

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování



**POROVNÁNÍ ELEKTROPOHONŮ A
PNEUPOHONŮ PRO OVLÁDÁNÍ ARMATUR VE
VODÁRENSTVÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor:

Bc. Josef Někvinda

Vedoucí práce:

Ing. Lenka Pavlíčková Ph.D.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Josef Nekvinda

Krajinné inženýrství

Voda v krajině

Název práce

Porovnání elektropohonů a pneupohonů pro ovládnání armatur ve vodárenství

Název anglicky

Electric and pneumatic actuators comparison for armatures control in water engineering

Cíle práce

Cílem práce je komplexní zhodnocení současných trendů ovládnání armatur ve vodárenství. Představeny budou základní charakteristiky dnes nejhojněji využívaných elektrických a pneumatických pohonů s cílem představit jejich přednosti a úskalí. Práce v kontextu zvyšování míry hospodárnosti vodárenských provozů porovná variantní řešení a problematiku posoudí i z pohledu provozovatele vodárenského a čistírenského komplexu v ČR.

Metodika

1. Načtení dostupné literatury a článků na dané téma
2. Popsání základních ovládacích mechanismů elektrických a pneumatických pohonů
3. Zhodnocení přístupu na ovládnání armatur v ČR
4. Srovnání variantního řešení vodárenského provozu
5. Diskuze na téma výhod a nevýhod elektrického a pneumatického pohonu a budoucího vývoje

Doporučený rozsah práce

40

Klíčová slova

ovládání armatur, porovnání pohonů armatur, elektropohon, pneupohon, armature control comparison

Doporučené zdroje informací

KOPÁČEK, Jaroslav a Miloslav ŽÁČEK. Pneumatická zařízení strojů. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2003. ISBN 80-248-0442-5.

ROČEK, Jaroslav. Průmyslové armatury. Praha: Informatorium, 2002. ISBN 80-7333-000-8.

SKOUSEN, Philip L. Valve handbook. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, c2011. ISBN 978-0-07-174389-1.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Lenka Pavlíčková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2020

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 11. 03. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: ***Porovnání elektropohonů a pneupohonů pro ovládání armatur ve vodárenství*** vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 31.5.2020

.....

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Lence Pavlíčkové, Ph.D., vedoucí mé diplomové práce, za vedení, věcné připomínky a čas, který mi věnovala. Dále bych chtěl vyjádřit své poděkování svým kolegům za cenné rady, které mi pomohly dovést práci až této podoby, dále jmenovitě Ing. Michalovi Cé za poskytnutí know-how v oblasti pneupohonů a Stanislavu Šimůnkovi za odbornou pomoc v oblasti elektropohonů. Mé poděkování patří též mé rodině a přítelkyni za pomoc a podporu během studia.

V Praze dne 31.5.2020

.....

Abstrakt

V kontextu rychle se měnících podmínek na Zemi je žádoucí aplikovat proaktivní přístup a zavádět efektivní opatření zpomalující nástup změn. Účinné využívání zdrojů je jednou z cest, jak těchto cílů dosáhnout. Obor vodárenství je velmi komplexní oblastí s přesahy do všech aspektů lidského života, nicméně reaguje na změny velmi pomalu. Nahlížet lze takto i na dílčí problematiku pohonných technologií využívaných k ovládání průmyslových armatur. Dnes nejhojněji zastoupenými jsou elektrické servopohony a pneumatické pohony. I přes nezpochybnitelné ekonomické i technické výhody pneumatického řešení, je tato technologie odsouvána do pozadí. Tato práce chce prohloubit povědomí o jednotlivých klíčových aspektech obou technologií využívaných výhradně ve vodárenství. A to navržením komplexního hodnotícího konceptu, ale také představením ekonomického srovnání na reálných příkladech.

Klíčová slova:

Ovládání armatur, pneumatický pohon, elektrický pohon, porovnání ovládání armatur, vodárenství

Abstract

In the context of rapidly changing conditions on Earth, it is desirable to apply proactive approach and implement effective measures to slow the onset of this change. Effective resources usage is one way how to achieve these goals. The field of water supply is a very complex area with overlaps into most aspects of human life, however, it responds to changes in this area quite slowly. It is also possible to look at the partial issues of drive technologies used to control industrial valves by the same way. Today, the most used drives are electric and pneumatic actuators. Despite the unquestionable economical and technical advantages of pneumatic drives, this technology is being pushed into the background. This thesis intends to disseminate awareness of the various and crucial aspects of these technologies solely used in water management. This will be done by proposing a comprehensive evaluation concept but also an economic comparison on real examples.

Keywords:

Armature control, pneumatic actuator, electric actuator, armature control comparison, water engineering

OBSAH

1	ÚVOD	2
2	CÍLE PRÁCE	3
3	OVLÁDACÍ PROCESY VE VODÁRENSTVÍ	4
4	POPIS ZAŘÍZENÍ PRO OVLÁDÁNÍ ARMATUR VE VODÁRENSTVÍ ..	5
4.1	Elektrický pohon a jeho nároky	6
4.1.1	Konstrukce Asynchronního pohonu.....	7
4.1.2	Princip činnosti.....	8
4.1.3	Ovládání elektropohonu	8
4.1.4	Automatizace elektrických pohonů.....	9
4.2	Pneumatický pohon	10
4.2.1	Konstrukční typy pneupohonů	10
4.2.2	Náležitosti nezbytné k zahájení provozu.....	12
4.2.3	Ovládání pneupohonu elektropneumatickými ventily	14
4.2.4	Automatizace pneumatických pohonů – ventilové terminály	16
4.3	Připojování pohonu na armaturu	18
5	METODIKA POSUZOVÁNÍ POHONŮ	18
5.1	Hodnotící faktory pohonů a jejich význam	19
5.1.1	Oblasti použití	19
5.1.2	Bezpečnost provozu, spolehlivost, provozní Pohotovost.....	20
5.1.3	Spotřeba energie – účinnost	21
5.1.4	Prostorové uspořádání	22
5.1.5	Požadavky na ovládání.....	22
5.1.6	Možnost rozšíření.....	23
5.1.7	Ovladatelnost.....	23
5.2	Identifikace nákladů v rámci životního cyklu pohonu a armatury	24
5.2.1	Náklady na pořízení a uvedení do provozu.....	25
5.2.2	Náklady ve fázi používání po dobu životnosti	26
5.2.3	Náklady na likvidaci	30
6	SROVNÁNÍ VARIANTNÍHO ŘEŠENÍ	30
6.1	Provoz ČOV obříství	30
6.1.1	Struktura systému a vymezení jeho komponent.....	31
6.1.2	Výpočet nákladů pro variantu s pneumatickým a elektrickým pohonem	34
6.1.3	Posouzení dosažených výsledků	38
6.2	Alternativní provoz větších rozměrů – úv Kleine Kinzig	39
6.2.1	Struktura systému a vymezení jeho komponent.....	39
6.2.2	Posouzení dosažených výsledků	41
7	OSTATNÍ PROBLEMATIKA	42
7.1	Perspektivy účastníků rozhodovacího procesu	42

7.1.1	Projektant	42
7.1.2	Výrobce armatur.....	46
7.1.3	Provozovatel.....	48
8	DISKUZE.....	54
9	ZÁVĚR.....	56
10	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY	59
11	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	62
12	PŘÍLOHY	63

1 ÚVOD

V mnoha průmyslových odvětvích jsou pro dopravu kapalin, plynů nebo sypkých materiálů základem potrubní celky. Nejinak je tomu i ve vodárenských provozech. V oblasti vodárenství se jedná zejména o dvě základní oblasti nakládání s vodami:

- přeměnu surové vody a výrobu pitné vody
- nakládání s odpadními vodami – antropogenními vlivy znečištěné vody jsou přeměňovány na způsobnou pro návrat do oběhu vody na Zemi

Na základě empirických zkušeností a vědomostí základních zákonů hydromechaniky, je nutné tyto toky usměrňovat a dosahovat tak efektivnějších výkonových parametrů, jakož i stability celého systému (Parr, 1999). Tento stav z velké části zajišťují průmyslové armatury, jež jsou pro podobné úkoly navrženy. V minulých dekadách a stoletích byly armatury ovládány výhradně manuálním způsobem, kdy byl vyžadován zásah obsluhy. V souvislosti s mohutným rozvojem inovativních technologií tento způsob zastaral a stal se krajně neefektivním. Nelehký úkol ovládnutí armatur následně převzaly automatické pohonné prvky. Spolu s tím bylo umožněno integrovat pohony do automatizačního systému, jenž s sebou nese nespočet výhod při řízení procesů (Roček, 2002). Dnes nejhojněji využívanými pohony pro tyto účely jsou elektrické servopohony a pohony ovládané pneumaticky.

Pohled na současnou situaci v České republice nicméně značí převahu v nasazování elektrického pohonu (Automa, 2008). Vystává proto otázka, zdali oprávněně a zda nejsou přehlížena fakta, která stojí v cestě většímu rozmachu pneumatických pohonů. Tento stav může být zapříčiněn i kritickým nedostatkem kvalifikovaných pracovních sil. Ačkoliv je uvažována vysoká míra automatizovaných procesů, stále existuje potřeba takzvaného lidského faktoru, který bude na jednotlivé procesy dohlížet. Toto může být příčinou, proč nejsou do oboru vnášeny nové myšlenky a je zastáván spíše konzervativní přístup. V praxi to následně vypadá tak, že se s alternativními technologiemi neuvažuje kvůli zastaralým přístupům. Objektivní porovnání obou pohonných technologií přitom nadále chybí. A pokud je provedeno, je v zásadě omezeno pouze na porovnání pořizovacích nákladů. Podobný přístup však lze označit za chybný, neúplný a vedoucí ke zkresleným výsledkům.

2 CÍLE PRÁCE

V důsledku rostoucích cen energie a měnícího se klimatu v mnoha oblastech průmyslu nastává naléhavá potřeba jednat. Nejjednodušší cestou je snížení spotřeby energie a s tím souvisejících nákladů. Ačkoli se energetická účinnost pohonných technologií obecně zvyšuje, jde o složitou oblast, která na sebe nabaluje celou škálu technických a organizačních témat. Existující potenciál proto často zůstává nevyužit.

Tato diplomová práce si klade za cíl přiblížit současné trendy a možnosti ovládní armatur ve vodárenství. Rovněž chce posoudit důležité aspekty ovlivňující rozhodovací proces u dvou dnes nejčastěji používaných pohonů v oblasti vodárenství, jimiž jsou elektrický a pneumatický pohon. Dále chce variantním srovnáním na provozu čistírny odpadních vod (dále jen ČOV) identifikovat ekonomické parametry nabízených alternativ. V neposlední řadě na problematiku nahlédne i perspektivou realizátorů investičních záměrů v dané oblasti, a to v rámci počátečních fází příprav projektu až po samotný provoz díla.

Výsledný dokument by měl zvýšit povědomí o problematice a poskytnout informace pro lepší porozumění v oblasti jednotlivých úskalí porovnávaných technologií pohonů, včetně jejich ekonomického zhodnocení. Cílem je proto pokrýt celý funkční řetězec v rámci celého ovládacího systému. Jedině komplexním posouzením a podrobným začleněním všech parametrů může poskytnout fundovaný závěr. Tato práce však může být považována pouze za vodítko, neboť potenciál jednotlivých vodárenských provozů se vždy liší na základě místně příslušných podmínek.

3 OVLÁDACÍ PROCESY VE VODÁRENSTVÍ

Počátky oboru vodárenství sahají hluboko do historie lidstva a až do tohoto okamžiku odvětví procházelo mohutným vývojem. V počátcích se naši předkové usídlovali v blízkých oblastech vodních zdrojů, které využívali ke své přímé spotřebě. S rostoucím počtem populace a zvyšujícími se požadavky se začala voda dopravovat i ze vzdálenějších a vydatnějších zdrojů. Právě stavby spojené s dopravou pitné a odvodem znečištěné vody spadají do oboru vodárenství. Po letech vymezování směru v detailnějším rozboru vodárenství řeší odběr, jímání, úpravu, dopravu a rozvod vody pro potřeby obyvatelstva, průmyslu i zemědělství, ale zároveň řeší i nakládání s vodami použitými, které odvádí sítí stok a kanalizací k vyčištění (Jásek, 2000). Takto definovaný obor je navíc v součinnosti s mnoha dalšími obory jako je hydrologie, hydrogeologie, hydraulika, chemie, technologie a jiné (Bednář, 2015).

K dopravě a rozvodu vody je dnes využíváno provozně samostatných souborů staveb a zařízení, která jsou navzájem propojena potrubními řady. Souhrnně se jedná o součást technické infrastruktury. Aby bylo možné řídit provoz, spouštění i odstavení takových celků, musí být rozvodná síť vybavena ovládacími prvky – armaturami. Z výše popsané povahy je armatura důležitou součástí systému na níž mnohdy závisí spolehlivost celého zařízení a velké míře i hospodárnost provozu. Při posuzování spolehlivosti proto musí být armatura vnímána jako celek se všemi jejími částmi mezi něž patří i typ ovládacího zařízení (Shammas and Wang, 2016). Jeho výběr záleží na mnoha aspektech, které budou rozebrány v následujících kapitolách, nicméně v obecné rovině jsou ve vodárenské praxi běžné tři způsoby ovládní – ručním kolem, elektrickým nebo pneumatickým pohonem.

Enormní úsilí v oblasti vývoje technologií znamenalo praktický úpadek ovládní rukou, respektive přímým zásahem obsluhy v místě. Rozhodně však ne úplný. Nicméně růst cen za pracovní sílu, ale zejména i prohlubující se nedostatek kvalifikovaných pracovní sil urychluje trend přechodu na plně automatizovaný provoz (Bábíček et al., 2018). V zásadě tak lze zúžit výběr pohonů pouze na elektrický a pneumatický, které možnost vzdáleného řízení nabízí. Pomocí ručního kola jsou kvůli úsporám ovládní pouze armatury s nízkou frekvencí přestavování, kde by se provoz pohonem nevyplatil nebo slouží jako nouzová řešení pro případ výpadku dodávky energie. Pravých důvodů, proč je automatizace výhodnou investicí je ale hned několik. Jedná se o bezpečnost provozu, zvýšení kultury obsluhy, efektivnější nakládání se zdroji, optimalizování podmínek provozu nebo centralizace řízení kupříkladu menších technologických celků. Všechny výše zmíněné aspekty jsou nicméně vykoupeny vyššími vstupními náklady na pořízení kvalitní technologie a sestavy doprovázejících měřících sond. Stále však převažují výhody automatizovaných provozů nad jejich nevýhodami.

4 POPIS ZAŘÍZENÍ PRO OVLÁDÁNÍ ARMATUR VE VODÁRENSTVÍ

Bezmála všechny procesy vyskytující se v průmyslu vyžadují přesun médií z jednoho místa na druhé. V mnoha případech jsou tyto procesy ovládány pomocí elektrického pohonu. Tento stav demonstruje i výsledek průzkumu trhu z roku 2008, kdy ve zpracovatelském průmyslu na oblast úpravy pitné vody a nakládání s vodami odpadními připadalo 31,3 % veškerých tržeb za elektrické pohony. Zároveň s tím byl tento segment vnímán i jako nejrychleji rostoucí (Automa, 2008). Elektrická zařízení ale nejsou jedinou možností. K vytvoření pohybu vhodného pro ovládání armatury, rotačního nebo lineárního, lze ve vodárenství použít takzvané fluidní systémy, kde nositelem energie je kapalina či plyn uzavřený ve válci. V jakékoli fázi úpravy vody jsou ze své podstaty vyloučeny hydraulické pohony využívající nestlačitelné kapaliny, nejčastěji hydraulický olej. Takové kapaliny jsou toxické a případné úniky do vodního prostředí jsou rizikem. Naproti tomu stojí plynové systémy, jejichž nejběžnějším pracovním médiem je čistý vzduch nebo další plyny s nízkou hustotou (zřídka je používán dusík), jsou prakticky neškodné. Výhody i nevýhody pneumatických pohonů vyplývají z charakteristik stlačitelných plynů (Parr, 1999).

