

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

**BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

**ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY**

**FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING**

**INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE**

# **NÁVRH TESTOVACÍ STANICE PRO VGT VENTIL**

**DESIGN OF VGT VALVE TEST DEVICE**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**BACHELOR'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE**

**AUTHOR**

**ALEŠ KOZELSKÝ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

**SUPERVISOR**

**ING. RADOMIL MATOUŠEK, PH.D.**

**BRNO 2009**

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá popisem práce při navrhování testovací stanice proporcionálního šoupátkového ventilu VGT pro firmu Norgren. Popisuje princip fungování ventilu, jeho řízení a testování. Hlavní část je věnována testovací stanici. V příloze je její 3D model, včetně modelu ventilu.

## **ABSTRAKT**

This bachelor's thesis is concerned in description of design of testing device for proportional spool & sleeve valves for Norgren company. It describes the main principles of this valve, its operating and testing. The 3D model of this station is attached.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Testovací stanice, ventil, VGT, proporcionál, šoupátko.

## **KEYWORDS**

Test device, valve, VGT, proportional, spool, sleeve.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 28.5.2009

.....

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto vedoucímu bakalářské práce Ing. Radomilu Matouškovi, Ph.D. za poskytnuté rady a připomínky k této práci.

Dále děkuji Ing. Petru Stohlovi, Ing. Martinu Cafourkovi z firmy Nogren za cenné rady při konstrukci. a Veronice Weiszové za korekturu.

# OBSAH

|  |           |
|--|-----------|
| <b>OBSAH</b> .....   | <b>6</b>  |
| <b>ÚVOD</b> .....  | <b>7</b>  |
| <b>1. PŘEDSTAVENÍ FIRMY NORGREN</b> .....  | <b>8</b>  |
| <b>2. INVESTIČNÍ ZÁMĚR</b> .....   | <b>9</b>  |
| <b>3. VOLBA SOFTWARE A POROVNÁNÍ CAD SOFTWARE</b> .....                                | <b>10</b> |
| 3.1. HISTORIE .....  | 10        |
| 3.2. ROZDĚLENÍ ZPŮSOBU MODELOVÁNÍ .....  | 10        |
| 3.3. POUŽÍVANÉ CAD SYSTÉMY VE STROJÍRENSTVÍ .....                                      | 10        |
| <i>Pro/ENGINEER</i> .....  | 10        |
| <i>Catia (Computer-Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application)</i> ..... | 10        |
| <i>Solid Works</i> .....   | 11        |
| <i>Rhinoceros</i> .....  | 11        |
| <i>Autodesk Inventor</i> .....   | 11        |
| 3.4. POUŽITÝ SOFTWARE PŘI NAVRHOVÁNÍ STANICE .....                                     | 13        |
| <i>Další použitý software</i> .....  | 13        |
| <b>4. STRUČNÝ POPIS VGT VENTILU</b> .....  | <b>14</b> |
| 4.1. ŘÍZENÍ PRŮCHODU VZDUCHU VENTILEM .....  | 15        |
| 4.1. ŘÍZENÍ TLAKU NA VÝSTUPU VENTILU .....   | 17        |
| 4.2. PARAMETRY VENTILU .....   | 17        |
| <b>5. POPIS MONTÁŽNÍHO PRACOVIŠTĚ</b> .....  | <b>18</b> |
| <b>6. STRUČNÝ POPIS A REŠERŠE MĚŘENÍ</b> .....   | <b>19</b> |
| 6.1. FÁZE TESTOVÁNÍ: .....   | 19        |
| <b>7. TESTOVACÍ PŘÍPRAVEK</b> .....  | <b>22</b> |
| 7.1. DETAILNÍ POHLED NA UTĚSNĚNÍ PORTŮ NA VENTILU .....                                | 23        |
| 7.2. DETAILNÍ POHLED NA VÁLEC A JEHO SPOJENÍ S POHYBLIVÝM TĚLEM .....                  | 24        |
| 7.3. ZADNÍ PNEUMATICKÁ ČÁST STANICE .....  | 25        |
| 7.3.1. <i>Důležité prvky schématu</i> .....  | 26        |
| <b>8. PROSTOROVÉ USPOŘÁDÁNÍ TESTOVACÍ STANICE</b> .....                                | <b>27</b> |
| 8.1. <i>Rozvodná skříň</i> .....   | 29        |
| 8.2. <i>Průmyslové PC s dotykovou LCD obrazovkou s tiskárnou</i> .....                 | 29        |
| 8.3. <i>Lišta s ovládacími tlačítky</i> .....  | 30        |
| 8.4. <i>AdwinGOLD</i> .....  | 31        |
| 8.5. <i>Zdroj Kepco BOP 72-3D</i> .....  | 31        |
| 8.6. <i>Lampa k osvětlení pracovní plochy</i> .....                                    | 31        |
| 8.7. <i>Zadní otevírací dvířka</i> .....   | 32        |
| 8.8. <i>Kotvení stanice k podlaze</i> .....  | 32        |
| <b>9. PŘEDBĚŽNÁ CENOVÁ KALKULACE</b> .....   | <b>33</b> |
| <b>10. INFORMACE K PŘÍLOHÁM – ZMĚNY OPROTI NORMĚ</b> .....                             | <b>33</b> |
| <b>11. ZÁVĚR</b> .....   | <b>34</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....   | <b>35</b> |

# ÚVOD

Tato bakalářská práce pojednává o návrhu nové testovací stanice proporcionálního ventilu pro firmu Norgren, jehož daný typ je ve většině případů montován do motorů Iveco. V dnešní době jsou na sériovou výrobu pro automobilový průmysl kladeny extrémní nároky, počítá se s několika vadnými kusy v milionu výrobků, a proto je nutné ventily spolehlivě testovat. Návrh byl proveden za využití různých softwarů usnadňujících konstruktérskou praxi. Uvádím zde jejich stručný přehled a výčet funkcí.

V této práci je uveden princip fungování ventilu, jeho řízení, hlavní části a jednotlivé kroky v průběhu testování. Dále popisuji testovací přípravek, do kterého je upnut zkoušený ventil. Rovněž je vysvětlena jeho mechanická a pneumatická funkce.

Poté se zabývám testovací stanicí jako celkem. Nejdříve je zdůvodněno rozmístění hlavních částí s jejich popisem, následuje výpis hlavních prvků stanice.

K práci je také přiložen model testovací stanice, který bude sloužit pro generování výrobní dokumentace. Investice do této stanice byla schválena firmou Norgren a osobně doufám v její brzkou realizaci.

# 1. Představení firmy Norgren



Firma Norgren CZ je výhradním dodavatelem pneumatických prvků a automatizačních systémů společnosti Norgren v České republice a na Slovensku. Firma poskytuje veškeré služby spojené s aplikacemi jejich komponentů v nejrůznějších odvětvích průmyslu. Vývojové centrum v Modřicích poskytuje kompletní návrh zákaznických řešení, přes pneumatické převodovky, bezpístnicové válce, po dveřní systémy do autobusů.

V této firmě pracuji od roku 2007 a setkal jsem se zde s velmi různorodou a zajímavou prací. Právě konstrukce testovací stanice je jednou z nich.

Firma Norgren mimo pneumatických a hydraulických systémů celosvětově podniká v nejrůznějších odvětvích chemického průmyslu, papírenství, lékařství a železničního inženýrství.

## **Ukázkové produkty:**

Pneumatické pohony, ventily, ventilové terminály, vakuum, úpravny a regulátory vzduchu, fitinky a hadice.

## **Společnost Norgren v sobě zahrnuje tyto současné nebo bývalé výrobce:**

HERION, BUSCHJOST, LEIBFRIED, MARTONAIR, KIP, ENTOS, WALTER, WEBBER, KNORR, WATSON SMITH, DYNA-QUIP, BEECH, FAS.

Norgren je dceřinou pobočkou nadnárodního koncernu IMI se sídlem v Birminghamu ve Velké Británii, s obratem více než 1.6 miliard liber.

Výrobní závod Brno-Modřice byl zahájen dne 15. října 2002 v průmyslovém areálu CTP. Tento areál získal ocenění "industriální zóna roku". Nachází se na předměstí Brna v těsné blízkosti rychlostní komunikace spojující Brno a Vídeň.

Firma Norgren je držitelem certifikátu Investors in People, který byl udělen v srpnu 2005 a je každoročně obhajován.



