



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO**  
**INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## **REGULAČNÍ A BEZPEČNOSTNÍ PRVKY** **HYDRAULICKÝCH OBVODŮ**

REGULATORY AND SAFETY FEATURES HYDRAULIC CIRCUIT

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**ONDŘEJ SMYČEK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**DOC. ING. MIROSLAV ŠKOPÁN, CSC.**

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2013/14

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ondřej Smyček

který/která studuje v bakalářském studijním programu

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Regulační a bezpečnostní prvky hydraulických obvodů**

v anglickém jazyce:

#### **Regulatory and safety features hydraulic circuit**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Proveďte studii zaměřenou na bezpečnostní a regulační prvky, používané ve stavbě hydraulických obvodů strojů. Dále proveďte návrh zkratového obvodu výměníku.

Cíle bakalářské práce:

Technická zpráva obsahující:

- kritickou rešerši stávajících konstrukcí a koncepcí řešení regulace a zabezpečení hydrostatických obvodů,
- návrh zkratového obvodu výměníku, základní funkční výpočet zařízení a další výpočty dle vedoucího BP

Výkresová dokumentace obsahující:

- hydraulické schéma navrženého obvodu
- realizační sestava navrženého obvodu, zakomponovaná ke stávající konstrukci výměníku,
- případné další výkresy dle pokynů vedoucího BP

Seznam odborné literatury:


1. ŠKOPÁN, M.: Hydraulické pohony strojů, elektronická skripta VUT v Brně 2009
2. NEPRAŽ, F. a kol.: Modelování systémů s hydraulickými mechanizmy, Brno, 2002

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 11.11.2013



  
prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.  
Ředitel ústavu

  
prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan



## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na regulační a bezpečnostní hydraulické prvky. Cílem této práce je poukázat na možnosti jaké se dnes nabízí. Teoretická část je doplněna o návrh škrtícího ventilu ve zkratovém obvodu k výměníku, který je součástí tepelné předávací stanice typu AQHS od společnosti Tenza, a.s. Při tomto návrhu jsou použity a porovnány dva výpočtové softwary. Vstupní data pro návrh vycházejí z realizované stanice Dřevařská 31,33.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Ventil, škrtící ventil, hydraulický prvek, regulace, řízení

## ABSTRACT

This bachelor's thesis is focused on safety and regulatory elements of hydraulics. The main objective is to deal with options which are offered today. The theoretical part is accompanied by a design of throttle valve in a shorted circuit for an exchanger, which is a part of the heat transfer station, type AQHS by the company Tenza, a.s. In this design, two calculating softwares are used and compared. The input data for the design are based on the already existing heat transfer station Dřevařská 31, 33.

## KEYWORDS

Valve, throttle valve, hydraulic element, regulation, control





## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

SMYČEK, O. *Regulační a bezpečnostní prvky hydraulických obvodů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 47 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Miroslava Škopána, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 30. května 2014

.....

Ondřej Smyček



## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto formou poděkoval panu doc. Ing. Miroslavu Škopánovi, CSc. za cenné připomínky a odborné rady, které přispěly k vytvoření této práce. V neposlední řadě bych také chtěl poděkovat celému oddělení tepelné techniky společnosti Tenza, a.s., především vedoucímu této kanceláře panu Bc. Jindřichu Svojanovskému, za poskytnutí vstupních dat pro výpočet a cenné konzultace.



## OBSAH

Úvod .....	9
1 Obecný popis regulačních prvků hydraulického obvodu .....	10
2 Rozdělení regulačních prvků dle principu regulace .....	11
2.1 Prvky pro hrazení průtoku .....	11
2.1.1 Kulové kohouty a uzavírací klapky [1,2,4,15,17,18] .....	11
2.1.2 Jednosměrné ventily [9,10,17,28].....	13
2.1.3 Vestavné ventily [6,10,22,23,28].....	15
2.1.4 Hydraulické rozvaděče [10,23,27,28,30].....	16
2.2 Prvky pro řízení tlaku[10].....	20
2.2.1 Tlakové ventily [3,8,10,27] .....	21
2.2.2 Redukční ventil [10,12, ,27] .....	22
2.2.3 Připojovací a odporovací ventily [6,10,13] .....	24
2.3 Prvky pro řízení velikosti průtoku [27].....	25
2.3.1 Trysky a clonky[20,27] .....	25
2.3.2 Škrťací ventily [7,10,19,21,25,27].....	26
2.3.3 Škrťací ventily se stabilizací [10,27] .....	28
2.3.4 Děliče průtoků [11,13,27].....	29
3 Proporcionální technika [24,27] .....	31
4 Bezpečnostní prvky [5,10,14,27].....	32
5 Návrh ventilů zkratového okruhu [7,29] .....	34
5.1 Získání hodnot dle skutečného zadání [7,29] .....	34
5.2 Samotný výpočet [7,19,29].....	36
5.2.1 Výpočet za použití software LDM [19].....	38
5.2.2 Výpočet za použití software Polnacorp [25] .....	40
5.2.3 Zhodnocení výpočtu [7,19,25,26,29].....	42
Závěr .....	43
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	46
Seznam příloh .....	47



## ÚVOD

Téma bakalářské práce je zaměřeno, jak je z názvu patrné, na regulační a bezpečnostní prvky hydraulických obvodů. Regulační komponenty jsou klíčovými funkčními prvky pro správnou funkci a bezpečnostní prvky především zajišťují bezpečnost hydraulického zařízení. I nejjednodušší hydraulický obvod je osazen těmito prvky.

Cíl mé práce je především vytvořit studijní podklady pro další studenty. Ve své práci chci prezentovat zejména základní typy a modely. Proto budu ve své práci uvádět pouze nejjednodušší případy, ze kterých bude jasně patrné, jak daný prvek funguje a k čemu slouží. Není mým cílem každý prvek rozebírat do nejmenších detailů, ale poukázat na možnosti, které se nabízí. Proto se při srovnávání budu snažit o co možná největší pestrost. Praktická část mé práce bude zaměřena na výpočet a konstrukční provedení zkratového obvodu výměníku.

Postupem času se všechny armatury vyvíjely a to buď konstrukčně změnou tvaru, nebo volbou odolnějších materiálů.

Regulační armatury jsou různorodé a to jak konstrukcí, tak oblastí regulace. Přičemž podle pracovního média je regulace kvalitativní nebo kvantitativní.

Za nejjednodušší ručně řízený regulační prvek se dá považovat kulový kohout s pákou. Se sofistikovanějšími elektronicky řízenými prvky úzce souvisí pojem MaR (měření a regulace). Tím je myšleno snímání hodnot a nastavení regulačních prvků jak spojených tak skokových v reálném čase. MaR má za následek zefektivnění a přesnější řízení, ovšem není to podmínkou.

Správnost osazení regulačních prvků, zkratových obvodů a správné nastavení MaR má za následek snížení energetické spotřeby systému, což vede v konečném důsledku ke snížení emisí.

Bezpečnostní prvky jsou prevencí proti vzniku škod na majetku a újmy na zdraví. Jsou v obvodu instalovány tak, aby plnily svou funkci a neměly vedlejší vlivy na hydraulický obvod. Mezi neznámější představitele patří hydraulický zámek nebo pojistný ventil.



# 1 OBECNÝ POPIS REGULAČNÍCH PRVKŮ HYDRAULICKÉHO OBVODU

Jakýkoliv regulační prvek v hydraulickém obvodu tvoří logickou jednotku. Hydraulické regulační armatury se dají rozdělit podle několika kritérií. Nejzákladnějším dělení je na regulaci spojitou a skokovou. Skoková regulace má odstupňované polohy, ve kterých reguluje médium například rozvaděče, kdežto spojitá regulace ovlivňuje médium po celém rozsahu křivky, čehož většinou dosahujeme pomocí proporcionální techniky.

Další dělení je podle počtu cest dané armatury. To znamená rozdělení na dvou, tří, a čtyřcestné prvky. Dvoucestné armatury ovládají fyzikální vlastnosti protékaného media, což znamená, že regulují tlak a průtok nebo jen jednu z veličin. Zde spadají například vyvažovací ventily neboli regulátory průtoku, diferenční regulátory tlaku atd. Zatímco tří a čtyřcestné prvky mohou navíc regulovat veličiny jako teplotu, směr a směšovací poměr media.

Nejpoužívanější dělení je dle principu regulace, který dělíme do čtyř základních skupin - na prvky pro hrazení průtoku, pro řízení tlaku, pro řízení velikosti průtoku a na proporcionální prvky.

Armatury také můžeme rozdělovat podle media, pro které jsou určeny. Ať už se jedná o olej, vodu nebo například chemikálie, armatury se liší zejména dimenzí a použitým materiálem a tvarem regulačního orgánu, přičemž princip zůstává stejný.

Jelikož mnoho firem má vlastní označení pro vlastní prvky, budu se řídit označením dle normy ISO 5598 a dle normy ČSN ISO 1219-1, která stanovovala schematické značky. Obě tyto normy jsou dnes neplatné, ale doposud nebyly ničím nahrazeny.

Světlost dimenzí budu uvádět v milimetrech. Pro přepočty z palců budu vycházet z normy ČSN 13 00 15.

Rozteče a průměry u prvků, které jsou připojeny přírubou, jsou řízeny dle normy EN1092 a EN 558/1-20 (ISO 5752-20)



## 2 ROZDĚLENÍ REGULAČNÍCH PRVKŮ DLE PRINCIPU REGULACE

V této kapitole se budu podrobně zabývat rozdělením prvků dle principu regulace a pak jednotlivým popisem regulačních prvků hydraulických obvodů a srovnávat výrobky od různých firem. Stěžejní částí této kapitoly je princip funkčnosti každého prvku.

### 2.1 PRVKY PRO HRAZENÍ PRŮTOKU

Jak je již zřejmé z nadpisu podkapitoly, bude se jednat o prvky, které slouží k uzavření nebo odklonění proudu media do jiného směru.

#### 2.1.1 KULOVÉ KOHOUTY A UZAVÍRACÍ KLAPKY [1,2,4,15,17,18]

Kulové kohouty s ručním ovládním většinou neplní regulační, ale spíše údržbovou funkci, kdy se kohout zavře a provede se údržba větve nebo celků. Takto použité kohouty jsou většinou dvoucestné. Tato armatura není příliš vhodná pro rozvody vody, které se na zimu vypouštějí. V kulové uzavírací části většinou i po vypuštění zůstane voda a její zmrznutí následně způsobí destrukci armatury.

U dvoucestných kulových ventilů je regulován objemový průtok axiální rotací koule s otvorem. Kapalina může proudit oběma směry, doporučený směr je na těle armatury. Při plném otevření ventilu nevznikají žádné výrazné hydraulické ztráty, a to vede k nepříznivé charakteristice ventilů. Někteří výrobci proto přidávají plastické clonky. Materiálem je většinou šedá nebo tvárná litina. Pro menší dimenze jsou kohouty připojovány závitem a to buď vnějším, nebo vnitřním. Pro větší dimenze se používají i příruby. Přírubové kulové kohouty nejsou tak časté jako závitové, většinou se totiž dává přednost uzavírací klapce.

Výrobci uvádí celé řady modelů, například Giacomini jako jeden z hlavních distributorů uvádí základní řadu R205D, která je určena pro rozvody vody, další řady jsou určené pro pitnou vodu, plyny a agresivní media. Giacomini uvádí rozsah dimenzí od DN 8 a teploty mezi -40°C až 185°C při tlakové odolnosti až 42 baru.

Mezi další větší výrobce patří Ivars, který však nemá tak pestrou škálu výrobků. Jeho hlavní řadou je Perfekta FIV, vyznačující se dimenzí mezi DN 15 až DN 50, přičemž tlaky se pohybují mezi 20 až 40 bary a teploty uvádí v rozsahu od -20°C do 130°.

Firma ADLER SPA Ball Valves má taktéž zajímavý sortiment, a proto jsem si ji vybral k popisu, a to především díky přírubovým kohoutům které značí FA, FB, FC a následně pak číslo modelu. Dimenze u přírubových ventilů se pohybují v rozsahu DN10 až 250, tlaky až 40 MPa. Zajímavé jsou i použité materiály, jelikož uhlíková a nerezová ocel nejsou zrovna všední materiály.



*Obr. 2.1 Ventil FA1 od společnosti ADLER SPA[2]*

Dalšími výrobci kulových kohoutů jsou pak také Siemens, ABO valve, Bosh Rexroth, Starline, Interapp, IMI, Apollo Valves a další.

Uzavírací klapky mají obdobné funkce jako u kulového kohoutu, odpadá však problém se zamrznutím v zimním období. Uzavírací klapky jsou zpravidla mezipřírubové a používají se u větších dimenzí. Konstrukční provedení je následující: v těle klapky je centricky uchycen talíř, který je uložen na kluzných ložiscích, těsnění je zajištěno pryžovou manžetou. Materiálem je šedá litina. Existují zde také excentrické modely.

Firma Ivars nabízí řady WAFER J9, kde je možnost vybrat si mezi litinovým a nerezovým diskem. K těsnění používají o-kroužek Viton. K dostání jsou ve světlostech DN25 až DN 600. Dosahují teploty 0°C až 120°C, do DN 300 PN16, pro větší dimenze pak PN16.

Belimo jako další nadnárodní firma nabízí klapky s ovládací pákou, nebo u větších než DN200 ovládaní pomocí šnekové převodovky. Rozsah DN 25-350, tlak PN 16, teploty 0°C až 120°C, krátkodobě 130°C (1 hodina). Belimo také nabízí i klapky s pohony nebo jen samostatné pohony.

ABO valve jako jeden z největších českých výrobců nabízí jak excentrické, tak centrické klapky. U centrických klapek se jedná o dvě řady a to Série 600 a 900. Série 600: PN 16 DN 32-200, teploty dle těsnicí manžety. Série 900: PN 16 DN32-1600, teploty dle manžety, možnost ruční páky nebo šnekového převodu.





Obr. 2.2 Uzavírací klapky ABO valve Série 600, ovládán- ruční páka. [1]

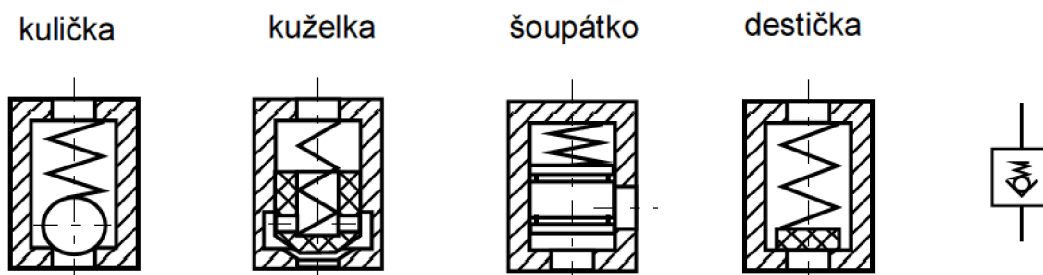
Mezi další výrobce uzavíracích klapek patří: Gemue, Siemens, Interapp, ARI-Armaturen, IMI a další.

