubí P roste a průtok se snižuje ($Q_B < Q_A$). Tento typ regulace se využívá při měření charakteristiky čerpadel, dále je také vhodný pro malá čerpadla a čerpadla bez možnosti využití jiných způsobů regulace. [1]

Druhým zmíněným typem regulace je regulace pomocí obtoku, kde využíváme paralelně připojenou obtokovou větev k výtlačné větvi řádu. Obtok je připojen tak aby umožňoval dělení průtoku poskytovaného čerpadlem Q na část do výtlačné větve Q_p a část do větve obtokové Q_o . [1]

$$Q = Q_o + Q_p$$

Tato metoda se využívá při náběhu čerpadla do provozu. Celý proces začíná úplným otevřením odtoku. Postupně dochází k jeho zavírání a pozvolnému zatěžování čerpadla na požadovaný provozní stav. Čerpadlo musí být vždy na výtlaku chráněno pojistným ventilem, který zabrání nadměrnému stoupenutí tlaku ve výtláčné větvi a možnému přetížení řádu. [1]

2.2 Regulační armatury

Regulační armatury bereme jako dálkově ovládaná zařízení, která regulují průtok pracovní kapaliny vzhledem k požadavkům řídicího systému. Jednotlivé armatury mají určité vlastnosti, které jsou primárně dány jejich konstrukcí a konstrukcí škrťacího systému. [2]

2.2.1 Vlastnosti regulačních armatur

Jmenovitá světlost – DN

Jmenovitá světlost udává přibližný vnitřní průměr vstupního a výstupního hrdla v milimetrech. Primárně se u regulačních ventilů používá stejná světlost nebo menší světlost, než jakou má okolní potrubí. Menší světlost armatury je výhodná u náročných aplikací i z hlediska finančního, akorát je pak nutné opatřit soustavu redukcemi. [2]

Jmenovitý tlak – PN

Jmenovitý tlak nám určuje tlakovou třídu armatury, což je většinou maximální hodnota přetlaku v barech. Tato hodnota není však zcela určující, jelikož se může velikost pracovního přetlaku i mnohonásobně měnit podle pracovní teploty media nebo materiálu hlavních dílů armatury. Konkrétní hodnoty pak lze dohledat dle příslušné normy (ČSN 13 0010 nebo ČSN EN 1092-1) případně v dokumentaci výrobce daného prvku. [2]

Maximální pracovní teplota

Maximální pracovní teplota udává výrobcem stanovenou nejvyšší teplotu media, se kterým může armatura pracovat. Tato hodnota může být ovlivněna již zmíněným PN, typem ucpávky nebo použitým pohonem armatury. [2]

Průtokový součinitel

Průtokový součinitel je typickou charakteristikou regulačních armatur, která nám udává velikost průtok danou armaturou za přesných podmínek při určitém zdvihu. Pomocí toho součinitele lze dále počítat průtok nebo tlakové ztráty armatury. Obvykle se využívají součinitele K_v , A_{vs} a C_{vs} . [2]

Průtočná charakteristika

Průtočná charakteristika stanovuje závislost mezi okamžitým průtokovým součinitelem a polohou uzávěru armatury. Obvykle využívané ventily mívají lineární a rovno procentní charakteristiku. [2]

Regulační poměr

Regulační poměr udává poměr největšího a nejmenšího průtokového součinitele, rovněž by se pak dalo říct, že je to poměr největšího a nejmenšího regulovaného průtoku. Minimální regulovaný průtok je vždy větší než nula. [2]

Průtokový součinitel Kv

Nejvíce používaným parametrem regulačních armatur je v evropských zemích součinitel Kv. Tento součinitel nám udává objemový průtok kapaliny v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, jenž nám proteče ventilem za stanovených podmínek při určitém zdvihu. Podmínkou je tlakový rozdíl 1bar před a za ventilem, pracovní teplota 15 °C, rozvinuté turbulentní proudění a dostatečný statický tlak vylučující vznik kavitace. [2]

Definiční vztah:

$$Kv = \frac{1}{100} \cdot Q \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}}$$

Q...objemový průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]

ρ ...hustota [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

Δp ...tlaková ztráta armatury [MPa][2]

Benefitem Kv součinitele je jeho snadná fyzikální interpretace a možnost zjednodušení za předpokladu použití vody jako pracovní kapaliny. Jestli-že je totiž voda pracovním médiem, můžeme počítat průtok přímou úměrou skrze druhou odmocninu tlakového spádu. Vztah nám zjednoduší dosazení hustoty vody 1000 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a použití tlakového rozdílu v barech. Tímto postupem nám vznikne vztah:

$$Kv = \frac{Q}{\sqrt{\Delta p}}$$

Q...objemový průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]

Δp ...tlaková ztráta armatury [bar]

U používání zjednodušeného vztahu je vždy nutné dbát na dosazování tlakové ztráty v barech, a ne v základních jednotkách.[2]

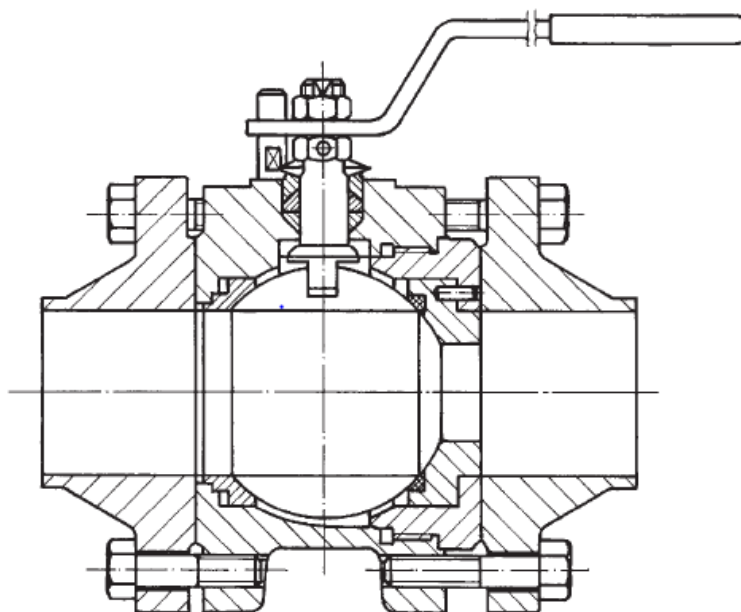
2.2.2 Typy regulačních armatur

Regulační vlastnosti armatury jsou primárně ovlivněny variantou škrťacího systému.

Kohouty

Kohouty dělíme podle tvaru uzavíracího členu na válcové, kuželové a kulové. V praxi se pro regulaci používají převážně kohouty kulové a válcové. Uzavírací těleso má v obou případech přímý tvar, a tak při úplném otevření průtoku kapaliny takřka nic nebrání. V takovém případě je kohout v podstatě rovnocenný rovnému potrubí, co se týče ztrátového a průtokového součinitele. U uzavíracích členů je tato vlastnost žádoucí, kdežto regulační

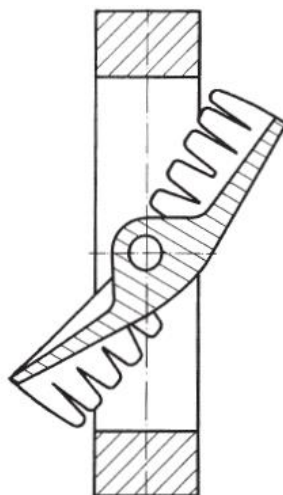
kohouty využívají redukce průřezu regulačního orgánu, které zajistí vlastní tlakovou ztrátu na kohoutu. Regulace průřezu bývá provedena na vlastní otočné kouli, válci nebo v sedle. Na tvaru výřezu potom závisí průtočná charakteristika. Regulační kohouty mají své využití primárně na větší průtocích a světlostech potrubí nad DN 200. Další z nevýhod je i nedostatečné potlačení hluku při škrcení. Kohouty jsou však primárně určeny pro zavírání a otevírání průtoku, pro částečnou regulaci se využívají další prvky. [2]



Obr. 2.2 Příklad konstrukce regulačního kulového kohoutu [2]

Klapky

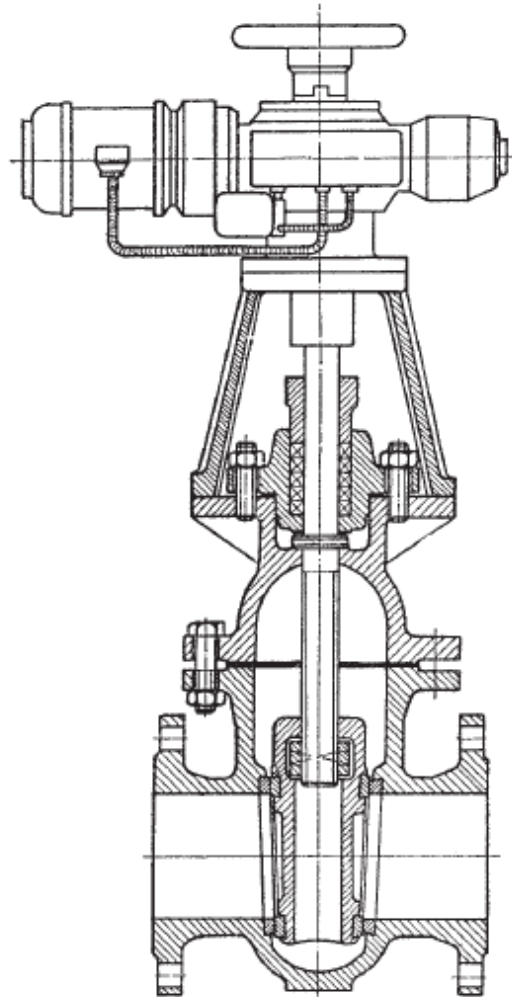
Klapky pracují na podobném principu jako kohouty, rovněž se i stejně ovládají. Odlišnost pak činí regulační těleso, které je u kohoutů v podstatě část potrubí, kdežto u klapků se pohybuje uzavírací člen uvnitř potrubí. Výhodou klapků jsou výrazně nižší ovládací síly proti silám používaným k ovládnutí kohoutů. Společným rysem s kohouty je takřka nemožnost změny regulačních vlastností po namontování. Případné změny vyžadují demontáž a úpravu výrobcem. [2]



Obr. 2.3 Příklad konstrukce regulační klapky [2]

Šoupátka

Šoupátka stejně jako ventily mění průtok posuvným pohybem regulačního členu. Při úplném otevření se pak podobají přímým tvarem kanálu kulovým kohoutům. Regulační charakteristiky šoupátek lze ovlivňovat výřezy ve spodní hraně uzavíracího klínu nebo v desce. Primárně se šoupátka využívají pro nízké tlakové spády a potrubí velké světlosti. [2]

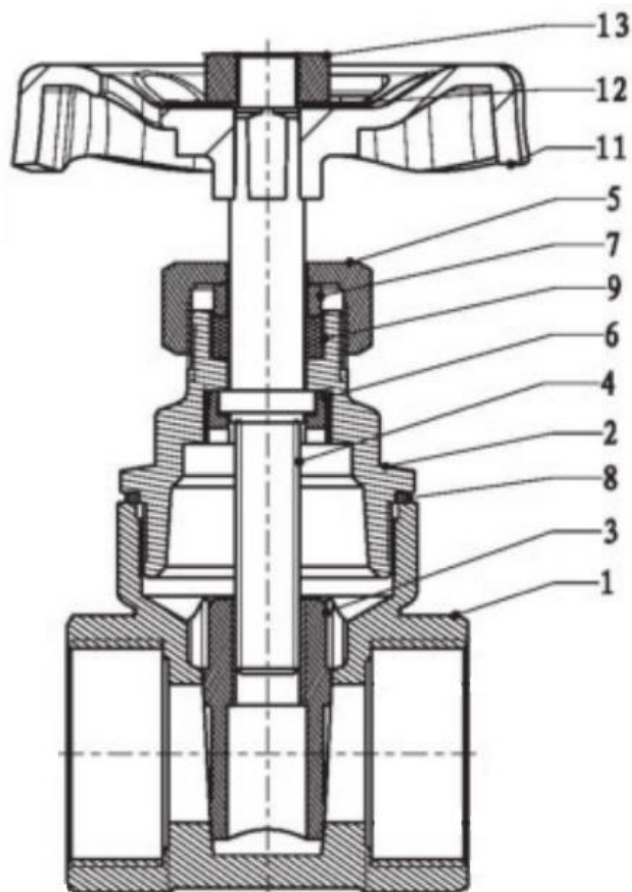


Obr. 2.4 Příklad konstrukce šoupátka [2]