	Elektrický pohon	Pneumatický pohon
Zdroj energie	El. proud (obvykle 400 V AC)	Tlakový vzduch (obvykle 6 bar)
Uložiště energie	Limitováno (baterie)	Dobré (tlaková nádoba)
Distribuční systém	Skvělý (s minimálními ztrátami)	Dobrý
Náklady na energii	Nízké	Vyšší
Rotační pohyb	AC motory s převodovkou (neměnná rychlost)	Čtvrtotáčkové kyvné pohony s elektropneumatickým ventilem široké spektrum rychlostí, dobrá kontrola rychlosti
Lineární pohyb	AC motory s převodovkou	Pneumatický lineární pohon s elektropneumatickým ventilem
Kontrola síly	Síla volena motorem a typem převodovky	Síla volena velikostí pneupohonu a ovládacím tlakem
Nepříznivý vliv na obsluhu	Nebezpečí úrazu elektrickým proudem	Hlučnost

Tabulka 1 - Porovnání důležitých ukazatelů elektricky a pneumaticky ovládaných systémů (Parr, 1999)

Volba pohonné technologie je klíčovým rozhodnutím, které ovšem není jednoduché. V zásadě lze ve většině aplikací implementovat elektrický i pneumatický pohon. Tento stav je dán standardizací normami jednotlivých komponent obou systémů, čímž se technologie stávají lehce zaměnitelné. Jak je patrné z tabulky 1, oba typy pohonů mají své výhody i nevýhody. Jejich zvažováním je znemožněno učinit obecné rozhodnutí ve prospěch jedné technologie. Na tomto základě je proto velice obtížné porovnat pohony napřímo. Zároveň nelze učinit volbu postavenou pouze na energetických nárocích. Do rozhodnutí musí vstoupit řada dalších aspektů. Jejich soupis je uveden v tabulce 2.

Technické požadavky	Rozsah zdvihu, rychlost přestavění, síla, odolnost proti přetížení, poměr výkon/hmotnost, přesnost, ovládací vlastnosti, dynamické vlastnosti
Prostředí	Prach, vlhkost, elektromagnetická kompatibilita, robustnost, ochrana proti výbuchu (EX provedení), chemická odolnost
Náklady na instalaci	Požizovací cena, instalace, uvedení do provozu, zdroj energie, napájecí jednotka (rozdávěčová skříň s jističi), kompresor, rozvody stlačeného vzduchu, chlazení, životnost
Provozní náklady	Náklady za energii, údržba, provoz

Tabulka 2 - Faktory ovlivňující výběr vhodného pohonného systému

4.1 ELEKTRICKÝ POHON A JEHO NÁROKY

Elektrický pohon je zařízením, pomocí něhož lze měnit elektrickou energii na mechanickou práci. Ve vodárenství se používají výhradně motory rotační. Princip takového elektromotoru je založen na silovém působení alespoň dvou elektromagnetických polí (rotor a stator), čímž dochází k vyvolání točivého momentu. Působení točivého momentu pouze v jednom směru je zajišťováno neustálými změnami toku elektrického proudu na vinutí rotoru (Holoubek, 2013).

Elektrické motory lze rozdělit hned podle několika kritérií. Základním členěním je charakteristika napájení. Existují motory, které pracují se stejnosměrným a střídavým proudem. Dnes nejhojněji využívané motory, nejen v oblasti vodárenství, jsou napájeny střídavým třífázovým elektrickým proudem (AC), které se dále dělí na synchronní a asynchronní (Parr, 1999). Oproti stejnosměrným motorům mají vyšší účinnost, výkon, ale i nižší výrobní a pořizovací náklady. Nevýhodami asynchronních strojů je však relativně vysoký poměr výkonu k celkové hmotnosti zařízení nebo nemožnost upravovat rychlost otáčení. Nicméně vzhledem k převažujícím výhodám se asynchronní servomotory staly v oblasti vodárenství dominantními, a proto se budou další kapitoly věnovat asynchronním strojům podrobněji (Rabie, 2009).

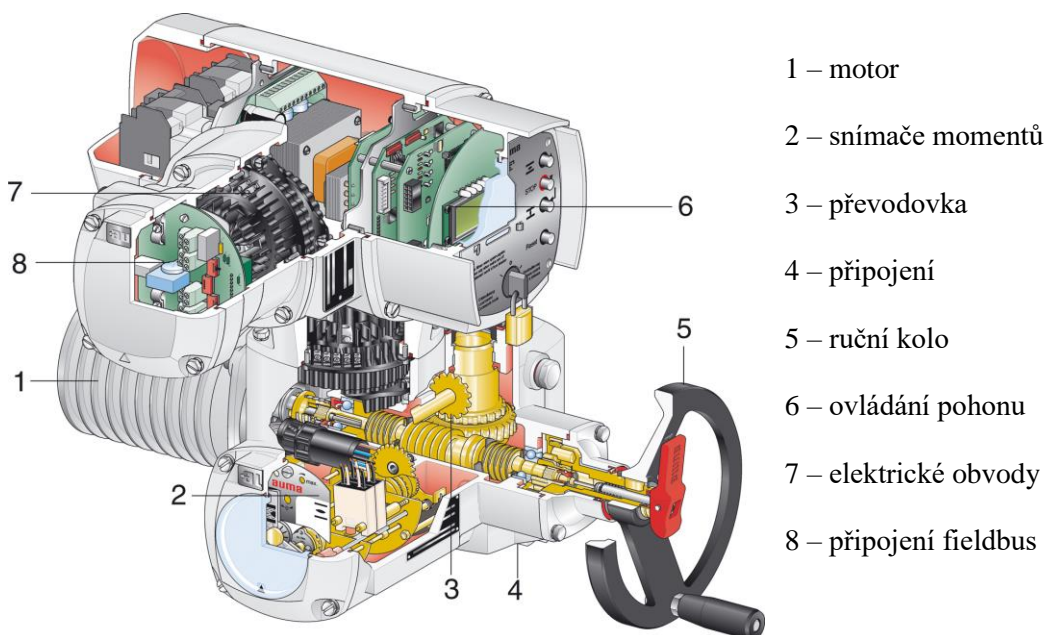
Přednosti motorů napájených střídavým proudem:

- lepší účinnost, a tedy nižší provozní náklady
- vyšší točivý moment (výkon)
- jednoduchá konstrukce
- tichý provoz
- poměrně málo dílů podléhajících opotřebení

4.1.1 KONSTRUKCE ASYNCHRONNÍHO POHONU

Asynchronní motor je konstrukčně nejjednodušším, nejlevnějším a zároveň takřka bezúdržbovým zařízením. Díky těmto vlastnostem se vyznačuje i relativně vysokou spolehlivostí, a to i v náročnějších podmínkách. Nepoužívají se však pro nepřetržitý provoz, neboť může docházet k nadměrnému nárůstu teploty a následnému zničení. Hlavními konstrukčními částmi motoru je stacionární (stator) a rotační (rotor) elektromagnetické pole (Kobrlé et al., 2016).

Stator je tvořen elektrotechnickým plechem, většinou z litiny, po jehož obvodu jsou zářezy. Do zářezů je uloženo statorové vinutí. Obvykle třífázové. Konce vinutí jsou vyvedeny mimo plech a následně spojeny. Konstrukce druhé části magnetického obvodu neboli rotoru (kotvy), je obdobná. Po obvodu je do zářezů vloženo rovněž třífázové vinutí, které se nicméně liší dle způsobu jeho provedení – s kotvou na krátko nebo s kroužkovou kotvou. Rotor se otáčí v ložiskách, které jsou upevněny v ložiskových štítech statoru. Mezi touto stacionární a rotační částí je ponechána vzduchová mezera o velikosti od 0,3 do 1,0 mm (Beck, 2007).



Obrázek 1 - Řez elektrickým pohonem ukazuje složitost ovládacího mechanismu (Auma, 2015)

Na rotor je upevněna hřídel, která při chodu motoru otáčí uzavíracím prvkem armatury. Otáčky elektromotoru jsou často upravovány vložением převodovky, což umožňuje redukovat vysoké výstupní rychlosti na hřídeli při potřebě ovládat pouze malá zařízení. Nezbytnou výbavou motorů je rovněž větrák bránící jeho přehřátí vlivem akumulace vznikajícího tepla. Připojení k elektrické síti je realizováno přes svorkovnici. Ta, společně s ložisky, bývá nejslabším článkem motorů a je mnohdy původem problémů. Připojení může být rovněž provedeno konektorem do zásuvky, nicméně takový způsob je z hlediska bezpečnosti ve vodárenství nevhodný (Auma, 2015).

4.1.2 PRINCIP ČINNOSTI

Pokud je vinutí statoru připojeno k elektrické síti, vytváří se ve vzduchové mezeře mezi rotorem a statorem točivé magnetické pole. Na vinutí rotoru je následně indukováno napětí. Je-li vinutí rotoru uzavřeno, je v magnetickém poli generován proud a vznikají tangenciální síly. Tento stav způsobuje vznik vzájemných reakcí statoru a rotoru, čímž se vytváří elektromagnetická síla, kterou nazýváme točivý moment (Holoubek, 2013). Indukce napětí, a tedy tvorba síly a točivého momentu, je možná pouze při zachování relativního poměru otáček rotoru a elektromagnetického pole. Motor proto i při minimální zátěži nemůže dosáhnout otáček daných frekvencí napájecího proudu. Vždy se jedná o asynchronní otáčky rotoru a napájecí frekvence. Odchylka rychlostí se nazývá skluz. Odtud název asynchronní motor (Dušek, 2008).

Důležitým ukazatelem činnosti motoru je jeho účinnost. Ta zahrnuje součet různých ztrát v elektrickém stroji. Patří mezi ně například tepelné ztráty na vinutí, mechanické ztráty na rotoru nebo ztráty připojením chlazení. Účinnost motorů se pohybuje v širokém rozmezí hodnot, přičemž nejvíce ztrátovými jsou menší jednotky (Kobrlé et al., 2016). Charakteristiky motorů jsou vykreslovány pomocí křivek. Charakteristická křivka točivého momentu udává vztah mezi otáčkami motoru a hnacím momentem. Asynchronní pohony se vykazují lineárním poklesem rychlosti se zvyšujícím se točivým momentem. Při navrhování elektrických pohonů armatur se proto musí připočíst i zátěžový moment proudícího média v potrubí (Neborák and Sládeček, 2008).

VÝHODY	<ul style="list-style-type: none">• dobrá řiditelnost polohy (regulační armatury)• variabilita výkonů, momentů, otáček• nízká úroveň hluku• možnost krátkodobého přetížení• dobrá účinnost
NEVÝHODY	<ul style="list-style-type: none">• vyšší hmotnost (do přibližně DN600)• neustálá závislost na přívodu elektrické energie• vysoké jmenovité otáčky (vyžaduje převody)• speciální úprava pro výbušné prostředí• nemožnost použití pod vodou• složitost konstrukce pohonu• omezený rozsah pracovních teplot

Tabulka 3 - Hlavní výhody a nevýhody elektrických pohonů v porovnání s pneumatickými

4.1.3 OVLÁDÁNÍ ELEKTROPOHONU

Pro ovládání elektropohonu musí být připojeny mimo kabely napájecí také i signální (technologie datové sběrnice fieldbus), sloužící pro přenos povelů od řídicího rozváděče. Zpět od pohonu do tohoto rozváděče jsou přenášeny signály o stavu pohonu. Pro tyto účely jsou skříňové elektropohony vybaveny koncovými spínači, které signál o dosažení požadované koncové polohy odesílají. Mezi další elektronické vybavení pohonu patří hlídání úrovně točivého momentu. Případné překročení nastaveného limitu je signalizováno stejným způsobem. Pohony bývají vybaveny i dálkovým vysílačem polohy, který ukazuje polohu uzavíracího elementu armatury

jako nepřetržitý proudový nebo napětový signál 4-20 mA (Skousen, 2011). Signály a provozní příkazy jsou zpracovávány v rozváděcích skříních. Zde mimo samotné umístění jističů pohonů bývá nejčastěji umístěn PLC automat používaný pro automatizaci procesu ovládání. Moderní pohony pak zpracovávají signály prakticky bez časového prodloužení.

Ve své základní verzi je většina elektrických pohonů vybavena ručním kolem pro ovládání pohonů během uvádění do provozu nebo při výpadku proudu. Ruční kolo se během provozu motoru nepohybuje. Elektronické spínače ovlivňující točivý moment nejsou při ručním provozu funkční. Proto například nožové šoupě DN200 potřebuje v ručním režimu až 640 otáček ovládacím kolem. Právě zde je spatřována jedna z největších nevýhod elektropohonů při výpadku elektrického proudu. (Auma, 2015)

4.1.4 AUTOMATIZACE ELEKTRICKÝCH POHONŮ

Celosvětový trend, nejen v oblasti vodárenství, spěje k plné automatizaci procesů. Důvod je prostý – automatizovaný provoz šetří energii, zvyšuje operační životnost armatur a v neposlední řadě šetří drahocenný zdroj vody. Úkon, který je možné provést vynaložením lidské energie je proto stále méně častější a zastává roli nouzového zdroje (Bábíček et al., 2018).

Zatímco mechanické rozhraní servopohonů zůstává delší dobu neměnné a je standardizované příslušnými normami, rozhraní k řídicímu automatizovanému systému podléhá neustálému vývoji. Aby se dalo hovořit o automatizovaném provozu armatur, musí být zajištěna integrita provozních informací do řídicího systému. Nejčastěji jde o zprávy o dosažení koncových poloh, povely k jízdě, přepětové nebo momentové ochraně. Každá z těchto informací musí být doručena k řídicí jednotce umístěné v rozváděčové skříně. Ta následně vyhodnocuje přijímané informace na základě naprogramovaného algoritmu. Přenášeny jsou pomocí datových kabelů od pohonné jednotky k řídicí jednotce ve formě binárních kódů. Pro samostatné řízení armatur postačí při uvažování otevřeno/zavřeno provozu 5 signálních kabelů. Má-li být navíc řízena i poloha armatury, přidávají se ještě nepřetržité signály zpravidla ve formě analogového signálu 4–20 mA. O zajištění přenosu dat se starají takzvané datové sběrnice. Jedná se o součást počítačového systému, která slouží pro komunikaci mezi procesorem zpracovávajícím data a vstupně-výstupním zařízením. Po zpracování údajů programovatelným logickým automatem (PLC) dochází k odeslání online informací do řídicího systému obsluhy. Ta může rutinní úkony, jako otevírání/zavírání armatur, přestavování provozu na paralelní linku, vykonávat ze vzdálené místnosti (Auma, 2015).

Tak, jako existují různé typy pohonů, jsou vyvinuta různá rozhraní procesní automatizace lišících se podle typu zařízení nebo regionu, kde se vyvinuly specifické preference. PLC se mimo jiné liší od normálních počítačů zpracováním programu, které probíhá cyklicky, ale i tím, že jsou přímo uzpůsobeny pro použití v technologických procesech. Rozdělení PLC se liší zejména podle konstrukce, kdy se rozlišují kompaktní a modulární systémy. U datových sběrnic se rozlišují komunikační protokoly. Nejrozšířenějšími jsou Fieldbus, Profibus, Profinet nebo Modbus. Pro tuto práci jsou při porovnávání elektrických a pneumatických pohonů důležité především počty datových kabelů, neboť vyhodnocování probíhá takřka stejným způsobem (Liang et al., 2017).