### 2.1.2 JEDNOSMĚRNÉ VENTILY [9,10,17,28]

Základní rozdělení je na řízené, neřízené a střídavé. U tohoto prvku je sporné, zda se jedná o regulační nebo bezpečnostní prvek, záleží totiž na funkci v obvodu. Konstrukčně jsou, jak dále uvidíte, velice jednoduché.

#### NEŘÍZENÉ JEDNOSMĚRNÉ VENTILY

Jedná se o prvky, které umožňují proud kapaliny pouze jedním směrem. Mezi hlavní požadavky patří minimální tlaková ztráta ve směru průtoku a dokonalá těsnost při uzavření ventilů. Jako dosedací těleso se nejvíce používá kulička, kuželka, destička a méně často šoupátko. Tělesa bývají dotlačována pružinou nebo tlakem kapaliny, pro malé světlosti je užívána kulička, u větší dimenzí pak destička a při zvýšeném nároku na těsnost a při velkých průtocích pak kuželka.



Obr. 2.3 Konstrukční řešení zpětných klapek a schematická značka [27]



Použití těchto ventilů je velice různorodé. Nejčastější aplikace je však v otoku paralelních obtokových větví a pak jako ochrana čerpadla před zavzdušněním. Mezi další aplikace patří: vyřazení škrťacího ventilu, ochrana nízkotlakých filtrů, může předepírat odpadní větev rozvaděče tak, aby nedošlo ke snížení tlaku pro ovládání, vytvoření usměrňovacího můstku pro škrťací ventil nebo může plnit funkci sacího ventilu.

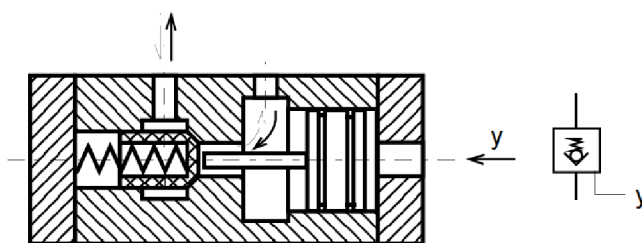
Rerosa jako další tuzemský výrobce nabízí jednosměrný ventil typu VU, který je určen pro olej a je k dostání v rozmezí DN 6 až DN 40, při maximálním tlaku 35 baru a teplotě 50°C. Průtoky jednotlivých DN je možno najít v katalogovém listu.

Pro srovnání jsem vybral jednosměrný ventil na vodu od společnosti ESBE. V katalogovém listu uvádí čtyři typy, které se liší materiálem, dimenzí a připojením. Pohybují se v DN 20 až DN 100. Mimo jiné uvádí otevírací tlaky v různých montážních polohách. Maximální teploty v průměru 110°C, tlak pak 1 MPa.

Mezi ostatní výrobce pak patří také: Giacomini, Ivars, Bosh Rexroth, KSP, ARI-Armaturen, Parker.

### ŘÍZENÉ JEDNOSMĚRNÉ VENTILY

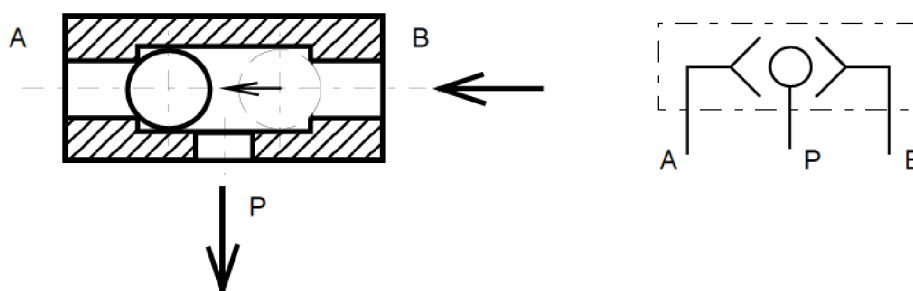
Co se týče řízených jednosměrných ventilů, mají stejnou funkci jako neřízené, avšak tuto funkci je možné změnit vnějším signálem, a to tak, že je těleso vytlačeno z dosedací plochy pomocným pístem a armatura se stává obousměrná. Uplatnění má zejména u tvorby složitějších logických obvodů. Konstrukční provedení na obrázku je přímé, existuje konstrukce s odlehčením kuželky, čímž je myšleno dvoustupňové otevírání, které vede ke snížení pulzací v obvodu.



Obr. 2.4 Konstrukční řešení řízeného jednosměrného ventilů a schematická značka [27]

### STŘÍDAVÉ JEDNOSMĚRNÉ VENTILY

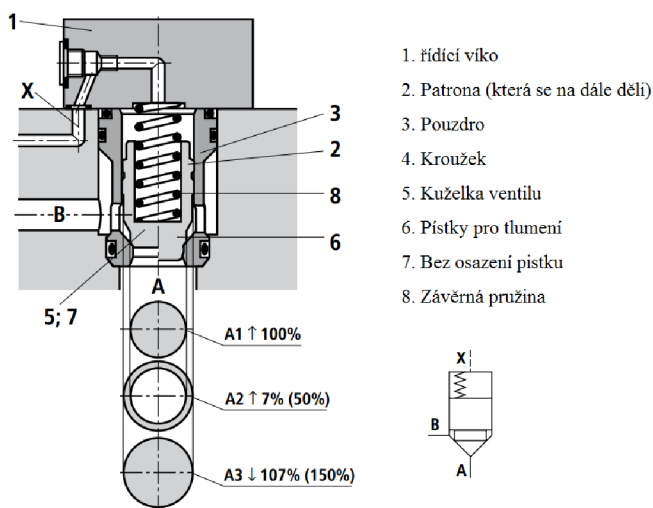
Střídavé ventily mají v obvodu logickou funkci „nebo“ a jejich princip je velice jednoduchý. Ve výduť běhá kulička z jedné strany na druhou a to podle toho, na které straně je větší tlak, pak středovým otvorem proudí ven z ventilu jen medium z té větve, na které je zrovna větší tlak. Použití je velice prosté: v obvodu s více řídicími signály vybere ten nejsilnější, což má za následek odlehčení regulačního prvku. Tato funkce je velice často využívána u řízení vestavných ventilů.



Obr. 2.5 Konstrukce střídavého ventilu a schematická značka [27]

### 2.1.3 VESTAVNÉ VENTILY [6,10,22,23,28]

Jedná se o prvky, které řídí směr kapaliny. Najdeme je také pod názvem cartridgey nebo logické ventily. Toto pojmenování vychází ze základní funkce otevřeno-zavřeno, tudíž An-Ne, odtud logický člen. Vestavné ventily kromě hrazení umožňují regulaci tlaku a průtoku.



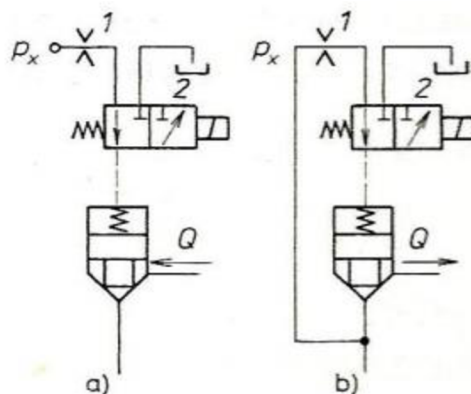
Obr. 2.6 Schéma vestavného ventilu LFA.D/FX a schematické značky [6]

V principu platí, že plochy A1 a A2 působí ve směru otevírání. Plocha A3 a síla pružiny působí ve směru zavírání. Směr působení výsledné síly složené ze sil otevírání a zavírání určuje pracovní polohu ventilu. Jak lze vidět z obrázku, plochy mají jiné průřezy. Poměr ploch mezi A1 a A2 bývá 14,3 : 1 nebo 2 : 1 a plocha A3 je rovna součinu těchto ploch. Díky tomu je plocha A3 větší než každá zvlášť, což má za následek menší potřebnou sílu k ovládní ventilu.

Vestavné ventily lze snadno osazovat dalšími ovládacími prvky malé světlosti. Například kombinací se škrťacím ventilem nebo pojistným ventilem.

Tělo ventilu je normované dle: DIN ISO 7368

Řízení vestavných ventilů je buď interní, nebo externí. Při externím řízení se počítá s použitím samostatného zdroje tlaku. Což mnohdy není výhodné, jelikož ovládací tlaky se v některých případech blíží tlaku pracovnímu. Interní ovládní je výhodnější, jelikož nám odpadá externí zdroj tlaku, protože pracovní tlak je zároveň řídicí.



Obr. 2.7 a) externí b) interní [27]

Přestavné časy u malých dimenzí jsou velmi malé, u větších dimenzí roste plocha s druhou mocninou a tím se zvětšuje i objem ovládací kapaliny, což má za následek delší prodlevu. Aby se tomuto zabránilo, používá se dvojestupňové řízení.

Pro srovnání jsem si vybral firmy Bosch Rexroth a Parker, jedná se firmy s dlouholetou tradicí a velice rozsáhlým sortimentem.

Bosch Rexroth vyrábí typy LC a LFA. Rozsah světlostí 16 až 160, při maximálním provozním tlaku 420 baru a s maximálním průtokem 25000 l/min. Jako řídicí ventily používá šoupátkové rozvaděče. Jejich rozvaděče zvládnou teplotu média v rozmezí  $-20^{\circ}\text{C}$  až  $80^{\circ}\text{C}$ .

Parker má k dispozici řadu C/CE a doslova umožňuje poskládat si ventil na míru. Nabízí totiž několik různých vík s různými vestavěnými funkcemi, jako je neomezený zdvih, víko pro pojistné funkce, víka pro montáž řídicích ventilů, víko bez přidané funkce. K dispozici jsou velikosti v rozmezí 16 až 100, pro maximální teploty  $-20^{\circ}\text{C}$  až  $60^{\circ}\text{C}$ , provozní tlak dle řídicího ventilu a maximální tlak 420 baru.

#### 2.1.4 HYDRAULICKÉ ROZVADĚČE [10,23,27,28,30]

Rozvaděč je každý prvek, jehož prostřednictvím lze řídit rozběh mechanismu, hradit průtok a změnit směr média. Rozvaděče značíme a popisujeme podle připojených vstupů a podle pracovních poloh.

Dělí se dle konstrukce na šoupátkové a ventilové rozvaděče. Šoupátkové se dále dělí na rotační a přímočaré a podléhají normě ČSN 01 3624

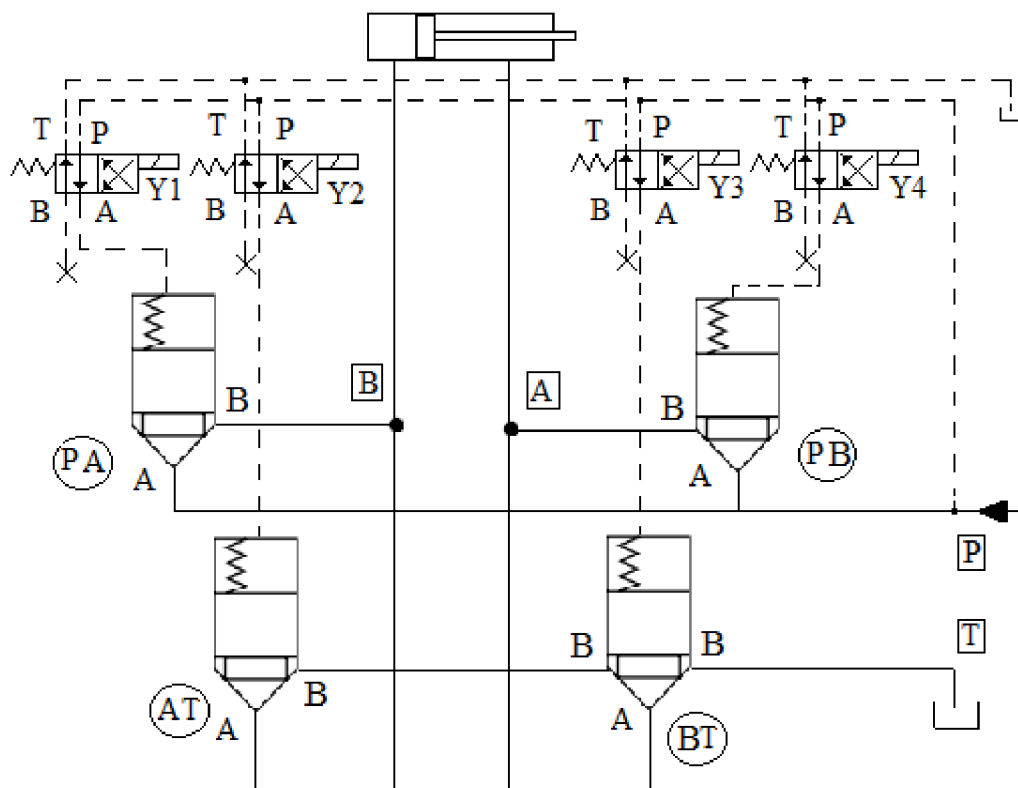
##### VENTILOVÉ ROZVADĚČE

Jak název napovídá, hlavní činnou částí jsou ventily, přičemž se používají sedlové (zřídka) nebo vestavné. Používají se zejména tam, kde potřebujeme velké průtoky a velké nebo extrémní tlaky. Vysoký tlak je pro ně výhodou, jelikož s rostoucím tlakem u nich roste spolehlivost těsnosti pracovních uzlů. Jejich nevýhodou je krátký zdvih, díky němuž mají ventilové rozvaděče velké ztráty.

Ventilové rozvaděče rozlišujeme na jednostupňové a dvoustupňové, které jsou častější. Jednostupňové se používají jen do světlosti DN10 a jsou ovládány mechanicky (pružinou) a elektromagnetem.