Jednotlivé části šoupátka:

- 1 – Tělo
- 2 – Kryt (část těla)
- 3 – Klín
- 4 – Dřík
- 5 – Upevňovací matka
- 6 – Uzamykací matka
- 7 – Kroužek dříku

- 8 – Těsnění těla
- 9 – Těsnění dříku
- 10 – O – kroužek
- 11 – Ovládací kolečko
- 12 – Pouzdro kolečka
- 13 – Matka



Obr. 2.5 Nákras šoupátka v řezu s očíslováním jednotlivých částí

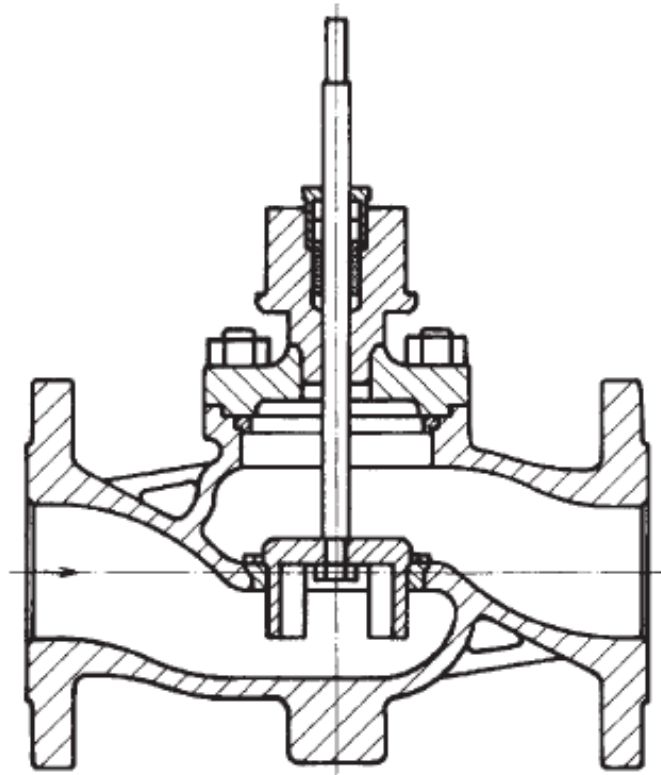
[https://dokumenty.maroc.cz/prilohy/GEOS_34DN80_Technick%C3%BD%20list.pdf]

Ventily

Ventily jsou nejrozšířenější regulační armaturou s ohledem na počet předností, které tento prvek má. Největší předností je pestrost možných provedení regulačního systému kuželka-sedlo u daných aplikací (např. mikro průtoky, návary tvrdokovu pro ochranu před účinky abrazivních médií nebo kavitace, ...). Další předností je tvarovatelnost samotného tělesa ventilu pro ochranu před účinky proudícího média a minimalizování hluku za ventilem. [2]

Jeden z příkladů tvarování tělesa ventilu můžeme vidět u dvoucestného přímého ventilu s ovládacím táhlem kolmým k ose potrubí, kde je těleso ventilu esovitě prohnuto.

Těleso ventilu se pak rozdělí kuželkou a sedlem na dvě části (vstupní a výstupní) a to je z části zachováno i během regulace. Z hlediska průtoku není tento tvar zcela ideální, jelikož je kapalina nucena měnit několikrát směr, ale toto uspořádání nám umožní vestavění složitějších škrťících částí. [2]



Obr. 2.6 Příklad konstrukce ventilu [2]

2.2.3 Kuželky regulačních ventilů

Kuželky regulačních ventilů můžeme rozdělit na základní typy:

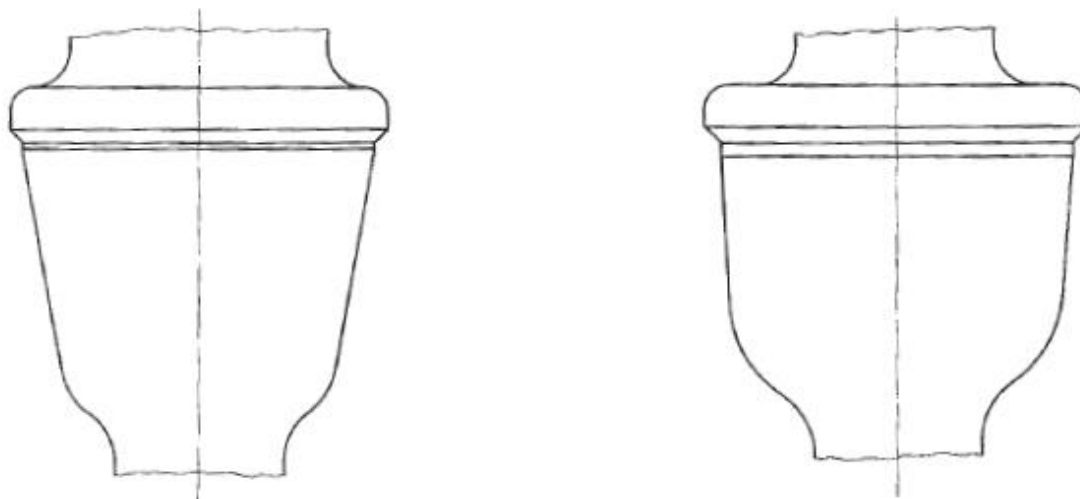
- a) Tvarovaná kuželka
- b) Kuželka s výřezy
- c) Děrovaná kuželka
- d) Klecová kuželka

Tvarovaná kuželka

Tvarovaná kuželka je základní typ regulační kuželky, někdy je také přezdívaná parabolická. Mezi rotačně symetrickou kuželkou a sedlem vzniká průtočný průřez v závislosti na zdvihu kuželky. Kuželka se často používá s dvojitým vedením pod a nad kuželkou. U konstrukčně jednodušších a levnějších variant ventilu se používá vedení jen z jedné strany, což pak může zapříčinit vibrace a následné únavové lomy materiálu. [2]

Změny proudící kapaliny jsou mezi tvarovou kuželkou a sedlem postupné. Postupná změna rychlosti a zachování jednolitého homogenního proudu umožní nízko ztrátový provoz

s vysokým průtokovým součinitelem. Tento typ kuželky se vzhledem k nízkým hydrodynamickým odporům využívá pro největší rozsah K_v součinitelů. Využitelnost je i napříč průtoky, což umožňuje konstrukční úprava průměru sedla. Velké průtoky mají průměr sedla stejný jako potrubí, menší průtoky pak mají redukováný průměr sedla a kuželky. Kuželovitý tvar je optimální pro výrobu a lze ho dobře variovat, čímž vytvoříme i složitější charakteristiky (rovno procentní, parabolická, ...), Jako jediný typ kuželky je schopen rovno procentní charakteristiky pro $K_v < 4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. [3; 2]



Obr. 2.7 Tvarovaná kuželka s lineární (vlevo) a rovno procentní (vpravo) charakteristikou

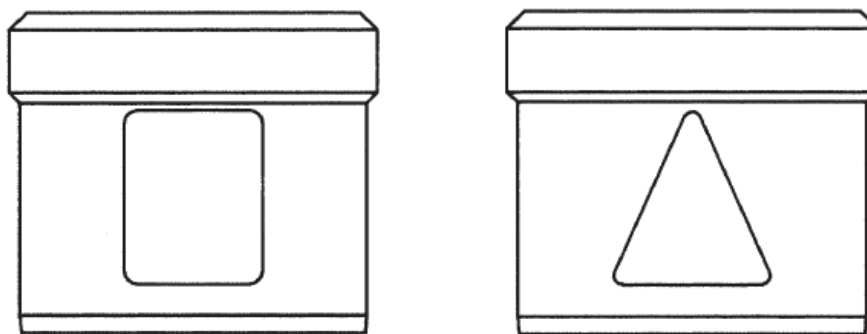
Homogenní proudění media kolem kuželky je pozitivní s ohledem na hlučnost provozu, což platí do doby, než dojde k překročení určitých limitních parametrů. Při nízkém tlakovém pádu a nízké rychlosti však máme vždy jistotu tichého provozu. [2]

Kuželka s výřezy

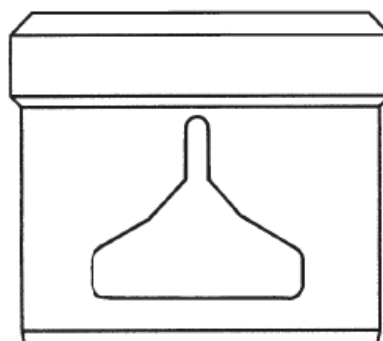
Kuželka s výřezy je nejpoužívanějším typem hned po tvarované kuželce, někdy je také přezdívaná V - port. Samotná konstrukce kuželky se skládá z dutého válce s třemi a více výřezy po stranách, podle kterých se pak při vysouvání kuželky řídí velikost škrtícího průřezu. Kuželka se pohybuje v sedle, tudíž není potřeba dodatečné vedení. Zpravidla se využívá vstup media „pod kuželku“. [2]

Regulace průtoku je skoková a proud média není homogenní, jelikož ho dělí otvory v kuželce. Ostré hrany na vstupu a výstupu nejužšího místa zapříčiňují nutnost většího průtočného průřezu na určitou hodnotu průtokového součinitele oproti tvarované kuželce. Kuželka s výřezem nelze použít pro maximální průtoky a také není vhodná pro $K_v < 4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. [2]

Výhodou je snadná výroba pomocí moderních metod (přesné lití a obrábění laserem nebo vodním paprskem). Regulační část kuželky má dobrou odolnost proti opotřebení, ne už tak sedlo. Problémem je nerovnoměrné zatížení sedla mediem protékajícím skrz otvory. Tento typ kuželky je také náchylný ke vzniku kavitace, což ale moc nevádí vzhledem k dobré odolnosti pro ni, a tak může kuželka s výřezem pracovat se stejnými tlakovými poměry jako tvarovaná kuželka. Hlukové vlastnosti jsou srovnatelné s tvarovanou kuželkou. [2]



Obr. 2.8 Kuželka s výřezy (vlevo – s lineární charakteristikou, vpravo – s rovno procentní charakteristikou) [2]



Obr. 2.9 Kuželka s výřezy s modifikovanou rovno procentní charakteristikou [2]

Děrovaná kuželka

Děrovaná kuželka pracuje na podobném principu jako kuželka s výřezy, tento typ je však používán spíše pro speciální případy. V tomto případě ovšem v kuželce nejsou vyříznuty větší otvory, nýbrž je stěna kuželky navrtána. Navrtané díry mohou mít jednotný průměr ale i odlišný podle potřeby zadavatele ventilu. Průtok ventilem je regulován postupným odkrýváním navrtané stěny kuželky horní hranou sedla. Ani u tohoto typu není potřeba dodatečného vedení kuželky, jelikož je po celou dobu zdvihu vedena v sedle ventilu. [2]

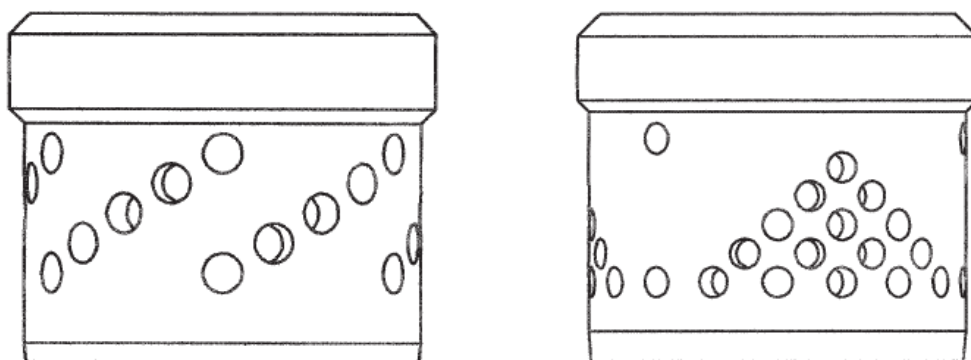
Pracovní médium proudí ventilem ve směru zavírání kuželky, čili přitéká na kuželku z prostoru nad ní. Tato skutečnost může způsobovat jisté problémy při zavírání regulačních ventilů s děrovanou kuželkou ovládaných pneupohonu, kde může díky okamžitému navýšení tlakového spádu a špatné tuhosti soustavy dojít k tzv. „přicucnutí“ kuželky do sedla a hydraulickému rázu. Předejít se tomuto jevu může dostatečným dimenzováním ovládací síly, kde se doporučuje použití ovládacího pohonu se silou o 50-70% vyšší, než je síla potřebná k ovládnutí samotného ventilu. [2]