4.2 PNEUMATICKÝ POHON

Pneumatické systémy jsou obecně všechna zařízení využívající k přenosu energie stlačený vzduch. Princip pracovního cyklu pneumatického pohonu se v mnohém podobá elektrickému pohonu. V tomto případě vzduchový kompresor přeměňuje vstupní mechanickou energii na energii tlakovou, kterou ukládá ve formě stlačeného vzduchu. Tato transformace energie usnadňuje kontrolu nad uloženou energií. Před uvedením tlakového vzduchu do práce je nezbytná jeho správná příprava. Ta zahrnuje filtraci surového vzduchu na vstupu, stlačení a vysušení. Upravený vzduch je dále uložen v zásobnících stlačeného vzduchu, odkud je již rozváděn potrubím či hadičkami ke spotřebiči a transformován na požadovanou mechanickou sílu. Souhrnně se celému procesu úpravy vzduchu nazývá výroba stlačeného nebo také někdy výroba tlakového vzduchu (Rabie, 2009).

Pneumatické pohony jsou svými uživateli ceněny zejména pro čistotu provozu, nízké pořizovací náklady, disponibilní sílu poměřovanou k parametrům pohonu, snadnosti obsluhy a jiným. Přehledný výpis výhod a nevýhod uvádí tabulka 4. Ačkoli jednou z hlavních nevýhod je plynulost chodu pohonů vyplývajících z nelineárních pracovních charakteristik pneumatického systému, v oboru vodárenství a stokování není kladen na přesnost umístění do požadovaných pozic příliš velký důraz. Ovládání vzduchem je tak v tomto průmyslovém odvětví upřednostňováno zejména kvůli jeho snadné dostupnosti a neznečišťující povaze (Saravanakumar et al., 2017).

4.2.1 KONSTRUKČNÍ TYPY PNEUPOHONŮ

Před tím než lze přistoupit k výběru a navrhnutí pohonu, je třeba znát práci, kterou bude daná armatura vykonávat. Obecně se v oboru vodohospodářských technologií využívají dva typy pneupohonů. Jejich konstrukce je rozdělena podle druhu pohybu uzavíracího elementu dané armatury.

PŘÍMOČARÝ POHON

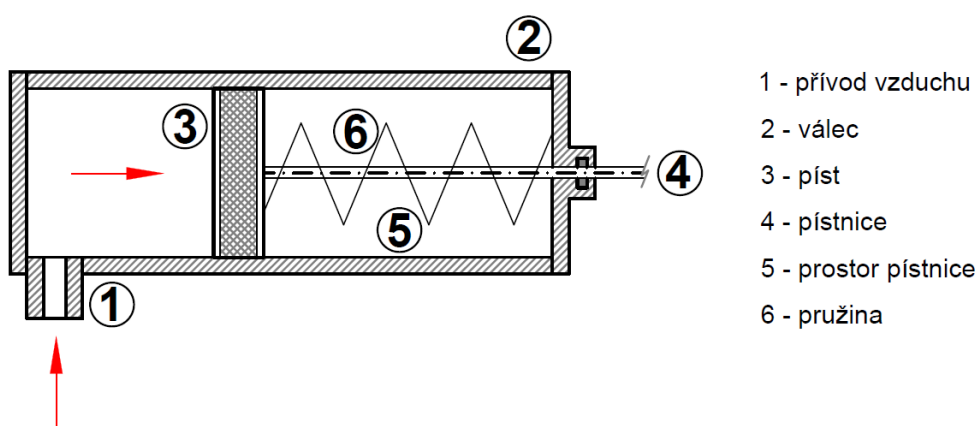
Někdy též nazývaný jako lineární pohon pracuje na základním principu přivedení stlačeného vzduchu do válce, kde tlačí silou proti pístu a vykonává přímočarý pohyb. Výška zdvihu je stejná jako délka samotného válce a pístní tyče. Tato výška by se při výběru vhodného pohonu měla rovnat výšce jednoho pracovního cyklu armatury. Pro to, aby se píst vrátil do výchozí polohy, a tedy uzavřel nebo otevřel armaturu, existují dvě možnosti tohoto posunu zpět (Kopáček et al., 2003). Jednočinné i dvojčinné provedení bude vysvětleno v textu níže.

KYVNÝ POHON

Kromě přímočarého pohybu je ve vodárenské praxi vyžadován i pohyb otočný. I tento procesní technika ovládaná stlačeným vzduchem zvládá. V dnešní době existuje řada kyvných pohonů, které mohou svým tvarem, možnostmi upevnění nebo rozměry uživateli nabídnout široké pole využití. Princip fungování je přitom v zásadě stejný jako u lineárních pohonů. Na pístnici jsou připojeny dva písty, nejčastěji umístěny proti sobě, mezi nimiž je vyvedena hřídel s ozubeným kolem nebo vahadlem. Písty vykonávají pouze lineární pohyb, jenž je následně hřídelí s ozubeným kolem transformován na pohyb rotační. Tímto způsobem mohou být ovládány například klapky nebo kohouty (Kopáček et al., 2003).

JEDNOČINNÝ POHON

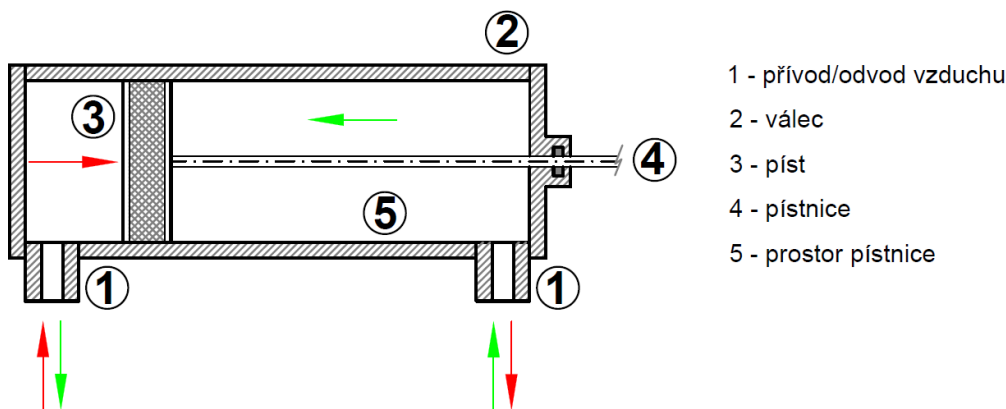
Jednočinné pohony jsou pod tlakem vzduchu pouze na jedné straně pístu. Do výchozí polohy je pak píst uváděn pružinou, která je stlačována společně s pístem. Jakmile dojde k poklesu tlaku, pohybuje pružina pístem zpět. Výhodou uvedeného systému je možnost definovat na základě vykonávající činnosti armatury polohu uzávěru v případě výpadku elektřiny a zároveň stlačeného vzduchu. To je preferováno v provozech s vysokými nároky na bezpečnost, například v petrochemii. Ve vodárenství je jednočinný pohon spíše výjimkou. Pružinový mechanismus je naopak nevýhodný z důvodů vzniklých ztrát při vykonávání pohybu pístu, neboť stlačený vzduch musí navíc překonat odpor pružiny. Při změně ovládací síly nicméně nabízí i možnost tuto sílu přenastavit pomocí stavěcích kroužků. Jednočinné pohony mají dále v komoře s pružinou otvor, který zabraňuje hromadění tlaku nebo naopak je možno otvorem zvýšit tlak a definovat takto koncovou polohu (Kopáček et al., 2003).



Obrázek 2 - Princip fungování jednočinného pohonu. Píst je do výchozí polohy vracen pružinou

DVOJČINNÝ POHON

U dvojčinného pohonu není zapotřebí žádné pružiny. O posun pístu ve válci jedním i druhým směrem se stará stlačený vzduch. Ten je hadičkou přiváděn i do prostoru za pístem. Pohyb pístem je pak realizován při současném úniku vzduchu z druhé komory. Změny tlaku na jedné či druhé straně tedy umožňují pohyb pístu. Je-li třeba zastavit pohyb, musí dojít k vyrovnání tlakových sil, čímž dojde k zafixování polohy. Dvojčinné pohony v případě výpadku dodávky stlačeného vzduchu nepřijímají definovanou bezpečnostní polohu. Ale naopak při výpadku elektrické energie, jež bývá běžnějším zdrojem potíží, dokážou při využití vzduchu akumulovaném ve vzdušníku a při použití monostabilního elektropneumatického ovládacího ventilu vykonat návrat do zvolené výchozí polohy (Kopáček et al., 2003).

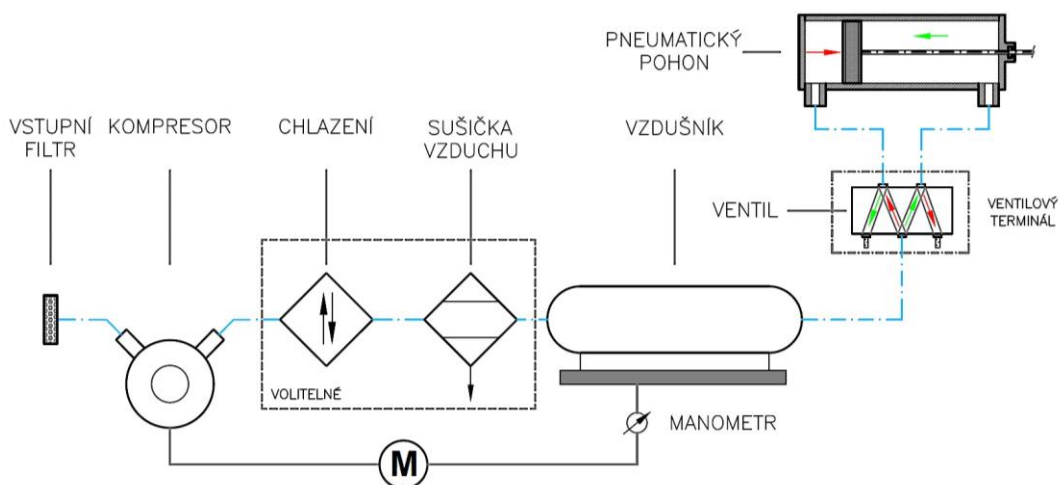


- 1 - přívod/odvod vzduchu
- 2 - válec
- 3 - píst
- 4 - pístnice
- 5 - prostor pístnice

Obrázek 3 - Princip fungování dvojčinného pohonu spočívá v přivedení stlačeného vzduchu na oba konce pístu

4.2.2 NÁLEŽITOSTI NEZBYTNÉ K ZAHÁJENÍ PROVOZU

Jak znázorňuje obr. 4, výroba stlačeného vzduchu vyžaduje hned několik procesních kroků bez jejichž aplikace by nebyl zabezpečen bezproblémový chod celého pneumatického systému. Jednotka úpravy stlačeného vzduchu mimo kompresor obsahuje i chlazení, filtr, sušičku vzduchu, zásobník a regulační prvky. Mechanická energie obsažená ve vzduchu je kompresorem přeměňována na tlakovou energii. Maximální tlak na výstupním potrubí kompresoru je omezen nastavitelným regulátorem tlaku na požadovanou úroveň. Stlačený vzduch je posléze uskladněn v tlakové nádobě. Vzduch je v nádobě běžně tlakován na hodnotu o 2 bary vyšší, než je požadovaný provozní tlak v systému. Tímto rozdílem je pokryta hystereze a snížen počet spínacích cyklů kompresoru (Skousen, 2011).



Obrázek 4 - Schématické zobrazení pneumatického systému od výroby stlačeného vzduchu po jeho spotřebování ve válci pohonu

KOMPRESOR

Funkci generování stlačeného vzduchu zastupuje kompresor, který přeměňuje mechanickou energii nasátého okolního vzduchu na termodynamickou. Hlavními parametry charakterizující výkon kompresoru jsou objemový průtok Q , sací tlak P_1 a vypouštěcí tlak P_2 (používá se i ukazatel kompresního poměru $\pi = P_2/P_1$) a výkon na hřídeli N . Základní rozdělení kompresorů je založené na principu komprese a rozlišují

se objemové a dynamické (Beck, 2007). U objemových kompresorů probíhá zvyšování tlaku zmenšováním objemu pracovního prostoru, zatímco dynamické jsou odvozeny od zvyšování tlaku zrychlováním proudícího vzduchu, jehož dynamická síla je následně převedena v tlak. Z hlediska provozování je toto rozdělení důležité zejména při pohledu na výkon. Objemové kompresory jsou schopné dodávat rovnoměrnější množství stlačeného vzduchu, neboť jsou do jisté míry nezávislé na okolních podmínkách. Naproti tomu je vzduch v dynamických kompresorech zrychlen oběžným kolem a následně zpomalen ve statoru. S přihlédnutím na tento fakt, závisí výkonnostní charakteristiky i na hmotnosti vzduchu, a tedy i teplotě a vlhkosti. Dynamický kompresor je proto nutné vždy navrhovat s ohledem na místně příslušné podmínky. S ohledem na téma této práce není další rozdělení kompresorů nutné. V průmyslu, jakým je vodárenství a stokování, se nejčastěji využívají pístové kompresory (Rabie, 2009).

VZDUŠNÍK

Rezervoáry na stlačený vzduch neboli vzdušníky, slouží k jeho uskladnění před jeho spotřebováním pohonem, respektive armaturou. Lze říci, že pneumatický systém je napřímo napájen pouze ze zásobníku. Právě možnost uschovat stlačený vzduch je jednou z velkých předností pneumatického pohonu ve srovnání s elektrickým pohonem při výpadku elektrické energie. Skladování upraveného vzduchu lze vnímat i jako bezpečnostní rezervu. Dále také jako kompenzaci rozkolísanosti poptávky po vzduchu nebo jako ochranu motorů kompresorů, jejichž spínací frekvence se snižuje s rostoucím objemem nádoby. Proto obecně platí, že čím větší je objem nádoby, tím lépe lze s výše zmíněnými výhodami nakládat. Velikost vzdušníku závisí na objemovém průtoku kompresoru udávaného v m^3/min a na spínacím rozdílu tlaků v barech, o který může tlak v nádobě poklesnout, než dojde k dalšímu spuštění kompresoru a natlakování vzdušníku. Rozdíl mezi spínacím a vypínacím tlakem se nazývá rovněž jako hystereze nebo spínací diference. Běžné hodnoty hystereze se pohybují mezi hodnotami 1–2 barů, čímž je docíleno nižší spínací frekvence kompresoru. Akumulační nádrž stlačeného vzduchu může být rovněž navržena i jako vyrovnávací na základě specifikovaného rezervního objemu vzduchu, který při minimálním pracovním tlaku je k dispozici při výpadku elektrického proudu. To je sledováno užitečně pro navrácení pohonů s monostabilním ventilem do výchozí polohy nebo pro návrat regulovaných armatur do bezpečné výchozí polohy (Beck, 2007).

VZDUCHOVÉ FILTRY

Prach a další pevné částice včetně kapek různých kapalin jsou při průchodu systémem zachytávány na vzduchových filtrech. Filtrační proces se provádí ve dvou stupních. Při vstupu vzduchu do filtru je tento vzduch roztočen v cyklonu, přičemž odstředivými silami jsou odstraňovány pevné částice společně s obsaženou vodou. V další fázi je přidáván jemný filtr, aby došlo k odloučení dalších nečistot. Kondenzovaná voda je odváděna v nejnižších místech systému vypouštěcími ventily (Rabie, 2009).