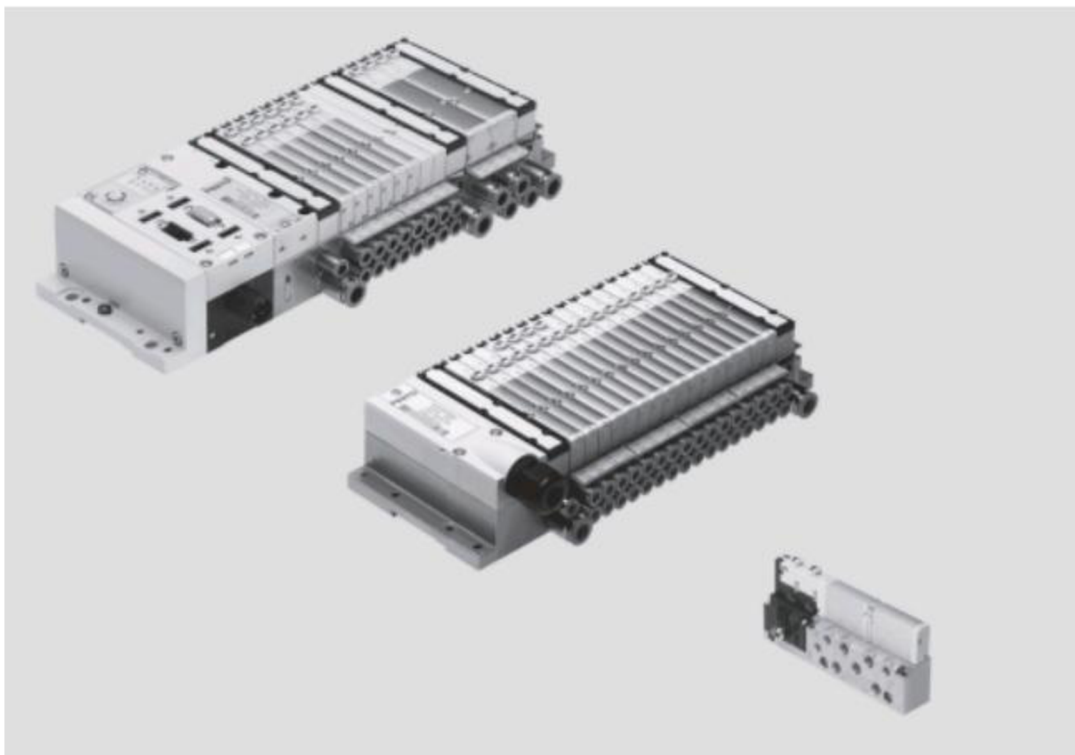
Dvoustupňové rozvaděče mohou být realizovány vhodnou kombinací dvou ventilových dvoucestných rozvaděčů, nebo použitím šoupátkového řídicího rozvaděče a ventilového pracovního, což se v praxi provádí častěji.



Obr. 2.8 Schéma pro dvojestupňové řešení ventilového rozvaděče 4/3 pro velké světlosti [10]

Ventilové rozvaděče jdou velice těžko porovnat. Jsou sestavovány do bloku, respektive do terminálů z dílčích prvků, čímž lze dosáhnout velice rozsáhlé škály možností zapojení. Ovládání je možné realizovat hydraulické, pneumatické a elektromagneticky.

Jako názorný příklad jsem vybral rozvaděč MPA-S od firmy Festo. Sériově propojené ventily umožňují až 64 pozic. Průtok se pohybuje mezi 360 až 700 litry za minutu a tlak do 10 barů. Řízení je možno realizovat přes terminál CPX, více pólovým konektorem, AS interface nebo přes CPI.



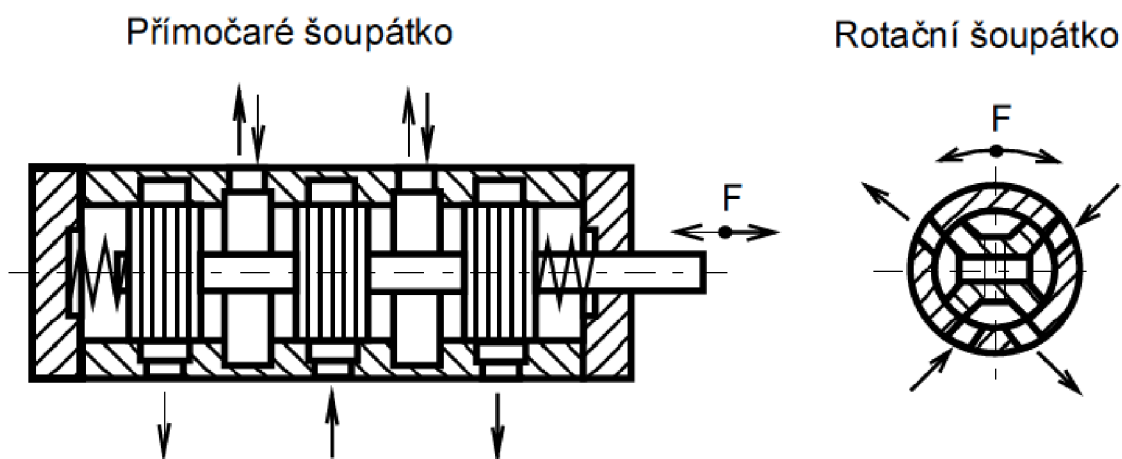
*Obr. 2.9 Rozvaděč Festo MPA-S [30]*

Další významní výrobci jsou: M+S Hydraulic, Parker, Bosch Rexroth, Hawe Hydraulik

### **ŠOUPÁTKOVÉ ROZVADĚČE**

Vykazují mnoho předností, zejména však jednoduché konstrukční provedení, nízké ztráty, velké přestavné výkony a tlakový rovnovážný stav. Tlakový rovnovážný stav je asi největší výhodou, poněvadž díky této vlastnosti nejsou potřeba velké ovládací síly. Konstrukčně se v těle rozvaděče pohybuje šoupátko. Tělo je z litiny, oceli nebo jiného vhodného materiálu, a to v závislosti na tom, o jakou aplikaci se jedná. V těle pro přímočarý šoupátkový rozvaděč je soustava funkčních kanálů kruhového provedení (soustředné, nesoustředné) spojených s funkčním otvorem, kde se pohybuje šoupátko. To pak rozděluje průtok do různých větví. Změna směru se provádí na řídicích hranách. Provedení u přímočarých šoupátkových rozvaděčů je buď přímé (jednostupňové) nebo nepřímé (dvoustupňové). Rotační šoupátkové rozvaděče se dnes už moc nepoužívají, jelikož je není možné tlakově vyvážit a nelze je jednoduše ovládat. Princip funkce je obdobný.





Obr. 2.10 Schéma konstrukce šoupátkových rozvaděčů[27]

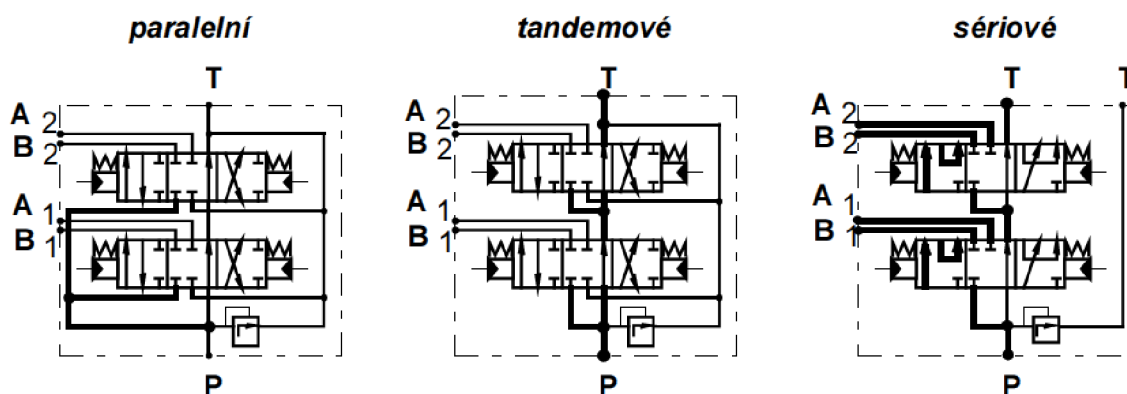
Těsnost je realizovaná malou vůlí. Těsnění závisí na přesném vyrobení, tlaku a viskozitě media. Při požadavku na lepší těsnost se zvětší přesah hran. Hodnota prosaku u šoupátkových rozvaděčů ovlivňuje objemovou účinnost.

Při použití šoupátkových rozvaděčů hrozí nebezpečí z důvodu zaseknutí, vlivem nárůstu tlaku, jelikož šoupátko je namáhané na ohyb.

Řízení jednostupňových dvoupolohových šoupátkových rozvaděčů je nejčastěji realizováno elektromagnetem. Jsou vyráběny sériově a mají příznivé vlastnosti, a tím jsou použitelné pro většinu aplikací. Další možnosti řízení: hydraulika, pneumatika, mechanika, ruční ovládaní.

Nepřímo řízené dvoustupňové rozvaděče jsou užívány v případě požadavku na větší průtoky. Důvod použití je jednoduchý, a sice odlehčení ovládacích sil. Toho lze dosáhnout středěním šoupátka pružinami nebo hydraulickým středěním.

Šoupátkové rozvaděče je možné zapojit do takzvaného skupinového šoupátkového rozvaděče, čímž docílíme ovládaní několika prvků současně. Možnosti zapojení jsou sériově, paralelně a tandemově.



Obr. 2.11 Schéma zapojení skupinového šoupátkového rozvaděče, pro 4/3 rozvaděče [27]



Nejčastěji ho nalezneme v provedení 4/3 nebo 4/2, případně také 3/2, jako řídicí nebo samostatné ventily. Blokované provedení je kombinací výše uvedených. Ovládání je pak ruční, mechanické, tlakové a elektromagnetické, pneumatické.

Hawe Hydraulik jsem si vybral proto, že nabízí u své typové řady SW2 možnost samostatných ventilů a jejich blokového zapojení. Zapojení je jen v paralelním provedení s možností přidání redukčního ventilu, celek ovládán magnety. Ventily řady SW2 jsou dimenzovány na tlak 315 barů a průtok 25 l/min a teplotu až 80 °C.

Od společnosti Parker jsem vybral rozvaděč typu L90LS. Jedná se o multisekční rozvaděč pro tlak 320 barů a průtok 200 l/min, při rozpětí teplot 20°C až 90°C. Ovládání rozvaděče je realizováno manuálně, elektricky, hydraulicky nebo pneumaticky.



*Obr. 2.12 Šoupátkový multisekční rozvaděč L90LS od společnosti Parker[23]*

Mezi další výrobce patří také: Bosch Rexroth, Gemue, PQS Technology, Argo-Hytos

## **2.2 PRVKY PRO ŘÍZENÍ TLAKU[10]**

Jedná se o prvky, jež jsou schopné ovlivnit hodnotu tlaku v hydraulickém obvodu nebo jeho části. Mají dvě základní užití, udržovat stálou hodnotu tlaku nebo tlak měnit v závislosti na potřebě. U druhé varianty je často využívané proporcionální řízení.



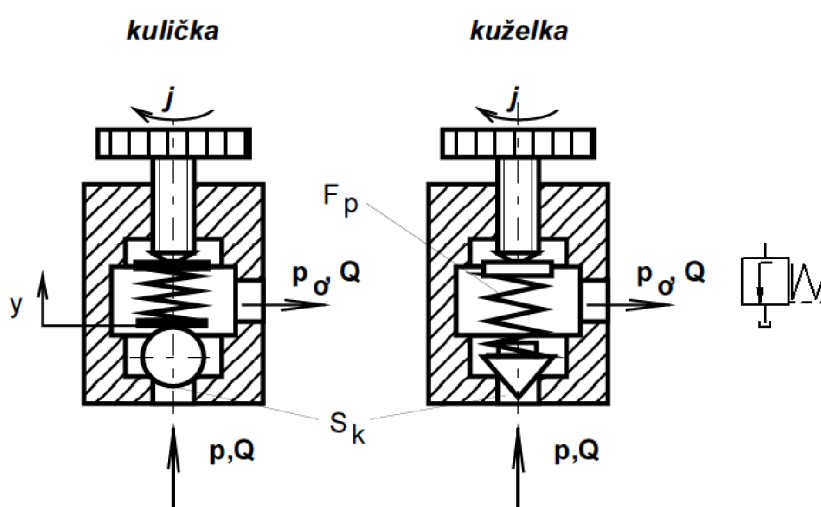


### 2.2.1 TLAKOVÉ VENTILY [3,8,10,27]

Tlakové ventily se dále dělí na jedno a dvoustupňové. A také podle toho, jakou funkci plní, je rozdělujeme na pojistné a přepouštěcí. Konstrukčně jsou totiž totožné.

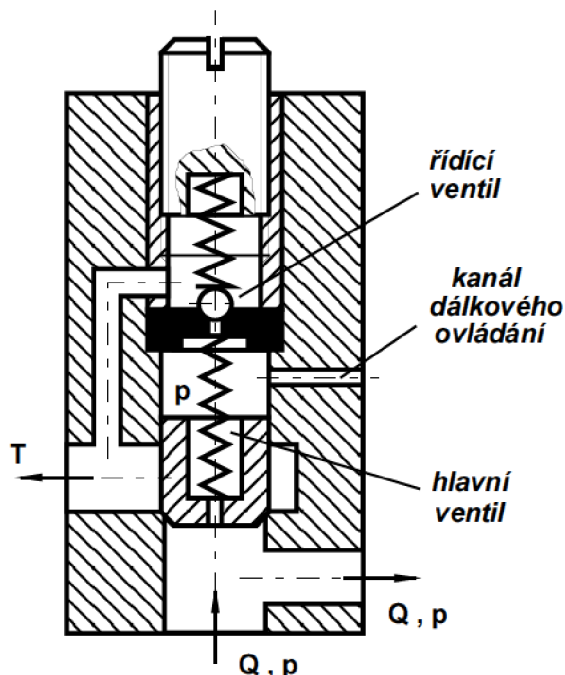
Princip činnosti ventilů není složitý. Tlak vstupní větve působí na rozměrově známou plochu, proti této síle působí předepjatá síla pružiny, která uzavírá ventil. Jakmile je tato síla přetlačena, ventil se otevře a přebytečná kapalina je odvedena z pracovního prostoru do nádrže. Při proudění kolem uzavíracího elementu se tlaková energie mění na teplo. Jako uzavírací element se používá kulička, kuželka, šoupátko.

Při použití jako přepouštěcí ventil je ventil neustále v provozu a udržuje konstantní hladinu tlaku při libovolném průtoku. Při této funkci neustále odvádí část průtoku do odpadní větve.



Obr. 2.13 Schéma jednostupňového tlakového ventilu. [27]

Dvoustupňové provedení je častější pro větší průtoky a tlaky, vzrůstají totiž nároky na pružinu, sedlo ventilů a celkové zástavbové rozměry. Dvoustupňové uspořádání umožňuje také daleko více funkcí. Ať už se jedná o dálkové řízení, odlehčování hydrogenerátoru nebo možnost plynulého nebo stupňového řízení tlaku. Jsou vybaveny řídicím ventilem, a jakmile vzroste tlak v dálkovém ovládní, které může být napojeno na pracovní větev, řídicí ventil je vytlačen. Tím dojde ke snížení tlaku za hlavním ventilem, který se otevře. Po usednutí řídicího ventilu do sedla je opět dosažena rovnováha.