Médium proudí polem děr ve stěně kuželky, čímž dochází k dělení proudu na mnoho lokálních proudů. Tato skutečnost odlišuje tento typ kuželky od předešlých. Průtočná plocha je tvořena součtem jednotlivých děr a nemá jednu hranici. Plocha stěny je také málo využita, a tak je technicky složité dosáhnout hladké křivky charakteristiky. Složitá je také optimalizace jak pro vysoké, tak nízké hodnoty K_v , takže se tento typ využívá spíše neutrálních hodnotách K_v . [2]

Výhodou děrované kuželky je dobré zvládnání vysokých tlakových spádů vzhledem k velké délce hranice na jednotku průtočné plochy, což způsobuje menší namáhání hranice. Velmi důležitý je i směr proudění „nad kuželku“, kde následně uvnitř kuželky dochází střetem jednotlivých dílčích proudů k maření velké části kinetické energie, která by následně mohla poškozovat části regulačního systému. [2]

Kuželka je rovněž odolná i proto vniku a účinkům kavitace. Hlavním důvodem odolnosti proti kavitaci je skutečnost, že zánik kavit spojený s místními hydraulickými rázy se odehrává převážně v dutině kuželky daleko od částí, u kterých by mohlo poškození způsobit zhoršení těsnících a regulačních vlastností. [2]

Velmi dobře lze v tomto případě pracovat i s hlučností, vzhledem k dobré možnosti kontroly expanze plynů a par využitím vícestupňového škrťacího systému nebo clon na výstupu.[2]

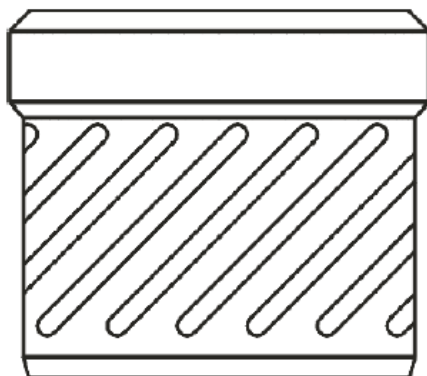


Obr. 2.10 Děrovaná kuželka (vlevo – s lineární charakteristikou, vpravo – s rovno procentní charakteristikou) [2]

Klecová kuželka

Klecová kuželka kombinuje princip kuželky s výřezy a děrované kuželky. Ve válcové kuželce jsou po obvodu podlouhlé výřezy, kterých se zpravidla dosáhlo přesným litím, obráběním laserem nebo vodním paprskem. Kuželka je vedena sedlem bez nutnosti dalšího přidaného vedení. Primárně se tento typ používá pro aplikace s vysokými tlaky při malé hlučnosti. Na rozdíl od děrované kuželky se v tomto případě používá přívod media „pod kuželku“. [2]

Proud media je kuželkou dělen na dílčí proudy a také u tohoto typu kuželky nejsou doporučovány příliš vysoké a nízké hodnoty K_v . Velmi dobrou vlastností je možnost vytvoření dokonale korigovaných průtočných charakteristik stejně jako u kuželky s výřezy. [2]



Obr. 2.11 Klecová kuželka s lineární charakteristikou [2]

2.3 Pohony regulačních ventilů

Pohony regulačních ventilů jsou velmi důležitou součástí regulační sestavy. Nároky se s všeobecným vývojem průmyslu navyšují, a tak se musí posouvat kvalita samotných armatur i pohonů. Běžně se využívají tři polohové pohony, které umožňují pouze polohy otevřeno, otevřeno napůl a zavřeno. V moderním průmyslu už se však upřednostňuje spojitá regulace s přesnou polohou ventilu. Moderní pohony jsou vybaveny i tzv. „havarijní funkcí pohonu“, která při přerušení přívodu elektrické energie uvede ventil zpravidla do polohy zavřeno. [2]

Základní rozdělení pohonů regulačních ventilů:

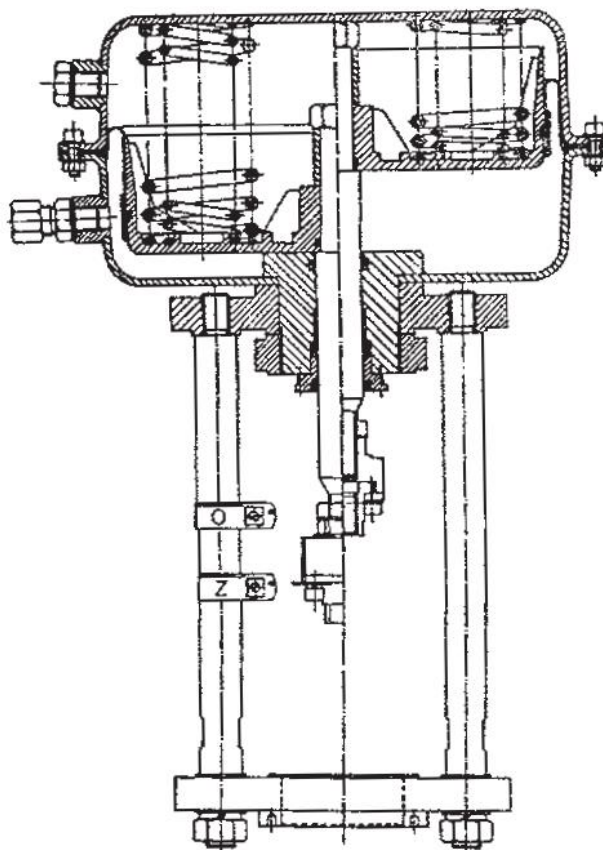
- Pneumatické
- Hydraulické
- Elektrické
- Elektrohydraulické

[2]

Pneumatické pohony

Pneumatické pohony se skládají ze vzduchového válce s pístem a membrány. Pohyb pístu je zapříčiněn v prvním směru svazkem pružin, kdežto v druhém směru zajišťuje pohyb pístu změna tlaku vzduchu. Hlavní prvek pohonu, membránový modul, se skládá ze dvou vík, mezi kterými je uchycena membrána. Membrán se opírá o píst a její pohyb je závislý na již zmíněné změně tlaku na jedné straně a na síle pružiny ze strany druhé. [2]

Pneumatické pohony můžeme rozdělit podle uspořádání na 2 typy, pohon s „nepřímou funkcí“ a pohon s „přímou funkcí“. První zmíněný pohon pracuje tak, že pružiny vytlačují táhlo ven z modulu a ovládací tlak naopak vtahuje táhlo dovnitř modulu. Je-li tedy tento typ použit u dvoucestného ventilu zavíraného směrem dolů do sedla, znamená to zavřenou polohu v případě, že pohon je bez tlaku vzduchu. U pohonu s „přímou funkcí“ zatlačují pružiny táhlo dovnitř modulu, zatímco navyšováním tlaku dochází k vysouvání táhla ven. Pro stejný ventil jako u ventilu s „nepřímou funkcí“ bude tentokrát ventil otevřen bez tlakového vzduchu. [2]



Obr. 2.12 Schéma pneumatického pohonu s nepřímou funkcí [2]

Tento typ pohonu je přímý a vyznačuje se svou jednoduchou konstrukcí, tím pádem i nízkou hmotností a cenou. Mezi další výhody můžeme zařadit snadno proveditelnou „havarijní funkci“, kterou lze navíc snadno variovat otočením pohonu. Mezi nevýhody pak naopak musíme počítat náročnost na čistotu ovládacího media a prostředí. Další nevýhodou je docela malá osová síla, čemuž jde však pomoci sériovým řazení pohonů za sebe. Při sériovém řazení pohonů už se ale vytrácí výhody nízké ceny a hmotnosti. [2]

Hydraulické pohony

Hydraulické pohony nemohou moc dobře využít membránu jako převodový prvek oproti pneumatickým pohonům. U toho typu pohonů se používají zásadně dvojčinné písty. Hlavní výhodou je jejich velká pracovní síla a pracovní momenty úměrou k malé velikosti a hmotnosti oproti ostatním pohonům. Pracovní tlaky se mohou pohybovat řádově až ve výši desítek MPa. Hydraulické pohony pracují na stejném principu jako pístové dvojčinné pohony. Výhodou je rovněž možnost pracovat spojitě nebo proporcionalně. Při využití pro spojitou regulaci je hydraulický pohon součástí spojitě jednotky s čerpadlem, zásobníkovou nádrží pracovního media a rozvaděčem. Tato skutečnost zkrátí vzdálenost rozvodu media a sníží vznik rázů. Díky své velikosti a síle se často používají v mobilní technice (např. letadla, lodě, raketová technika, ...) [3]

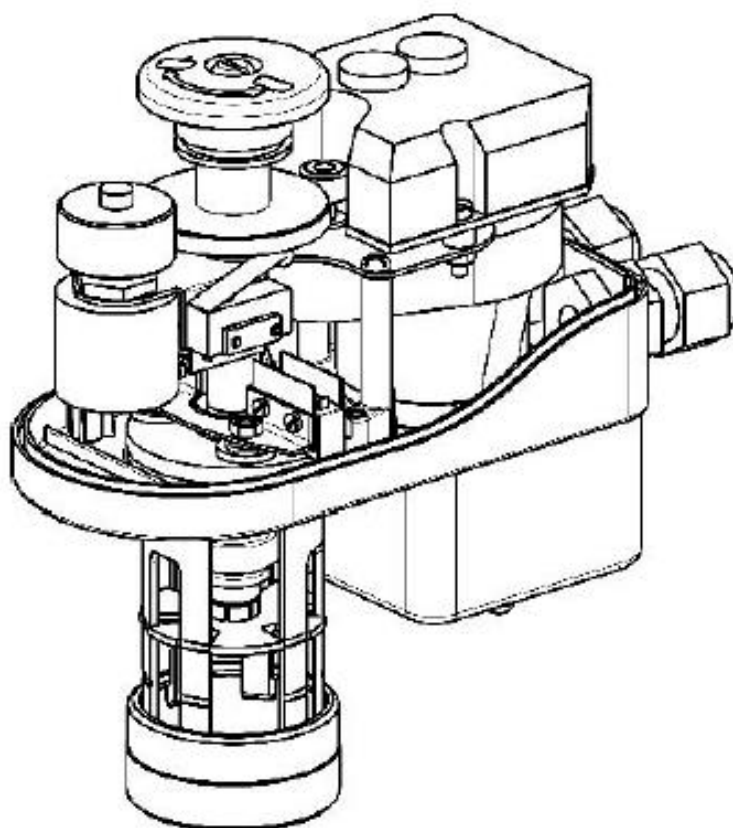
Nevýhodou tohoto typu pohonů jejich nečistý provoz a nejsou vhodné pro použití v provozu, kde hrozí požár. [3]

Elektrické pohony

Elektrické pohony u regulačních armatur mohou být složené z elektromotoru stejnosměrného (24 V) i střídavého. Nejčastějším provedením elektromotoru pro toto použití je motor s přímým provedením, kde je převod rotačního pohybu na pohyb přímý uskutečněn již v samotném motoru. U více otáčkových motorů je potřeba ještě mezi pohon a táhlo ventilu vložit lineární jednotku nebo spolu zabírající matici. Motory bývají osazeny množstvím signalizačních a koncových spínačů, silových vypínačů, vysílačů polohy atd. [2]

Stejně směrné motory se skládají z nepohyblivého statoru, na kterém jsou instalovány hlavní póly s budícím vinutím a vedlejší póly pro lepší komunikační vlastnosti. Rotor se jakožto pohyblivá část otáčí v magnetickém poli a je složen z plechů v jejichž drážkách je uloženo vinutí. Každá cívka je připojena k měděným vzájemně izolovaným lamelám komutátoru. Do vinutí se přivádí proud přes kartáče umístěné v komutátoru. Mechanický komutátor slouží k udržování optimální polohy magnetických polí v motoru za každého zatížení a rychlosti, jelikož řídí napájení cívek rotoru podle polohy. Pro rozběhnutí motoru stačí připojit stejnosměrné napětí. Během otáčení rotoru se kartáče komutátoru s napětím připojují k cívkám, na kterých vzniká magnetické pole ve směru kroutícího momentu. Největší proudové zatížení je během rozběhu motoru, kdy je potřeba rotor rozpohybovat z klidu na požadované otáčky. [4]