## 2. Investiční záměr

V dnešní době jsou stále více v automobilovém průmyslu využívány pneumatické a pneumaticko-elektrické prvky a mechanismy. U těchto prvků v sériové výrobě je mimo jiné kladen důraz na prakticky nulovou zmetkovost, procentuální počet vadných kusů je striktně určen – pohybuje se v rozmezí několika vadných kusů v milionu.

Samotná pneumatická zařízení často vstupují do velmi komplikovaných systémů, kde nedetekovaná vada dramaticky ovlivní chod celého systému. Proto je u pneumatických prvků velmi důležitá kvalita, technologičnost a systémovost výroby, montáže a testování.

Část výroby je transferovaná ze zahraničí, zastoupení firmy Norgren je v Modřicích poměrně krátkou dobu. Dokumentace ze zahraničí bývá často neúplná a není snadné se v ní zorientovat. Při poruše je většinou nutné zastavit výrobu a okamžitě řešit problém.

V případě potřeby výměny mechanické části, nejsou k dispozici výkresy, a proto je někdy rychlá výměna téměř nemožná. Za jeden den je na lince v průměru poskládáno několik set, i tisíc ventilů, proto ušlý zisk v případě nefunkčního testovacího zařízení může jít až do milionových částek.

Takové situaci se v tomto případě snažíme zabránit zkonstruováním nové testovací stanice. Stanice, kterou jsem konstruoval, vychází z asi 20 let starého testeru švédské výroby. Tento tester je však již zastaralý. Nově navrhovaná stanice má pracovat na stejném principu s tím, že bude modernizována a zkonstruována tak, aby byla ušita na míru, a aby se eliminovaly nedostatky současné stanice.

Bakalářská práce shrnuje a popisuje postup mé práce a jednotlivé fáze konstrukce. Seznámil jsem se s funkcí mechanické části přípravku, zjistil funkce jednotlivých vývodů vzduchu a porovnal s dodaným pneumatickým schématem od výrobce.

Dalším krokem bylo vhodně uspořádat zařízení a ovládací prvky, se kterými bude pracovat obsluha, aby bylo vše přehledné a snadno přístupné. Model sestavy, který jsem modeloval bude sloužit nejdříve k pochopení fungování testeru a později z něj budou přímo generovány výrobní výkresy.

### 3. Volba softwaru a porovnání CAD softwarů

V současnosti jsou při konstruktérské práci s výhodou využívány programy pracující v 3D prostředí. Tyto programy patří do skupiny CAD (Computer Aided Design). Výhoda je zřejmá, navrhovaná věc je tak nejsnáze zobrazitelná a představitelná. Součástku lze libovolně natáčet a rotovat s ní, je možné si jí prohlížet stejně jako reálnou součást. Lze tak odhalit mnoho chyb, které by při použití 2D modelování byly zřejmé až na prototypu.

#### 3.1. Historie

- 2D CAD (AutoCAD – starší verze)
- 2D CAD s 3D zobrazováním (AutoCAD novější verze)
- 3D parametrické modelování (Autodesk Inventor, Pro/ENGINEER, SolidWorks)

#### 3.2. Rozdělení způsobu modelování

- Objemové modelování
- Plošné modelování
- Kombinované

#### 3.3. Používané CAD systémy ve strojírenství

##### Pro/ENGINEER

Jeden z prvních 3D modelářů, dobře zvládá objemové a plošné tváření. Je to ryze strojírenský CAD/CAM/CAE systém, přímo v prostředí Pro-E lze vytvářet i výkresovou dokumentaci.

Aktuální verze: *Wildfire 4*

##### Catia (Computer-Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application)

Francouzský software používaný hlavně pro tvarově velmi složité plochy, ze kterých je následně generován objemový model. Bývá používán v automobilovém a leteckém průmyslu, viz obrázek 1 – karoserie automobilu Škoda Superb.

Aktuální verze: *CATIA V6*



*Obrázek 1: Škoda Superb vymodelovaná v Catii*

## **Solid Works**

Populární parametrický 3D modelář zvládá objemové i plošné tváření. Dobře zvládá 3D modelování, sestavy, plechové součásti, svařované součásti. Ve verzi SolidWorks Premium zahrnuje následující moduly:

- SolidWorks Simulation – výpočty MKP
- SolidWorks Motion – pohybové analýzy
- Routing – potrubí
- TolAnalyst – analýza tolerancí a interferencí v sestavě

## **Rhinoceros**

Bývá využíván spíše na grafický design, než na strojírenskou konstrukci. Postrádá nástroj na vytváření výkresové dokumentace.

## **Autodesk Inventor**

Inventor je parametrický 3D modelář s plně integrovanou aplikací pro tvorbu výkresové dokumentace od firmy Autodesk. Výborně zvládá „jednoduché“ objemové tvary, plechové a svařované součásti a práci v sestavách.

Základem každého modelu jsou tzv. náčrty, ze kterých je vytvořen 3D model tažením, rotováním nebo jinými nástroji. Úpravou náčrtu se dají zpětně změnit parametry modelu. Tvorba výkresové dokumentace je plně integrována do prostředí Inventoru. Geometrii 3D modelu lze snadno vkládat do výkresů, upravovat náhledy, pohledy, řezy, detaily atd., aniž bychom museli geometrii znovu kreslit ve 2D.

Inventor Professional obsahuje zjednodušený (lineární) řešič MKP, pohybovou analýzu, pomůcku pro řešení tolerancí. Jeho další část – Inventor Studio umožňuje rendrovat 3D modely – vhodný nástroj pro tvorbu materiálů pro prezentace a animace.

Inventor Studio umí přidávat textury, odlesky, stíny a osvětlení. Velkou výhodou Inventoru je velmi dobrá spolupráce se softwarem AutoCAD – oba softwary jsou od stejného výrobce. Součástí Inventoru je Obsahové centrum, databáze normalizovaných součástí. Toto centrum urychluje práci při navrhování normalizovaných součástí a umožňuje je kdykoliv měnit jednoduchou změnou parametrů, bez nutnosti cokoli složitě modelovat.

Inventor je dodáván s pomůckou na správu dokumentace – Vault. Tato aplikace značně zpřehledňuje revize a orientaci při navrhování součástí.

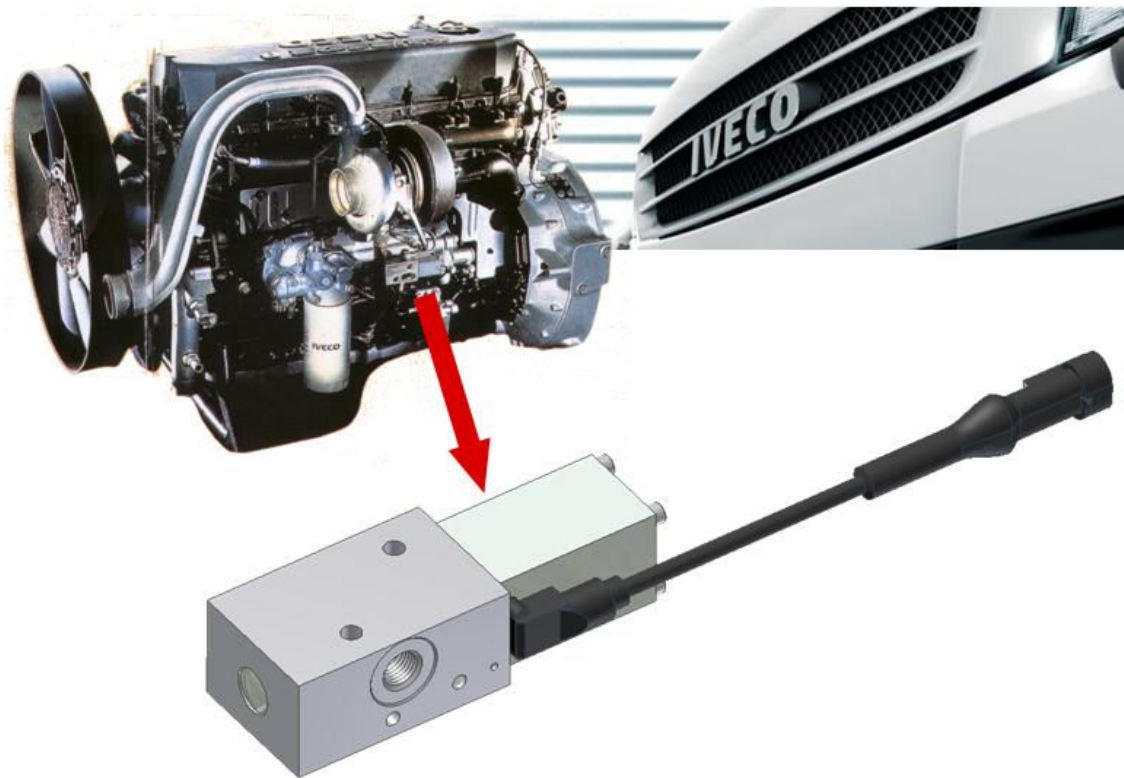
### 3.4. Použitý software při navrhování stanice

Při práci na konstrukci testovací stanice byl pro návrh použit software **Autodesk Inventor 2008**, který zvládá všechny mnou potřebné funkce. Program je relativně jednoduchý a je dostupný přímo ve firmě. Oproti jiným má velmi dobrou kompatibilitu s používanou 2D aplikací AutoCAD.