Obr. 2.14 Schematické znázornění dvoustupňového provedení [27]

Výkon tlakového ventilu je dán množstvím odvedené pracovní látky z tlakového prostoru za jednotku času. Otvírací tlak je takový tlak, při kterém se nadzvedne kuželka; zavírací tlak je takový, při kterém dojde k úplnému uzavření ventilů.

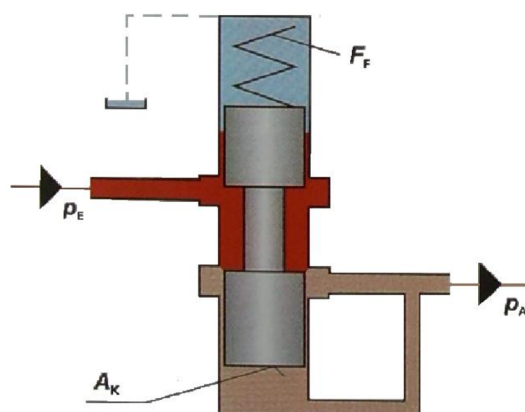
Pro srovnání jsem si zvolil firmu Argo-Hytos, která má ve své nabídce nepřímo a přímo řízené přepouštěcí ventily. V jejich nabídce nalezneme prvky pro průtoky 30l/min až 150l/min, maximální povolený tlak se pohybuje v rozmezí 320-420 barů. Připojení prvků závitem.

Elic (KP-Valves) u svých ventilů používá membránu, díky které ventily reagují na změnu tlaku velmi plynule. Jmenovitý tlak ventilů PN 16 nebo PN 25, teplota od  $-15^{\circ}\text{C}$  do  $100^{\circ}\text{C}$ , použitý materiál na ventily je nerez. Pro připojení závitem DN 15 až 50, pro přírubové připojení až DN 150.

Další výrobci: TA Hydraulics, Ivars, Danfoss, Bosch Rexroth, Parker, Honeywell, Yuken

### 2.2.2 REDUKČNÍ VENTIL [10,12, 27]

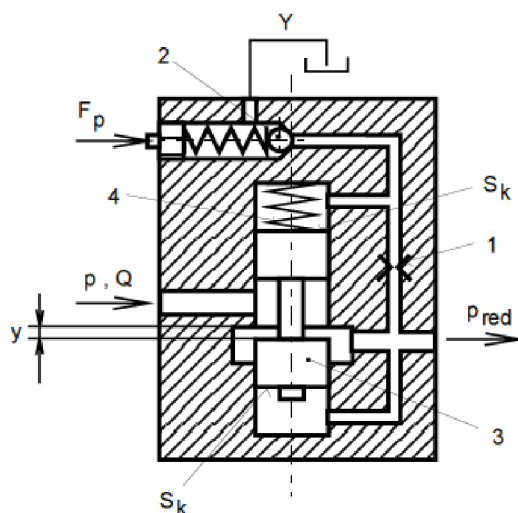
Je zapojovaný za tlakový zdroj a je určen k vytvoření další tlakové hladiny, například pro řídicí okruh, přičemž není závislý na vstupním tlaku a tlak dokáže udržet i při nulovém průtoku.



Obr. 2.15 Konstrukční provedení redukčního ventilu [10]

Jak je patrné z obrázku, když působí síla proti pružině od tlaku  $P_a$  a plochy  $A_k$ , a bude větší dojde k uzavření přívodní větve. Jakmile tlak  $P_a$  poklesne, dojde díky síle od pružiny k otevření, tlak  $P_e$  musí být vždy větší.

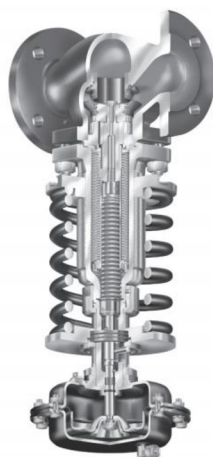
Dvoustupňová varianta má stejné výhody jako tlakový ventil. Schéma provedení obr.



Obr. 2.16 Konstrukční provedení dvoustupňového redukčního ventilu [27]

Berluto nabízí řadu DRV pro pitnou vodu s možností regulace od 1,5 do 6 barů. Při maximálním vstupním tlaku PN 16 a v rozsahu dimenzí od DN 15 až DN 32. Maximální teplota, pro kterou jsou ventily dimenzovány, je 75°C.

ARI Armaturen nabízí typovou řadu Predo. Konstrukční řešení spojuje klasickou koncepci s pružinou přídatnou membránovou. Dimenze ventilů od DN 15 do DN 100. Vhodné pro tlak PN 16 až PN 40 při regulačním rozsahu od 0,2 baru až 16 baru. Teploty do maxima 350°C. Tělo ventilů je z šedé litiny. Hodnota KVS v rozsahu 3,2 až 125 m<sup>3</sup>/h.

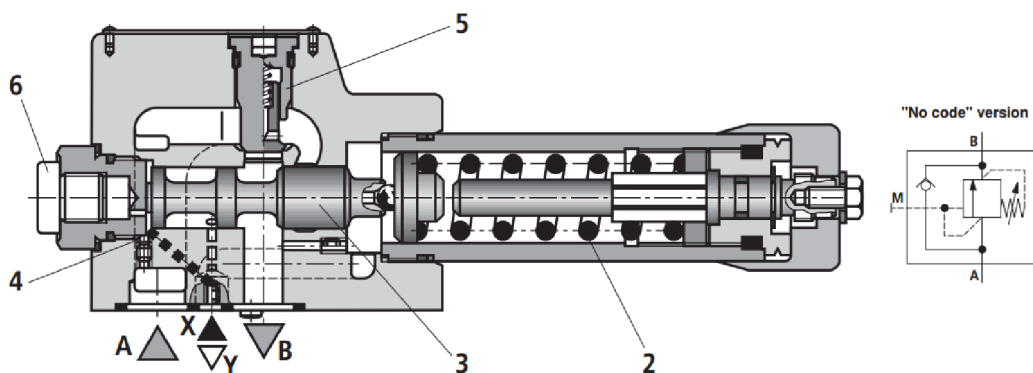


Obr. 2.17 Ari-Armaturen typ Predo [12]

Argo-Hydros, Honeywell, Yuken, Parker

### 2.2.3 PŘIPOJOVACÍ A ODPOROVACÍ VENTILY [6,10,13]

Tyto prvky jsou schopny odpojovat a připojovat hydraulické větve, dají se použít také jako přepínací, sledovací nebo obtokové ventily. Funkci určuje zapojení. Konstrukčně se velice podobají tlakovým ventilům, opět se dále dělí na jednostupňové a dvoustupňové (přímo řízené a nepřímé řízené). Díky podobnostem uvedu jen názornou ukázkou jednostupňové varianty.

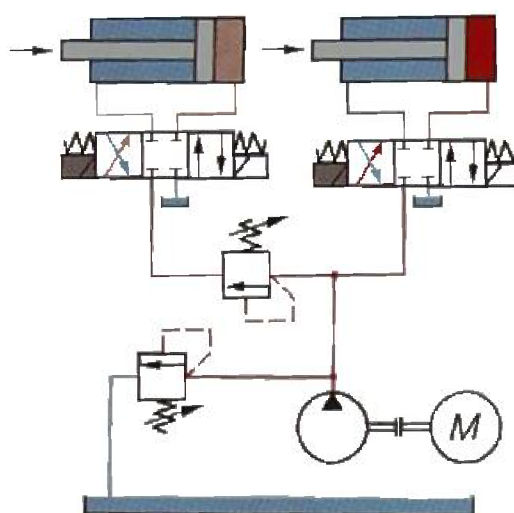


2. Pružina a stavěcí čep
3. Šoupátko
4. Ovládací kanál
5. Jednosměrný ventil
6. Přípojka pro měřič tlaku

Obr. 2.18 Řez přímo řízeným tlakovým / připojovacím ventilem a jeho schéma [6]



Jak můžete vidět z obrázku 2.18, stavěcí čep, kterým regulujeme tlak sepnutí, dotlačí skrz pružinu řídicí šoupátko do výchozí polohy (ventil uzavřen). Jakmile tlak v kanálu A vzroste a přetlačí pružinu, šoupátko se přestaví bez poklesu tlaku a propojí se kanály A a B. Řídicí signál může být přiváděn interně z kanálů A nebo externě z portu X, Y. Zpětný nebo vestavný ventil zajišťuje volný průtok z B do A.



Obr. 2.19 Použití připojovacího ventilu [10]

Hawe nabízí typ LV, tyto ventily jsou interně řízeny. Maximální tlak 320 barů, průtok maximálně 25l/min. Nastavitelný tlak je od 60 barů do 350 barů. Maximální teploty 80°C.

Bosch Rexroth nabízí typ DZ, pro jednostupňové dimenze DN 10 a pro dvoustupňovou variantu DN 32. Maximální připojovací tlak 315 barů, průtok 60 až 600 l/ min.

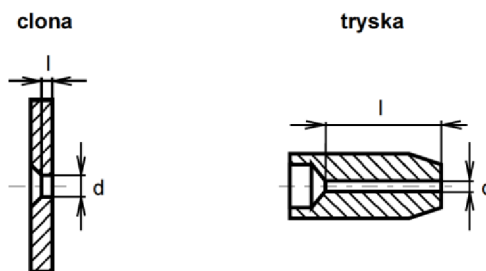
Další výrobci: Argo Hytos, Parker, Siemens

## 2.3 PRVKY PRO ŘÍZENÍ VELIKOSTI PRŮTOKU [27]

Jsou konstruovány tak, aby změnil velikost průtoku media, avšak jejich regulace průtoku a tlaku je nejednoznačná, jelikož jsou tyto hodnoty ovlivněny rychlostí media a viskozitou. Rozdělujeme je na dvě základní skupiny a to na prvky s konstantním odporem, kde patří trysky a clonky, a s proměnlivým odporem, kde spadají škrťací ventily a děliče průtoku.

### 2.3.1 TRYSKY A CLONKY[20,27]

Oproti ostatním prvkům mají konstantní škrťací průřez a udržují konstantní průtok. Rozdíl mezi clonkou a tryskou je v geometrii. Zatímco clonky mají minimální škrťací délku, trysky jsou opak.



Obr. 2.20 Konstrukční řešení clonky / trysky[27]

Clonky se používají například jako ochrana proti přetížení vodoměru v sekundárních obvodech, slouží i jako kavitační ochrana. Většinou je ale najdeme jako dílčí součást, často jimi jsou vybavovány například zpětné ventily. Clonky díky své krátké délce škrťacího průřezu nejsou ovlivněny viskozitou.

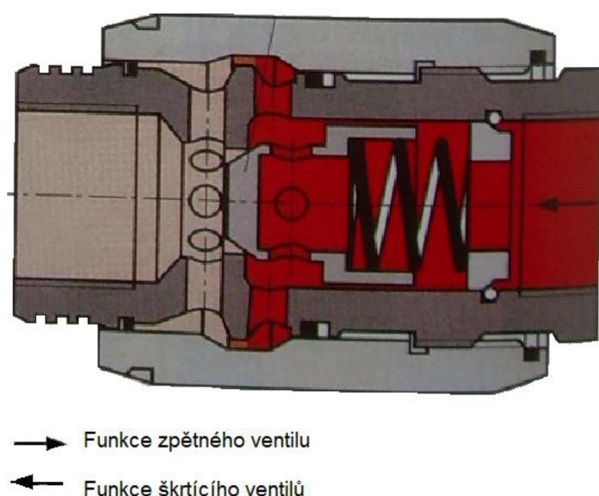
Trysky jsou vhodné zejména pro usměrnění proudů. Většinou na výstupu hydraulického obvodu, při jejich navrhování se musí počítat s viskozitou. Nejčastěji se s nimi setkáváme při aplikacích, kde slouží k rozstříku media.

Výrobci: HAWE Hydraulik, Spraying system.

### 2.3.2 ŠKRTÍCÍ VENTILY [7,10,19,21,25,27]

Tyto ventily ještě dále dělíme na viskózně závislé a nezávislé. Toto dělení podléhá délce škrťacího průřezu. Jehlový ventil je typickým představitelem nezávislého ventilů, oproti tomu ventily, které škrťají pomocí šroubovice nebo šoupátka, jsou závislé.

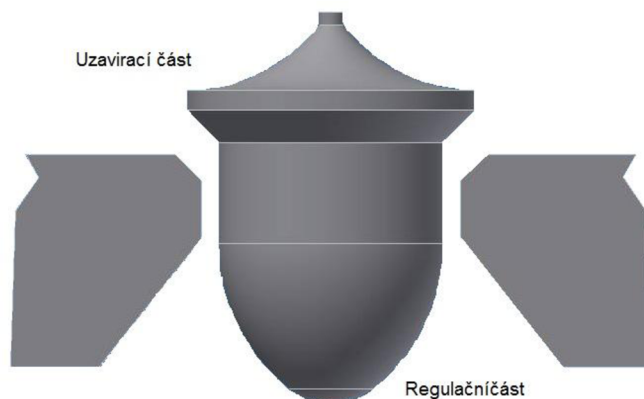
Závislé ventily jsou často používány ke snížení rychlosti. Pokud jsou vybaveny zpětným ventilem, pak škrťají pouze v jednom směru a můžeme je nazývat brzdící ventily. Konstrukce a princip je patrný z obrázku 2.21. Ve směru škrťacího ventilu je zpětný ventil uzavřen a medium je nuceno procházet přes boční otvory a štěrby. Škrceň je řízeno rychlostí kapaliny.





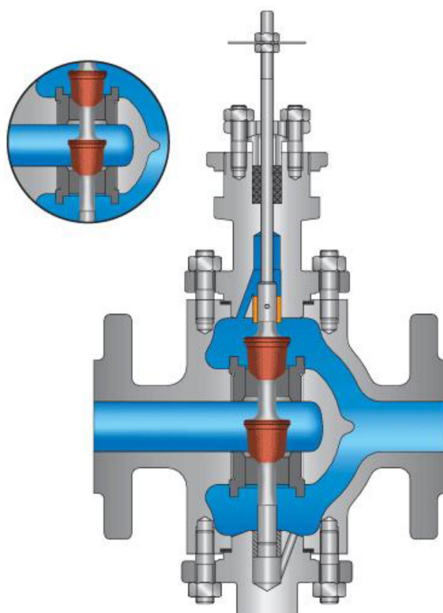
*Obr. 2.21 Provedení brzdícího ventilu. [10]*

U viskózně nezávislých ventilů je regulace prováděna většinou zdvihem škrťacího elementu. Jako element se používá jehla, štěrbinina nebo nejčastěji kuželka. Svým tvarem ovlivňuje regulační charakteristiku. Aby se zabránilo změnám regulační charakteristiky, vlivem opotřebení kuželky vyšleháváním vysokými rychlostmi kapaliny bývá kuželka rozdělena na dvě části a to na regulační a uzavírací. Pro dosažení požadované regulační charakteristiky může mít kuželka libovolný rotační tvar, v případě složité výroby je nahrazena válcovou plochou s výřezy (štěrbinami), které rozhodují o charakteristice.