Jedním z nejpoužívanějších typů elektrických pohonů u regulačních armatur je přímočarý pohon. Při připojení na ventil mají nulovou vůli mezi táhlem a vřeten pohonu. Tato skutečnost se velmi hodí s ohledem na dokonalou regulační schopnost i při sebemenších změnách polohy. Další možností jsou pohony víceotáčkové a pákové pohony. Víceotáčkové motory se využívají primárně u náročných aplikací v energetice.[2]



Obr. 2.13 Nákres vnitřního uspořádání přímočarého elektrického pohonu [2]

Výhodou elektrických pohonů je jejich napájení z elektrické sítě, které je všude dostupné. Další kladnou vlastností je rovněž schopnost pohonů pracovat v jakékoliv poloze. Mezi další klady můžeme počítat vybavení pohonu ručním ovládním, vysoká přesnost ovládním, široká nabídka příslušenství atd. Elektrické pohony větších armatur jsou normalizované a lze tak jeden pohon využít pro armatury více výrobců. [2]

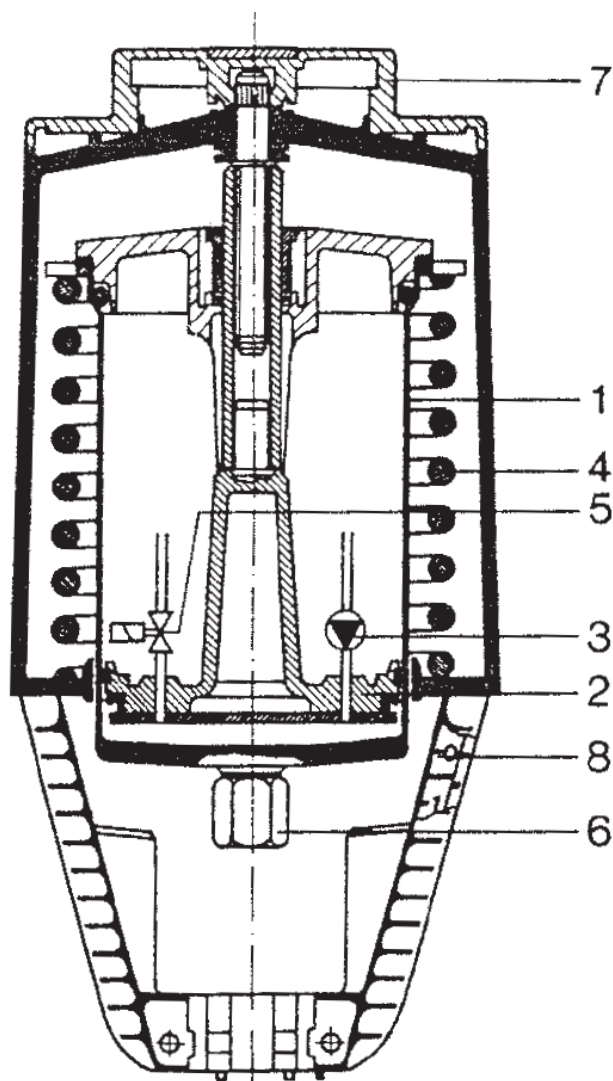
Mezi nevýhody řadíme vysokou pořizovací cenu, vyplývající z jejich poměrné složitosti a vysoké hmotnosti. [2]

Elektrohydraulické pohony

Elektrohydraulické pohony se skládají z čerpadla a olejového válce. Čerpadlo čerpá olej ze zásobníku do tlakového válce, což zapříčiní stlačení pružin podírajících píst. Pohyb druhým směrem je zajištěn elektromagnetickým ventilem, který přepustí olej zpět do zásobníku pomocí síly naakumulované v pružinách. Celý tento mechanismus je součástí těla motoru, a tak stačí pro jeho ovládním zajistit přívod elektrické energie, popřípadě řídicího signálu. [2]

Části elektrohydraulického pohonu:

- 1 – tlakový válec
- 2 - píst
- 3 – vibrační čerpadlo
- 4 – zpětná pružina
- 5 – zpětný ventil
- 6 - mechanické spojení
- 7 – ruční ovládání
- 8 – ukazatel polohy táhla



Obr. 2.14 Schéma elektrohydraulického pohonu [2]

2.4 Citace

- [1] MELICHAR, Jan. *Hydraulické a pneumatické stroje: část čerpadla*. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04383-7.
- [2] *Regulační armatury 4.doplňené a upravené vydání*. 2006.
- [3] *Hydraulické pohony podklady* [online]. [cit. 2024-05-09].
Dostupné z: http://352lab.vsb.cz/Podklady/03_PAR/Akc_hydr.html
- [4] *Elektrické pohony podklady* [online]. [cit. 2024-05-11].
Dostupné z: http://352lab.vsb.cz/Podklady/03_PAR/Akc_el.html

Klikněte nebo klepněte sem a zadejte text.

3 Praktická část

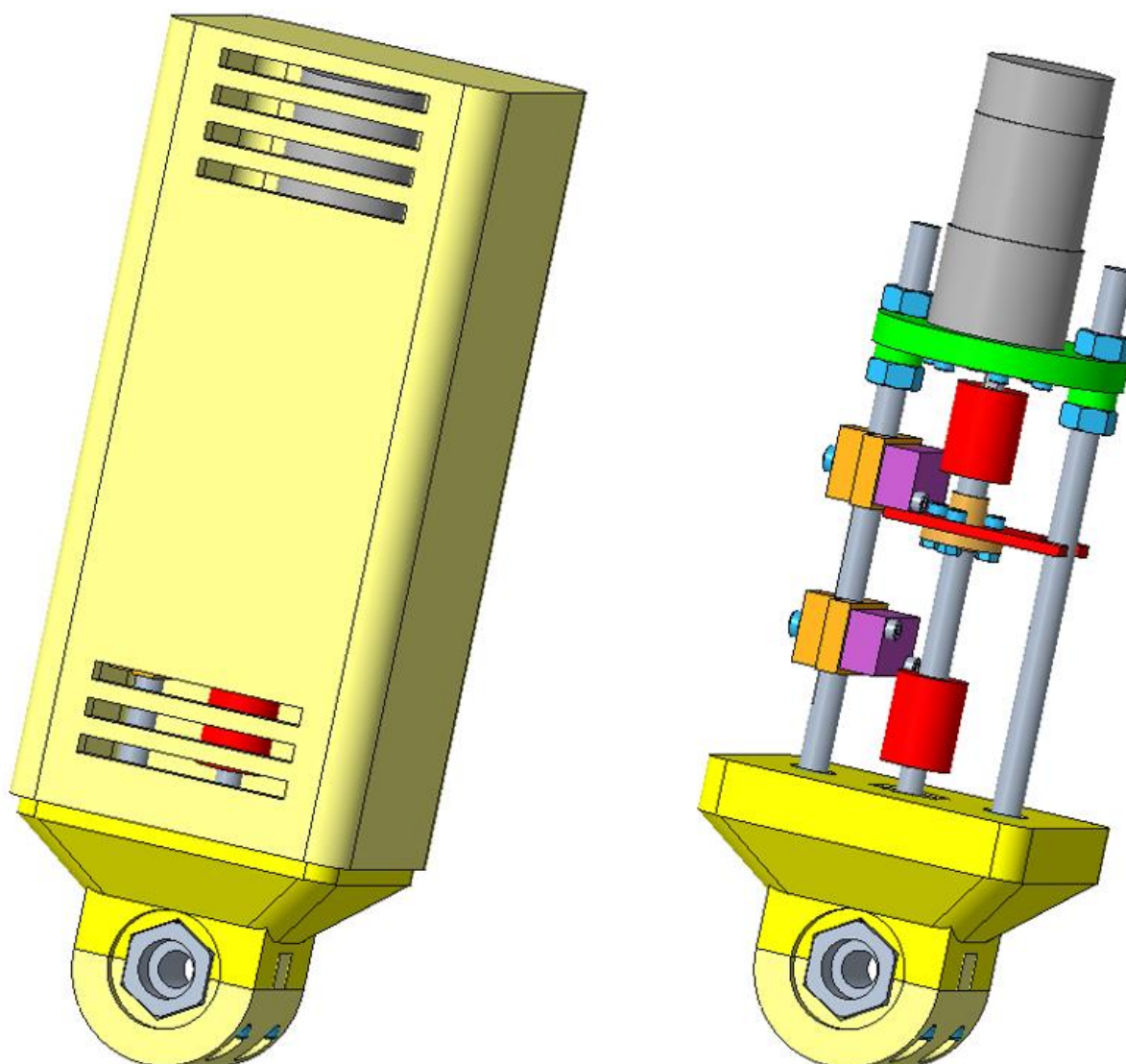
Zadání

Hlavním úkolem této práce bylo konstrukční řešení elektricky ovládaného regulačního systému na předem vybrané šoupátko světlosti DN10. Součástí návrhu bylo také vybrání stejnosměrného elektromotoru pro ovládání šoupátka. Návrh sestavy ovládání obsahoval vytvoření spojení šoupátka s pohonem a navržení odměření koncových poloh šoupátka. Během sestavování práce měla být použita kombinace normalizovaných součástí a 3D tištěných dílů. Celá sestava má být provázena vytvořením 3D modelu v elektronické podobě.



Obr.3.1 Předlohové šoupátko DN 10 [vlastní]

Náhled výsledného řešení



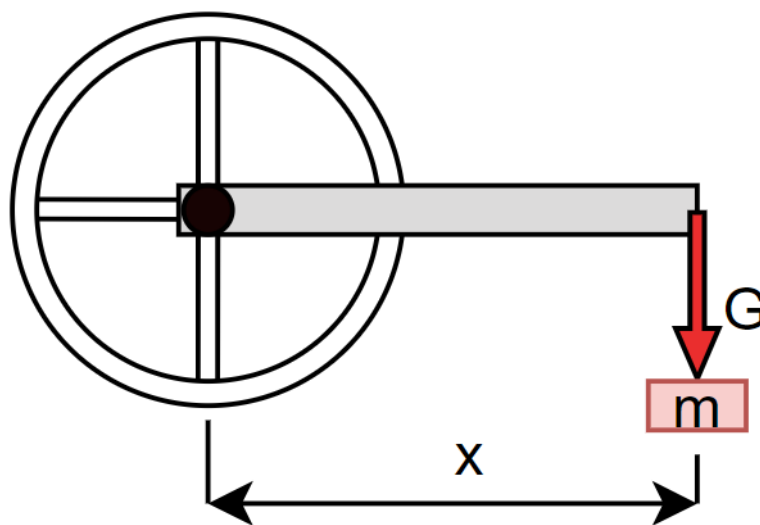
Obr.3.1 Soustava ovládní

Postup Návrhu

Celý proces začal stanovením potřebných parametrů šoupátka (počet otáček potřebných k otevření a zavření, otevírací síla atd.). Počet otáček potřebných na otevření a zavření se stanovil jednoduše odečítáním jednotlivých otočení kolem osy dřívku ventilu. Pro snadnější odečet otáček byla udělána značka na ovládacím kolečku kolmo na osu hrdel ventilu.