SUŠIČKY VZDUCHU

Spolehlivost pneumatických systémů je jednou z nejdůležitějších vlastností. Ta je odvislá od správného návrhu, a tedy vyhodnocení podmínek daných umístěním. Podobně se o dosažení tohoto záměru zaslouhuje i proces sušení vzduchu. Při stlačování

vzduchu dochází k termodynamické změně, a tedy nárůstu teploty vzduchu. Sušička vzduchu tlakový vzduch znovu ochlazuje až na hodnotu rosného bodu, čímž dochází ke kondenzaci přirozené vzdušné vlhkosti. Z přístroje je následně automaticky odvedena. Tímto jednoduchým procesem dochází k vysušení vzduchu a k ochraně celého pneumatického obvodu, jakož i samostatných strojů, které voda ničí nejen korozí, ale i degradací mazacích schopností olejů (Rabie, 2009).

SYSTÉM ROZVODU VZDUCHU

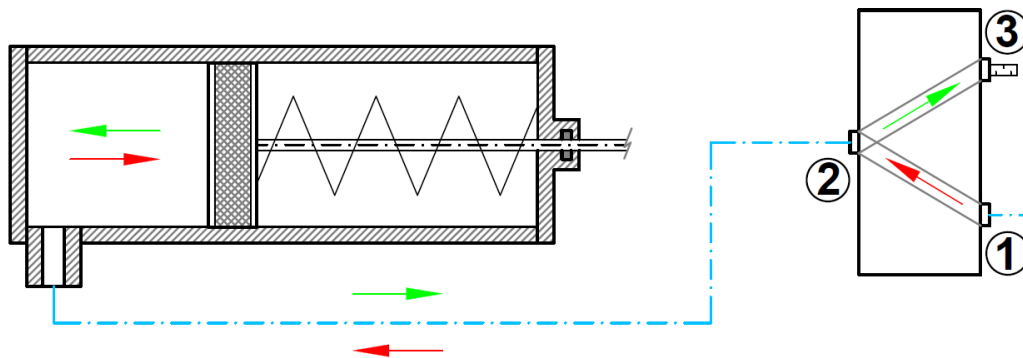
Stejně jako je tomu u jiných zdrojů energie, musí dojít k jejímu přesunu ke spotřebiči. V případě stlačeného vzduchu jde nejčastěji o hadice, popřípadě potrubí o malých dimenzích. Správně navržený potrubní systém by měl splňovat několik základních požadavků – vysoký přenosový výkon, spolehlivost, hospodárnost a bezpečnost. Vyhovění výše zmíněným požadavkům je předurčeno zejména volbou materiálu hadic. Nejčastěji používaným je polyetylen. Opět však záleží na místních podmínkách a pro každé již existují vhodné kombinace materiálů. Pokud dochází k poškození hadic, nejčastěji je to vlivem mechanického poškození nebo nesprávně zvoleného materiálu (Festo, 2011).

4.2.3 OVLÁDÁNÍ PNEUPOHONU ELEKTROPNEUMATICKÝMI VENTILY

Výše popsané pneumatické pohony jsou obecně ovládány elektropneumatickými ventily nebo jinak elektropneumatickými rozvaděči. Základní funkcí ventilů je měnit směr a cestu tlakového vzduchu do pohonu a ven a tím přestavovat armaturu z jedné polohy do druhé. Bez ohledu na způsob ovládání, jsou všechny ventily vícecestné. Znamená to, že propojováním různých cest uvnitř ventilu je měněn tok média. Při jejich označování se používá počet přípojovacích konektorů neboli cest a za lomítkem počet funkčních poloh. Nejhojněji jsou ventily vybaveny pro vykonávání dvou funkčních stavů a jsou takzvaně dvupolohové. Specifikum ovládání daného procesu si nicméně může vyžádat i větší počet poloh. Jejich použití je však výjimečné. Základními a nejvíce používanými jsou ventily s označením 3/2 pro jednočinné a 5/2 pro dvojjinné pohony (Beater, 2007).

FUNKCE 3/2 VENTILU

Bez ohledu na způsob ovládání ventilu, jeho hlavní úlohou je ovládat jednočinné pneupohony. Pro realizaci pohybu je vyžadováno zavedení stlačeného vzduchu do komory válce za pístem. Tento stav nastane při propojení dvojice průduchů ventilu označený čísly 1 a 2 na obrázku 5 níže. V případě, že je požadován pohyb pístu zpět, je v první řadě nutné přisun stlačeného vzduchu uzavřít a následně odvětrat. To se děje přestavením vnitřní trasy ventilu a propojení průduchů 2 a 3. Dojde tak k vypuštění stlačeného vzduchu z komory za pístem v důsledku působení vratné pružiny (Festo, 2011).

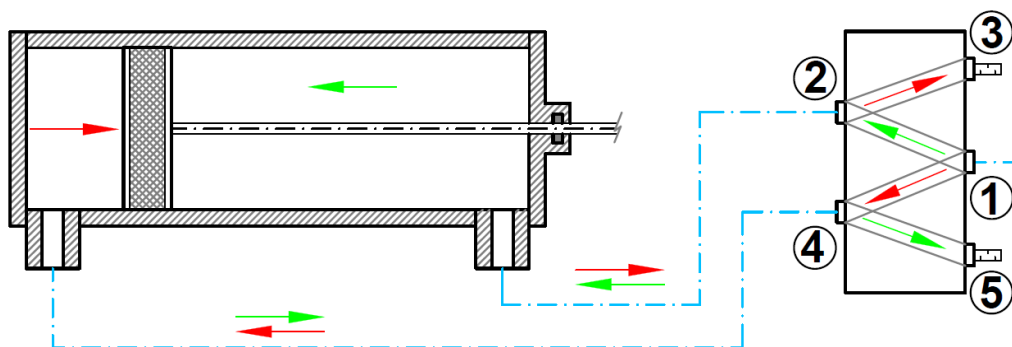


1 - vstup/připojení ventilu na zdroj vzduchu; 2 - výstup vzduchu; 3 - odfuk s tlumičem

Obrázek 5 - Princip ovládání jednočinného pneumatického pohonu 3/2 ventilem

FUNKCE 5/2 VENTILU

Nejpoužívanějšími ovládacími ventily jsou 5/2, které jsou vždy spojovány s dvojčinnými pohony. U těchto pohonů je pro změnu polohy tlakována jedna strana pístu, zatímco druhá je odvětrávána. Pro opačný pohyb se role obrací a napájecí vstupy si prohodí funkci. To znamená, že odfuk je v jednom či druhém případě pohybu s pístem realizován přes ovládací ventil a nikoli skrze otvor na těle pohonu jako v případě 3/2 ventilu. Připojovacích konektorů je proto pět, zatímco počet poloh zůstává neměnný. Funkci ventilu nejlépe ilustruje přiložený obrázek 6.



1 - vstup/připojení ventilu na zdroj vzduchu; 2 - výstup vzduchu; 3 - odfuk s tlumičem; 4 - výstup vzduchu; 5 - odfuk s tlumičem

Obrázek 6 - Princip ovládání dvojčinného pneumatického pohonu 5/2 ventilem

Z hlediska způsobu ovládání se nabízí rovněž několik variant. Ovládací signál může být vyslán mechanicky, pneumaticky nebo elektrickým signálem. Takové ventily jsou označovány jako elektropneumatické. Při pohledu na současný stav vodárenské praxe bývají nejčastěji používanými elektropneumatické ventily s pilotním ovládaním. Jejich nespornou výhodou je ovládání daleko větších tlaků v souvislosti s většími průtoky v porovnání s přímo řízenými elektropneumatickými ventily. Platí zde úměra, že čím větší tlak a průtok vzduchu, tím větší výkon je potřeba vyvinout elektrickou cívku při přímém ovládaní šoupěte elektromagnetického ventilu. Zařazením pilotního vzduchu tato úměra ztrácí na významu a stačí pouze minimální výkon elektrické cívky. To i přes složitější konstrukci ventilu znamená, že ovládací obvody jsou zatěžovány jen minimálně, což umožňuje spínat cívky ventilů přímo napětím

řídícího počítače bez zesilovacích relé. To přispívá nejen k finanční úspoře, ale také k bezpečnosti obsluhy. Proto je jejich využití v provozu výhodné (Festo, 2011).

VÝHODY	<ul style="list-style-type: none"> • bezpečnost a čistota provozu • relativně nízké provozní náklady a požadavky na údržbu • vysoký poměr hmotnosti pohonu ku síle • doba intenzivního provozu bez rizika přehřátí • bez nutnosti vyhřívání pohonu • vysoká mechanická účinnost a dlouhá životnost • nízké provozní náklady • možnost provozu pod vodou, prašném a chemicky agresivním prostředí bez rizika výbuchu nebo vzniku požáru
NEVÝHODY	<ul style="list-style-type: none"> • teoretická možnost výbuchu tlakové nádrže • nutnost sušit vzduch při umístění v exteriéru (navazující investice) • ztrátovost systému kvůli netěsnostem • možnost kondenzace a následného zamrzání při špatném provedení

Tabulka 4 - Hlavní výhody a nevýhody pneumatických pohonů (Parr, 1999)

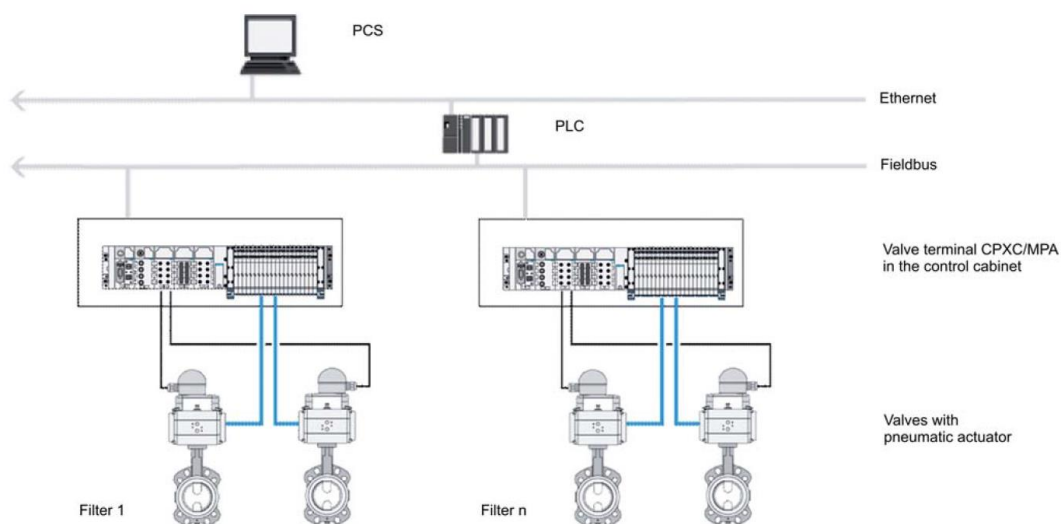
4.2.4 AUTOMATIZACE PNEUMATICKÝCH POHONŮ – VENTILOVÉ TERMINÁLY

Podobně, jako je automatizační systém řešen u elektricky ovládaných pohonů, je řízena i skupina pneumatických pohonů. Ovládací ventily jsou sdruženy do skupiny zvané ventilový terminál. Ten je společně s dalším příslušenstvím většinou umístěn ve skříni. Pro vodárenské celky je skříň obvykle z nerezového plechu. Společné přívodní potrubí tlakového vzduchu od zdroje na vstup do skříně prochází přes jednotku úpravy vzduchu obvykle sestávající z 3/2 ventilu, filtru a regulátoru tlaku s manometrem pro indikaci stavu. Tato sestava je nezbytnou ochranou veškerých napojených pneumatických prvků ve skříni i mimo ni (Festo, 2011).

Nejdůležitější částí z pohledu automatizace ovládacích procesů je nicméně ventilový terminál. Jeho použití umožňuje sdružení ovládacích ventilů do skupiny, sjednocení vzduchového napájení i odfuků ventilů. Sdružením ventilů do větší skupiny získá obsluha jednodušší přístup k pomocnému ručnímu ovládní, které je realizováno z jednoho místa. Další výhodou seskupení ventilů do terminálu je možnost použití datové komunikace s řídicím systémem. K propojení je použit stejný komunikační modul a datová sběrnice jako u elektricky ovládaných pohonů. Ke sdruženým ventilům lze připojit i moduly elektrických vstupů a výstupů z pohonů, dle potřeby digitálních i analogových. Sběrnice datové komunikace potom vysílá povely k přestavování ventilů a pneupohonů, stejně tak i sbírá informace od koncových čidel zapojených do těchto modulů (Festo, 2012).

Jednotlivé ventily pneumatického systému jsou řízeny na základě signálů posílaných do cívek řídicího systému. Existují monostabilní a bistabilní ventily, které jsou častější variantou. V požadované poloze pak pohon setrvává do doby, než přijde na protilehlou cívku signál, který jej přestaví do opačné polohy. Informaci o poloze dává na pohon připojený senzorbox, neboli skříňka se dvěma snímači koncových poloh. Toto jsou jediné údaje směrem k řídicímu počítači, které pneumatický pohon vysílá. Tedy o své aktuální pozici. Tím je výrazně snížena náročnost elektrického zapojení, jakož i délky tažených vodičů. V návaznosti na tento fakt dochází ke snížení počtu vstupních karet řídicího PLC, náročnosti montážních a programovacích prací. Modulární PLC opět tvoří rozhraní mezi polní úrovní a vyšší úrovní řízení. Rozdíly v automatizaci v případě elektrických a pneumatických pohonů se týkají výlučně počtu signálů na polní úrovni. Znamená to tedy, že algoritmizované PLC je nezbytnou součástí obou celků a v posouzení hraje roli pouze počet nasazovaných karet (Beater, 2007).

Takto postavený ventilový terminál vybavený datovou komunikací je napájen stejnosměrným proudem 24V. Je zde proto umístěn i zdroj stejnosměrného napětí. Zdroj stejnosměrného proudu musí být dimenzován úměrně k počtu ventilů. Celou sdruženou skříň je možné napojit na proud o běžných 230V střídavého napětí, který je dostupným standardem v jakékoli budově. Terminál je vhodné umísťovat do středu ovládané skupiny armatur, aby byla ušetřena metráž hadic a vodičů. Hadice rozvádějící tlakový vzduch jsou kalibrovány pro spolehlivé propojení rychlospojkami s kleštinou, přičemž ve vlhkém prostředí musí jejich materiál odolávat hydrolýze. V závislosti na typu ventilového terminálu existují i různé počty slotů pro připojení elektromagnetických ventilů a z jedné skříňky lze ovládat několik pohonů. V případě velkého počtu pohonů mohou být provozy vybaveny i několika ventilovými terminály. Rozdělení provozu na několik ventilových terminálů musí být zváženo i v případě velkých přenosových vzdáleností od místa výroby vzduchu až po místo jeho využití. Jak vypadá zapojení automatizovaných armatur s pneumatickým pohonem ukazuje obrázek 7 (Takosoglu et al., 2015).



Obrázek 7 - Schematické zobrazení principu ovládání armatur automatizovanými pneumatickými pohon (Rieger, 2011)

4.3 PŘIPOJOVÁNÍ POHONU NA ARMATURU

Mechanické rozhraní k montáži pohonů na armaturu se v závislosti na typu technologie v dnešní době neliší. Připojovací rozměry jsou dány jednotnou normou platnou pro oba porovnávané typy pohonů. Pouze u elektrických servopohonů jsou odlišena rozhraní víceotáčkových a kyvných pohonů. U víceotáčkových odpovídají rozměry přírub a tvary přípojek normám ISO 5210 nebo DIN 3210. U kyvných servopohonů je pro spojení s armaturou rozhodující norma ISO 5211.