*Obr. 2.22 Kuželka škrťacího ventilu.*

Lze dosáhnout několika charakteristik: rovno procentní, lineární, parabolická. Ovládání je manuální, přednastavené, pneumatické nebo pomocí servopohonu. Pro větší dimenze se používají dvoucestné prvky, kdy jsou na jednom táhle umístěny dva elementy.



*Obr. 2.23 Dvouступňové provedení škrťacího ventilu s odlehčenou kuželkou [25]*





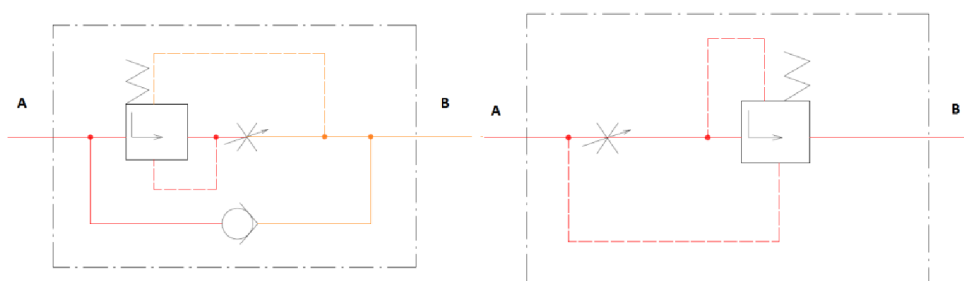
Mezi české výrobce patří LDM, nabízí několik ventilových řad RV. Řada RV 113 nabízí 2 a 3cestné armatury vyráběné v rozsahu od DN 15-150, při tlaku až PN 16 a průtokem až 320 m<sup>3</sup>/h. a hodnotě Kvs 16. Ventily jsou schopné regulovat lineárně nebo dle LDM splitline.

Polna corp má také rozsáhlý výrobní program, Typ BR 11 je základní typ jednosedlových ventilů. Vyrábí se ve světlosti DN 15 až 250, při maximálním tlaku PN 40 a teplotě až 400°C. Hodnotu Kvs neuvádí. Regulační křivky lineární nebo ekviprocentní.

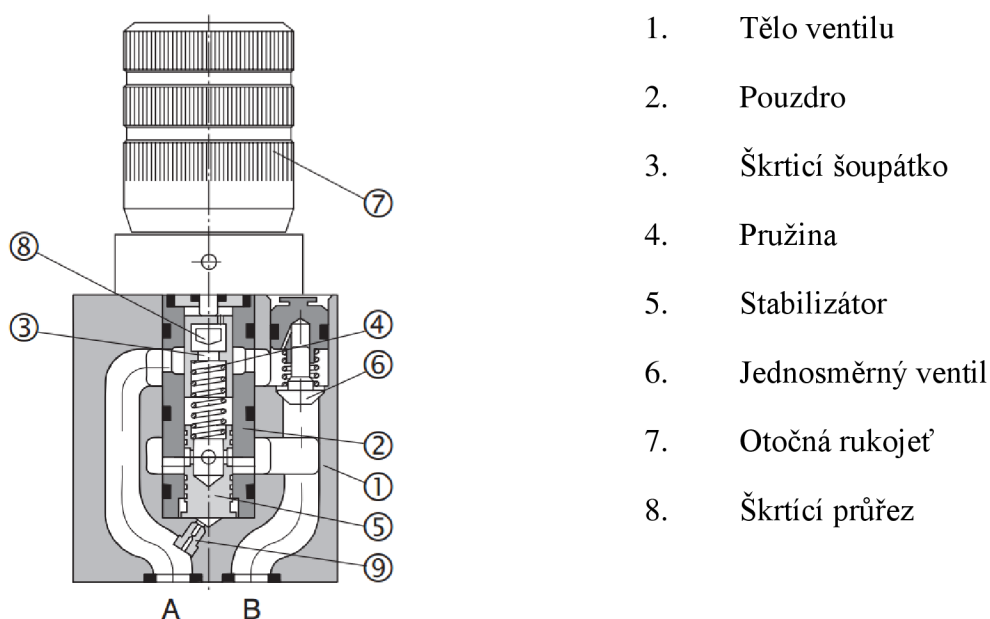
Výrobci: Imaha, ReCo Valves, ARI Armaturen, Severočeská armaturka, Belimo, IMI

### 2.3.3 ŠKRTÍCÍ VENTILY SE STABILIZACÍ [10,27]

Pro udržení konstantního průtoku se škrťací ventil kombinuje s redukčním ventilem zapojeným v sérii nebo přepouštěcím ventilem zapojeným paralelně. V prvním případě vznikne dvoucestný prvek, kde se redukční ventil chová jako dvoucestná tlaková váha. Redukční ventil může stát před škrťacím ventilem, kdy se instaluje spolu se zpětným ventilem nebo za škrťacím ventilem.



Obr. 2.24 Zapojení s redukčním ventilem na vstupu / na výstupu [10]

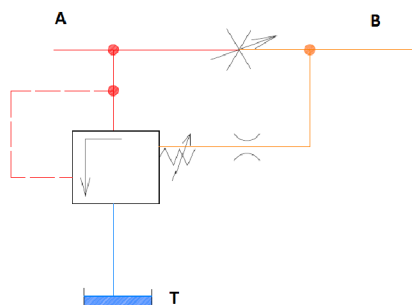


Obr. 2.25 Konstrukční provedení modelu VSS2-206 [3]

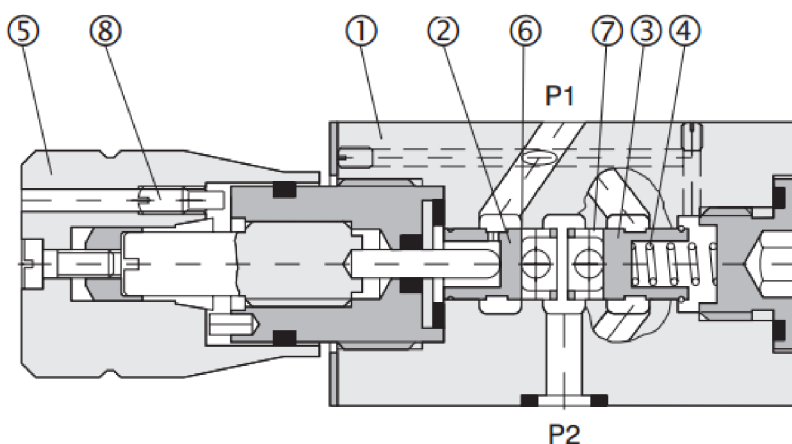




V druhém případě při použití přepouštěcího ventilu vznikne třicestný prvek, kde přepouštěcí ventil odvede přebytečné medium zpět do nádrže a díky odvedení přebytečné kapaliny nevzniká tolik tepla jako u prvního případu. Instalují se pouze do vstupu do hydromotoru.



Obr. 2.26 Schéma zapojení s přepouštěcím ventilem [10]



1. Tělo ventilu
2. Škrťací šoupátko
3. Stabilizátor 1
4. Pružiny
5. Otočná rukojeť
6. Škrťací průřez 1
7. Škrťací průřez 2
8. Šroub

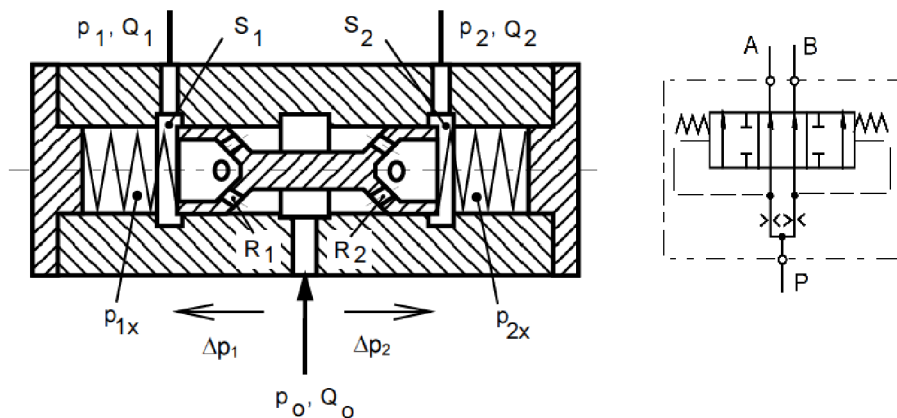
Obr. 2.27 Konstrukční provedení modelu VSS1-306 [3]

Výrobci: Argo Hytosc, Bosch Rexroth,

### 2.3.4 DĚLIČE PRŮTOKŮ [11,13,27]

Principiálně jde o velice jednoduché prvky, které jsou schopné rovnoměrně nebo poměrově korigovat průtok a rychlost media. Zejména jsou vhodné v aplikacích, kde je požadavek na synchronní chod dvou a více hydromotorů. V případě, že jsou hydrogenerátory nerovnoměrně zatíženy, využívá se poměrného dělení.

Další využití děličů je například jako nápravové nebo mezi nápravové uzavěrky diferenciály u mobilní techniky.



Obr. 2.28 Konstrukční provedení děliče průtoku 1:1 a Schéma [27]

Jak je zřejmé z obrázku, vzroste-li tlak v jednom z výstupních kanálů, kapalina začne protékat cestou menšího odporu, tedy druhým kanálem, což má za následek větší rychlost média, která vede k většímu tlakovému spádu a poklesu spádu na straně s větším tlakem. Při tomto ději se šoupátko posouvá, dokud se tlaky ve větvích nevyrovnají a nenastane znovu rovnováha.

Bucher Hydraulics nabízí dělič průtoku MTDA , dělí v poměru 1:1 pro tlak až 420 barů a pro maximální průtok 420 l/min.

Hawe Hydraulik se svou typovou řadou TQ je s parametry o něco níže, rovněž dělí průtok v poměru 1:1, ale jen do maximálního průtoku 200 l/min. Tlak je zde také nižší a to 350 barů.

Výrobci: Poclain, Sauer Sundstrand, Bosch Rexroth,



### 3 PROPORCIONÁLNÍ TECHNIKA [24,27]

Proporcionální technika je v dnešní době nedílnou součástí navrhování hydraulických obvodů. K řízení proporcionální techniky se nejčastěji používají elektrické signály. Kombinací zpětných vazeb a proporcionální techniky lze dosáhnout velice přesného spojitého řízení celé hydraulické sestavy. Nevýhodou hydraulických okruhů, kde je použita proporcionální technika, je nutnost elektronického řízení, což má za následek složitější konstrukci stroje jako celku. Pokud se ale zaměříme jen na hydraulický obvod, můžeme zaznamenat i zjednodušení. Pokud jsme schopni plynule ovládat rychlost média v okruhu, nemusíme například do obvodu vkládat brzdící ventil, jelikož jsme jeho funkci schopni nahradit. Díky tomuto ovládání jsme schopni docílit i lepších dynamických vlastností.

Hlavní činnou složkou je elektromagnet, který je schopný díky přivedenému signálu zaaretovat jakýkoliv bod na křivce daného prvku, přičemž toto platí pro prvky ovládající tlak, průtok či směr kapaliny. Elektromagnet ovšem není jedinou možností proporcionálního řízení, lze ho dosáhnout také v případě, že je prvek ovládán pneumaticky nebo hydraulicky. Výstupní hodnoty jsou obdobné; rozdíl je pouze v tom, jakým způsobem je řídicí síla vyvolána.

Rozlišujeme dva základní druhy magnetů a to silové a zdvihové. Jejich rozdíl je ve statických charakteristikách. Magnety jako takové vykazují nežádoucí vlastnosti, které je možné potlačit zpětnou vazbou.

Vlastnosti magnetu:

Hystereze – jde o závislost na předchozích stavech magnetu. Hystereze je určena pro všechny ventily v procentech a je založena na maximálním průtoku ventilů.

Citlivost – neboli rozdíl, který je požadován na vstupním signálu, k dosažení znatelné změny ve stejném směru jako předchozím pohybu. Citlivost je určena pro všechny ventily v procentech a je založena na maximální hodnotě elektrického vstupního signálu.

Reverzní citlivost – je to rozdíl, který je požadován na vstupním signálu k dosažení znatelné změny - pro změnu v opačném směru než byl předchozí pohyb.

Opakovatelnost – znamená, že přestože je ventil používán za přesně stejných podmínek (médiu, tlak a elektrický vstupní signál atd.), mohou se čas od času projevit menší rozdíly v průtoku.

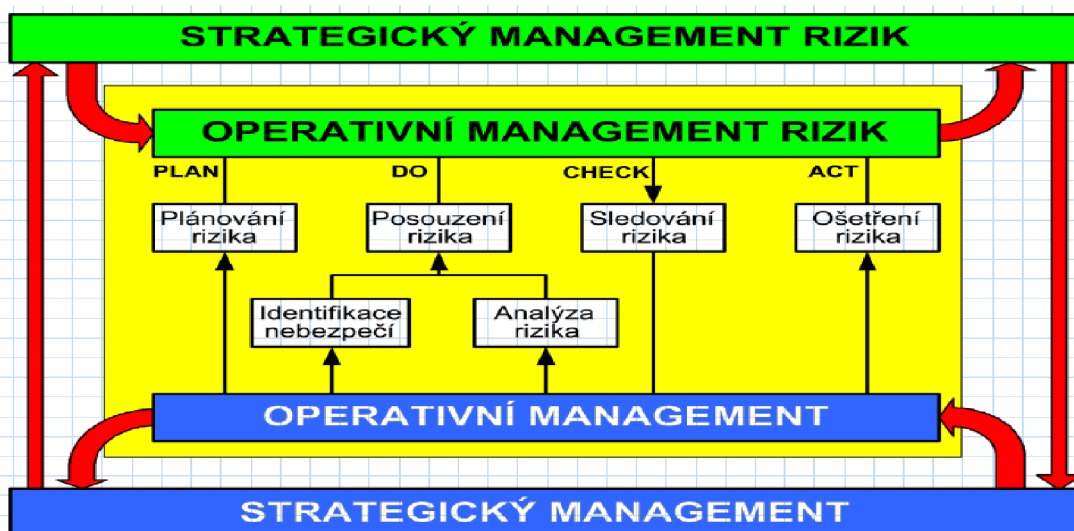
Dalo by se říci, že proporcionální technika je mezikrok mezi servotechnikou a klasickými spínači. Servotechnika je nasazována tam, kde je potřeba naprosto přesného řízení, tomu odpovídá i rozsah frekvencí, který je několikrát větší, pohybuje se okolo 100 Hz. Proporcionální ventily mají frekvence zhruba 10 Hz, ale pro většinu aplikací to stačí.