Druhým krokem bylo stanovením síly potřebné k otevření nebo zavření šoupátka. Vzhledem k malé velikosti šoupátka nebyl k měření potřebného momentu použit momentový klíč, což by bylo nejjednodušší řešení, ale moment byl dopočítán za pomoci závaží přidávaného na rameno přidělané k ovládacímu kolečku ventilu. Ventil byl uveden do zavřené

polohy a při postupném zatěžování ramena se čekalo na pootočení ovládacího kolečka. Poté co došlo k pootočení kolečka, závaží se zvažilo a byla tak určena hmotnost „m“ pro následující vztahy. Délka ramena byla také známa, a tak se mohlo přejít k výpočtům. Moment byl určen z následujících vztahů:



Obr.3.2 Nákres ramena se zatížením pro spočítání momentu

Výpočet Momentu:

$$x = 90 \text{ mm}$$

$$m = 1,606 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

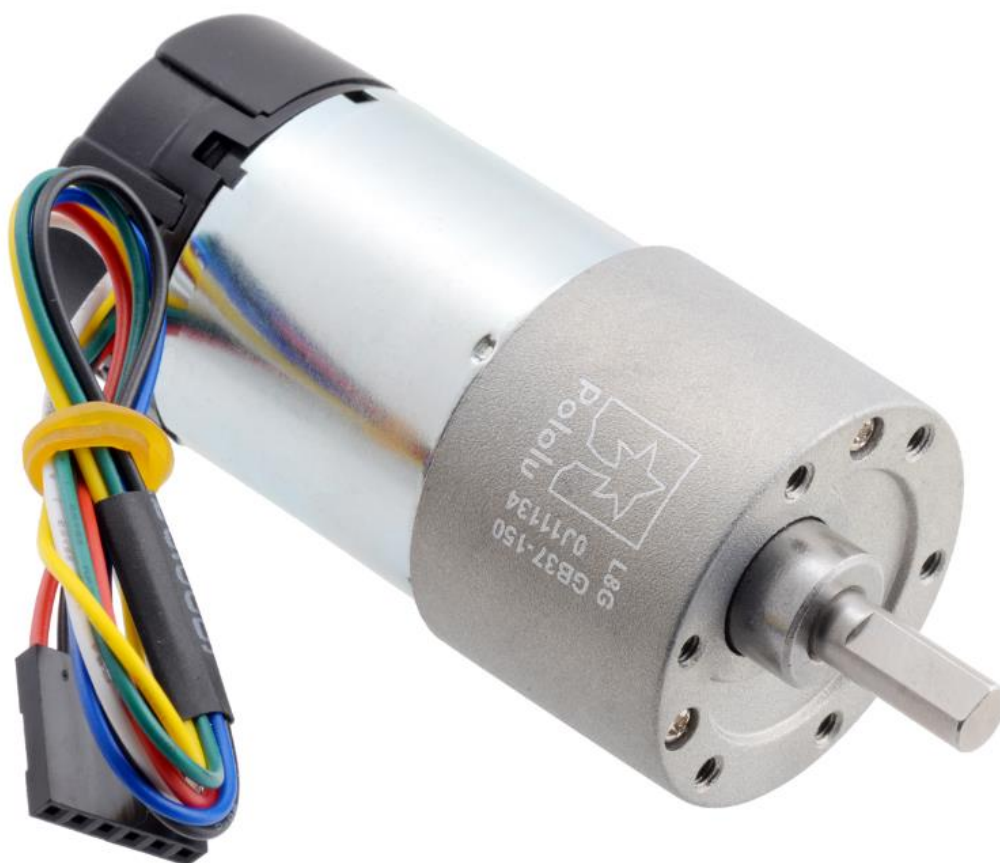
$$G = m \cdot g = 1,606 \cdot 9,81 = 15,75 \text{ N}$$

Momentová rovnice rovnováhy ke středu kola:

$$M_{min} = G \cdot x = 15,75 \cdot 90$$

$$M_{min} = 1417,9 \text{ Nmm} = 1,4 \text{ Nm}$$

Po stanovení zmíněných parametrů ventilu se mohlo přejít k výběru DC elektromotoru. Motor byl vybrán z nabídky webových stránek „botland.cz“. Mezi možnými kandidáty nakonec vyšel nejlépe Motor Pololu 4697 s převodovkou 150:1, který vyhovoval jak potřebnému momentu, tak rychlosti zavírání. Točivý moment 56,0 kg·cm je skoro 4x větší než minimální potřebný moment. To nám dává dostatečnou míru naddimenzování. Druhým důležitým bodem byl čas úplného zavření a otevření ventilu, kde jsme se chtěli pohybovat v časovém rozmezí 42–5 s. Tady naprosto vyhovují otáčky motoru, při potřebě 3 otáček na úplné zavření a otevření, kdy čas zavření vychází po zaokrouhlení 2,6s. Variantou byl ještě jeden motor stejného dodavatele s menším točivým momentem, avšak plně dostačující, kde by nemuselo docházet k nadměrnému dimenzování, probléme však zde byl čas zavírání, který by v tom případě vycházel kolem 20 s a to bylo nepřijatelné. Proto byl tedy vybrán s ohledem na praktičnost obou parametrů již zmíněný Motor Pololu 4697 s převodovkou 150:1.



Obr.3.3 Motor Pololu 4697 s převodovkou 150:1

[<https://botland.cz/stejnosmerne-motory-s-prevodovkou-a-kodery/17550-motor-s-prevodovkou-150-1-37dx73l-24v-68rpm-koder-cpr-64-pololu-4697-5904422327897.html>]

Parametry Elektromotoru:

Napětí: 12,0-24,0 V

Aktuální spotřeba elektromotoru: 100 mA

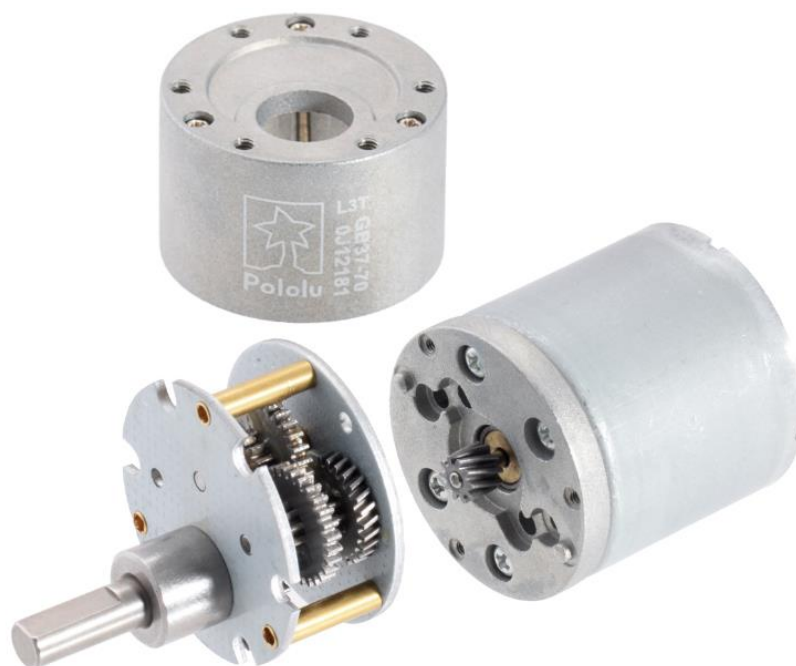
Převodový poměr převodovky: 150:1

Otáčky: 68 otáček za minutu

Točivý moment: 56,0 kg·cm \approx 5,5 Nm

Hmotnost: 210 g

Motor Pololu 4697 je 24 V kartáčový stejnosměrný motor s převodovkou 150:1 a má na sobě integrovaný kvadrurní enkodér, který poskytuje 64 impulzů na otáčku hřídele motoru, což se rovná 9600 otáčkám výstupního hřídele převodovky. Převodovka je primárně složena z čelních ozubených kol, akorát pro snížení hluku a zvýšení účinnosti je první převodový stupeň složen ze spirálových ozubených kol. Výstupní hřídel je ve tvaru D. Snímání rotace magnetického disku na zadním výčnělku hřídele motorku je využít dvoukanalový kodér.



Obr.3.4 Motor Pololu 4697 s převodovkou 150:1- odkrytá převodovka

[<https://botland.cz/stejnosmerne-motory-s-prevodovkou-a-kodery/17550-motor-s-prevodovkou-150-1-37dx73l-24v-68rpm-koder-cpr-64-pololu-4697-5904422327897.html>]

Společně s motorem bylo zapotřebí sestavu osadit koncovými spínači, které mohou následně sloužit k vymezení poloh ventilu. V tomto případě byl vybrán koncový spínač bez páky WK807. Mechanismus činnosti koncového spínače bez páky je založen na aplikaci vhodné reakce na kontinuálně detekované změny v pohyblivé části systému. Senzor reaguje připojením nebo odpojením napájení k vybrané části systému nebo k jeho celistvosti.

Parametry spínače:

Typ přepínače: monostabilní

Typ tlačítka: okrajový

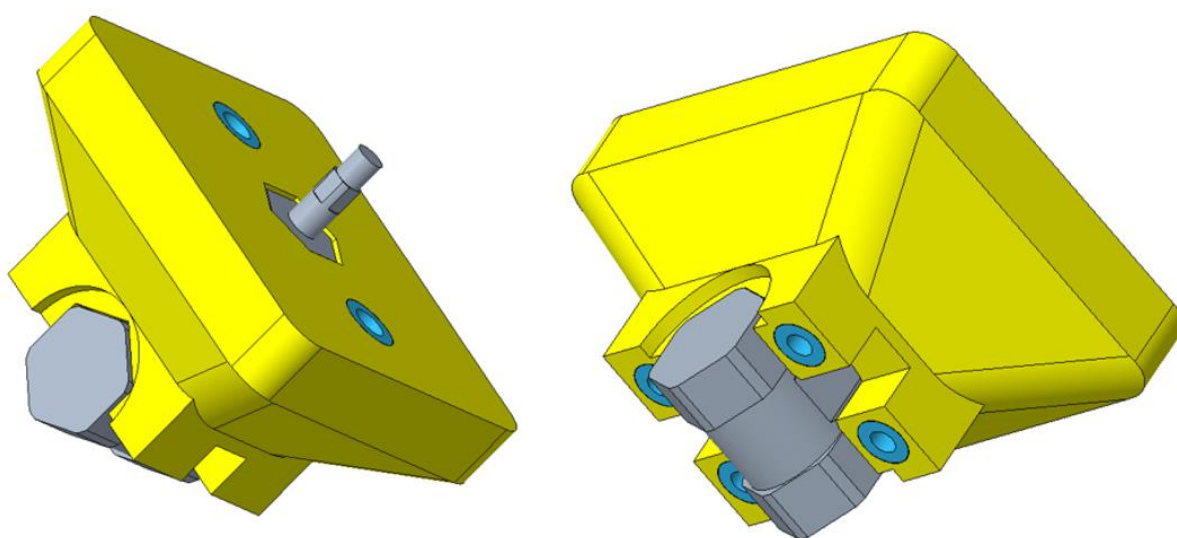


Obr.3.5 Koncový spínač bez páky WK807 [vlastní]

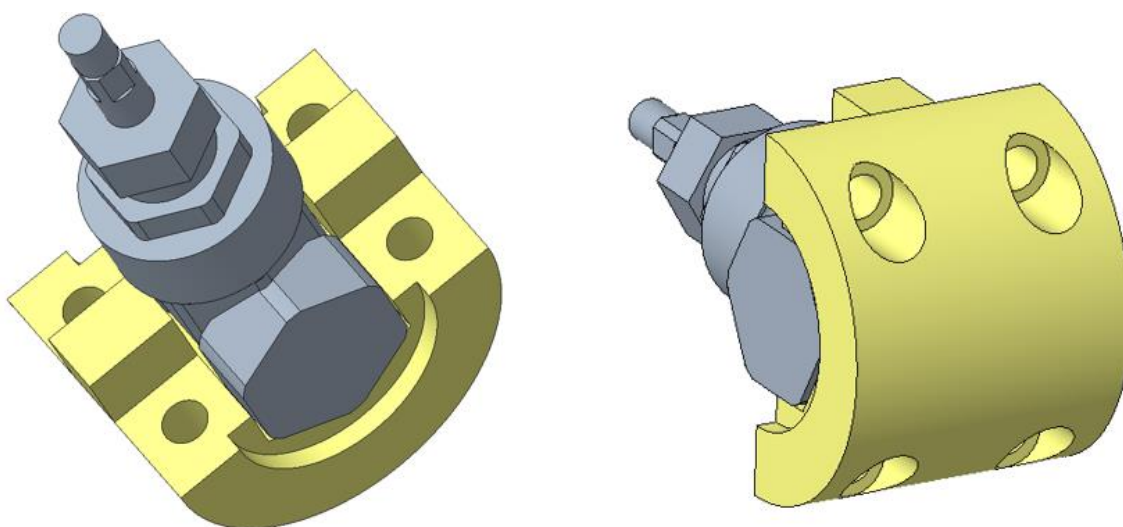
Po vybrání a zakoupení motoru bylo možné začít vymýšlet samotnou konstrukci ovládacího prvku. Na začátku bylo nutné vyřešit samotné přidělení konstrukce k ventilu a následně se mohlo pokračovat k přenášení momentu na dřík ventilu a odečítání polohy pro nastavování koncových poloh.