#### Další použitý software

- **Autodesk Vault** – nástroj pro správu dat přímo od výrobce Inventoru. Data, která jím chceme spravovat nahrajeme do příslušné složky. Ty jsou dále odesílány a porovnány s databází, a dále zpracovávány. Je tak možné přehledně uložit a zachovat každou verzi jakéhokoliv souboru (modely, sestavy, výkresy, tabulky, obrázky atd.). Také pomáhá při práci více uživatelů na jednom úkolu, což by bylo jinak téměř nemožné a extrémně nepřehledné.
- **ProfiCAD**  
Český software zjednodušující práci s pneumatickými schématy a značkami.
- **AutoCAD**  
Klasický 2D program pro výkresovou dokumentaci byl mnou využíván společně s integrovaným drawing modulem Inventoru.
- **JDEdwards**  
Interní firemní informační databáze (Oracle) – tato databáze je propojena se všemi firmami Norgren ve světě, obsahuje informace o každé součástce. Je hlavně využívána ve skladech, logistikou, nákupčími a obchodníky. Tento zdroj jsem využil při sestavování pneumatického schématu, bylo nutné ověřit dostupnost a parametry.
- **VoloView**  
Freeware od tvůrců Inventoru, který umožňuje detailní prohlížení modelů – v případě potřeby konzultace, např. s technologií, si lze pohodlně a rychle prohlížet modely i na PC bez licence s Inventorem.

## 4. Stručný popis VGT ventilu



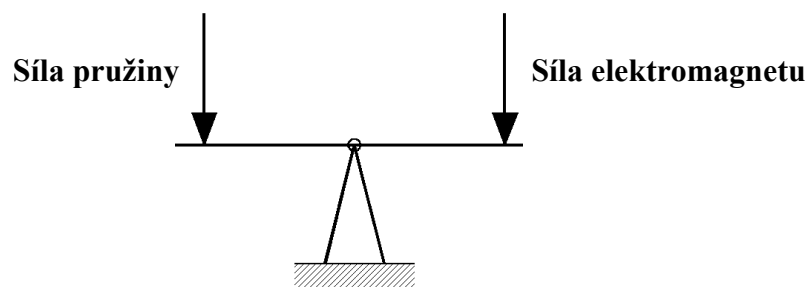
*Obrázek 2: umístění ventilu v motoru Iveco*

### **VGT – Variable geometry turbocharger**

VGT je proporcionální ventil řídící tlakové průběhy při řízení natáčení lopatek u turbodmyhadla, „proporcionální“ znamená, že dokáže řídit průběh tlaku elektrickými signály.

Natáčení lopatek v turbodmyhadle je navrženo tak, že tlak na výstupu ventilu vstupuje za píst, který má na druhé straně pružinu, jenž je tlakem stlačována. Okamžitá hodnota tlaku určuje polohu pístu, a tím pádem i úhel natočení lopatek u turbodmyhadla.

VGT ventil je ventil šoupátkový, patří do skupiny nejrozšířenějších prvků pro kontrolu průtoků v hydraulických obvodech. Jeho řízení je provedeno jednoduchým tvarovým šoupátkem, který svým pohybem řídí průchod vzduchu. Poloha šoupátka je řízena elektromagnetem.



Obrázek 3: síly působící na šoupátko



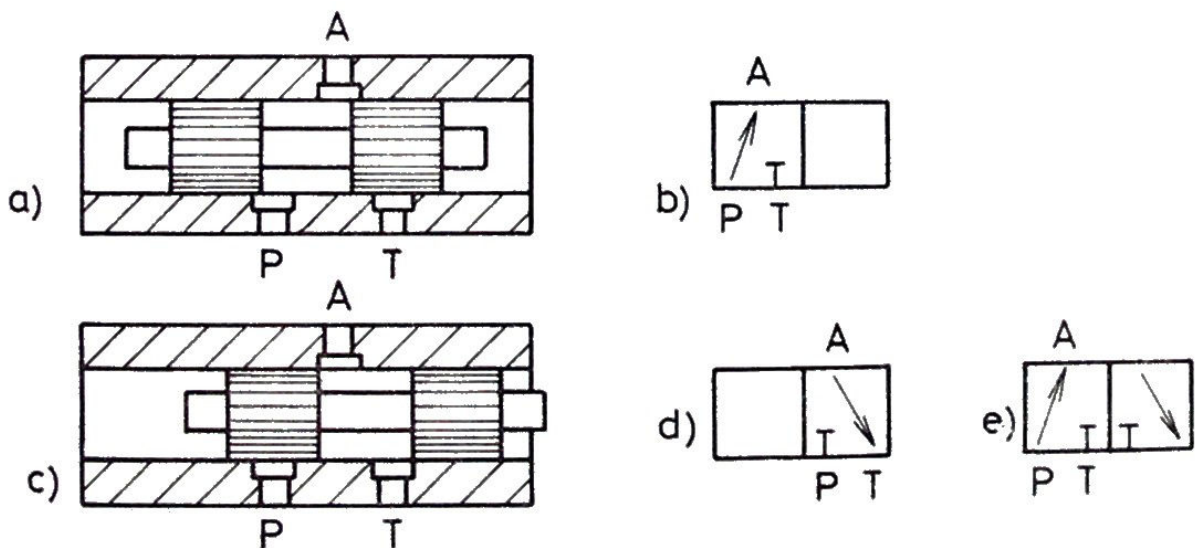
Obrázek 4: řez ventilem

Na obrázku 4 je řez ventilem osou šoupátka. Šroubem vlevo se nastavuje síla v pružině tlačící proti síle elektromagnetu. Vpravo vidíme cívku, která při přivedení proudu tlačí proti pružině vlevo .

#### 4.1. Řízení průchodu vzduchu ventilem

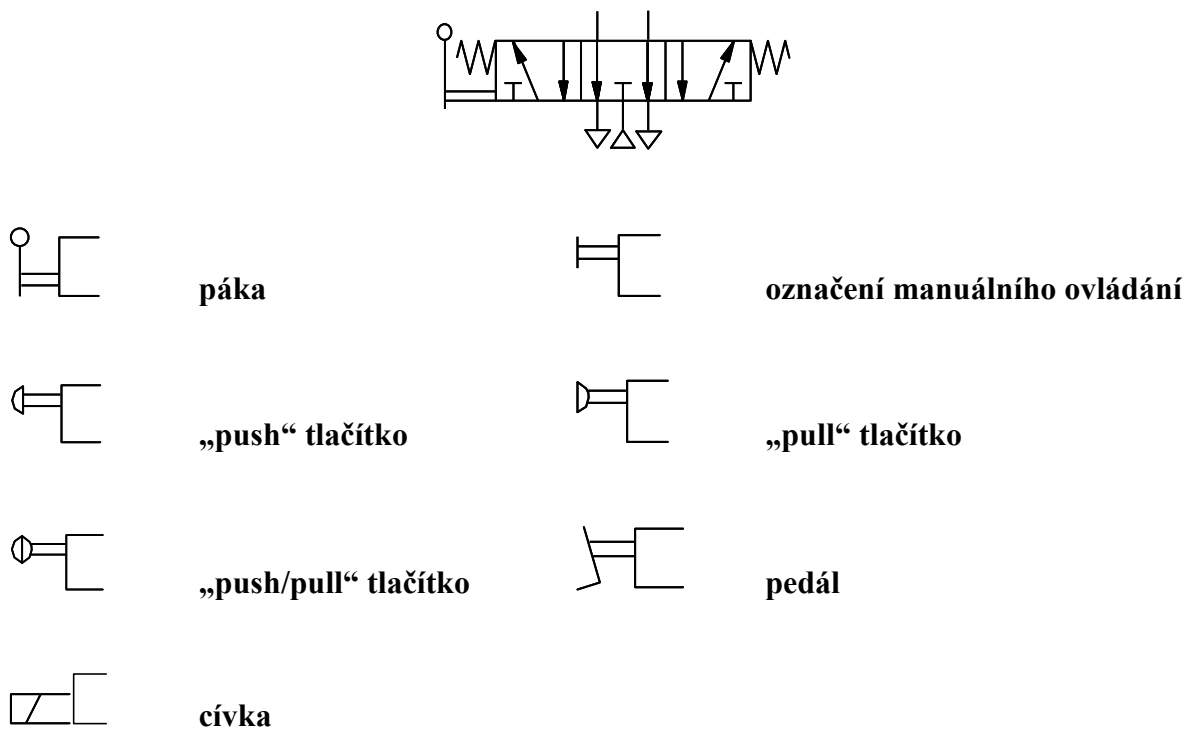
V základní poloze je zatěsněn port T a vzduch může proudit portem P do portu A. Působením elektromagnetu se šoupátko přesune doprava a vzduch proudí ventilem, jak je patrné na obrázku 5 c), kde jsou propojeny porty A a T port P je zatěsněn..