Všeobecně se připojení sestává ze dvou prvků. V první řadě je vyžadováno pevné uchycení pohonu k protikusů na straně armatury. Zde platí, že čím vyšší je přenášený točivý moment, tím větší musí být připojovací příruby. Hodnoty točivého momentu a jemu přiřazené příruby definuje tabulka 5 výše citované normy. Dále se připojuje výstupní hřídel motoru na hřídel armatury. Podobně jako existuje velké množství typů armatur, existuje stejné množství typových připojení (VAG, 2018).

Flange type	Maximum flange torque (Nm)
F03	32
F04	63
F05	125
F07	250
F10	500
F12	1 000
F14	2 000
F16	4 000
F25	8 000
F30	16 000
F35	32 000
F40	63 000
F48	125 000
F60	250 000

Tabulka 5 – Typy připojovacích přírub a maximální dovolený točivý moment na výstupní hřídeli motoru daný mezinárodní normou ISO 5210

5 METODIKA POSUZOVÁNÍ POHONŮ

Následující kapitola se zabývá návrhem koncepce, podle níž bude provedeno posouzení vhodnosti elektrického a pneumatického pohonu pro jejich aplikaci v oboru vodárenství. Volba mechanismu vždy závisí na značném množství faktorů, které ji ovlivňují, jako je kupříkladu velikost armatury či její úloha. Klíčovou roli v rozhodovacím procesu hraje výsledná pořizovací cena, a proto by i přístup k porovnání měl být maximálně holistický. To znamená, že koncepce musí pohonný systém posuzovat jako celek a v úvahu vzít i provozní náklady po celou dobu životnosti systému. Rozhodnutí by nicméně nemělo být založeno pouze na nákladech, ale měly by být zohledněny i kvalitativní faktory. Kapitola 5.1 tyto faktory identifikuje a v závislosti na jejich důležitosti je doporučuje vzít v úvahu při rozhodujícím posouzení pohonů.

5.1 HODNOTÍCÍ FAKTORY POHONŮ A JEJICH VÝZNAM

Armatury obecně mají nezastupitelnou roli v mnoha průmyslových odvětvích. Nejinak je tomu i ve vodárenství. Dle specifik dané aplikace jsou na armatury, v souvislosti s tím i na pohony, kladeny různé nároky. Tato specifika lze označit jako faktory, které největší měrou ovlivňují návrh ovládacích prvků, potažmo i cenu. Na jejich základě existuje jediná možnost, jak pohony porovnat. Protože posuzované technologie nemohou splnit nároky provozu ve zcela stejném rozsahu, existují pro dané pohony jisté výhody či nevýhody. Pro identifikaci, jak důležitá tato kritéria v rozhodovacím procesu jsou, je nutno stanovit jednotlivé aspekty individuálně. Pro porovnání elektrického a pneumatického pohonu byla vybrána následující hodnotící kritéria:

- I. Oblasti použití
- II. Bezpečnost provozu, spolehlivost, dostupnost
- III. Spotřeba energie – účinnost
- IV. Prostorové uspořádání
- V. Požadavky na ovládání
- VI. Možnost rozšíření
- VII. Ovladatelnost

5.1.1 OBLASTI POUŽITÍ

Armatury pro vodárenské účely lze v automatizovaném režimu ovládat pouze dvěma způsoby – elektrickými nebo pneumatickými pohony – přičemž platí, že oba typy jsou použitelné prakticky pro jakékoli podmínky. Při detailnějším pohledu na pohony lze najít aplikace, kdy je nevhodné ovládání jedním nebo druhým způsobem.

U pneumatických pohonů je prvním omezením jmenovitá světlost přiřazované armatury. Důvodem je velikost pohybujícího se pístu uvnitř válce, který musí odpovídat jmenovité světlosti armatury. Nad určitou úroveň dimenzí se proto tyto pohony stávají neúměrně velkými, těžkými, ale i drahými. Praxí je prahová hodnota udávána v rozmezí DN 600 až DN 700 u nožových šoupat a DN 1000 u ostatních armatur. Je důležité zde zmínit, že i pohony pro ovládání nad tuto mez jsou však na trhu dostupné, byť ne ve standardizovaných řadách. Elektrické pohony tímto nedostatkem zatíženy nejsou, protože mechanismus pro přenos energie je v každém případě doplněn převodovým ústrojím. Ačkoliv zpočátku rozměry pohonu rostou s velikostí armatury, při potřebě větších ovládacích sil je váhový i rozměrový přírůstek nepatrný (Neborák and Sládeček, 2008).

Velmi důležitým parametrem je samotná funkce armatury neboli její účel. Danému účelu musí být přiřazen patřičný pohon, a to v každém jednotlivém případě. Ve vodárenské praxi jsou rozlišovány pouze tři funkce – otevřeno, zavřeno a polohováno. Jde-li o požadavky otevřeno/zavřeno, plní svou roli elektrický i pneumatický pohon prakticky v totožném rozsahu. Jen s tím rozdílem, že u pneumatických pohonů je možno dosáhnout řádově rychlejšího přestavení armatury z jedné pozice do druhé. V případě potřeby lze rychlost upravovat použitím škrtících ventilů (Festo, 2011). Naopak jedná-li se o elektropohon, zrychlovat tuto dobu nelze. S těmito vlastnostmi obou pohonů je úzce spojen požadavek na polohovatelnost armatury, respektive přesnost polohování. Na první pohled může vypadat polohování elektropohonem jako přesnější než za pomoci pneumatiky. Přesnost je nicméně u pneupohonu srovnatelná

v důsledku využívání elektronické zpětné vazby, čímž dokáže dosáhnout nejen přesné polohy, ale též ji udržovat nebo i často měnit. Častá změna polohy naopak nesvědčí elektropohonu, protože ten zvyšuje svoji teplotu elektrickým buzením. Elektropohon má obvykle také méně plynulou regulační charakteristiku ve srovnání s pneupohonem ovládaným pozicionerem, který přepouští vzduch z komory do komory. Elektropneumatický pozicioner musí být umístěn buď přímo na pohonu nebo v jeho blízkém okolí, aby nedocházelo ke snížení přesnosti jeho ovládní pružením vzduchu v hadicích. Nejběžněji se proto nachází přímo na pohonu. Kvalita regulování u občasného přestavování je plně srovnatelná u elektropohonu i pneumatického pohonu. V případě častějšího přestavování polohy se pneumatické řešení jeví jako stabilnější a tudíž výhodnější (Festo, 2012).

Dalším hodnotícím kritériem pro oblast použití pohonů je jeho ochrana před vnějšími vlivy. Zde, až na dvě výjimky, neexistují omezení elektrického ani pneumatického zařízení. Požadavky na pohony se liší v potenciálně výbušném prostředí. Zatímco elektrický pohon vyžaduje sofistikovaný systém ochrany, pneumatická verze i v základním provedení těmto požadavkům vyhoví. Důvodem je jednoduchá konstrukce a přítomnosti pouze mechanicky pohybujících se částí. Druhou výjimkou je použití pod vodou. I tato specifika mohou být provozem vyžadována a jedinou alternativou je zde pneumatický pohon. Rovněž bez použití speciální konstrukce a dalších úprav. Elektronické vybavení elektrického servopohonu je rovněž náchylné na rozkolísanost okolní teploty, a proto bývá nutností jej vybavit dodatečným vyhříváním. Tím je zamezeno poškození vnitřní elektroniky (Skousen, 2011).

Až na tyto odlišnosti dokáží obě technologie do značné míry pracovat ve shodném rozsahu. To je jen dalším důkazem toho, že porovnání obou pohonů v největší míře závisí na typu aplikace. Obecně lze říci, že elektrický pohon je vhodnější alternativou pro velké armatury a samostatně se vyskytující armatury, zatímco pneumatický pohon lze snáze aplikovat do výbušného prostředí, vlhka nebo i pod vodu. I proto na tomto poli není možné dosáhnout vypovídajícího porovnání.

5.1.2 BEZPEČNOST PROVOZU, SPOLEHLIVOST, PROVOZNÍ POHOTOVOST

Aspektem zabezpečení bezpečnosti je míněna schopnost stroje vykonávat svou funkci bez ohrožení osob, majetku a životního prostředí (Kryštof, 2016). Předpokladem je dodržení příslušných bezpečnostních předpisů a souvisejících norem. Při současné technologické úrovni, je udávána vysoká míra bezpečnosti.

Pod termínem spolehlivost si lze představit správně odvedenou práci zařízení po dobu jeho vykonávání na kterou je navrženo. Tento úkon může značně komplikovat prostředí, v němž má práci vykonávat. Obzvláště počasí má velký vliv na bezporuchový chod a zejména pak vlhkost. Problémy působí elektrickým pohonům, neboť elektronické komponenty jsou výbavou pohonu umístěvaného přímo na armaturu v místě její instalace. V tomto ohledu musí být navrženo odpovídající krytí před těmito vlivy. Velkou proměnnou v automatizovaném systému je spínací frekvence motorů armatur a opět se liší v závislosti na typu provozu. V některých případech se počet operací pohybuje od několika za rok až po několik operací za minutu. Míru spolehlivosti ovlivňuje rovněž zátěž, kterou musí při výkonu překonávat. Mnohdy proto nebývá snadné dojít k příčinám poruch. Obzvláště s přihlédnutím na fakt, že za způsobenými problémy může být i samotná armatura. Zkušenosti získané

z praxe ukázaly, že spolehlivost je závislá i na správné instalaci a uvedení do provozu. Jinými slovy pohony vyžadují odborné zacházení při nastavování jejich funkce. Za předpokladu, že je výše uvedené v souladu i s obecnými požadavky na údržbu a servis, dostupné technologie dnes zaručují vysokou míru spolehlivosti. Liší se ovšem rozsahy údržbových a servisních prací u obou variant. Samotný elektropohon je zatížen pravidelnými revizemi, jež může vykonávat pouze osoba patřičnou úrovní způsobilosti. Totéž platí pro servisní úkony. Pneupohon nemá předepsanou údržbu a jeho kontrolu může vykonávat pouze zaškolená obsluha. Tento detail klade jisté nároky na personál, s nimiž musí provozovatelé počítat (VAG, 2018).

Provozní pohotovost označuje stav, kdy je požadovaná funkce vykonávána za jednotku času. Ovlivnění tímto faktorem je vysledovatelné pouze u elektrických pohonů, kde je vymezena bezpečná doba jednoho pracovního cyklu. Tento stav souvisí se spolehlivostí a vyjadřuje časový úsek, během něhož nehrozí, že by došlo k vypnutí ochrannými prvky. Pneumatický systém je na základě charakteristik schopen pracovat bez časového omezení, přičemž tento fakt může být velkou výhodou. Provozní schopnost je podmíněna i externím zdrojem energie. Zatímco pneumatický systém pracuje s rezervami vzduchu, který je uskladněn v zásobnících, elektrický systém podobnou rezervou nedisponuje. Jedinou možností při výpadku proudu je pouze záložní generátor. Jeho pořízení je nicméně nákladnou záležitostí i při uvažování malého provozu. To činí elektropohon nevýhodnou alternativou. Nouzově je možné armatury ovládat i ručně. Tuto variantu nabízí obě varianty pohonu.

5.1.3 SPOTŘEBA ENERGIE – ÚČINNOST

Stlačený vzduch byl ještě v minulých dekáдах považován za drahý zdroj energie. Jen na území Evropy se dle statistik z roku 2001 spotřebovalo na jeho výrobu okolo 80 TWh elektrické energie ročně (Radgen, 2001). Této spotřebě by odpovídal výkon 7,5 bloků jaderných elektráren. Využito k zamýšlenému účelu nicméně bylo podle mnohých odborných studií v některých případech i pouhých 5 % vyrobeného vzduchu (Seslija et al., 2016, Taheri and Gadow, 2017). V posledních letech se v důsledku rostoucích cen za energii, ale i vzrůstajícímu povědomí o dopadech výroby elektrické energie na životní prostředí přistoupilo k optimalizačním opatřením (Du et al., 2018). Bylo zjištěno, že potenciál úspor energie dosahuje míry od 5 do 50 % (Taheri and Gadow, 2017). Nově dodávaná zařízení na trh proto těmito velkými nedostatky v oblasti účinnosti netrpí a při porovnávání elektrického systému s pneumatickým lze prakticky zanedbat ztráty netěsnostmi potrubí a spojů či tlakové ztráty mezi výrobou a aplikací.

Účinnost pneumatických systémů nicméně zůstává současným tématem, neboť je řešena problematika ztrátového tepla při výrobě. Během procesu komprese se prakticky veškerý vstupní výkon mění na teplo. Odhaduje se přitom, že až tři čtvrtiny tohoto tepla lze využít v navazujících procesech. V oblasti vodárenství může jít například o temperování provozních místností či ohřev provozní vody. Tato problematika se nicméně dotýká v zásadě velkých kompresorových stanic. Stlačený vzduch je ve vodárenství používán diskontinuálně a navíc počet jednotlivých armatur na jeden kompresor bývá v rámci několika jednotek. Spíše se tedy lze setkat s menšími kompresory. Dále se v návaznosti na tento fakt volí větší vzdušníky, čímž se předchází ztrátám vlivem snížení spínací frekvence kompresoru a tedy i produkce tepla (Taheri and Gadow, 2017).

Naproti tomu stojící elektrický pohon není vystaven vysokým ztrátám. Nedochází zde k přeměně na jiné formy energie, nicméně do celkové spotřeby energie je dobré zahrnout i dodatečné nároky na vyhřívání. Účinnost armatur s elektropohonem o výkonu do několika málo kilowattů se pohybuje okolo 80 – 90 %. Při návrhu je dobré mít na paměti fakt, že účinnost zařízení závisí na jmenovitém zatížení. Ačkoli lze elektrické jednotky přizpůsobit různě velkým zatížením regulací otáček nebo frekvence, jde o alternativní zvyšování účinnosti, které ovšem z důvodu souvisejících investic nemají v praxi velké zastání (Neborák and Sládeček, 2008).

Jak je vidět, přímé srovnání stanovením celkové účinnosti obou porovnávaných systémů, může být ovlivněno mnoha faktory a je závislé na individuálním provozování. Obecně se za méně účinný z hlediska energetických nároků označuje pneumatický systém. V rámci komplexní analýzy nákladů pro oba pohonné systémy budou náklady za energii z ekonomického hlediska zohledněny v dalších částech této práce.

5.1.4 PROSTOROVÉ USPOŘÁDÁNÍ

Při uvažování armatur a způsobu jejich ovládní je nutností zvážit prostorové možnosti. Výhodnějšími jsou proto ty systémy, které dokáží uspořít prostor. I zde proto platí individuální metoda posuzování, neboť při menších dimenzích armatur jsou zvýhodněny pneumatické pohony a naopak. Tento stav je patrný zejména u lineárních pneumatických pohonů, jejichž rozměry odpovídají světlosti armatury. Velikost elektrických pohonů je naopak určena regulační a výkonovou sekcí a je tedy nezávislá na velikosti dané armatury. V jistém bodě se převrací výhody na stranu elektrického pohonu, neboť pro přenos výkonu používá převodovku. Toto uvažování platí analogicky i pro hmotnosti pohonů.