Celá sestava byla nejprve realizována v 3D programu Creo Parametric 10.0.1.0, kde bylo potřeba si nejprve vytvořit model samotného ventilu jako předlohu pro následné tvoření navazujících součástí. Fyzický ventil byl tak naměřen a převeden na 3D zjednodušený model, což spočívalo v modelu těla ventilu bez průtočného otvoru.

Základním stavebním kamenem celé konstrukce je objímka sešroubovaná ze dvou částí. Na vrchním členu objímky se nachází plošina pro následnou nástavbu. Vnitřní část obepíná tělo ventilu tak aby po sešroubování nemohlo dojít k posunutí nebo pootočení. Zespoda jsou po stranách 2 otvory se závitovou vložkou pro následné spojení se spodní částí. Spodní část objímky kopíruje vnitřním výřezem tělo ventilu a vnější část je zaoblena. Po stranách objímky jsou na každé straně 2 otvory pro již zmíněné sešroubování obou částí. Celá objímka je navržena tak aby ji bylo možné vytisknout na 3D tiskárně a byla zajištěna dostatečná pevnost v kombinaci s úsporou materiálu.



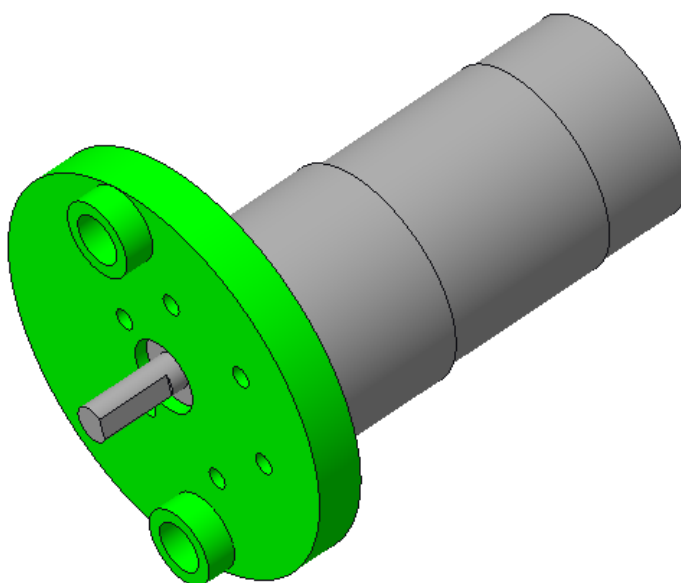
Obr.3.6 Pohledy na vrchní část objímky osazené na ventilu (modře znázorněny závitové vložky)



Obr.3.7 Pohledy na spodní část objímky osazené na ventilu

Jakmile byla vytvořena plocha pro následnou nastavbu bylo na čase zvážit připevnění motoru a zpracování koncových spínačů. Základní myšlenka byla taková vytvořit konstrukci, kterou by tvořily dvě hlavní stojiny (pro uchycení motoru a krytu sestavy) a dvě stojiny sekundární (pro část sestavy obsahující koncové senzory). Po prvotním modelu došlo k optimalizaci a celá stojná část sestavy byla stažena pouze na dvě hlavní stojiny. Tato optimalizace byla udělána i vzhledem k praktičtější montáži a provádění úprav čidel během provozu.

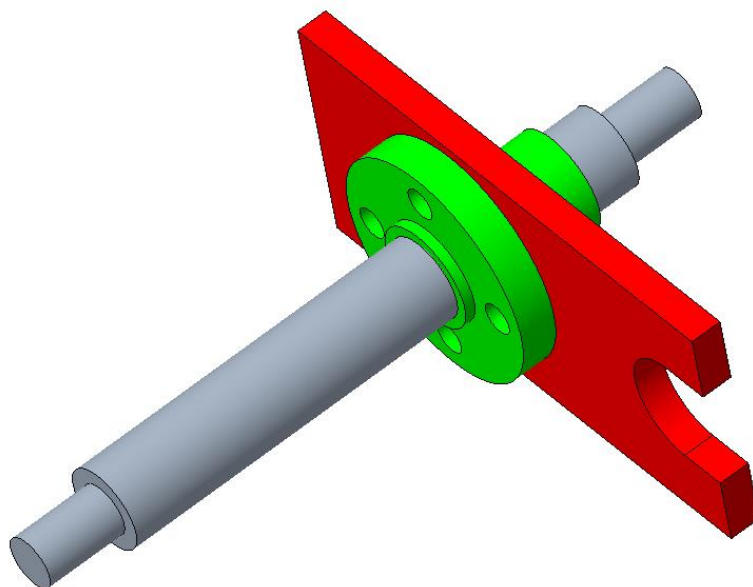
Motor Pololu 4697 je z výroby uzpůsoben k uchycení ze spodu kde je vybaven 6 otvory se závity M3. Pro tento typ úchyty se jasně nabízel držák mezi dvě stojiny. Finální verze sestavy se primárně skládá z 3D tištěných dílu a tak nebyl problém jakýmikoliv tvary, v tomto případě však zůstalo u nejběžnějšího řešení a to kruhový tvar. Kruhový držák je opatřen vyztuženými otvory pro vedení na stojinách a samozřejmě otvory umožňujícími přišroubování pohonu. Kruhový držák je k celé sestavě uchycen nasunutím na stojiny a vymezením do potřebné výšky pomocí čtyř matic M8.



Obr.3.8 Držák pohonu

Velmi důležitým úkolem bylo vyřešení aplikace koncových spínačů, které by umožnili libovolné nastavení ventilu. V tomto případě byla do sestavy mezi výstupní hřídelku motoru a dřík ventilu vložena trapézová šroubovice s maticí. Na matici se následně přidala destička upravená tak aby nedocházelo k rotování matice a pouze k jejímu svislému pohybu nahoru a dolů, čímž vznikl člen, ze kterého lze odečítat otevření. Volba šroubovice byla zásadní s ohledem nato aby zajistila dostatečný svislý pohyb destičky. Pokud by byl použit nejběžnější typ závitové tyče, a to s metrickým závitem, tak by se při použití stanoveného průměru šroubovice 8 mm využila M8x1, což by při určených 3 otáčkách na otevření a zavření ventilu nevytvořilo dostatečný svislý posuv destičky. V tomto případě by svislý posuv činil 3 mm. Na takto malém posuvu by se špatně manuálně nastavovaly dorazy pomocí posouvání koncových spínačů na stojinách, takže bylo potřeba najít alternativu, která by zajistila větší svislý posuv. Pro takové případy je ideální trapézový závit, který má větší

stoupání než klasický metrický závit. Při držení se průměru 8 mm byla vybrána závitová tyč T8x8. Stoupání 8 mm už nám zprostředkuje při třech otáčkách na úplné otevření nebo zavření svislý posun destičky 24 mm, což už je dostatečné pro nastavování dorazů. Pořízená šroubovice byla zkrácena na požadovanou délku a na koncích byla stočena na průměr 6 mm do vzdálenosti 10 mm. Součástí pořízené šroubovice byla i matice na kterou se následně nasunula a přišroubovala destička pro určování polohy. Destička je z jedné strany vykrojená tak aby byla vedena stojinou a nedocházelo k rotaci, ale pouze svislému posuvu.



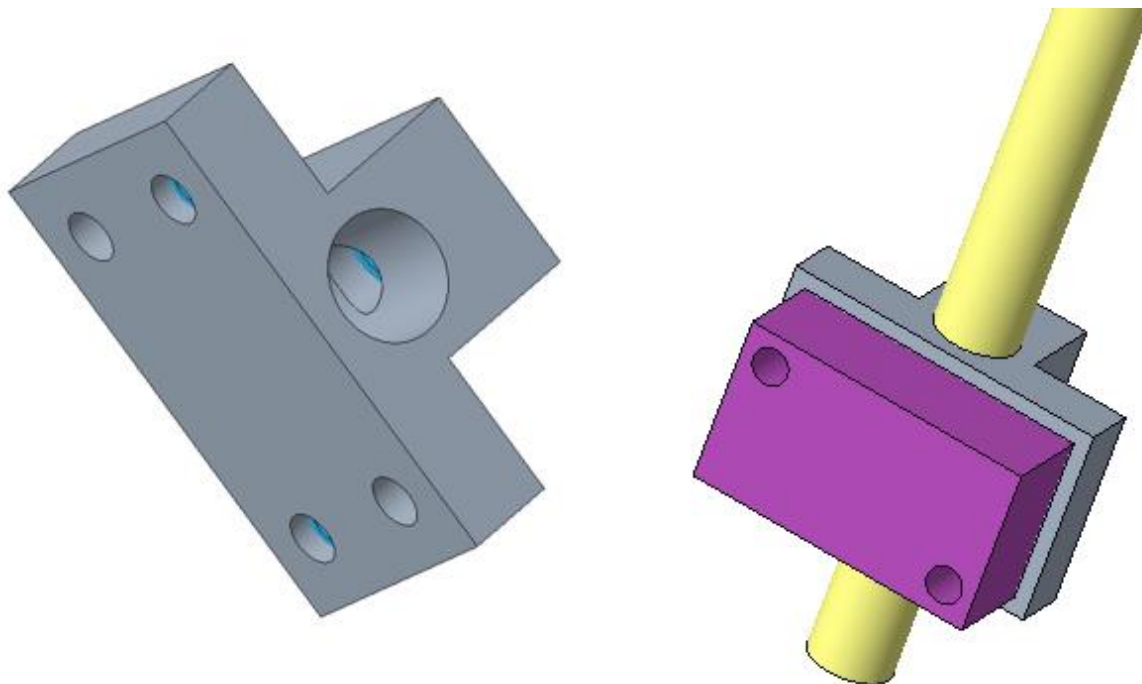
Obr.3.9 Šroubovice s maticí a destičkou pro určení polohy

Trapézová tyč je po obou stranách spojena s motorem i ventilem pomocí pružného konektoru. Konektor je vyroben z hliníku a jeho pružnosti je dosaženo odebráním materiálu ve tvaru spirály. U pořízeného konektoru bylo potřeba převrtat otvory z průměru 5 mm na 6,5 mm. Pro zajištění na hřídeli je konektor vybaven dvěma zajišťovacími šrouby na každé straně.