Každá možná poloha šoupátka se znázorňuje schématem, kde je patrné, odkud kam proudí vzduch, nebo zda je ventil uzavřen (b,d). Schémata jsou řazena za sebou tak, jak se pohybuje šoupátko. V praxi se jednotlivá schémata odpovídající poloze šoupátka řadí za sebe do jednoho schématu (e).



Obrázek 5: schématické označování ventilů

Na stranách schématu se kreslí typ ovládní ventilu (manuální, elektrické nebo elektricko-pneumatické), jak je zobrazeno na obrázku 6.



Obrázek 6: schématické zobrazování ovládní ventilu

U VGT ventilů se toto označení nepoužívá, ale umožňuje jednoduchou představu o jeho funkci a řízení.



#### **4.1. Řízení tlaku na výstupu ventilu**

Ventil je řízen pulzně-šířkovou modulací. Jeho dvouhodnotová veličina je napětí. Cívka ventilu je na 12V.

Pulzně-šířková modulace, neboli PWM (Pulse Width Modulation) je způsob přenosu dat, kdy střídou, tj. poměrem velikostí impulzu a mezery v periodě, je řízeno napětí, a tím i síla elektromagnetu, která otevírá ventil. Tento signál přichází z řídicí jednotky motoru a v testovacím zařízení jej generuje AdWinGOLD.

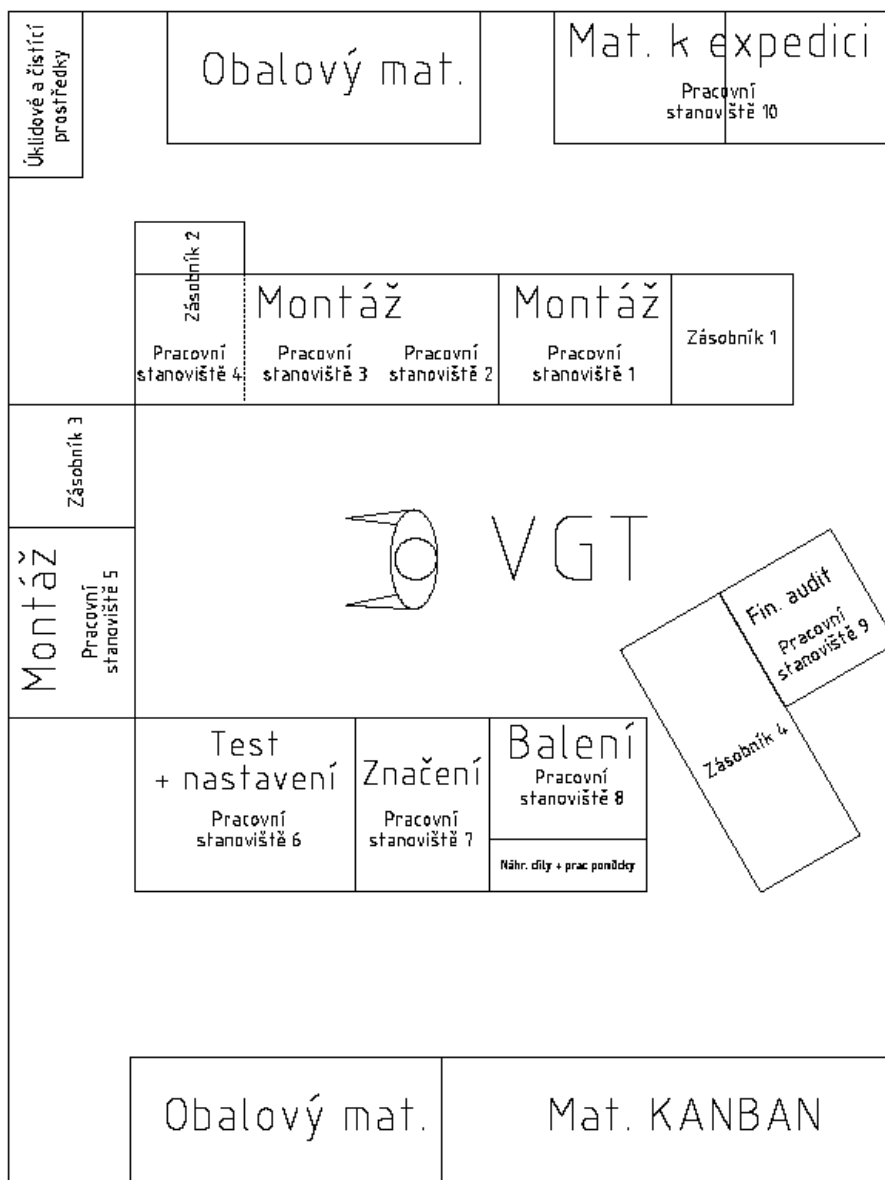
#### **4.2. Parametry ventilu**

- **Provozní Teplota:** 85°C
- **Control:** PWM
- **Magnet:** long life-time
- **Testováno pro:** (VFB, MSM, Holset, Iveco)
- **Pracovní rozsah:** 1-5,5 bar

*Poznámka: Existují i verze pro větší rozsahy teplot a ventily se zpětnou vazbou.*

## 5. Popis montážního pracoviště

Montáž VGT ventilu se skládá z několika po sobě jdoucích operací. V nové lince jsou uvažovány tři operace – montážní, mezioperační a jako poslední je zařazena testovací operace, která ověří všechny kroky provedené na pracovišti. Je kladen důraz na to, aby tato poslední operace vedle zkoušky funkčnosti ventilu také eliminovala tzv. „lidský faktor“.



Obrázek 7: půdorys montážního pracoviště

## **6. Stručný popis a rešerše měření**

Při testování je měřen tlak na vstupu a výstupu ventilu. Naměřené hodnoty jsou zpracovány v průmyslovém PC zabudovaném v testovací stanici. Každý testovaný kus získává po úspěšně provedeném testu vyražený partnumber, který jednoznačně identifikuje měřený kus a jeho testované parametry. Ta je možné zpětně ověřit.

### **6.1. Fáze testování:**

Všechny testovací kroky jsou popsány v dokumentaci od výrobce testovací stanice a jsou realizovatelné i na mnou konstruované stanici.

Pro mě jako konstruktéra mechanické části stanice nebylo nezbytně nutné znát přesný postup jednotlivých fyzikálních dějů probíhajících při jednotlivých fázích testování, proto je zmiňuji pouze okrajově.

#### **1. Test upnutí**

V první fázi testu kontrolujeme přítomnost samotného ventilu v přípravku. Je dán určitý tlak, který nastavíme na vstupní port. Pokud ventil daný tlak v určité toleranci změří i na výstupu, je ventil upnut. Pokud k tlakové změně nedojde, ventil je netěsný, zkušební proces je přerušen a ventil je označen za vadný.

#### **2. Měření odporu magnetických cívek**

Toto měření je extrémně citlivé na teplotu okolního prostředí.

#### **3. Pružinový / Failsave-test**

#### **4. Iniciované prudké změny tlaku I**

Prudké změny tlaku jsou prováděny dle dané specifikace.