## 4 BEZPEČNOSTNÍ PRVKY [5,10,14,27]

Jsou to prvky, které předcházejí škodám na majetku a působí při ochraně osob. Měly by být součástí každého obvodu, přičemž by funkci obvodu neměli nijak pozměnit. Všechny stroje musí splňovat směrnici Evropské unie 2006/42/ES. Tato směrnice je také novelizovaná v zákoně č. 221/1997 Sb., který upřesňuje technické požadavky na výrobky.

V dnešní době se snížení rizik řeší už při návrhu nového výrobku a většina firem se proto věnuje managementu rizik.



Obr. 4.1 Management rizik [5]

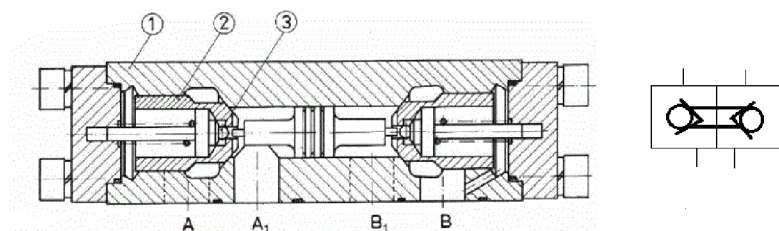
Nejpoužívanější bezpečnostní prvky: pojistný ventil, zpětný ventil, hydraulický zámek a pohony s havarijní funkcí.

Pojistný ventil má velice jednoduchou, avšak zásadní funkci. V případě, že tlak v obvodu překročí povolenou hranici, pro kterou byl ventil nastavený, odvede přebytečné medium zpět do nádrže nebo do výpusti a poté se sama zavře. Správné nastavení tlaku pojistného ventilu je zásadní pro správnou funkci. V obvodu, kde se vyskytují pulzace, je doporučená hodnota 20 % nad pracovním tlakem okruhu. Pojistný ventil se vždy instaluje paralelně. Podléhají normě ČSN 134309. Jak již bylo zmiňováno v kapitole 2.2.1, jsou konstrukčně totožné s tlakovými ventily.

Zpětný ventil slouží jako bezpečnostní prvek tehdy, chceme-li aby chránil například čerpadlo nebo větev před zavzdušněním a tím předcházet škodám.

Clonky se používají jako ochrana před náhlým zvýšením tlaku.

Hydraulický zámek vznikne kombinací dvou zpětných neřízených ventilů, jejich uzavírací elementy jsou propojené. Tímto dosáhneme prvku, který fixuje obvod. Pokud do obvodu nepřitéká medium, tak z něj žádné neodchází. Velice často se s tímto prvkem setkáme u zvedacích zařízení, jelikož zamezí pádu břemene a proto se instaluje co nejbližše hydromotoru.



1. Tělo ventilu
2. Uzavírací elementy
3. Mechanicko-hydraulické odlehčování

*Obr. 4.2 Konstrukce hydraulického zámku a schematická značka [14]*

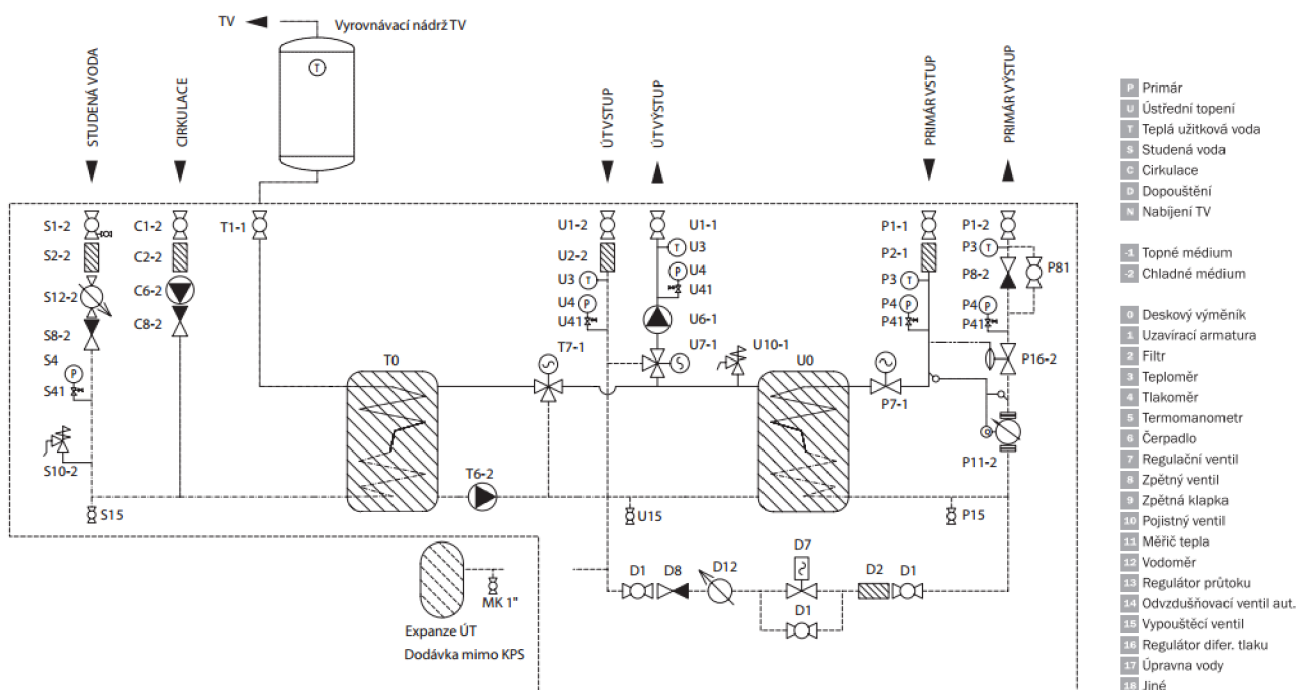
Pohony s havarijní funkcí jsou vyžadovány z bezpečnostního důvodu u mnoha aplikací. Jedná se o opatření při výpadku elektrické energie, kdy pohon s touto funkcí samovolně uzavře nebo naplno otevře ventil a zajistí tak nouzový chod stroje.

Bezpečnostní prvky by měly být instalovány tak, aby se vzájemně nevyrušovaly a neměly vliv na chod stroje.



## 5 NÁVRH VENTILU ZKRATOVÉHO OKRUHU [7,29]

Zkratový okruh najdeme v různých aplikacích. Pro výpočet jsem si zvolil zkratový okruh v kompaktní předávací stanici typu AQHS od společnosti Tenza, a.s., kde budu navrhovat třicestný škrtící ventil. Jedná se o kvalitativní regulaci, jelikož je průtok neměnný a teplota se mění díky směšování pomocí zpáteční větve. Stanice je určena pro dálkové vytápění a ohřev teplé vody pro bytové jednotky a objekty občanské vybavenosti. Stanice jsou navrhovány na maximální teplotu 140°C a tlak až 2,5 MPa. Výstupní teplota pro teplou pitnou vodu je 55-60°C a pro ústřední topení v rozsahu 70-90°C. Výměníky tepla jsou v tomto typu stanic paralelně řazené.

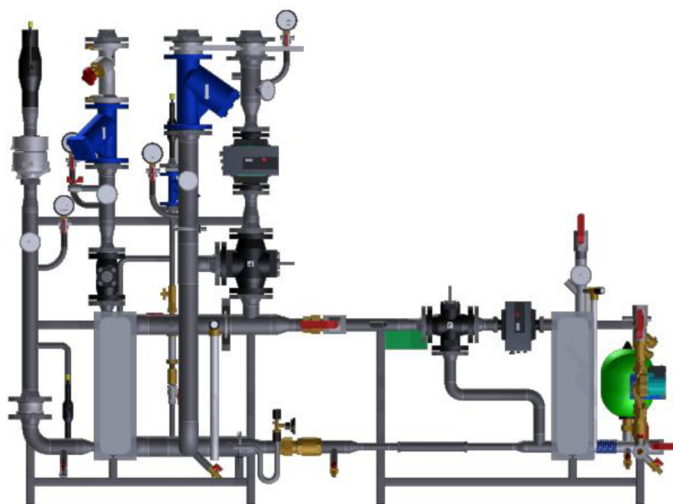


Obr. 5.1 Schematické zapojení typu AQHS[29]

### 5.1 ZÍSKÁNÍ HODNOT DLE SKUTEČNÉHO ZADÁNÍ [7,29]

Předávací stanice se vyrábí v různých výkonech a úpravách dle požadavků zákazníka. Pro své výpočty budu vycházet ze stanice Dřevařská 31, 33, která je již realizována a plně funkční. Na přání Tepláren Brno a zákazníka bylo schéma nepatrně upraveno.

Stanice má výkon 200kW na ústřední topení a 165kW na teplou vodu. Stanice je tlakově rozdělena na tři okruhy, které jsou vzájemně odděleny výměníky. Nominální tlaky v jednotlivých okruzích jsou 2,5MPa, 0,6MPa a 1MPa. Regulační ventil pro teplou vodu musí mít havarijní funkci.



Obr. 5.2 Studie stanice Dřevařská 31, 33

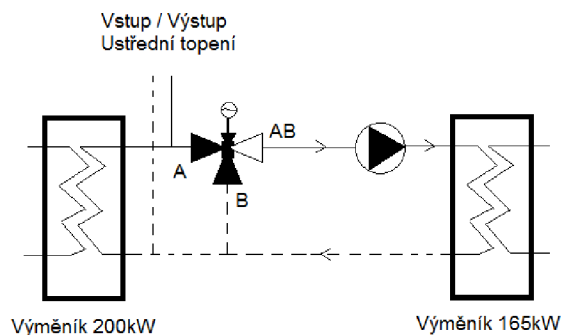
Aby výměník tepla na straně teplé vody fungoval na požadovaných 165kW, musí na jeho vstupu být teplota 65°C a výstupu 26°C; průtok 3,7m<sup>3</sup>/h. Pro dané pracovní podmínky výrobce udává tlakovou ztrátu 13,4kPa.

Výměník ústředního topení má v zimním období na výstupní straně 90°C, v letním období 65°C. Jeho tlaková ztráta je 10,9kPa.

Osazené oběhové čerpadlo je dimenzované tak, že při průtoku 4,7 l/s garantuje výtlak 3,5m. Čerpadlo je dimenzováno na nominální tlak 0,6MPa a teplotu 110°C a je elektronicky řízeno frekvenčním měničem.

Průměr potrubí v této části je dimenzován na DN 32. Pro zjednodušení výpočtu odpor potrubí zanedbávám, vzhledem k jeho délce netvoří na rozdíl ostatních komponentů významnou hodnotu.

Pro výpočet regulačního ventilu volíme největší možný tlakový spád, při kterém bude okruh funkční. Pro třicestný ventil mohou nastat dvě krajní hodnoty a to zavřený port A a otevřený B nebo naopak. V případě zavření portu A je tlakový spád menší, jelikož čerpadlo musí být schopno pokrýt pouze výměník teplé vody a samotný ventil. Po uzavření portu B musí čerpadlo navíc pokrýt ztráty na výměníku pro ústřední topení.



Obr. 5.3 Zjednodušené schéma zapojení zkratového okruhu.





Nejdůležitější kritéria ventilů:

1. Dimenze
2. Průtokový součinitel ( $K_v$ )
3. Charakteristika ventilů
4. Autorita ventilů

Výstupní teplotu na portu AB docílíme vhodným poměrem průtoku, viz směšovací rovnice. V praxi se řídí poměr směšování v reálném čase za pomoci výpočetní jednotky a teplotních čidel.

$$t_{ab} = \frac{t_a Q_a + t_b Q_b}{Q_a + Q_b} \quad (1)$$

Kde:  $t_{ab}$  je výstupní teplota ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t_a[t_b]$  je vstupní teplota na portu A [B] ( $^{\circ}\text{C}$ )

$Q_a[Q_b]$  je vstupní objem na portu A [B] ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

## 5.2 SAMOTNÝ VÝPOČET [7,19,29]

Výpočet tlaku pro krajní hodnoty:

$$\Delta p_1 = p_{\check{c}} - p_{tv} - p_{ut} \quad \Delta p_1 = 10,7 \text{ kPa} (0,107 \text{ bar}) \quad (2)$$

$$\Delta p_2 = p_{\check{c}} - p_{tv} \quad \Delta p_2 = 21,6 \text{ kPa} (0,216 \text{ bar}) \quad (3)$$

Kde:  $p_{\check{c}}$  je tlak čerpadla (kPa)

$p_{tv}$  je tlaková ztráta na výměníku tepla pro teplou vodu (kPa)

$p_{ut}$  je tlaková ztráta na výměníku tepla pro ústřední topení (kPa)

$\Delta p_1$  je maximální tlaková ztráta ve stavu 1 (kPa)

$\Delta p_2$  je maximální tlaková ztráta ve stavu 2 (kPa)

Průtokový součinitel udává velikost průtok při přesně definovaném zdvihu. Do výpočtu dosadíme tlak  $\Delta p_1$ , aby ventil správně fungoval, i v nejhorším případě, kdy nebude směšovat a bude naplno otevřený port A.

$$K_v = Q / \sqrt{\Delta p} \quad K_v = 11,3 \quad (4)$$

Kde:  $Q$  je objemový průtok potřebný pro výměník ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$\Delta p$  je největší dovolená tlaková ztráta ventilu [ $\Delta p_1$ ](bar)

$K_v$  je průtokový součinitel ( $\text{m}^3/\text{h}$ )





Hodnota  $Kvs$  je speciální případ hodnoty  $Kv$ , kdy se jedná o průtok otevřeným ventilem. Pokud už jsme před návrhem nepředimenzovali průtok, volíme bezpečnostní koeficient v rozsahu 1,1 až 1,3 násobku hodnoty  $Kv$ . Pro výpočet volím koeficient 1,2.

$$Kvs = (1.2) * Kv \quad Kvs=13,6 \quad (5)$$

Kde:  $Kv$  ideální hodnota průtokového součinitele ( $m^3/h$ )

$Kvs$  ideální hodnota průtokového součinitele s koeficientem bezpečnosti ( $m^3/h$ )

Nejbližší vyšší sériově vyráběný ventil má hodnotu  $Kvs$  16. Dalším krokem je výpočet tlakové ztráty ventilů při plném otevření. Tato ztráta je stejná pro oba případy, kdy je ventil v krajní poloze.

$$\Delta p_{ventil} = (Q/Kvs)^2 \quad \Delta p_{ventil}=0,05 \text{ bar (5kPa)} \quad (6)$$

Kde:  $Q$  je objemový průtok potřebný pro výměník ( $m^3/h$ )

$Kvs$  je hodnota sériově vyráběného ventilu ( $m^3/h$ )

$\Delta p_{ventil}$  je tlaková ztráta ventilu (bar)

Tlak samotného ventilu vyšel nižší než tlaková ztráta, a to o značnou část. Pokud ovšem přihlédneme k faktu, že jsme zanedbali odpory v potrubí, armaturách a v neposlední řadě jsme také zanedbali zarůstání výměníku, jedná se o dostačující výsledek. Pokud by ovšem vyšel obdobný výsledek při návrhu, který není zjednodušen, doporučil bych opakovat výpočet pro stejný ventil s čerpadlem o menším výtlaku.