Do prostorového uspořádání je nutné započítat i související prvky systému. V případě pneumatického jde o kompresorovou stanici a zásobník vzduchu. Elektrický systém vyžaduje náhradní zdroj energie při výpadku proudu ze sítě. Při uvažování těchto komponent si oba pohonné systémy vyžádají přibližně podobné podmínky pro umístění.

5.1.5 POŽADAVKY NA OVLÁDÁNÍ

Jednou z klíčových vlastností ovládní armatury je doba, která je potřebná k přestavení uzavírací / regulační komponenty. Spojení s pneumatickým pohonem představuje velmi krátkou odezvu od zahájení procesu po jeho ukončení. Ovládací čas se pohybuje od méně než jedné sekundy po několik sekund. Tento čas může být kdykoli variabilně upraven pomocí škrťících ventilů, které omezují tok vzduchu proudící do komory válce pohonu. Naproti tomu se elektrický pohon vyznačuje relativně nízkou rychlostí pohybu ovládní a řádově se pohybuje od několika sekund do několika minut. Elektrické pohony navíc nejsou standardně vybaveny regulátorem otáček nebo frekvenčním měničem, tudíž nelze dobu potřebnou pro ovládací cyklus měnit (VAG, 2018).

V praxi jsou ovládací doby silně odvislé nejen od funkce armatury, nýbrž i médiu protékajícím v potrubí. V případě, že se jedná o vysokotlaké proudění kapaliny, požadavkem je plynulé uzavírání armatury. Tímto způsobem je potrubí zabezpečeno před případnými tlakovými rázy. V jiných aplikacích, například když nožové šoupě

plní úlohu zpětné klapky, může být naopak požadavkem co nejkratší doba pro uzavření armatury.

5.1.6 MOŽNOST ROZŠÍŘENÍ

Pokud má být potrubní síť rozšířena a s tím i počet ovládacích armatur, vyvstává otázka, jak rozšířit existující systém. Elektrické pohony mají tu výhodu, že je do místa zavedena elektrická síť a nemusí být tedy dodatečně instalována. Je nicméně třeba mít na zřeteli, že každý nový pohon si vyžádá samostatný jistič, který musí být umístěn v rozváděči. Mimo investice do jištění to znamená, že i prostor v rozváděči musí být dimenzován na možnost jeho budoucího rozšíření o další zařízení. Podobná situace nastává i u pneumatických pohonů, kde je třeba počítat s prostorovou rezervou u ventilových terminálů pro připojení dalších ventilů. Výhodou pneumatického řešení je jednoduchost, s jakou lze přídatný pohon uvést do provozu. Nezbytné je v tomto případě ale i dostatečná kapacita vzdušníku, jenž musí být o případné rozšíření rovněž naddimenzován už ve fázi projektování. Není-li tomu tak, rozšíření provozu si vyžádá i investici do nového systému výroby vzduchu (Beck, 2007).

V oblasti vodárenství a čištění odpadních vod k rozšiřování o další ovládací prvky příliš nedochází. Očekávat jej lze pouze tehdy, rozrůstá-li se i samotný proces nakládání s vodami. Z toho lze usuzovat, že výběr pohonů pro toto rozšíření bude separován od již existujícího pohonného systému tak, aby byl nezávislý. Rozšiřitelnost jako hodnotící kritérium proto má mnohdy až druhořadý význam.

5.1.7 OVLADATELNOST

Většina provozů na území ČR přechází, nebo již zcela přešla, do plně automatizovaného provozu. To znamená, že ruční zásah by měl přijít pouze v naléhavých případech. Na zásah člověka přímo v místě aplikace jsou uzpůsobeny obě porovnávané technologie. Elektrický pohon je vybaven ručním kolem, zatímco pneumatický lze ovládat ručně z ventilového terminálu. V tomto ohledu má pneumatický systém výhodu centrálního ovládání armatur bez nutnosti přímého přístupu, který je vyžadován u elektrických pohonů.

Dalším kritériem při ovládání je složitost technologie pohonu. Princip činnosti pneumatických pohonů je čistě mechanický a skládá se pouze několika málo komponent. Elektrické pohony jsou mnohem komplexnějšího charakteru a skládají se z mnoha součástí, z čehož vyplývá i větší náchylnost ke spolehlivosti. Složitost se následně promítá i do oblastí údržby a kontroly pohonů. Jednoduchý princip fungování zajišťuje i lepší transparentnost procesu a tím i detekci případných problémů. Elektropohony vybavené diagnostickými systémy jsou naopak schopné uživateli odesílat chybová hlášení, čímž usnadňují proces vyhodnocování chyb.

Celkově lze ale říci, že automatizace je snadnější ve spojení s pneumatickým systémem ovládání. Jeho výhodami jsou snadnější manipulace a konstrukční jednoduchost. Popsané výhody jsou neocenitelné zejména v případě poruchových stavů.

5.2 IDENTIFIKACE NÁKLADŮ V RÁMCI ŽIVOTNÍHO CYKLU POHONU A ARMATURY

Posuzování měřítkem nákladů je ve stavebnictví stále nejpoužívanější metodou poměrování různých investičních variant. Výsledné rozhodnutí by nicméně nemělo vycházet z pouhého porovnání nákladů ve fázi pořízení, které, jak ukazuje tabulka 6, nemají největší poměrné zastoupení při stanovení celkových nákladů. Na problematiku je nutno nahlédnout více holisticky a do propočtů zahrnout i odhad dlouhodobě vynakládaných finančních prostředků. Nejlépe v rámci celého životního cyklu LCC (Life Cycle Costing)(Farr and Faber, 2018). Naléhavost komplexnějšího hodnotícího kritéria proto zohledňuje i mezinárodní norma ISO 15686 z roku 2011. Definice LCC dle této normy ve volném překladu zní – „*Hodnocení nákladů po dobu životního cyklu umožňuje vyčíslení srovnatelných nákladů ve vymezeném časovém období, s přihlédnutím ke všem relevantním ekonomickým faktorům. Jak z hlediska prvotních pořizovacích nákladů, tak z hlediska budoucích nákladů z provozování.*“

Náklad	Poměr z celkových nákladů vlastnictví [%]
Návrh, projektová dokumentace	3
Realizace objektu	17
Provoz a údržba	40
Opravy	30
Periodická obnova	10
Demolice	-
Náklady na vlastnictví celkem	100

Tabulka 6 - Poměrné vyjádření nákladů v rámci posouzení životního cyklu stavby (Evans and Engineering (GB), 1998)

Investiční náklady je relativně jednoduché předpovídat již ve fázi přípravy záměru. Problematické se jeví odhadovat životní cyklus porovnávaných pohonů, protože chybí sběr relevantních dat, dochází k neustálému vývoji technologií, nelze určit jasný začátek a konec životnosti nebo není zohledněna péče provozovatele. Následující kapitola si proto klade za cíl pro posuzovaný záměr identifikovat relevantní náklady v rámci celého životního cyklu. Pro účely další práce s daty je dělí podle přiloženého schématu.



Tabulka 7 – Schématické zobrazení nákladů v rámci životního cyklu

5.2.1 NÁKLADY NA POŘÍZENÍ A UVEDENÍ DO PROVOZU

PROJEKTOVÁ ČINNOST

Náklady na pořízení ovládacího systému armatur vychází z procesu plánování, kdy na základě vstupních informací o provozu a jeho potřebách dochází k parametrizování systému. Do této části spadá výběr technologie, konstrukce pohonů, jejich dimenzování včetně zdrojů energie, kabelových tras, definování požadavků na přenos signálu a dat do velína. Na základě vytvořené projektové dokumentace je vyhotoven podrobný soupis nákladů. Z důvodu mnoha na sebe navazujících činností a při zhotovení díla součinností mnoha subjektů, je obtížné vyčíslit přesné náklady. Lze se proto řídit procentní sazbou ze základních rozpočtových nákladů nebo individuální kalkulací s využitím výkonových a honorářových řádů vydávaných Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě.

POŘÍZENÍ

Ceny jednotlivých komponent systému jsou určovány cenami výrobců dle návrhových parametrů definovaných projektantem. Ten také stanovuje jejich typ a přesný počet včetně souvisejících nákladů za dopravu nebo pojištění. Na pořizovací cenu akčních členů mají dopad následující faktory:

- I. Cenová úroveň výrobce
- II. Typ pohonu, provozní režim, výkon, stupně ochrany
- III. Počet uvažovaných jednotek
- IV. Délky a dimenze kabelů pro přenos stlačeného vzduchu, elektrický proud, přenos signálu
- V. Požadavky na napájení pohonů
- VI. Náklady na dopravu, pojištění

Stanovení celkových nákladů na pořízení lze poté stanovit prostou součtovou rovnicí:

$$N_{CEL} = (N_P \cdot N_M) + (N_E \cdot N_M) + (N_K \cdot N_M) + (N_O \cdot N_M) \quad (5.1)$$

kde jsou	N_P	náklady na pořízení pohonů
	N_E	náklady na dodávku energie (kabelové trasy, nouzový generátor)
	N_K	náklady na komponenty kontroly (fieldbus, PLC, ventilové terminály apod.)
	N_O	ostatní náklady (doprava, pojištění)
	N_M	příslušné náklady na montáž k zprovoznění systému

V praxi je běžné, že pohony jsou součástí komplexní dodávky armatur. To znamená, že pohony jsou montovány na armatury předem u výrobce armatur. Při porovnání alternativních koncepcí by měly být zohledněny náklady na montáž pohonů rovněž individuálně. Jak nicméně vyplývá z šetření, rozdíly v montáži elektrického či pneumatického pohonu jsou zanedbatelné, a proto lze potenciální diference ve výpočtu zanedbat. Náklady na montáž a kompletaci kabelových tras se stanovují sazbou na jednotkovou délku kabelu.

UVEDENÍ DO PROVOZU

Po instalaci všech zařízení musí dojít k nastavení pohonů a ke kontrole jejich správné funkce v součinnosti s typem armatury. Dále je zajišťováno připojení prostřednictvím fieldbusu k PLC a následně propojení na vyšší úroveň řízení. Zde náklady představují individuálně vytvořený schématický algoritmus pro ovládání pohonů a dále fázi jejich testování. Výpočet lze vyjádřit jako:

$$N_{Pvz} = (t_{test} \cdot m_h \cdot x_p) + N_{PLC} \quad (5.2)$$

kde jsou

N_{Pvz}	náklady na uvedení do provozu
t_{test}	čas nezbytný ve fázi nastavení a testování
m_h	hodinová mzda
x_p	počet pohonů
N_{PLC}	náklady na zapojení (programování) do PLC a nadřazeného řídicího systému

Rozdíly v postupu programování řídicího software pro obě porovnávané technologie není velký. Hlavním aspektem ovlivňující časovou náročnost programování je však počet vstupních a výstupních signálů pohonů při uvažování pokynů otevřeno/zavřeno. Tyto signály musí být v ovládacím algoritmu zohledněny. Zatímco u elektrického pohonu se v závislosti na jeho složitosti pohybuje počet signálů v rozmezí od 5-10, pro pneumatický jsou to standardně pouze 3 signály (Beck, 2007).

Typ signálu	Pneumatický pohon	Elektrický pohon
Vstupy do PLC (údaje o stavu)	Otevřeno Zavřeno	Otevřeno Zavřeno Porucha Local (místně) Remote (vzdáleně)
Výstupy z PLC	Pohyb ventilu	Otevírání Zavírání Stop
Signálů celkem	3	8

Tabulka 8 - přehled vstupních a výstupních porovnávaných pohonů v provozním režimu otevřeno/zavřeno

5.2.2 NÁKLADY VE FÁZI POUŽÍVÁNÍ PO DOBU ŽIVOTNOSTI

V rámci konceptu pro posouzení pohonů jsou provozní náklady jedním z nejdůležitějších ukazatelů, které by měly být součástí podkladů pro učinění fundovaného rozhodnutí. Jelikož pohony nepracují nepřetržitě, jsou náklady na spotřebovanou energii úměrné počtu ovládacích cyklů. Jinými slovy, pokud je stanovena jednotková cena energie spotřebované na jeden úkon, je možné poměřit výkonnost obou technologií. Výpočet spotřeby energie je přitom zcela odlišný.

PROVOZNÍ NÁKLADY PNEUPOHONU

U pneumatických systémů je důležité určit množství stlačeného vzduchu spotřebovávaného ve válci. Posléze lze stanovit množství energie, kterou je nutné

dodat pro jeho výrobu kompresorem a takto určit cenu za jeden cyklus. Liší se přitom i způsob výpočtu pro lineární a kyvný pneumatický pohon. Obecně se však vychází ze znalosti vnitřního průměru válce, jeho objemu a provozního tlaku (Böhm et al., 2017). Tyto údaje jsou součástí technické dokumentace pohonu. Výrobci nicméně běžně uvádějí konkrétní množství spotřebovaného vzduchu při různých provozních tlacích. Spotřebu vzduchu u pneumatických pohonů lze spočítat následovně:

$$S_d = S_v \cdot X_c \quad (5.3)$$

kde S_d spotřeba vzduchu
 S_v spotřeba vzduchu ve válci na jeden cyklus
 X_c počet cyklů za jednotku času

U kyvného pohonu se vždy uvažuje spotřeba v litrech na celé otočení.

$$S_d = S_{v,hi} \cdot h \cdot X_c \quad (5.4)$$

kde S_d spotřeba vzduchu
 $S_{v,hi}$ spotřeba vzduchu ve válci na milimetr zdvihu
 h výška válce
 X_c počet cyklů za jednotku času

Lineární pohon se vždy počítá v litrech na milimetr zdvihu.

V každém reálném rozvodu tlakového vzduchu dochází vlivem netěsností k únikům a potenciálním ztrátám, které je nutné přičíst k provozním nákladům. Naměřené ztráty při různě velkých netěsnostech ukazuje tabulka 7. Případné ztráty musí v pneumatickém systému kompenzovat chod kompresoru. Do výpočtu je proto nutné zahrnout i ztrátový faktor v procentech. Jeho velikost je velmi individuální záležitostí a liší se provoz od provozu. Vždy je nezbytné systém naddimenzovat právě o hodnotu předpokládaných ztrát, které se pohybují v rozmezí 5 – 10 % (Dostalík, 2006). Výrobci pneupohonů však počítají se ztrátami, které se rovnají ekvivalentu vlastní spotřeby. Důležitým prvkem ovlivňující míru ztrát tlaku vzduchu je i odpouštění kondenzátu pod vzdušníkem, který se spíná dle časového klíče nebo dle stavu hladiny. Převládá přitom časové spínání kvůli jednodušší funkci, a tedy nižším pořizovacím nákladům. Funkce odpouštění kondenzátu spočívá v otevření výstupu ve spodní části vzdušníku a foukání vzduchu po určitý časový úsek. S vyfukováním vzduchu zároveň dochází k odnášení kondenzátu.