#### **5. Nastavení ventilu**

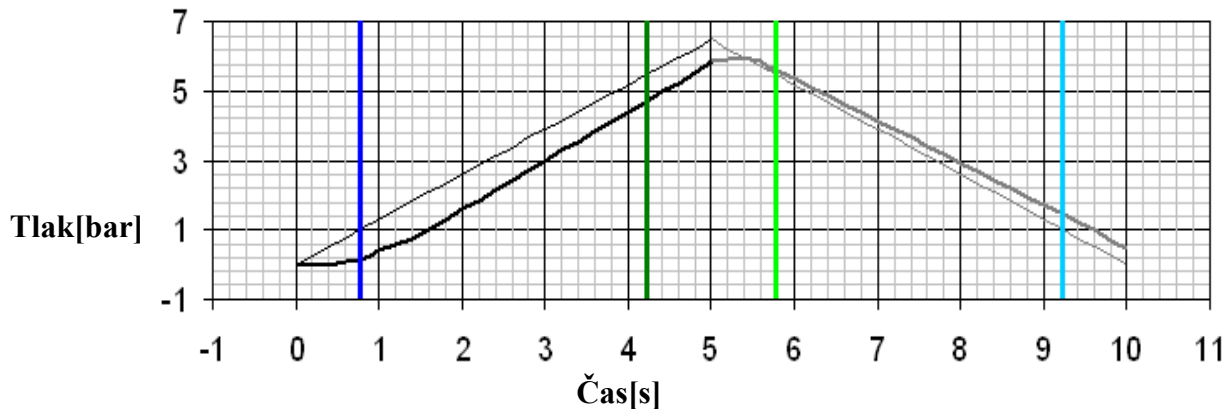
Otáčíme rektifikačním šroubem v pouzdře VGT, až je hodnota v požadované poloze. Na obrazovce je zobrazena poloha a smysl otáčení šroubu.

## 6. Nastavení prudké změny tlaku II

Prudké změny tlaku jsou prováděny dle specifikace.

## 7. Kontrola formou trojúhelníkové odezvy na vzruch

Tenká rovná čára je napětí v čase – reprezentuje požadovaný tlak. Silná čára je skutečný tlak na výstupu ventilu.



Obrázek 8: průběh napětí a tlaku na ventilu

## 8. Testy nastavení

## 9. Testy odchylky

## 10. Testy hystereze

Tento proces zkoušky není při neúspěšném testu přerušeno, nýbrž se opakuje ještě jednou a až po opakovaném neúspěchu je kus vyřazen.

## 11. Kontrola skokové odezvy

Cíle této kontroly jsou:

- testování průřezu průtoku vzduchu pro provzdušnění a odvzdušnění
- příjem skokové odezvy

## 12. Test provzdušnění

## 13. Test odvzdušnění

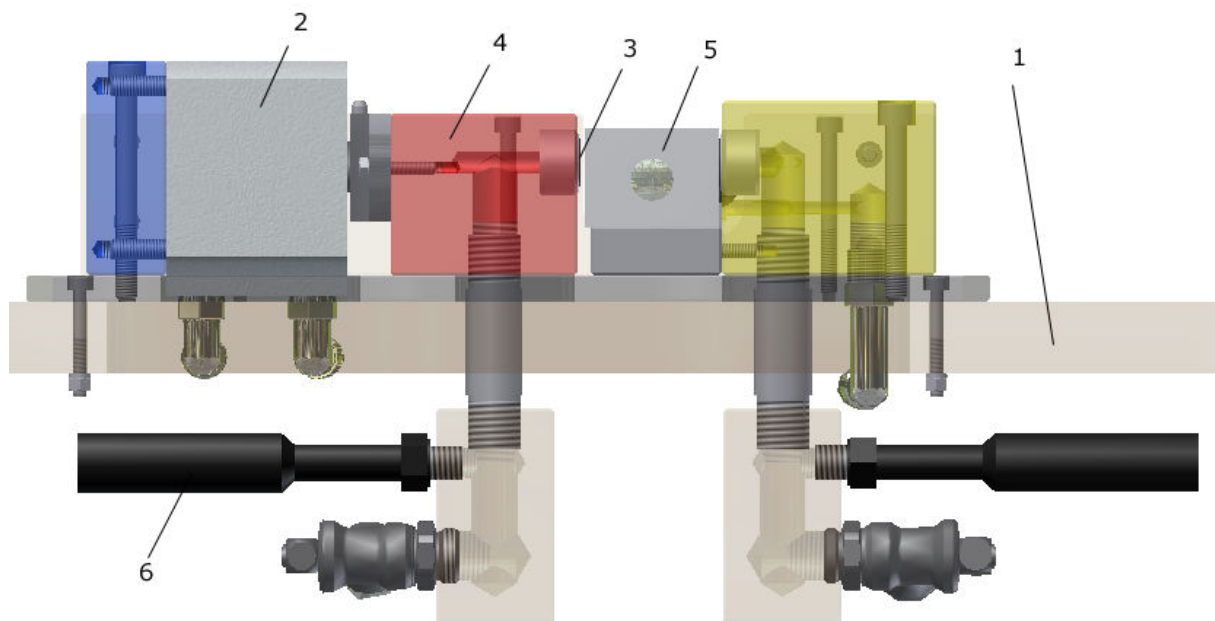
## 14. Kontrola nepropustnosti

## 15. Tisk testovacího protokolu

Přímo na pracovišti jsou tištěny zkušební protokoly v anglickém jazyce. Tyto protokoly zpravidla obsahují identifikační údaje o ventilu, teplotní a tlakové rozsahy, graf na trojúhelníkovou odezvu a informaci o úspěšném testování.

Součástí testování VGT ventilu (bod 5) je nastavení předepnutí pružiny, která tlačí šoupátko do výchozí polohy (proti síle magnetické indukce v cívce). Postupným otáčením se šroub utahuje a pružina klade větší odpor, tímto se reguluje síla nutná k přesunutí šoupátka. S ohledem na tuto skutečnost musí být mechanická část přípravku přístupná z přední strany, aby se utažení šroubu dalo pohodlně provádět.

## 7. Testovací přípravek



Obrázek 9: testovací přípravek

Testovací přípravek je umístěn na desce stolu (1). Desku stolu je možné otevřít, a zpřístupnit tak spodní část přípravku, kudy je veden vzduch z ventilových portů. Upínání a zatěsnění obou stran ventilu je provedeno válcem na levé straně (2), který pomocí O-kroužků (3) zatěsní porty na obou stranách ventilu. Válec je jednočinný, je spojen s posuvnou kostkou (4), při přivedení tlaku za píst válec přitlačí na tělo ventilu (5) a utěsní porty ventilu. Po utěsnění je přiveden a měřen tlak na vstup ventilu (na schématu po jeho levé straně) a také tlak za ventilem – na výstupu (vpravo).

Po ukončení testování poklesne tlak za válcem, a ten se přesune do polohy, kdy je možné ventil vyjmout. Z obou dosedacích ploch jsou vyvedeny vývody vzduchu k velmi přesným tlakovým snímačům Keller (6) a dalším prvkům systému umístěných v zadní části stanice (nejsou zobrazeny na obrázku). Měřiče tlaku Keller jsou schopny měřit tlaky v testovaném okruhu s přesností 0,01%.

Nová stanice počítá s možností použití pouze jednoho velmi přesného měřiče tlaku, a to na výstupu ventilu (vpravo), která je klíčová. Ventil na vstupu (vlevo) pouze kontroluje případné úniky.

Grafické rozhraní na panelovém PC zabudovaném na čelní straně stanice ukazuje velikost požadovaného a skutečného tlaku a jeho toleranci. Obsluha při testování tento tlak u každého ventilu nastavuje ručně. Opět je softwarově zabráněno lidské chybě, a prakticky není možné na ventilu nastavit špatný tlak a pokračovat v testování.

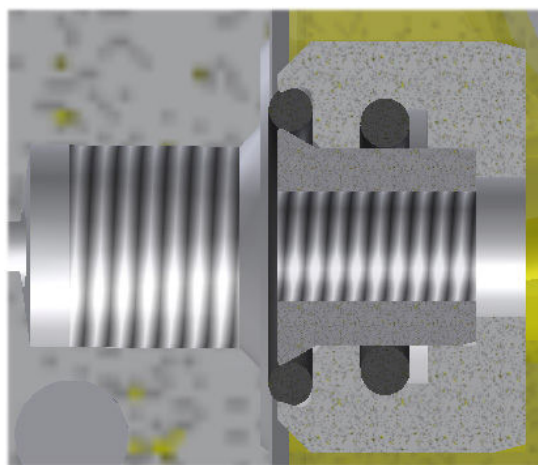
### **7.1. Detailní pohled na utěsnění portů na ventilu**

Aby byla zaručena absolutní těsnost, bylo třeba do upínacích ploch přípravku zabudovat O-kroužky, které zapadají do obrobených mezikruží na ventilu s malou drsností povrchu.