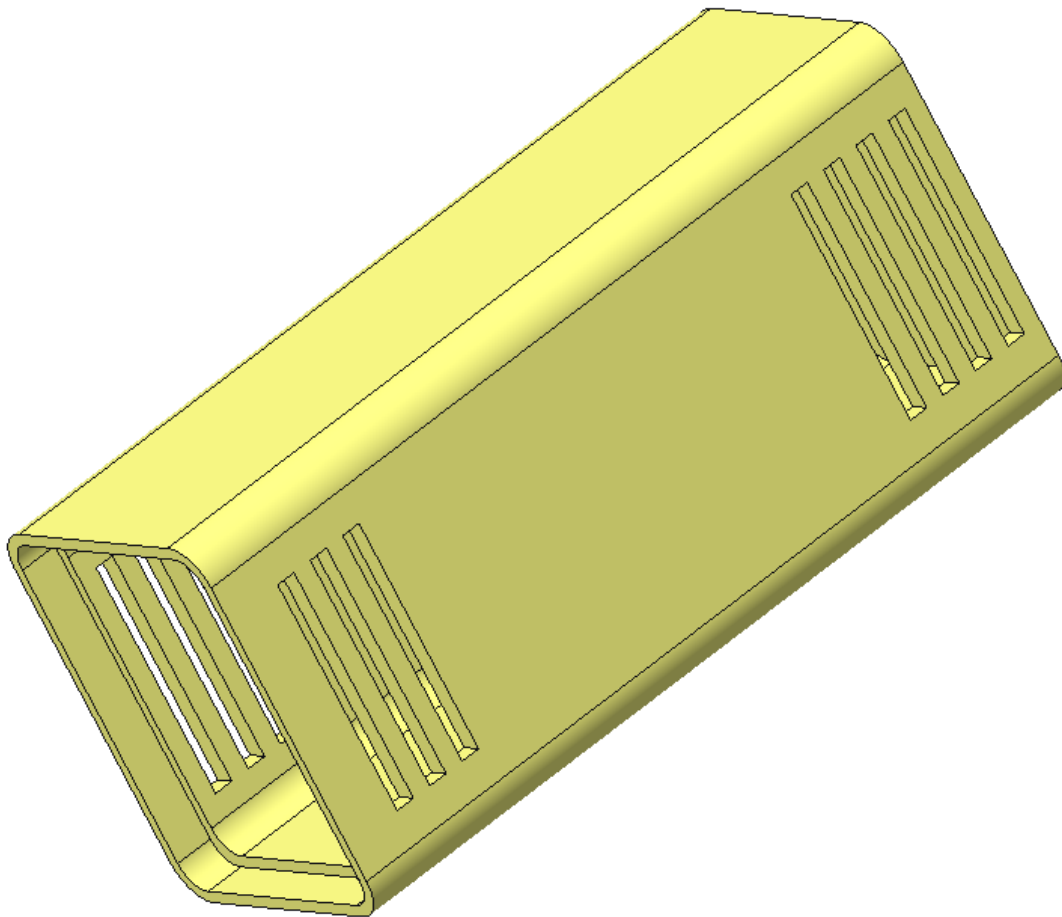
Obr.3.10 Pružný konektor

Po vyřešení destičky následovalo řešení uchycení koncových spínačů. Vzhledem k požadavku na co nejčistější design konstrukce bylo rozhodnuto o uchycení „koncáků“ pomocí držáků vytištěných na 3D tiskárně. Samotné čidlo má obdélníkový tvar a 4 díry v rozích pro uchycení. Z tvaru čidla vychází i samotný držák, který má obdélníkovou plochu pro uchycení „koncáků“ a kvádrový výstupek na zadní straně se svislým otvorem pro nasunutí na stojinu sestavy. Pro zajištění na stojině je držák opatřen otvorem ze zadní strany se závitovou vložkou do plastu. Po nasunutí na stojinu se držák jednoduše zajistí v požadované pozici dotažením šroubu v zadní straně.



Obr.3.11 Držák koncových spínačů

Po složení celé sestavy bylo potřeba vytvořit kryt, který by zamezil přílišnému zanesení mechanismu. Půdorys krytu kopíruje základní desku na vrchním dílu objímky. Na spodní hraně má kryt udělané osazení tak aby stačilo kryt pouze nasadit a nebylo potřeba ho nijak dále uchycovat. V krytu jsou také udělané průduchy pro chlazení sestavy.



Obr.3.12 Kryt sestavy

Stojiny byly vytvořeny z kulatiny o průměru 8 mm. Z jedné strany byl vyříznut závit do vzdálenosti 10 mm pro uchycení do základní desky horní části objímky. Ze strany druhé byl závit udělán do vzdálenosti 50 mm pro následný držák motoru. Na jedné ze stojin byla také vybroušena ploška pro lepší uchycování držáků čidel.



Obr.3.13 Stojiny

Seznam dílů

| Název dílu | Počet |
|------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Koupené díly | |
| Motor s převodovkou 150: 1 37Dx73L 24V 68RPM + kodér CPR 64 - Pololu 4697 | 1x |
| Pružný konektor – průměr 5 a 5 mm | 2x |
| Koncový spínač bez páky – WK807 | 2x |
| Zálisek do plastu typ THC M4 | 2x |
| Zálisek do plastu typ THC M3 | 4x |
| Zálisek do plastu typ THC M6 | 4x |
| Zálisek do plastu typ THC M8 | 2x |
| DIN 934 M8 | 4x |
| DIN 6912 M6x22 | 4x |
| DIN 6912 M4x8 | 2x |
| CSN 021143 M3x8 | 4x |
| CSN 021143 M3x16 | 10x |
| DIN 934 M3 | 4x |
| Závitová tyč trapézová, T8 x 8, P2, pravý závit, s maticí | 1x |
| Stojiny (z kulatiny 8x500mm) | 1x |
| 3D Tištěné | |
| Vrchní část objímky | 1x |
| Dolní část objímky | 1x |
| Držák čidla | 2x |
| Destička pro určení polohy | 1x |
| Držák pohonu | 1x |
| Kryt sestavy | 1x |

Obr.3.14 Tabulka dílů

Pevnostní kontrola

τ_k – napětí v krutu

τ_{Dk} – dovolené napětí v krutu

M_k – kroutící moment motoru

W_k – průřezový modul v krutu

d – kritický průměr

σ_D – dovolené napětí v tahu/tlaku

$d = 7 \text{ mm}$

$M_k = 5,5 \text{ Nm}$

$\sigma_D = 190 \text{ MPa}$ (pro materiál ČSN 11 500)

$$\tau_{Dk} = 0,6 \cdot \sigma_D = 0,6 \cdot 170$$

$$\tau_{Dk} = 102 \text{ MPa}$$

$$W_k = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{\pi \cdot 6^3}{16}$$

$$W_k = 42,41 \text{ mm}^3$$

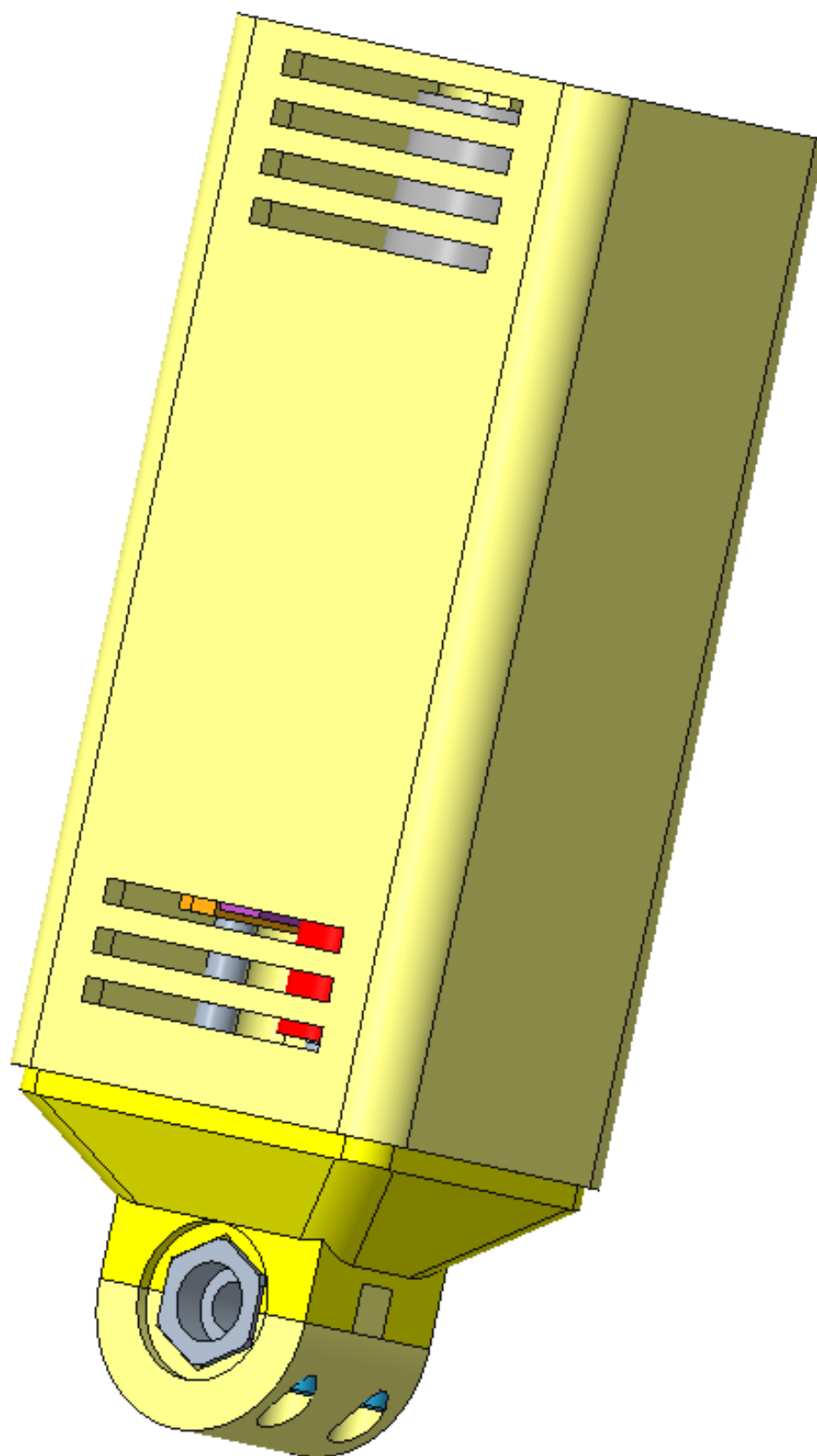
$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{5500}{42,41}$$

$$\tau_k = 129,7 \text{ MPa}$$

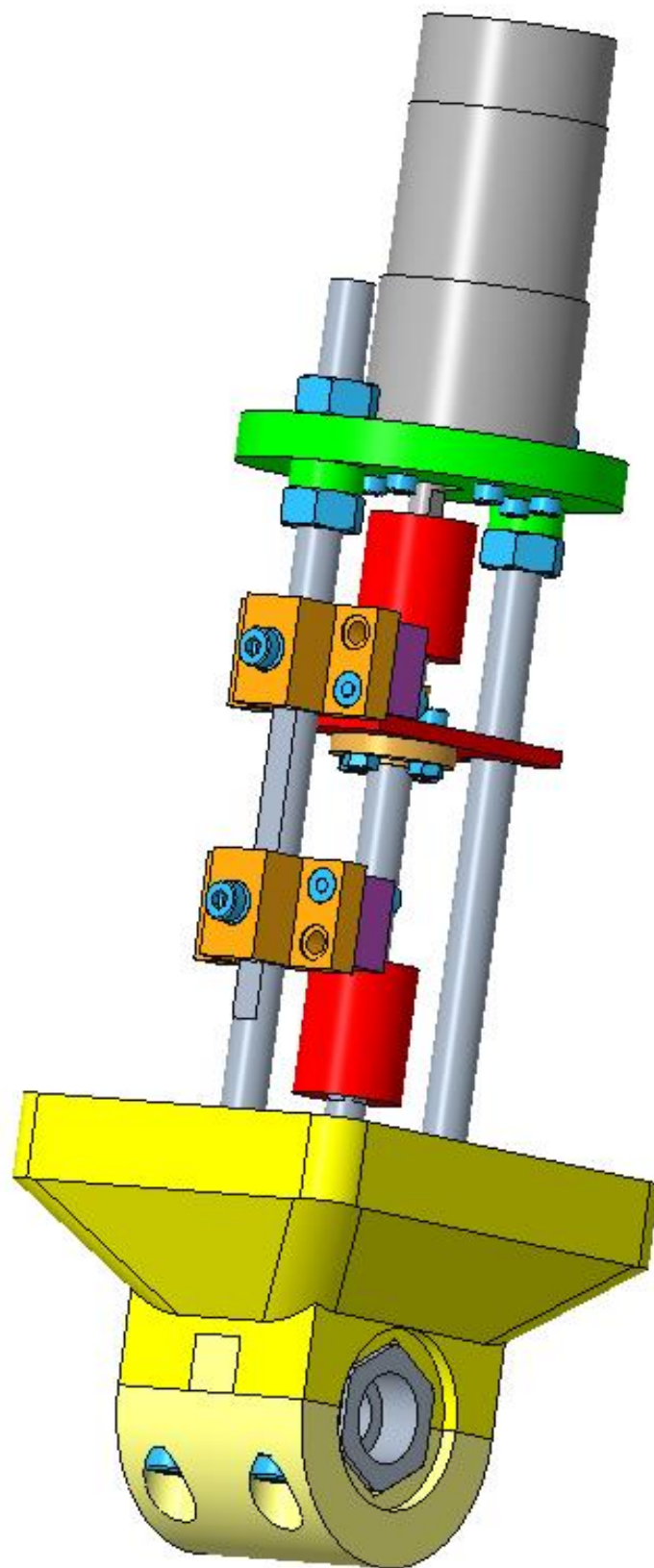
$$\tau_k > \tau_{Dk}$$

Napětí v krutu způsobené kroutícím momentem motoru je vyšší než dovolené napětí v krutu. V tomto případě to nevadí, jelikož je závitová tyč úmyslně poddimenzována kvůli ochraně šoupátka. V případě špatného nastavení koncových poloh motoru může tak ochránit poničení šoupátka dřívější „ukroucení“ závitové tyče.