Průměr netěsnosti (mm)	Ztráty vzduchu při tlaku 6 bar (l/s)	Ztracená energie (kWh)	Roční ztráta (Kč)
1	1,3	0,3	6 480
3	11,1	3,1	66 960
5	31	8,3	179 280
10	124	33	712 800

Tabulka 9 - Ztráty v pneumatických systémech způsobené netěsnostmi (Dostalík, 2006)

Důležitý údaj pro vyhodnocení je ukazatel ceny na metr krychlový vyrobeného vzduchu. I zde mohou být hodnoty velmi variabilní dle poskytovatele primární

energie, typu kompresoru, teploty nasávaného vzduchu, požadovaného pracovního tlaku, ztrát a celé řady dalších faktorů vyplývajících z provozování systému. Jmenovitým pracovním tlakem pneumatických pohonů je tlak 6 barů. Obvykle je však počítáno s rezervou 1-2 barů nad požadovaný pracovní tlak. Celkové energetické nároky K_p se stanoví jako:

$$S_{celk} = S_v \cdot X_c \cdot (1 + \gamma) \quad (5.5)$$

$$t_{výroby} = S_{celk} / Q \quad (5.6)$$

$$K_p = t_{výroby} \cdot P_e \cdot K_e \quad (5.7)$$

kde	S_{celk}	spotřeba vzduchu na pohon za den	[l]
	S_v	spotřeba vzduchu ve válci na jeden cyklus	[l]
	X_c	počet cyklů za den	[-]
	γ	ztrátový koeficient	[%]
	$t_{výroby}$	čas chodu kompresoru k výrobě vzduchu	[hod]
	Q	výkonnost kompresoru	[l/min]
	P_e	efektivní příkon kompresoru	[kW]
	K_e	cena elektrické energie	[Kč/kWh]

PROVOZNÍ NÁKLADY ELEKTROPOHONU

Výpočet nákladů na spotřebu primární energie elektrických pohonů musí být stanoven rovněž na hodnotu jednoho spínacího cyklu tak, aby bylo možné porovnat obě varianty. Zatímco u pneumatických pohonů je spotřeba vzduchu ve válci stanovena výrobcem, spotřebu elektrické energie elektrického pohonu je nutné vypočítat. Pro přesný výpočet je třeba uvažovat s mnoha proměnnými jako jsou rozdíly vznikající při různém zatížení uzavíracích disků armatur, klidový provoz pohonu, start motoru apod. Takové úsilí je však nepřiměřené výsledkům a lze si proto pomoci zjednodušenými výpočty zanedbáním těchto parametrů. Složitost výpočtů dokládá i fakt, že výrobci armatur požadují dimenzovat ovládací kroutící moment u elektrických pohonů takzvaným koeficientem bezpečnosti 1,5 (VAG, 2016). Tímto způsobem je možné se vyvarovat případným odchýlkám a následným problémům při uvádění provozu.

Aby se stanovila energie potřebná pro celý cyklus přestavení armatury, je klíčovým faktorem rychlost přestavení, respektive potřebný čas pro jeho realizování. Údaje o rychlostech lze dohledat v technických listech příslušných pohonů. Platí, že u přímočarých pohonů se přepočítává čas potřebný na požadovanou výšku zdvihu. V polohovacím režimu, ať už u pneumatického nebo elektrického pohonu, je nutné výpočty zpřesnit koeficientem poměrné spotřeby energie. Zjednodušeně lze provést výpočet spotřeby energie K_e podle rovnice:

$$K_e = P \cdot t_{xc} \cdot X_c \cdot K_e \quad (5.8)$$

kde	P	příkon elektromotoru	[kW]
	t_{xc}	čas potřebný k přestavení armatury	[s]
	X_c	počet cyklů za jednotku času	[-]
	K_e	cena elektrické energie	[Kč/kWh]

NÁKLADY NA OBSLUHU

Vzhledem k rychle postupujícímu vývoji technologického prostředí, jsou již dnes procesy úpravy vody ve značné míře automatizovány. Velký vliv na přecházení do plně automatického provozu má i růst cen kvalifikované pracovní síly, nedostatek takových pracovníků, zvyšující se nároky na kvalitu řízení procesů, požadavky na efektivní ochranu složek životního prostředí (eliminace lidských chyb), ale hlavně možnost řídit procesy v reálném čase (Bábíček et al., 2018). Veškeré zásahy do řízení jsou nastavovány a upravovány na základě vnějších podnětů z kontrolních měření, která rovněž probíhají v čase kontinuálně. Moderní pracoviště jsou proto dnes z hlediska počtu pracovníků stažena na několik málo odpovědných osob. Tito pracovníci jsou povinni sledovat probíhající procesy a v případě výskytu problémů musí zasáhnout. Dále je tento personál odpovědný za provozuschopnost technologických systémů a náleží jim tedy povinnost technické správy zařízení. Je možné přistoupit na rozdělení nákladů za tyto činnosti i pro jednotlivé subsystemy jako jsou pohony armatur. V konečném zúčtování se ale neočekávají rozdíly v nákladech za provoz pneumatického a elektrického systému, a proto v rámci konceptu hodnocení nebudou brány v úvahu. Zde je nicméně důležité rozlišovat mezi náklady na obsluhu pohonů a na jejich údržbu, neboť jde o zcela jiný soubor činností. Zabývat se jimi bude následující oddíl.

NÁKLADY NA ÚDRŽBU

Mimo obsluhu, která řeší zajištění nerušeného a účinného chodu, je druhou důležitou činností také údržba technologických zařízení. Rozsah jednotlivých údržbových prací je určen příslušnými technickými normami vodního hospodářství. V obecnější rovině jde o proces zpomalující fyzické opotřebení objektů a zařízení technologické soustavy a zajišťuje se prodloužení provozuschopnosti. Činnosti spadající do oblasti údržby lze rozdělit do tří oblastí – drobné opravy a čištění, odstraňování poruch a závad, revize. V případě poruch jde většinou o neočekávané opravy, které jsou prováděny podle potřeby. Naproti tomu stojí generální opravy, které jsou dopředu naplánovány ve stanovených časových intervalech. Podobným preventivním opatřením jsou revize, jejichž cílem je redukování oprav a škod na minimum. Společně s tím může být odlišována i zvolená strategie údržby, která je buď preventivní nebo reaktivní.

Pokud má být údržba zahrnuta do hodnotícího konceptu pro srovnání elektropohonů a pneupohonů, musí dojít k parametrizaci úkonů údržby. V tomto ohledu nicméně není možné stanovit rozsah nákladů na opravy s výjimkou těch, které jsou vyvolány poruchovým stavem. Odhad ročních nákladů je optimálnější vyčíslit pomocí času stráveného kontrolními úkony údržby K_u jako:

$$K_u = m_h \cdot t_u \cdot x_c \quad (5.9)$$

kde

m_h	hodinová mzda
t_u	průměrný čas strávený údržbou za rok
x_c	počet pohonů

Co do náročnosti kontrol a oprav, je elektrický pohonný systém složitější, a proto je nutné tento stav při výpočtu zohlednit poměrovým koeficientem. Jeho stanovení je voleno na základě zkušeností z praxe. Dalšími náklady jsou periodické revize

elektrických zařízení $K_{u,rev}$. Jejich náklady lze stanovit procentuálně z pořizovací ceny a rozložit je do jednotlivých období životního cyklu. Ostatní náklady jsou považovány za zanedbatelné. Celkové náklady $K_{u,celk}$ na údržbu a kontrolu pohonného systému jsou vyjádřeny součtem:

$$K_{u,celk} = K_u + K_{u,rev} \quad (5.10)$$

OSTATNÍ NÁKLADY

Správnou funkci pohonů zajišťují i podpůrná zařízení, která by měla být v rámci koncepce hodnocení zvažena. Je jím například vyhřívání u elektrických pohonů, jež chrání konstrukci pohonu před korozi. Množství takto vynakládané energie je nicméně velmi malé, proto je výpočet omezen pouze na chod pohonů.

Dále by bylo možné zahrnout i podružné náklady na prostor, který by poskytl zázemí pro chod pohonů. Obě technologie mají přitom svá specifika, a protože by měl výpočet poskytnout relevantní údaje pro srovnání, nebudou tyto náklady zohledňovány.

5.2.3 NÁKLADY NA LIKVIDACI

S koncem životního cyklu následuje fáze likvidace. V této fázi probíhá demontáž pohonného systému a jednotlivé komponenty jsou odváženy k likvidaci řídicí se platnými zákony a předpisy. Přesné vyčíslení nákladů je znovu velmi náročné s ohledem na faktory (externě najímaná firma, personál provozu, způsob likvidace, velikost demontovaných částí atd.) ovlivňující výpočet. Orientačně však lze výpočet nákladů na likvidaci L_v provést přenásobením montážních nákladů diskontním koeficientem, který prakticky snižuje nároky na demontáže.

$$L_v = N_M \cdot \Delta D + V_D \quad (5.11)$$

kde

N_M	náklady na montáž k zprovoznění systému
ΔD	diskontní koeficient
V_D	vratky z recyklace šrotu

6 SROVNÁNÍ VARIANTNÍHO ŘEŠENÍ

6.1 PROVOZ ČOV OBŘÍSTVÍ

Posouzení ekonomické vhodnosti systémů s aplikací elektrických a pneumatických pohonů v rámci jednoho životního cyklu proběhlo na ČOV v obci Obříství. Obec leží nedaleko města Mělník ve středočeském kraji. Čistírenský komplex prošel v roce 2019 celkovou rekonstrukcí. Bylo kompletně nahrazeno jeho technologické zařízení, čímž došlo ke zkapacitnění průtoku a zvýšení úrovně čištění pro stále se rozrůstající obec. Ta je z hlediska dobré dostupnosti do Hlavního města Prahy vyhledávaným místem pro bydlení.



Obrázek 8 - Část vnitřních prostor ČOV Obrůstvi po rekonstrukci

6.1.1 STRUKTURA SYSTÉMU A VYMEZENÍ JEHO KOMPONENT

Skladba technologické linky čistírny je koncipována jako mechanicko-biologická. První část provozu ČOV je vybavena jemnými česlemi a slouží jako ochranná. Její funkce spočívá v odstranění nejhrubších nečistot z přitékající odpadní vody a zabráňuje tak poškození technologického zařízení v navazujících stupních čištění. Následně odpadní voda natéká přes rozdělovací objekt do aktivačních nádrží, kde dochází k biologickému odstraňování organického znečištění. Biologické čištění je navrženo jako nízko zatěžovaná aktivace s denitrifikační a nitrifikační nádrží dvoulinkového uspořádání. Navržena je aktivace v systému D-N s pneumatickou aerací. Aktivační linka je rozdělena na sekci anoxickou, která je navržena společná pro obě linky a sekci oxickou, která je rozdělena na linku 1 a 2. Nitrifikační část se skládá z trojice nádrží N1, N2 a N3. Pro separaci kalu slouží dvě čtvercové dosazovací nádrže. Vyklízení kalu z prostoru kónického dna dosazovací nádrže je navrženo čerpadlem kalu. Vyčištěná voda odtéká přes betonový žlab s ocelovou pilovou hranou měrným Parshallovým žlabem do blízkého recipientu (řeky Labe).

Předmětem porovnávaných pohonů jsou pneumatické pohony nožových šoupat umístěných na výtlačném potrubí odsazeného kalu z dosazovacích nádrží a kulové kohouty na rozvodech tlakového vzduchu. Usazený kal je z dosazovacích nádrží čerpán kalovým čerpadlem a odváděn nerezovým potrubím o světlosti DN 80. Toto potrubí se dále dělí do větví vratného a přebytečného kalu. Cesta kalu je primárně určována dvojicí nožových šoupat s pneupohony. V závislosti na nastavení armatur kal následně vytéká do denitrifikační nádrže, odkud je vrácen zpět do procesu, nebo zásobní nádrže kalu, kde se stabilizuje a poté odváží k dalšímu zpracování. Dvojice pohonů na těchto větvích je zachycena a uvedena v příloze 3. Čistírna je rozdělena na dvě samostatné linky, a proto se celkem jedná o čtveřici pohonů DN 80 s označením Y20-Y23.

Zásobní nádrže pro uskladnění kalu jsou dle předepsaných hodnot v pravidelných intervalech provzdušňovány. Tlakový vzduch je dodáván z dmychárny a je dopravován potrubím světlosti DN 50. Stejným způsobem je řešeno zásobování

vzduchem v denitrifikační nádrži. Pro ovládání toku vzduchu je na každé větvi osazen kulový kohout s pneupohonem. Pro zásobní nádrže kalu se o řízení vzduchu starají pohony s označením Y18 a Y19. Denitrifikační nádrž je řízena pohonem Y17. Celkem se jedná o trojici kulových kohoutů DN 50.

Dále se v rámci posouzení jedná o kulové kohouty umístěné na rozvodech vzduchu zajišťující provzdušnění lapáku písku a odtah plovoucích nečistot z dosazovacích nádrží. Pro separaci písku z natékající OV byl navržen vertikální vírový lapák písku s hloubkou 4 650 mm. Těžení písku probíhá pod účinným prostorem lapáku a je realizováno mamutkovým čerpadlem. Prostor lapáku písku je v pravidelných intervalech provzdušňován. Vzduch je přiveden dvojicí potrubí DN 25 zavedeným ke dnu lapáku písku. Na těchto větvích je v prostoru dmychárny osazena dvojice kulových kohoutů ovládaných pneupohonem s označením Y15 a Y16.

Sběr plovoucích nečistot zabezpečuje mechanicky ovládaný žlab s kónickým dnem obdélníkového půdorysu, který je výškově stavitelný pomocí závitových tyčí. Nečistoty jsou dopravovány mamutkou, která je pro snadnou manipulaci se žlabem propojena hadicí. Odvod je dále realizován potrubím DN 65 na začátek nitrifikačních nádrží, kde volně vytéká. Přívod vzduchu do prostor dosazovacích nádrží je realizován z prostoru dmychárny, respektive je zajištěn odbočkou z přívodního potrubí vzduchu pro nitrifikační nádrže. Dimenze potrubí je DN 25 a odbočka je rozdělena na několik větví. Jedna se stará o přívod vzduchu pro mamutku, ostatní provzdušňují prostor kolem pilové hrany na odtoku vyčištěné vody. Odbočky jsou vybaveny kulovými kohouty s pneupohony s označením Y24 a Y25. Celkem se jedná o dvojici pohonů DN 25.