Aby O-kroužek držel v dané poloze i při neopatrném vytahování zkoušeného ventilu, bylo ho třeba umístit do relativně malé a tvarově složité rotační rybinové drážky. Bylo nutné ji navrhnout tak, aby byla vyrobitelná i na klasickém nástrojařském vybavení, bez nutnosti speciálních nástrojů.

#### **Zvolil jsem následující řešení:**

Dvojice do sebe zapadajících a rozebíratelných vložek bude nalisována a vlepena do těl přípravku. Větší vložka vytváří jednu opěrnou plochu pro O-kroužek. Do ní se vloží pojistný O-kroužek a následně malá vložka, která se již nelisuje, jen ji drží pojistný O-kroužek. Tato menší vložka je vyjímatelná přes její vnitřní závit a tvoří druhou opěrnou plochu pro O-kroužek, těsnící tělo s ventilem. Výměna O-kroužku se provádí zašroubováním šroubu do vnitřního závitu malé vložky a tahem se vytáhne.

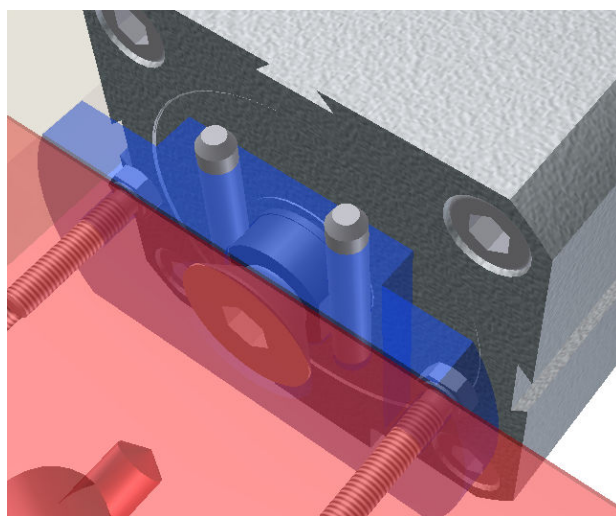


*Obrázek 10: zatěsnění ventilového portu*

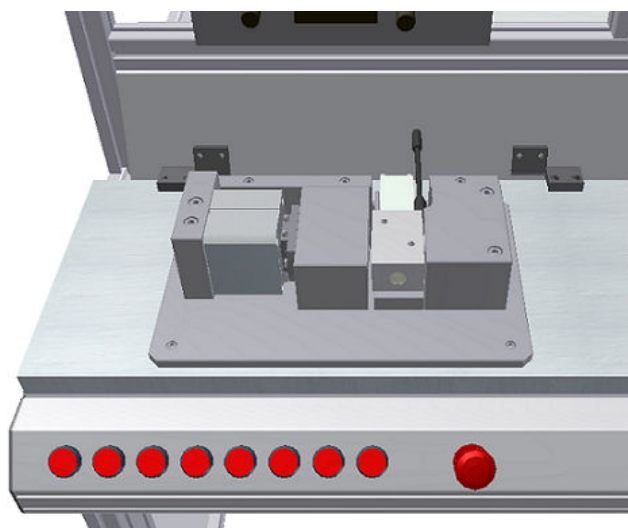
## 7.2. Detailní pohled na válec a jeho spojení s pohyblivým tělem

Válec je spojen s pohyblivou kostkou přes přírubu. Ta je tvarově zajištěna dvěma čepy dosedajícími na plochy pístnice a šroubem, který se šroubuje do pístnice. Tato příruba je potom přišroubována k pohyblivé kostce. Je použit válec Norgren RM-92063-M-25:2 – průměr vrtání válce 63mm, zdvih 25mm.

Průměr válce zůstal zachován, proto nebylo nutné přepočítávat upínací sílu – ta je snadno nastavitelná změnou tlaku jdoucího za píst válce.



Obrázek 11: spojení válce s pohyblivým tělem



Obrázek 12: testovací přípravek z pohledu obsluhy

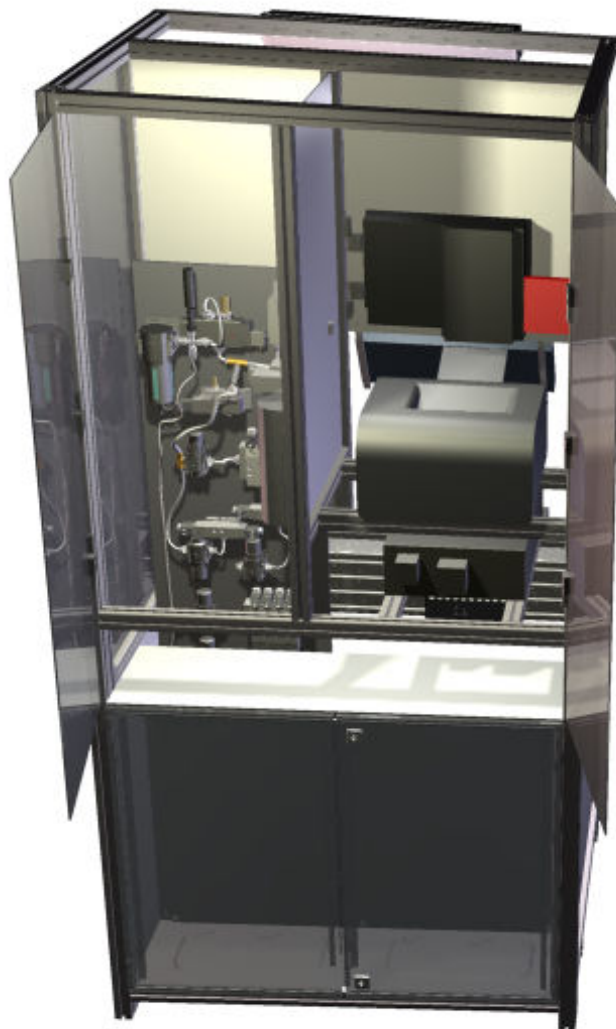


### **7.3. Zadní pneumatická část stanice**

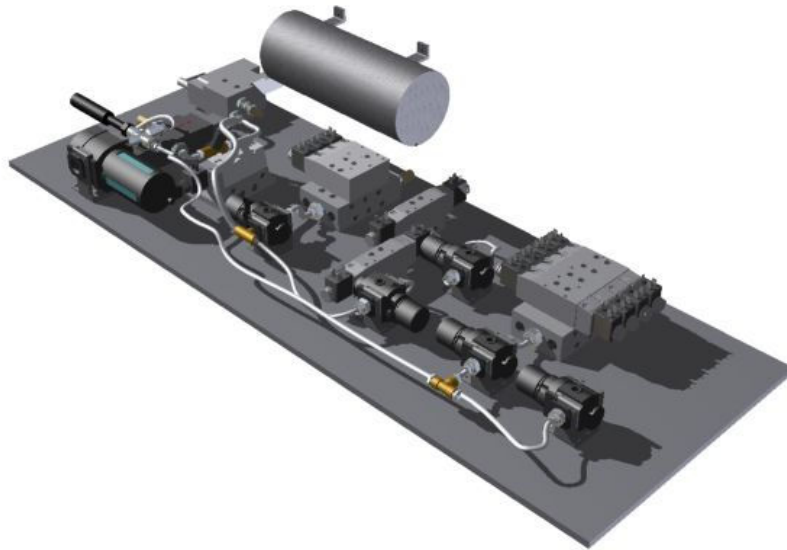
Z přípravku umístěného na desce stolu je vzduch vyveden pod touto deskou do vnitřního prostoru stanice. Velká část pneumatického vybavení je umístěna zezadu na vyjímatelné základní desce. Pneumatika může být montována mimo profilovou konstrukci, a pak už sestavenou ji lze snadno upevnit do konstrukce přišroubováním.

Taktéž je přístupná pokud na stanici probíhá testování. Údržba má snadný přístup ke kontrole.

K dispozici sem měl pneumatické schéma, bylo třeba zkontrolovat dostupnost jednotlivých prvků. U některých jsem se setkal se změnou označení, se zastavením dané typové výroby nebo se změnou parametrů. Tlakový vzduch je veden pneumatickými hadicemi průměru 4mm, 6mm a 8mm.



*Obrázek 13: zadní pohled na stanici*



Obrázek 14: pneumatická část stanice

Při sestavování pneumatického schématu podle staré stanice jsem se setkal s určitými změnami, některé součástky se přestaly vyrábět, nebo došlo ke změně výrobce. Všechny změny v pneumatickém schématu nové stanice jsem konzultoval s odborníkem na daný typ zařízení.