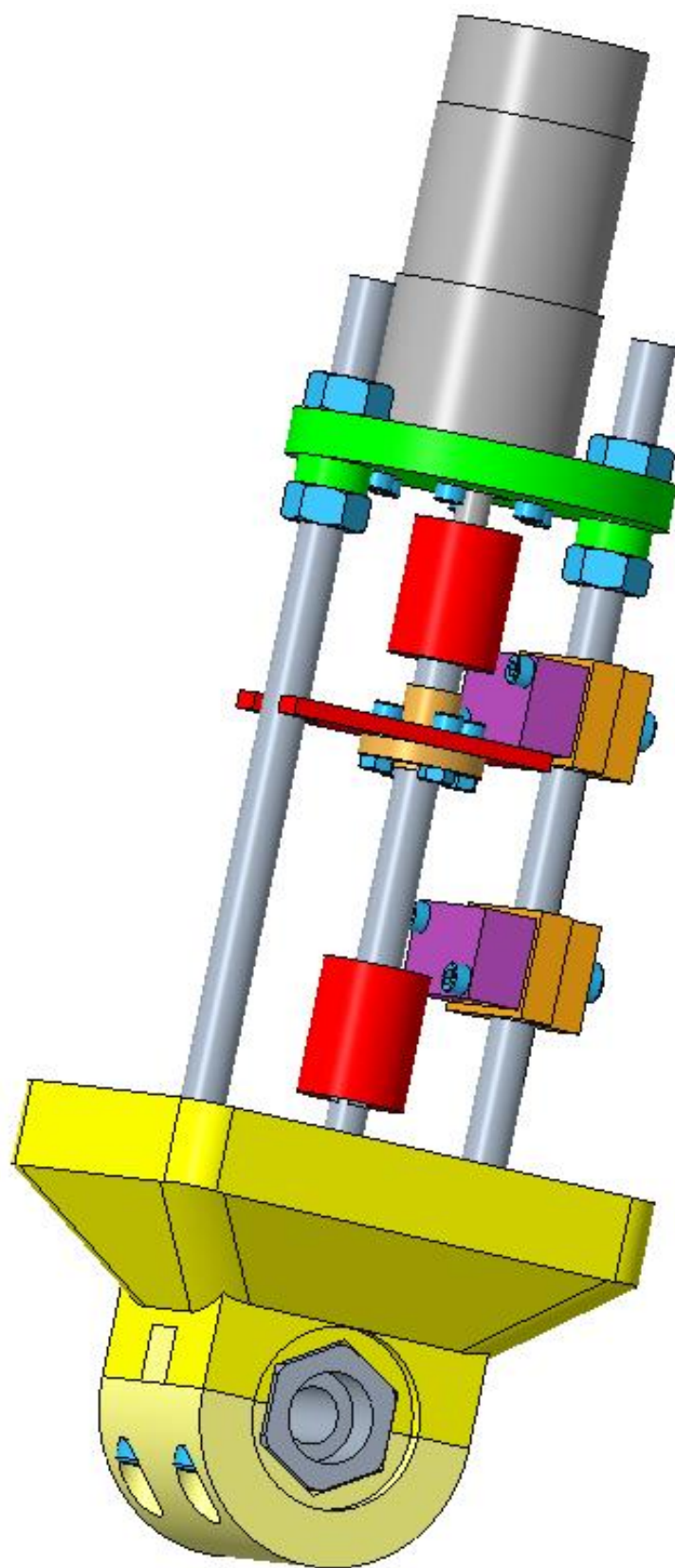
Obrázky sestavy



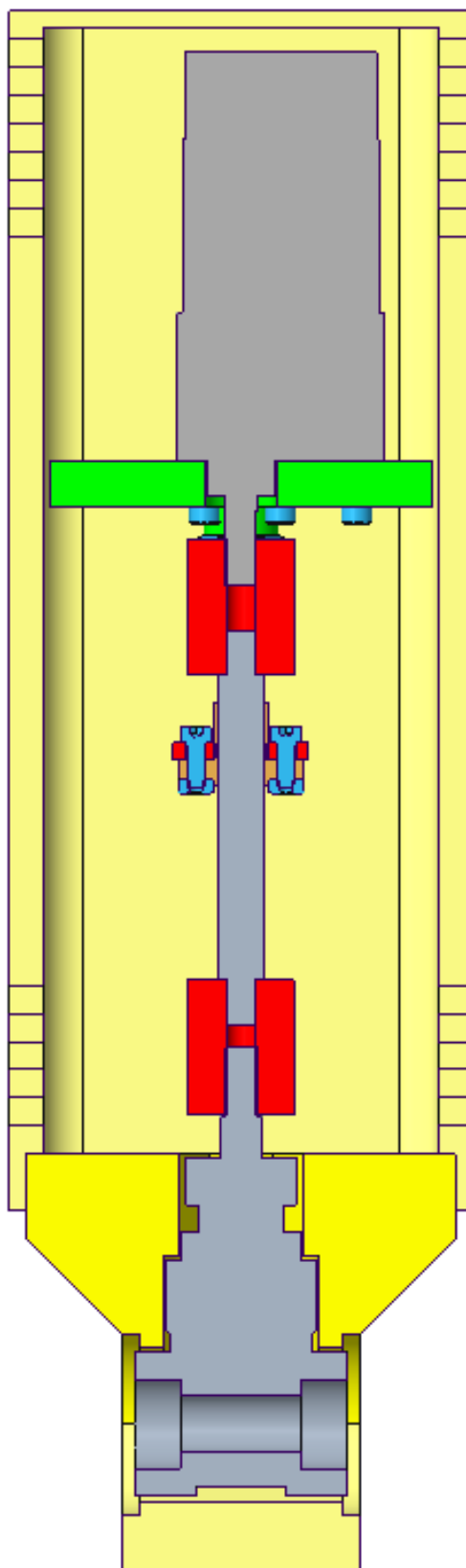
Obr.3.15 Sestava ovládání s krytem



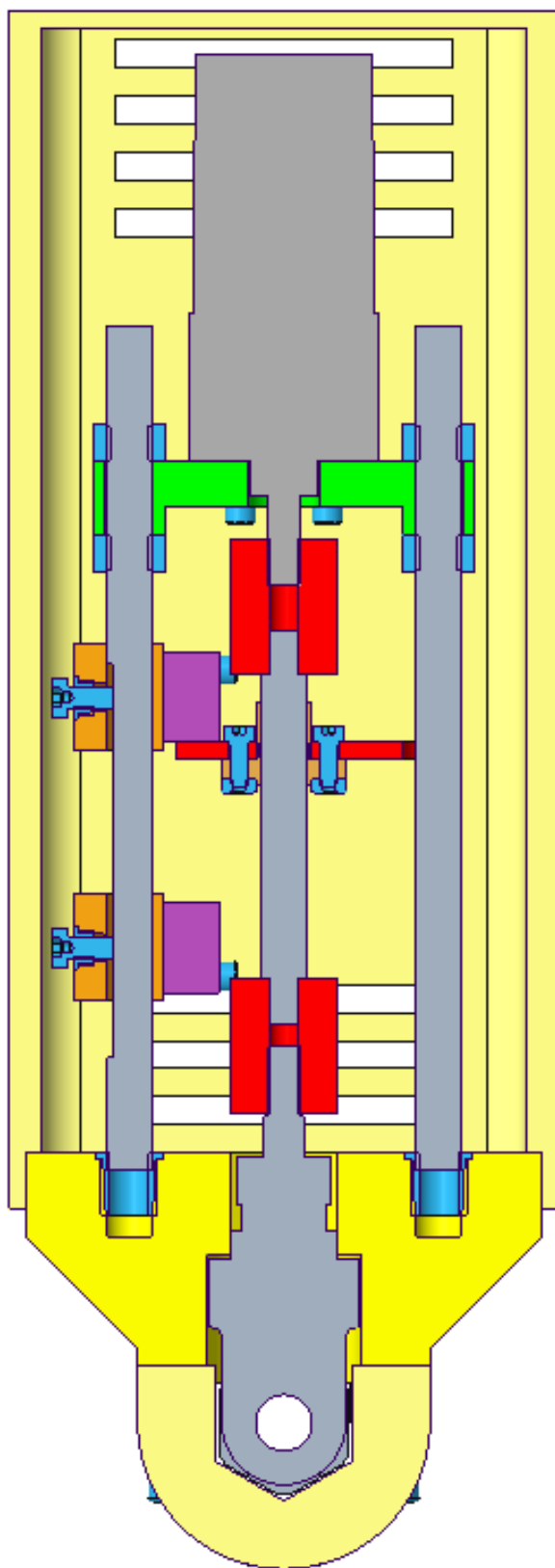
Obr.3.16 Sestava ovládání bez krytu



Obr.3.17 Sestava ovládání bez krytu



Obr.3.18 Sestava ovládání v řezu



Obr.3.19 Sestava ovládání v řezu

4 Závěr

Cílem práce bylo vytvoření soustavy s pohonem pro ovládání předlohového šoupátka světlosti DN 10. Výsledný produkt se měl připojit na předlohové šoupátko a měl se skládat z elektrického pohonu a mechanismu, který by umožnil odečítání polohy, ve které se šoupátko nachází. Šoupátko je určeno k regulaci průtoku kapaliny armaturou. V tomto případě bude sestava sloužit v laboratoři k regulaci vody o teplotě 20°C. Regulace bude oproti běžně dostupným automaticky regulovaným ventilům spojitá nikoliv jen skoková.

Na úvod práce bylo nutné stanovit vlastnosti šoupátka. Jako první z parametrů byl stanoven počet otáček potřebných k otevření a zavření šoupátka. Následně byl určen potřebný kroutící moment pomocí postupného zatěžování ramena přidělaného na ovládací kolo ventilu. Ze získaného zatížení potřebného na pootočení ventilem byl spočítán potřebný kroutící moment motoru. Podle potřebných parametrů byl vybrán stejnosměrný kartáčový motor Pololu 4697 s převodovkou 150:1 a napájecím napětím 12-24 V. Motor má vyhovující kroutící moment 5,5 Nm a šoupátko zavře za necelé 3 sekundy.

Na začátek projektu bylo potřeba vymyslet samotný princip odečítání polohy, tak aby bylo možné na soustavu připojit koncové spínače. Jako ideální řešení byla vybrána varianta, při které se mezi motor a šoupátko vložila trapézová závitová tyč s maticí. Na matici se následně připevní destička, která zamezí rotačnímu pohybu matice a převede ho na vertikální pohyb. Svislý posuv je pak možné využít k odečítání polohy pomocí koncových snímačů připevněných na konstrukci.

Během konstruování byl vytvořen 3D model v programu Creo Parametric 10.0.1.0. Jako první jsem vytvořil model samotného šoupátka, na které bylo následně možná navazovat další součástky. Jako první bylo potřeba celou sestavu uchytit na šoupátko. Spojení umožnilo vytvoření dvoudílné objímky, která vnitřním výřezem kopíruje tvar předlohové armatury. Na vrchní části armatury byla vytvořena plocha pro následné uchycení stojin, které jsou hlavním prvkem konstrukce, který propojuje celou sestavu. Na stojiny byly následně uchyceny koncové spínače a držák s pohonem. Po vytvoření modelu v elektronické podobě byla provedena pevnostní kontrola, kde zkoumaná součástka vyhovoval bezpečnostním požadavkům. Podle vytvořené předlohy byl složen fyzický model, který se následně nasadil na předlohové šoupátko. Během tvorby fyzického modelu byl převážně využit 3D tisk. Plastové 3D tištěné komponenty byly následně doplněny o normalizované součástky a obráběné ocelové díly.

Výsledný výrobek práce odpovídá konstrukčním požadavkům zadání a plní funkci pohonem ovládané armatury. Případné využití sestavy na šoupátko větší světlosti by vyžadovalo pravděpodobné úpravy objímek vzhledem k tvarové vázanosti na konkrétní armaturu. Vrchní část s pohonem by mohla být využita za předpokladu dostatečného kroutícího momentu motoru i pro větší šoupátka s možnou drobnou úpravou otvoru spojky spojující šoupátko a trapézovou závitovou tyč.

Seznam příloh

Výkres sestavy - Sestava_ovladani_01