Výpočet autority ventilů slouží k porovnání vlivu ventilu na hydraulický okruh. Tlaková ztráta plně otevřeného a uzavřeného ventilu jsou u třicestných ventilu rovny. Tlakový rozdíl mezi větvemi je pro náš případ tlaková ztráta výměníku ústředního topení.

$$a = \frac{\Delta p_{100}}{\Delta p_0 - \Delta pd} \quad a=0,31 \quad (7)$$

Kde:  $\Delta p_{100}$ ,  $\Delta p_0$  je tlaková ztráta ventilu při plném otevření (bar)

$\Delta pd$  je tlaková ztráta mezi primární a zpáteční větví (bar)

$a$  je autorita ventilů (-)

Pro dobrou regulaci stačí autorita 0,5 až 0,3.

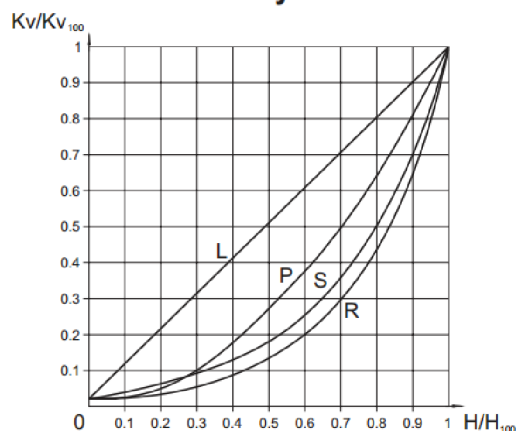
Dalším krokem je určení velikosti ventilů. Ventily s  $Kvs$  16 se vyrábí od dimenze 32 do 80. Vzhledem k zadání nejvíce odpovídá ventil s dimenzí 32mm, jelikož na tento rozměr máme dimenzované čerpadlo a potrubí.

Volba charakteristiky vychází zejména z požadavků na regulaci a řízení obvodu. Pro tuto a podobné aplikace se doporučuje rovnoprocentní charakteristika. Je volena s ohledem na plynulejší regulaci, při rychlých změnách teplot má pak pohon tendenci střídavého zavírání a



otevírání. Zvolením rovnoprocentní charakteristiky se teploty mění pozvolněji, tím odpadá daný problém.

### Průtočné charakteristiky ventilu



- L - lineární charakteristika  

$$Kv/Kv_{100} = 0.0183 + 0.9817 \cdot (H/H_{100})$$
- R - rovnoprocentní charakteristika (4-procentní)  

$$Kv/Kv_{100} = 0.0183 \cdot e^{(4 \cdot H/H_{100})}$$
- P - parabolická charakteristika  

$$Kv/Kv_{100} = 0.0183 + 0.9817 \cdot (H/H_{100})^2$$
- S - LDMspline® charakteristika  

$$Kv/Kv_{100} = 0.0183 + 0.269 \cdot (H/H_{100}) - 0.380 \cdot (H/H_{100})^2 + 1.096 \cdot (H/H_{100})^3 - 0.194 \cdot (H/H_{100})^4 - 0.265 \cdot (H/H_{100})^5 + 0.443 \cdot (H/H_{100})^6$$

Obr. 5.4 Přehled charakteristik a jejich výpočet [7]

Výpočet potřebné síly pohonu se u třicestných ventilů běžně neprovádí. Trojcestný regulační ventil není tlakově oddělen, vždy jsou otevřeny minimálně dvě cesty, což má za následek minimální tlakovou diferenci.

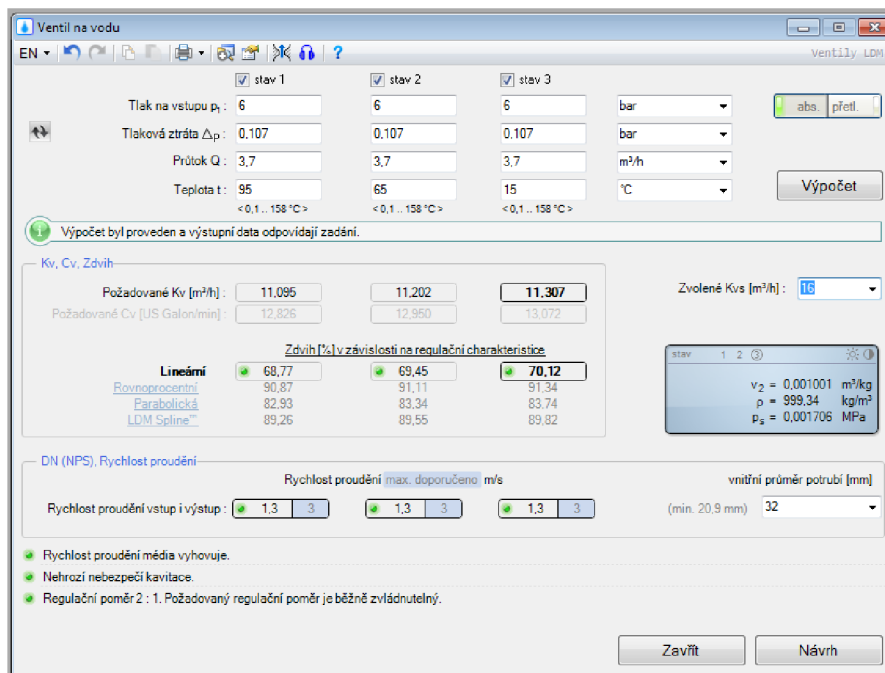
Na základě výpočtu by měl mít osazený ventil tyto parametry, Kvs 16, DN 32, minimální hodnotu PN 6, rovnoprocentní nebo podobnou charakteristiku a měl by být osazen pohonem s havarijní funkcí.

Uvedené vztahy a hodnoty platí pro vodu o teplotě 15°C.

Pro ukázkou jsem zadal hodnoty do dvou softwarů pro výpočet. Výpočet budu provádět ve výpočtovém programu od firmy LDM a Polna corp.

#### 5.2.1 VÝPOČET ZA POUŽITÍ SOFTWARE LDM [19]

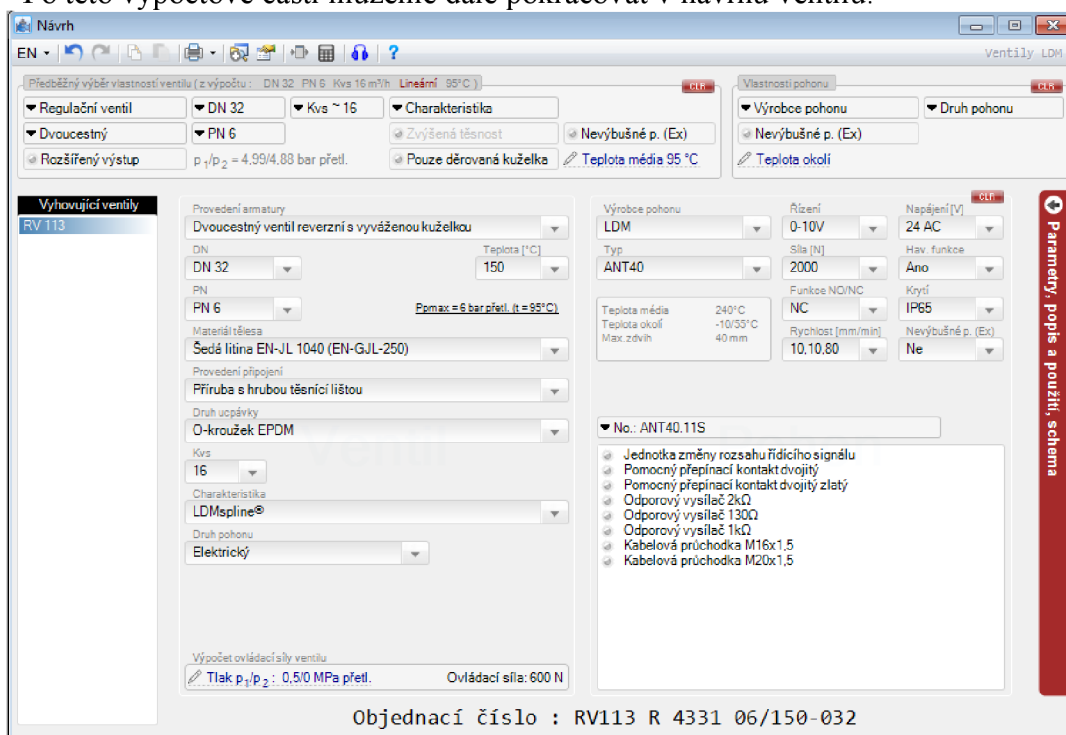
Tento software je velice uživatelsky příznivý a přehledný. Kromě samotného výpočtu navrhne vhodný ventil z nabídky společnosti a kontrolu průtoku základních okruhů. Tento software je necertifikován auditem systému jakosti dle ISO 9001 a certifikován dle ISO 14001.



Obr. 5.5 Výpočtový software LDM- výpočetní část

Výpočet jsem provedl na základě stejných vstupních parametrů obohacených o teplotu. Teploty jsem zadal pro letní (65°C) a zimní období (95°C) a pro srovnání výpočtu jsem přidal ještě teplotu 15°C. Výsledná hodnota pro 15°C vyšla obdobně.

Po této výpočtové části můžeme dále pokračovat v návrhu ventilu.

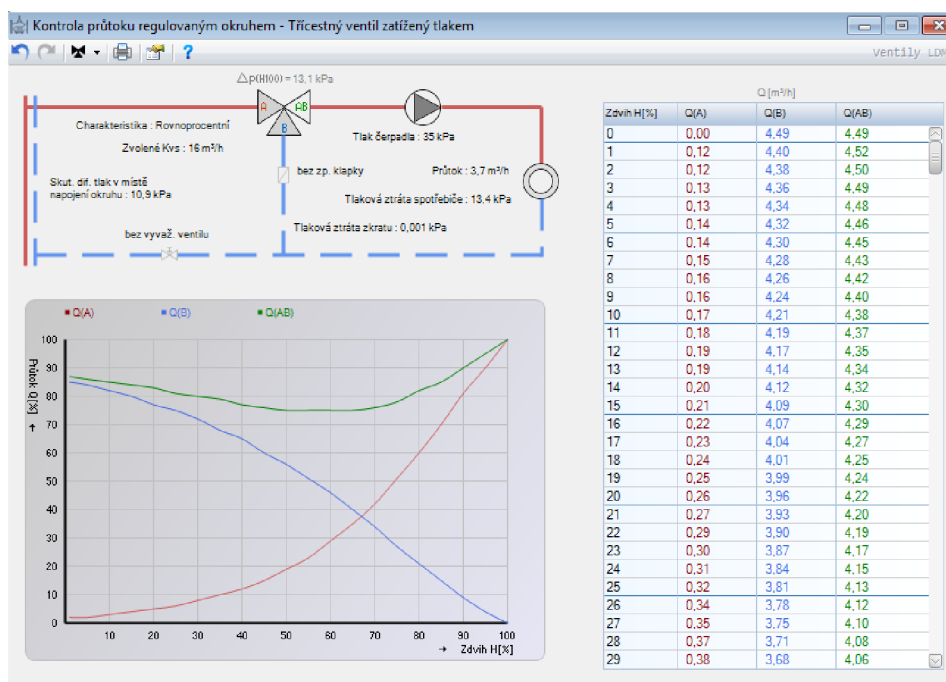


Obr. 5.6 Výpočtový software LDM- návrhová část



V této části si zvolíme vyhovující řadu ventilů a následně si můžeme zvolit pohon. Opět velice přehledně. Z nabídky LDM se pro dané podmínky hodí ventil řady RV113. V pravé části obrazovky je lišta, přes kterou se dostaneme na katalogový list produktu.

Jak již bylo zmíněno, software nabízí průtokovou kontrolu základních obvodů, kterou jsem také využil.



Obr. 5.7 Výpočtový software LDM – Kontrola průtoku okruhu

Opět jsem do programu zadal hodnoty, se kterými jsem pracoval při výpočtu. Tabulka na pravé straně ukazuje maximální hodnoty průtoku ventilem. A v žádném bodě zdvihu není průtok menší než požadovaný.

Provedené výpočty a kontroly tímto programem podpořily výpočet a správnost návržení základních parametrů ventilů.

### 5.2.2 VÝPOČET ZA POUŽITÍ SOFTWARE POLNA CORP [25]

Výpočtový software od společnosti Polna corp (DiVent) je univerzálnější, jelikož s jeho pomocí můžeme počítat i jiné ventily. Oproti software od LDM postrádá podpůrné výstupy jako například návržení přesného typu ventilu a pohonu nebo kontrolu okruhu, které jsou velice užitečné. Práce s tímto softwarem je o něco složitější.

Jeho výpočty vychází dle platných evropských norem: ČSN EN 60534-2-1:1998, ČSN EN 60534-8-3:2000, ČSN EN 60534-8-4:1999.