### 7.3.1. Důležité prvky schématu

- **Proporcionální ventil VP23**

Ventil řídící tlak, který jde na vstup ventilu. Jeden ze základních prvků testovací stanice, opět je zde důležitá velká přesnost tohoto zařízení pro úspěšné testování.

- **Modulární systém filtrování a mazání vzduchu Excelon F74G-4GN-QP1|1/2“| s centrálním uzávěrem přívodu vzduchu**

**Parametry:**

*Maximální tlak: 10 barů*

*Teplotní rozsah: 34-50°C*

*Průtok: 84dm<sup>3</sup>/s*

- **3/2 ventily pro ovládání válců**

Tyto ventily ovládají tlak před a za válcem, který upíná a utěsňuje testovaný kus. Ventily jsou elektricky řízené řídicím systémem na základě povelu z PC, a nebo z tlačítkové lišty.

- **3/2 ventily pro ovládání tlaku na vstupu testovaného ventilu**

- **Jednočinný válec průměru 63mm**

- **Teplotní senzor**

Typ: TS 100 290.9871.4347.30.E

- **Měřiče tlaku v portu 1 a 2**

Dodavatel: Keller

Typ: PR-21S/80400-10 (1/4")

## **8. Prostorové uspořádání testovací stanice**

Na samotnou konstrukci skříně testeru byly použity hliníkové profily ITEM (1). Důvodem je snadná dostupnost, přesnost a velké skladové zásoby přímo ve firmě. V těchto profilech je také možné vést kabeláž pro ovládací prvky, světla(9) a sensoriku.

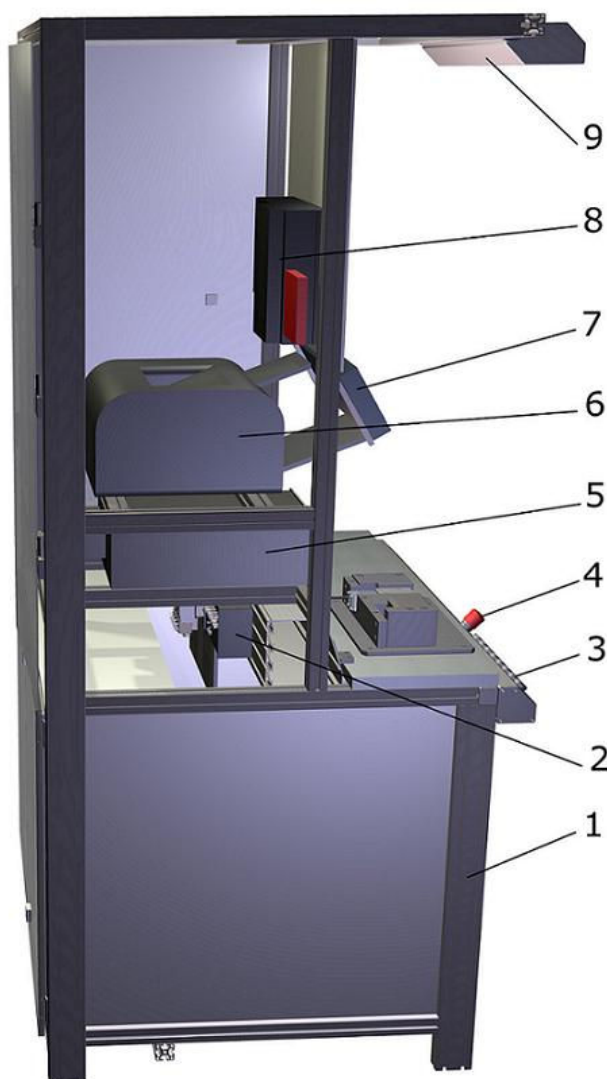
Skříň je konstruována tak, aby vznikala tzv. „komínový“ efekt, který funguje jako pasivní chlazení. Použité zařízení generují teplo a samy jsou na něj velmi citlivé, proto bylo žádoucí zajistit co možná nejstabilnější teplotu tím, že vzduch bude stanicí proudit a ochlazovat vnitřní prostor testeru.

Vnitřní prostor stanice je rozdělen na dvě poloviny – v levé polovině jsou nad sebou umístěny AdwinGOLD(2), zdroj(5), tiskárna(6), klávesnice(7) a panelové PC(8). V pravé části stanice je umístěn pneumatický systém. Při navrhování rozložení stanice bylo důležité zjistit,

které části vyžadují častou údržbu a zkonstruovat stanici tak, aby při rutinních kontrolách nemusela být výroba zastavena a mohl na stanici pracovat jak technik údržby, tak pracovník na testeru. Zároveň je třeba zajistit, aby měla obsluha testeru snadný přístup k nastavování všech nutných přístrojů – Panelové PC, zdroj, stop tlačítko, ovládací tlačítka apod..

Jakékoliv úniky ve vedení vzduchu v přípravku vedou ke zkreslení výsledků testování, proto jsou veškeré armatury těsněny přes bronzové těsnění a kuželový závit, který je zajištěn těsnící hmotou (Lock-tite). Toto provedení zaručuje nulové úniky. Elektronické prvky testeru budou stejné, jako u již zastaralého typu, kvůli výměně a snadnému servisu, a také z důvodu snadné porovnatelnosti výsledků testování.

Přípravek do něhož se upíná ventil leží na pracovním stole. Tlakové vstupy a výstupy jsou od něj vedeny pod stůl do zadní části, kde je umístěna většina pneumatického systému potřebného pro testování ventilu. Testování bude ovládáno jednak přes software v Panelovém PC umístěném v pracovní stanici, a také tlačítka umístěnými na čelní straně desky stolu.



*Obrázek 15: prostorové uspořádání*

## **8.1. Rozvodná skříň – Rittal, AE1130.500**

Rozvodná skříň je umístěna zezadu, lze k ní přistupovat nezávisle na tom, jestli je na stanici pracováno.

### **Parametry:**

*Moden No.: AE 130.500*

*Typ: Double door*

*Rozměry: 1000x760x300 (mm)*

Kategorie ochrany: IP55, NEMA 12

## **8.2. Průmyslové PC s dotykovou LCD obrazovkou s tiskárnou**

Z důvodu co nejmenších rozměrů stanice nebylo zvoleno klasické průmyslové PC, ale panelové PC s dotykovou obrazovkou. Toto PC je umístěno na čelní straně stanice přímo nad přípravkem tak, aby se k němu dalo snadno přistupovat. Pod obrazovkou je zavěšena klávesnice, avšak zvažuje se možnost pracovat na tomto PC bez klávesnice. Při práci na tomto pracovišti je minimální nutnost psaní.

Při práci na současné testovací stanici se občas stávalo, že obsluha zapoměla v tiskárně testovací protokol. Mou snahou proto bylo umístit tiskárnu tak, aby již nebylo možné přehlédnout, že probíhá tisk. Pokud je nyní cokoli tištěno, papír vyjede pod klávesnicí, kde je nepřehlédnutelný.

Systém ADWin Gold, který je součástí stanice, používá rozhraní ISA. Toto rozhraní je však již zastaralé, proto bylo třeba jej koupit zvlášť a připojit do základní desky. I když sběrnice ISA nepatří mezi nejnovější, svou spolehlivostí a relativní jednoduchostí patří k hojně používaným rozhraním v průmyslu

### **Specifikace panelového PC**

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <i>CPU Support</i>       | <i>Intel Pentium 2.8GHz</i>                      |
| <i>Memory Support</i>    | <i>1 x DIMM, 1GB max.</i>                        |
| <i>Front Bezel</i>       | <i>Aluminum</i>                                  |
| <i>Open Frame</i>        | <i>Yes (optional)</i>                            |
| <i>IP65 / NEMA4</i>      | <i>Yes</i>                                       |
| <i>Power Supply</i>      | <i>AC200W power supply</i>                       |
| <i>O.S. Support</i>      | <i>Win 98SE/2000/XP, Linux 8.0/9.0</i>           |
| <i>Dimension (WxHxD)</i> | <i>400 x 300 x 99 mm (15.6" x 11.7" x 3.89")</i> |
| <i>System Weight</i>     | <i>9.5 kg (21.38lb)</i>                          |
| <i>VESA Mounting</i>     | <i>75mm/ 100mm VESA bracket (optional)</i>       |
| <i>Certificate</i>       | <i>CE/FCC/LVD/UL</i>                             |



*Obrázek 16: panelové PC s dotykovou obrazovkou*

### **8.3. Lišta s ovládacími tlačítky**

Na čelním a zadním panelu pracovní plochy budou umístěny LED diody s tlačítky upozorňujícími obsluhu o průběhu jednotlivých fází testování. Zelená barva diody značí, že daná fáze testování proběhla v pořádku. Zčervenání diody u konkrétního testu pomůže odhalovat technologické a výrobní chyby a umožňuje je monitorovat a systematicky odstraňovat, a tím zamezit dalším zmetkovým kusům. Diody jsou však pouze informativní.