DiVent - Dimenzování ventilů POLNA corp. s.r.o. - [Nový projekt 1]

Projekt Ventily Úpravy Zobrazení Nástroje Okno Nápověda

Projekt:  
Zákazník:  
Název:  
Popis:

Ventil:  
Název: Regulační ventil  
Popis:  
Typ média: voda

Charakteristiky ventilu:  
Řada... Z3  
Model... Charakteristika... LIN  
Průtokový koeficient Kvs... 16  
Vstupní průměr ventilu d [mm]... 32  
Výstupní průměr ventilu D [mm]... 32

Potrubí:  
Normalizované potrubí  
Vstupní průměr potrubí D1 [mm]... 41,5  
Výstupní průměr potrubí D2 [mm]... 41,5  
Vstupní tloušťka potrubí ti [mm]... 2,6  
Výstupní tloušťka potrubí tp [mm]... 2,6  
Redukce hluku tep.izolací [dB(A)]... 0

Vstupní hodnoty:  
Výpočtové stavy: 1. 2. 3.  
Průtok (Q nebo W) 3,7 3,7 3,7 m3/h  
Absolutní vstupní tlak (p1) 6 6 6 bar  
Absolutní výstupní tlak (p2) 5,893 5,893 5,893 bar  
Teplota látky (T1) 95 65 15 °C  
Viskozita (ηv) 0,29742 0,43339 1,1372 cP  
Absolutní tlak syté páry (pv) 0,84609 0,25041 0,017057 bar  
Absolutní kritický tlak (pc) 221,2 221,2 221,2 bar  
Provozní hustota (ρho1) 962,13 980,78 999,33 kg/m3  
Rychlost zvuku v kapalině (cF) 1550,33 1557,158 1467,378 m/s  
Faktor ventilu (FL) 0,906 0,905 0,905  
Faktor ventilu (Fd) 0,41 0,41 0,41  
Mezní poměrný tlak spád ventilu (xFz) 0,65 0,65 0,65

Výpočet: Spustit výpočet

Výsledky výpočtu:  
Průtokový koeficient (Kv) 11,125 11,233 11,34 m3/h  
Zdvih 69,5 70,2 70,9 %  
Typ proudění Normal Normal Normal -  
Výstupní rychlost 1,278 1,278 1,278 m/s  
Redukce hluku tep.izolací 0 0 0 dB(A)  
Hladina akustického tlaku (LpAe, 1 m) 33,38 33,46 33,31 dB(A)

Obr. 5.8 DiVent – výpočtový software Polna corp

Opět jsem do programu zadal stejné vstupní parametry jako u předchozího výpočtu. Po zadání řady (typu) ventilu jsem zadal základní parametry v tabulce vstupních hodnot a potrubí. Na základě vypočtených hodnot jsem pod záložkou „Model“ vyplnil tabulku „Charakteristiky ventilu.“ I když společnost Polna corp vyrábí regulační ventily i s rovnoprocentní, v nabídce byla pouze lineární. Po vložení těchto dat a opětovném výpočtu jsem získal výsledné hodnoty.

Při porovnání výsledku požadované hodnoty Kv v obou softwarech zjistíme jen nepatrné rozdíly. Ve volbě ventilu je položka „Specifikace.“



Obr. 5.9 DiVent – specifikace ventilů

V tomto okně si ventil můžeme blíže specifikovat a zvolit pohon. Přesný typ a model, pro který vyhovují tyto požadavky, zde není uveden. Z katalogu jsem vybral vhodný ventil: ES-BR 11-1A470P1 DN 32 PN10 KVS16 s rovnoprocentní charakteristikou. K tomuto ventilu se nabízejí pohony AUMA nebo REGATA.

### 5.2.3 ZHODNOCENÍ VÝPOČTU [7,19,25,26,29]

Na stanici je ve skutečnosti osazen regulační ventil VG98D1S1K od společnosti Johnson Controls s kombinovanou, rovnoprocentní a lineární charakteristikou a pohonem VA-7706-8201. Ventil s pohonem na stanici dodala externí firma.

Jako plnohodnotnou náhradu za tento ventil může být osazen jakýkoliv ventil s parametry uvedenými ve výpočtové části.

Ventil typu RV113 R 4331 06/150-32 a pohon ANT40.11s navržený pomocí software LDM může sloužit také jako plnohodnotná náhrada, i když má regulační charakteristiku LDM splitline. Ta totiž vychází z rovnoprocentní charakteristiky a byla vytvořena právě na základě požadavků na vytápění.

Ventil ES-BR 11-1A470P1 DN 32 PN10 KVS16 s rovnoprocentní charakteristikou a s pohonem AUMA navržený pomocí DiVent od společnosti Polna corp může být také nainstalován jako plnohodnotná náhrada.

Výběr z katalogových listů je součástí příloh. Úplné katalogové listy jsou k nalezení na stránkách výrobců.

.



## ZÁVĚR

Práce je zaměřena na prvky hydraulických obvodů, zejména pak na regulační prvky, jelikož jsou tyto prvky základní stavební jednotkou každého obvodu. V této práci jsou tyto prvky rozděleny do tří základních podskupin a to na prvky pro hrazení průtoku, prvky pro řízení tlaku a prvky pro řízení průtoku.

V práci jsou uvedeni přední výrobci hydraulických prvků a ukázka jejich sortimentu, čímž jsem chtěl poukázat na široké spektrum možností, které se na trhu nabízí.

Řízení těchto prvků pomocí proporcionální techniky je dnes téměř samozřejmostí. Je to důsledek vzrůstajících nároků na tvorbu sofistikovanějších systémů a co možná největší úsporu.

Jelikož každé zařízení v dnešní době musí splňovat bezpečnostní předpisy, věnoval jsem této problematice jednu kapitolu. V této kapitole jsou uvedeny směrnice a hydraulické prvky, které mají bezpečnostní charakter.

Teoretická část je podpořena výpočtem škrťacího ventilu ve zkratovém obvodu výměníku. Zkratový okruh je součástí tepelné předávací stanice typu AQHS od společnosti Tenza a.s. Analýzou již hotové a plně funkční stanice Dřevařská 31, 33 jsem získal data pro výpočet.

Po výpočtu základních parametrů ventilu jsem provedl i výpočet ve dvou různých softwarech. Použil jsem software od společnosti LDM a Polna corp. Výsledné parametry navrhovaného ventilu byly obdobné, základní hodnoty  $K_{vs}$  a dimenze se nelišily.

Na základě výpočtu jsem dále pokračoval v návrhu přesných typů ventilů, které by mohly sloužit jako plnohodnotná náhrada za již stávající ventil. Závěrem bylo srovnání navržených ventilů s osazeným ventilem. Lišily se pouze charakteristikami, které si ovšem byly velmi podobné.





## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] ABO VALVE, s.r.o. Abo valve: výroba a prodej armatur [online]. Neuvedeno [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.abovalve.com/cz/>
- [2] ADLER SPA. ADLER SpA [online]. Neuvedeno [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: [http://www.adlerspa.com/html\\_en/default.asp.adf](http://www.adlerspa.com/html_en/default.asp.adf)
- [3] ARGO-HYTOS. ARGO-HYTOS: We produce fluid power solutions [online]. Neuvádí [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.argo-hytos.com/cz/home.html>
- [4] Bez-pohonu-s-rucnim-ovladanim. BELIMO CZ SPOL. S R.O. Belimo [online]. 2011 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.belimo.cz/bez-pohonu-s-rucnim-ovladanim/>
- [5] BLECHA, Petr. FVY - Výrobní stroje a zařízení: Studijní opora pro přednášku č. 13 - Bezpečnost výrobních strojů. Brno, 2011.
- [6] BOSCH REXROTH, Czech Republic. Bosch Rexroth [online]. Neuvedeno [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: [http://www.boschrexroth.cz/country\\_units/europe/czech\\_rep/cs/index.jsp](http://www.boschrexroth.cz/country_units/europe/czech_rep/cs/index.jsp)
- [7] DOUBRAVA, Jiří. Regulační armatury 4. doplněné a upravené vydání. 4. vyd. Litomyšlská 1378, 560 03 Česká Třebová: Invence - Vladimír Peleška, Janov u Litomyšle, 2006. Dostupné z: [http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125esb1,125esbb/soubory/ldm\\_sbormik2006.pdf](http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125esb1,125esbb/soubory/ldm_sbormik2006.pdf)
- [8] ELIC: Redukční ventil PRV. In: Kpvalves [online]. Neuvedeno [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.kpvalves.cz/produkty/pdf/prv.pdf>
- [9] ESBE: Zpětné klapky. In: Marcomplet [online]. Neuvedeno [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://marcomplet.cz/docs/Esbe/ZK.pdf>
- [10] EXNER, H. Základy hydraulických systémů a základní hydraulické komponenty. 3. vyd. G.L. Rexroth GmbH, 2005
- [11] Flow Divider MTDA. BUCHERHYDRAULICS. Bucherhydraulics [online]. Neuvedeno [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.bucherhydraulics.com/31525/Mobile-and-Industrial-hydraulics/Products/Valves/Flow-functions/Flow-dividers/MTDA/index.aspx>
- [12] FLUIDTECHNIK BOHEMIA, s.r.o. FLUIDTECHNIK BOHEMIA [online]. 2014 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.fluidbohemia.cz/>
- [13] HAWE HYDRAULIK. HAWE Hydraulik [online]. Neuvedeno [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.hawe.de/cs/home/>
- [14] Hydraulické zámky HZ. In: Sbinmart [online]. Neuvedeno [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.sbinmart.sk/new/slovak/Hydraulicke-prvky/HZ.pdf>
- [15] IVAR CS. IVAR CS: komponenty pro vodu, vytápění a plyn [online]. 2001-2014 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.ivarcs.cz/>



- [16] Jednosměrné ventily: typ VU. In: Rerosa [online]. Neuvedeno [cit. 2014-05-24]. Dostupné z:<http://www.rerosa.cz/pdf/VU.pdf>
- [17] KOJZAR, Vlastimil. Jaké jsou důsledky použití kulového ventilu jako regulačního ventilu?. SIEMENS. Měření a regulace [online]. Evropská 33a, Praha 6, 2004 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z:  
[https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/infrastructure-cities/IBT/mereni\\_a\\_regulace/ventily\\_a\\_pohony/Documents/13547\\_TeorieVentily.pdf](https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/infrastructure-cities/IBT/mereni_a_regulace/ventily_a_pohony/Documents/13547_TeorieVentily.pdf)
- [18] Kulové kohouty GIACOMINI - tradice z Itálie. GIACOMINI CZECH, s.r.o. Giacomini [online]. 2010 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.giacomini.cz/investori/kulove-kohouty-giacomini/190/stgfdsa>
- [19] LDM SPOL. S R. O. LDM [online]. 2009 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.ldm.cz/>
- [20] MATTECH, s.r.o. Mattech [online]. 2014 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.mattech.cz/>
- [21] MEDEK, Jaroslav. Hydraulické pochody:[Určeno pro posl. Fak, stroj. Vys. Učení techn. v Brně]. 2. vyd. Brno: PC-DIR, 1994, 339s. ISBN 80
- [22] Nové hydraulické prvky, řídicí systémy a jejich aplikace. Ostrava: Dům techniky ČSVTS, 1981, 214 s.
- [23] PARKER HANNIFIN CORPORATION. Parker [online]. 2013 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z:<http://www.parker.cz/>
- [24] PAVLOK, B., HRUŽÍK, L., BOVA, M.: Hydraulická zařízení strojů, VŠB-TU Ostrava, 2007.
- [25] POLNA CORP. S.R.O. POLNACORP: Dodavatel průmyslových armatur [online]. 2014 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.polnacorp.eu/>
- [26] Přírubové ventily řady VG9000: DN 15 – DN 100 • Šedá litina • PN 6 (K) & PN 10 (L). In: Marinfo[online]. Rev. 5. 2006 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: [http://www.marinfo.cz/Files/JCI-Johnson%20Controls/KATJCI\\_x/VG9000.pdf](http://www.marinfo.cz/Files/JCI-Johnson%20Controls/KATJCI_x/VG9000.pdf)
- [27] ŠKOPÁN, M.: Hydraulické pohony strojů, elektronická skripta VUT v Brně 2009
- [28] ŠRUTKA, Milan. Hydraulické a pneumatické prvky v regulaci. Brno, 1979.
- [29] TENZA, A.S. Tenza [online]. 2014 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.tenza.cz/cz/>
- [30] Ventilové terminály MPA-S. In: Festo [online]. 2013, 2013/01 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z:[http://xdki.festo.com/xdki/data/doc\\_CS/PDF/CZ/TYP32-G\\_CZ.PDF](http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_CS/PDF/CZ/TYP32-G_CZ.PDF)

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

a	[-]	Autorita ventilů
A	[-]	Vstupní port ventilů A
A1	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha o průřezu A1
A2	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha o průřezu A2
A3	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha o průřezu A3
AB	[-]	Vstupní port ventilů AB
Ak	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha o průřezu Ak
B	[-]	Vstupní port ventilů B
DN	[mm]	Dimenze
Kv	[m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	Průtokový součinitel při tlakovém spádu 1 bar
Kvs	[s <sup>-1</sup> ]	Průtok otevřeným ventilem při tlakovém spádu 1 bar
pa	[Pa]	Výstupní tlak
pe	[Pa]	Vstupní tlak
PN	[kPa]	Jmenovitý tlak
Q	[m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	Průtok
Q <sub>a</sub>	[m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	Vstupní průtok na portu ventilů A
Q <sub>b</sub>	[m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	Vstupní průtok na portu ventilů B
t <sub>a</sub>	[°C]	Vstupní teplota ventilu na portu A
t <sub>ab</sub>	[°C]	Výstupní teplota ventilů
t <sub>b</sub>	[°C]	Vstupní teplota ventilu na portu B
Δp	[Bar]	Tlaková ztráta pro návrh ventilů
Δp <sub>1</sub>	[kPa]	Maximální tlaková ztráta ve stavu 1
Δp <sub>2</sub>	[kPa]	Maximální tlaková ztráta ve stavu 2
Δp <sub>č</sub>	[kPa]	Tlak čerpadla
Δp <sub>tv</sub>	[kPa]	Tlaková ztráta výměníku pro teplou vodu
Δp <sub>ventil</sub>	[Bar]	Tlaková ztráta ventilů



## SEZNAM PŘÍLOH

### Katalogové listy

Společnost:	Výrobek:	Počet listů:
Tenza a.s.	Kompaktní předávací stanice AQHS	2
LDM spol. s.r.o.	Dvoucestné a třicestné regulační ventily LDM RV 113 - Výběr z katalogového listu	1
POLNA corp. s.r.o.	Regulační ventil TYP BR11 -Výběr z katalogového listu	1
Johnson Controls International, spol. s r.o.	Přirubové ventily řady VG9000-Výběr z katalogového listu	1

### Výkresová dokumentace

Číslo výkresu:	Název:	Druh výkresu:	Formát:
VOV-001211/REV 1	HYDR.SCH.NAVR.OBV	SCHÉMA	A4
VOV-001211/REV 1	PŘEDÁVACÍ STANICE DŘEVAŘSKÁ 31	VÝKRES SESTAVY	A3
VOV-001211/REV 1-1	ZAMĚNĚNÉ POTRUBÍ DŘEVAŘSKÁ 31	SVAŘENEC	A4
VOV-001211/REV 1-2	ZAMĚNĚNÉ POTRUBÍ DŘEVAŘSKÁ 31	KUSOVNÍK	A4