Pokud neprojde ventil na jednom testu, je automaticky vyřazen. Mimo diody jsou na liště umístěny ovládací tlačítka – tyto tlačítka ovládají válec pro upnutí a spouštějí testování. Na liště je umístěno bezpečnostní tlačítko stop.

## 8.4. AdwinGOLD

Zpracovává a převádí informace od jednotlivých senzorů a posílá je dále do průmyslového PC.

## 8.5. Zdroj Kepco BOP 72-3D

Laboratorní zdroj s možností plynulého ovládání napětí, proudu a frekvence s digitálním displejem. Zdroj bylo třeba umístit tak, aby k němu měla přístup i obsluha, proto je přišroubován na levé straně čelní desky.

### Parametry

*Napětí:* 0-72V

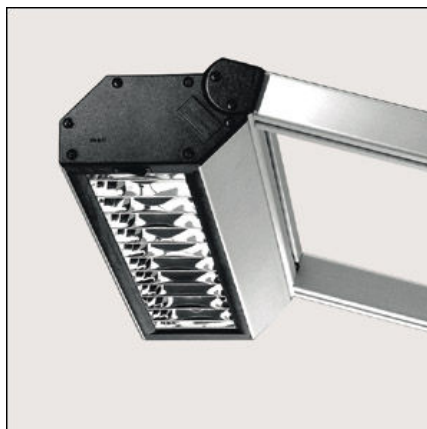
*Proud:* 0-3A

*Frekvence:* 55-65hz

## 8.6. Lampa k osvětlení pracovní plochy

Pracovní plocha musí být dostatečně kvalitně osvětlena, proto jsem zvolil lampu přímo od dodavatele profilového systému. Lampa umožňuje nastavování směru a intenzity světla, úhlové nastavení  $\pm 22^\circ$ . Zvolená lampa má výkon 55 Wattů.

V případě nedostatečného osvětlení je možné na stanici použít dvě světla spojená k sobě. Mimo tohoto světla bude stanice osvětlována ještě z centrálního osvětlení firmy Norgren.



Obrázek 17: lampa

**Výrobce uvádí tabulku vzdálenosti a šířky paprsku:**

| Distribuce světla |               |         |
|-------------------|---------------|---------|
| Vzdálenost (mm)   | Šířka paprsku | E (Lux) |
| 500               | 750           | 3500    |
| 900               | 950           | 1250    |
| 1300              | 1150          | 700     |
| 1700              | 1350          | 500     |

*tabulka 1: distribuce světla*

**Pro náš případ :**

Vzdálenost lampy od pracovního stolu – 1300mm.

Šířka paprsku – 1150mm (odpovídá šířce pracovního stolu).

### **8.7. Zadní otevírací dvířka**

Z důvodu snadného přístupu k zadní pneumatice byly zvoleny klasická otevírací dvířka. Na dvě průhledné desky z plexiskla jsou pouze namontovány panty a zámek dodávané firmou Item.

### **8.8. Kotvení stanice k podlaze**

Stanice stojí na kovových nožkách, které jsou typické pro profilové konstrukce. Nožky jsou výškově nastavitelné a jsou zašroubovány přímo do čela profilů.



## 9. Předběžná cenová kalkulace

Ke schválení investice bylo nutné stanovit cenu, k jejímuž určení byl použit vygenerovaný kusovník.

### **Materiál:**

|                           |             |
|---------------------------|-------------|
| • Elektronické komponenty | 11 350,58 € |
| • Senzorika               | 1 215,48 €  |
| • Pneumatické komponenty  | 1 594,05 €  |
| • Mechanické komponenty   | 1 336,74 €  |
| • Upínání                 | 1 193,79 €  |

### **Realizace:**

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| • Design                        | 891,36 €   |
| • Instalace SW                  | 573,02 €   |
| • Modifikace SW                 | 1 146,04 € |
| • Kalibrace                     | 859,53 €   |
| • Instalace mechanických částí  | 891,36 €   |
| • Instalace pneumatických částí | 891,36 €   |
| • Installation elektroniky      | 2 674,09 € |
| • Project management            | 891,36 €   |

**Suma:** 27 133,7 €

## 10. Informace k přílohám

Firma Norgren má vnitřní pravidla pro výkresovou dokumentaci oproti normě ČSN. Na sestavě není uveden kusovník, pouze odkazové čáry s čísly. Informace uváděné v kusovníku jsou místo výkresu uloženy v databázi JDE, která je propojena s logistikou, obchodníky atd.

V případě změny např. výrobního čísla, není nutné vydávat novou revizi celé sestavy. VGT stanice ještě nemá přiřazené partnumbers, proto příkládám pouze vygenerovaný seznam dílů z Inventoru. Ten bývá v praxi používán k přiřazování informací do databáze JDE.

## 11. ZÁVĚR

Návrh nové stanice se povedlo úspěšně dokončit. design je hotový, model bude sloužit pro generování výkresové dokumentace. Podařilo se odstranit velkou část nedostatků staré stanice

- byl vyřešen tisk protokolů
- celkové zástavbové rozměry stanice se zmenšily cca na polovinu
- konstrukční změny v mechanické části přípravku ušetří náklady na výrobu
- zjednodušila se výměna opotřebovaných O-kroužků
- použitím hliníkových profilů Item bylo dosaženo větší variability stanice, jednoduchým zásahem bude možné ji kdykoliv modernizovat.

Princip testování, zůstal v základu zachován, požadavek možnosti dvojího testování byl splněn. Pneumatické schéma bylo upraveno pro upínání jedním válcem, místo upínání mezi dva válce, jak tomu bylo dříve.

## Seznam použité literatury

- [1] Norgren Pneumatics : Motion Control Equipment, Fluid Control Equipment, UK, US, Worldwide [online]. [2002] [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.norgren.com/default.asp>>.
- [2] KOLAŘÍK, František. SESTAVENÍ SOUBORU MULTIMEDIÁLNÍCH INTERAKTIVNÍCH SCHÉMÁT ROZVADĚČŮ. Brno, 2007. 41 s. Vedoucí bakalářské práce ING. STANISLAV VĚCHET, PH.D.
- [3] WU, Bin. High-Power Converters and AC Drives. 2006th edition. [s.l.] : [s.n.], 2006. 342 s. Dostupný z WWW: <[http://knovel.com/web/portal/browse/display?\\_EXT\\_KNOVEL\\_DISPLAY\\_bookid=1969&VerticalID=0](http://knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=1969&VerticalID=0)>. ISBN 978-0-471-73171-9.
- [4] Autodesk : Autodesk Vault [online]. [2000] [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?id=4502718&siteID=123112>>.
- [5] Pro/ENGINEER [online]. [2000] [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.ptc.com/products/proengineer/>>.
- [6] Dassault Systèmes : CATIA - PLM Solutions [online]. 2002 [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.3ds.com/products/catia/>>.
- [7] Wikipedia : SolidWorks [online]. 2009. 2002 , 23. 5. 2009 v 20:12. [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>>.
- [8] SolidWorks : 3D CAD Design Engineering Software Tools [online]. [2002] [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.solidworks.com/sw/3d-cad-design-software.htm>>.

- [9] Item CAD online : LIghtning [online]. [2008] [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <[http://catalog.item-international.com/Onlinekatalog/web/DE/artikelinfo/Beleuchtung\\_und\\_Energieversorgung\\_1000019379/41734](http://catalog.item-international.com/Onlinekatalog/web/DE/artikelinfo/Beleuchtung_und_Energieversorgung_1000019379/41734)>.
- [10] Rittal : Systémy rozváděcích skříní [online]. [2003] [cit. 2008-05-27]. Dostupný z WWW: <[http://rittal.cz/pdf/pages/katalog\\_32cz\\_130.pdf](http://rittal.cz/pdf/pages/katalog_32cz_130.pdf)>.
- [11] Kepco : DC Power Supplies [online]. [2003] [cit. 2008-05-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.kepcopower.com/bop.htm>>
- [12] Protech Systems : PPC-7405 [online]. [2008] [cit. 2008-05-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.protech-ipc.com/ipc/product.asp?PID=220&typeNo=5&subTypeNo=2>>.