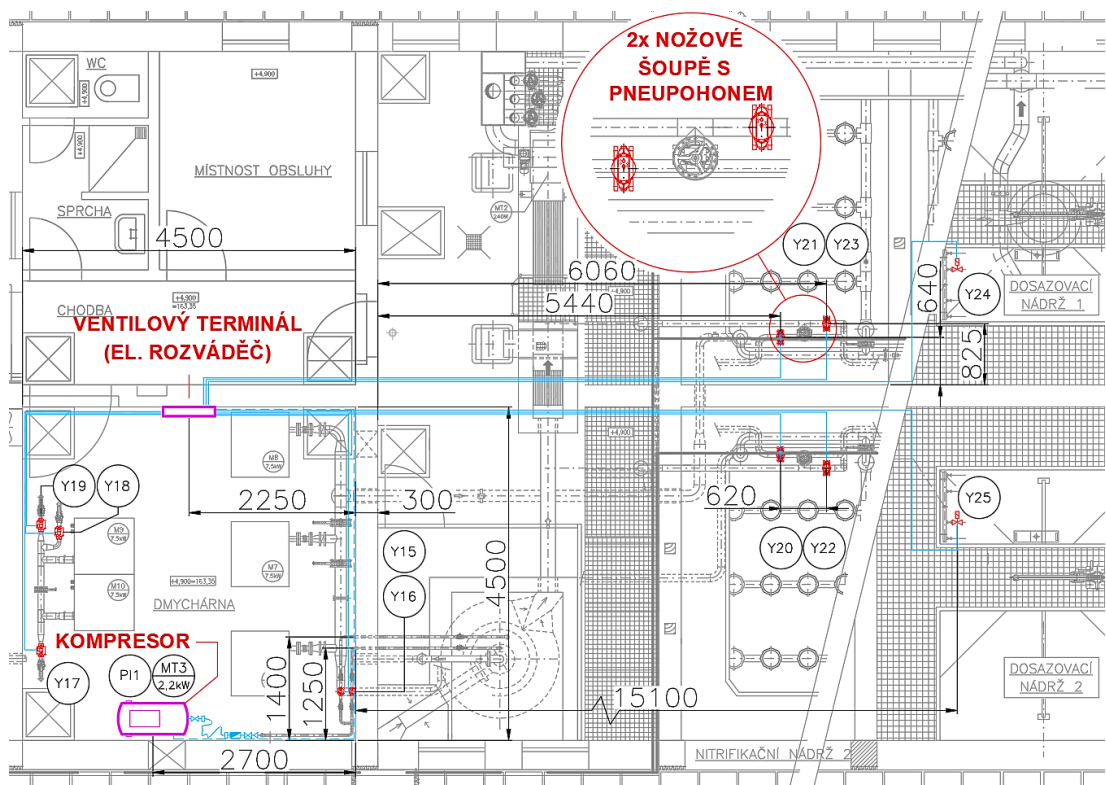
Umístění	ks	Typ armatury	DN	Funkce	Pneumatický pohon	Elektrický pohon
Potrubí kalu	4	Nožové šoupě	80	Otevřeno/ Zavřeno	DLP-80-80-A	SO 2 062.1-1B1AE/06
Potrubí vzduchu	3	Kulový kohout	50	Otevřeno/ Zavřeno	DFPD-80-RP-90-RD-F0507	ES SP1 281.1-01BAA/16
Potrubí vzduchu	4	Kulový kohout	25	Otevřeno/ Zavřeno	DFPD-40-RP-90-RD-F0507	ES SP0 280.1-07FAP/10

Tabulka 10 - Soupis armatur na ČOV Obříství a jim přiřazené pohony pro pneumatický a elektrický systém

Uvedené velikosti a požadavky na pohon vždy vyplývají z velikosti potrubí, typu média, typu osazovaných armatur a provozního režimu. Zde použita nožová šoupata plní funkci usměrňování nátoky kalu a jde tedy o cykly otevřeno/zavřeno. Pro ovládání nožových šoupat byly osazeny lineární dvojčinné pohony firmy Festo. Stejnou funkci zde plní i kulové kohouty. Ty podle časového klíče ovládají přívody vzduchu zajišťujících pouze průtok média, nikoliv jeho regulaci. Pro ovládání kulových kohoutů byly navrženy dvojčinné kyvné pohony firmy Festo. Jako srovnatelné fabrikáty pro teoretické posouzení pohonů byly vybrány elektrické pohony od firmy Regada.

Zdrojem energie pro ovládání pneupohonů na ČOV Obříství je kompresor značky Schneider Bohemia, který byl součástí provozu již před rekonstrukcí. Toto zařízení prošlo pouze repase, po níž plně vyhovuje změnám požadavků vyplývajících z charakteru provozu. Kompresorová stanice má parametry 24 m³/hod a je vybavena

tlakovým vzdušníkem o objemu 50 litrů. Efektivní dodávka stlačeného vzduchu při tlaku 1 MPa je 14,4 m³/hod. Výkon elektromotoru kompresoru je 2,2 kW. Kompresor mimo zásobování pohonů slouží také jako zdroj vzduchu pro lapák písku. Provzdušňován je v režimu 1x za hodinu po dobu 5 minut. V rámci srovnání je uvažován nový kompresor včetně vzdušníku o stejných parametrech tak, aby bylo možné stanovit relevantní náklady na pořízení. Vybrán byl ze standardizované řady dostupných kompresorových stanic. Na stěně vedle vstupních dveří do dmychárny je umístěn sdružený ventilový terminál s napájecím zdrojem 230AC/24DC-5A a modulem s komunikací Profibus od firmy Festo pro ovládání všech armatur s pneupohonem v prostoru ČOV. Dispozice pneumatického systému je zachycena na obrázku 9.



Obrázek 9 - Dispoziční výkres ČOV Obříství s vyznačenými prvky pneumatického systému

Při komplexním posouzení dvou pohonných technologií, jako jsou výše popisované, je důležité zahrnout i jednotlivá hadicová propojení a kabelové trasy pro napájení a přenos signálů. Délky těchto propojů jsou v důsledku uvažování stejného dispozičního rozmístění pohonů prakticky totožné. Nelze nicméně opomenout i počet a typ připojovacích kabelů. Tyto položky jsou diametrálně odlišné a je nutno s nimi počítat. Údaje o délkách byly odečteny z obrázku 9. Veškeré zde naznačené trasy jsou v souběhu. To znamená, že rozvody vzduchu a kabely pro přenos signálů jsou naznačeny jednou linkou. Pneumatický systém je dán reálným stavem po rekonstrukci ČOV. Systém s elektrickými pohony kopíruje trasy pneumatického systému. Rozváděč je umístěn na místě ventilového terminálu. Celkové srovnání délek jednotlivých kabelových tras uvádí tabulka 11.

Další řídicí komponenty pneumatického systému vychází z návrhu rekonstrukce ČOV a jsou dány projektovou dokumentací (D-Plus, 2018). K ovládání pohonů byl v místě instalován jeden ventilový terminál, použito jedenáct elektromagnetických ventilů a komunikační rozhraní Profibus s připojením na PLC. Komunikační modul PLC čítá

až 32 digitálních vstupů, a proto byl pořízen pouze jeden modul. Připojení datové sběrnice je realizováno pomocí jednoho společného kabelu.



Obrázek 10 – Ventilový terminál s veškerým vybavením (ČOV Obříství)

Pro elektrický systém není uvažována investice do náhradního zdroje energie, který při daném charakteru provozu nemá opodstatnění. V případě nouzového stavu se uvažuje ruční zásah obsluhy a pohony jsou pro tyto účely vybaveny ručním kolem. Pro každý pohon je pro řízení po datové sběrnici uvažován samostatný kabel. Vlivem vyššího počtu signálních vstupů a výstupů z pohonů, jsou pro jejich automatizované řízení uvažovány tři komunikační moduly PLC o 32 digitálních vstupech.

Označení trasy	Délka [m]	
	Pneumatická	Elektrická
Hadice 6/45 (včetně tvarovek)	236	-
Kabely datové	236	958
Kabely napájecí	20	160
Chráničky kabelových tras	120	260

Tabulka 11 - Výpis potrubních tras pneumatického a elektrického systému

6.1.2 VÝPOČET NÁKLADŮ PRO VARIANTU S PNEUMATICKÝM A ELEKTRICKÝM POHONEM

Použitím hodnotícího konceptu elektrického a pneumatického pohonu, který byl představen v rámci této práce, je v následující části přistoupeno k výpočtům celkových nákladů a jejich dílčích složek. Ekonomické zhodnocení obou technologií bylo provedeno s aplikací na výše vymezeném systému ČOV Obříství. Jeden výpočetní,

respektive životní cyklus armatury byl pro podmínky vodárenství uvažován při jeho spodní hranici 10 let. Při výpočtech bylo postupováno dle přesných fází tak, jak jsou běžně investiční záměry realizovány a jak je zachycuje schéma uvedené v tabulce 7. Jinými slovy bylo k vyhodnocení přistupováno v souladu s navrženou metodikou.

Veškeré výpočty byly provedeny tabulkovým procesorem MS Excel. Jednotlivé výpočtové listy s podrobnými výpisy cenových úrovní všech uvažovaných prvků systémů jsou uvedeny v sekci 12 jako samostatné přílohy č. 1 a č. 2.

STRUČNÝ PŘEHLED DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

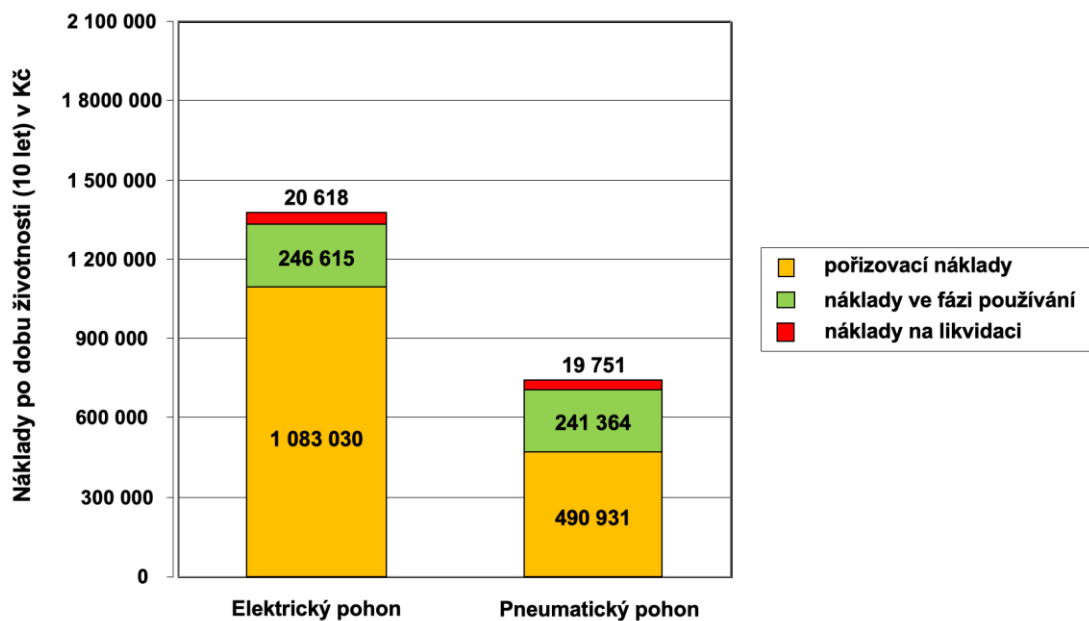
	Elektrický pohon	Pneumatický pohon
Náklady na pořízení a uvedení do provozu	1 083 030,34 Kč	490 931,87 Kč
Náklady ve fázi používání (za celý cyklus)	246 615,00 Kč	241 364,48 Kč
Náklady na likvidaci	20 618,38 Kč	19 751,16 Kč
Náklady celkem	1 350 263,71 Kč	752 047,51 Kč

Tabulka 12 – Přehled hlavních kategorií nákladů pro variantu s elektrickým servopohonem a pneumatickým pohonem

Na základě dat a údajů shromážděných v předchozích kapitolách byl na konkrétním případě ČOV Obříství s lepším investičním výsledkem vyhodnocen pneumatický pohon. V prvotní fázi byly porovnávány pořizovací náklady. Dle dosažených výsledků jsou u obou pohonů tyto zároveň největší složkou celkových nákladů. Tento stav je dán zejména nižším uvažovaným životním cyklem, kdy i kumulovaná hodnota provozních nákladů je nižší. Dále se pořízení neomezuje pouze na koupi samotného pohonu, ale zahrnuje i sestavení akčních členů systému do hotového a odzkoušeného provozního celku včetně projektové činnosti.

Následující investiční etapou jsou náklady spojené s provozováním díla. Technické rozdíly ovládacích systémů tvoří úskalí pro provozovatele, s nimiž se musí vypořádat, a které se odráží v reálné výši provozních nákladů. Pod tuto kategorii spadají výdaje za údržbu pohonů a jejich komponent. Uvažovány jsou výdaje za energie i revize spojené se zajištěním chodu bez rizika ohrožení jednotlivých složek životního prostředí.

Poslední složkou celkových nákladů je fáze likvidace pohonů. Ta nastává ve chvíli, kdy se investor kupříkladu rozhodne k rekonstrukci provozního souboru vodárenského díla. V takovém případě je odpovědný za demontáž a bezpečnou likvidaci technologie.



Obrázek 11 - Porovnání nákladů pohonů při uvažovaném životním cyklu 10 let

NÁKLADY NA POŘÍZENÍ A UVEDENÍ DO PROVOZU

Pořizovací náklady vychází z ceníkových cen, respektive z oceněných nabídek výrobce příslušného zařízení nebo komponent. Celkové náklady na pořízení pneumatického systému pro ovládání specifikovaných armatur na ČOV Obříství byly vyčísleny na 490 931 Kč. U elektrického systému v témže rozsahu byla stanovena celková cena 1 083 030 Kč.

Montážní náklady jsou zahrnuty v nákladech na uvedení systému do provozu a mohou být stanoveny na základě rovnice (5.2), popřípadě jsou určeny dodavatelem technologie. V uvedeném případě byly stanoveny dodavatelem poměrem 10 % z výše pořizovací částky. Tento způsob určování cen za montáž eliminuje dodatečné náklady vznikající nedostatečným stavem připravenosti stavby a zároveň odráží náročnost instalací obou technologií. Do částky jsou rovněž zahrnuty i náklady na odzkoušení pohonů a jejich zprovoznění. Obojí zařizuje výrobce armatur, který pohony na armatury montuje. Náklady na programování řídicího systému PLC je odvozeno od počtu vstupů a výstupů, jež musí systém vyhodnocovat. Všechny pohony v pneumaticky řízeném systému produkují 22 signálů, zatímco elektrické pohony 52 signálů. V důsledku toho se liší i cena v programování PLC u obou systémů. Pro pneumatický pohon činí náklady 23 400 Kč a pro elektrické pohony 25 000 Kč. Z odhadu celkových nákladů byla následně určena výše nákladů za vyhotovení projektové dokumentace. Určeny jsou poměrově z celkových pořizovacích nákladů. Dílčí náklady ve fázi pořízení technologie jsou uvedeny v tabulce 13.

Přehled nákladů	Elektrický pohon	Pneumatický pohon
Projektová činnost (10 % z pořizovacích nákladů)	80 824 Kč	35 668 Kč
Pořízení (vč. nezbytných součástí pro chod systému)	808 245 Kč	356 682 Kč
Uvedení do provozu	146 237 Kč	76 902 Kč
Montáž	121 237 Kč	53 502 Kč
Zapojení (PLC)	25 000 Kč	23 400 Kč
Ostatní náklady (5 % z dodávky a montáže)	47 724 Kč	21 679 Kč
Náklady na pořízení CELKEM	1 083 030 Kč	490 932 Kč

Tabulka 13 – Náklady na pořízení a uvedení do provozu

NÁKLADY VE FÁZI POUŽÍVÁNÍ

Náklady vznikající používáním jsou závislé na způsobu provozování. Na ČOV Obrázků jsou pohony v provozu vždy jedenkrát za předem definovaný časový úsek. Pohon nožového šoupěte za den vykoná celkem 5 cyklů neboli 10 pohybů do polohy otevřeno nebo zavřeno. Kulové kohouty ovládající přívody vzduchu do dosazovací nádrže pro odtah plovoucích nečistot fungují na stejném principu. Jsou tedy spouštěny podle časového klíče a jeden kohout za den vykoná celkem 24 cyklů, respektive 48 pohybů do polohy otevřeno nebo zavřeno. S ohledem na velikosti jednotlivých armatur je pro jejich ovládání zapotřebí jen malé množství energie. Při uvažování ceny elektrické energie 5,62 Kč za kW/h a ztrát pneumatického systému vlivem netěsností a nutných odfuků, činí roční energetické náklady dle rovnice 5.7 u této varianty 4 336 Kč. Spotřeba elektrických pohonů je počítána dle rovnice 5.8, přičemž výsledné náklady činí pouhých 36,50 Kč. Na základě malé dimenze pohonů a nízkého počtu ovládacích cyklů lze tvrdit, že částka připadající na energii, je z celkového rozpočtu jen zanedbatelnou položkou.

U nákladů na údržbu jsou předpokládány úkony, které zajistí bezproblémový chod technologie po stránce provozní i předpisové. Úkony spojené s oddálením fyzického opotřebení je jen obtížné kvantifikovat, proto se vychází z empirických zkušeností provozu. Pro modelový příklad byla uvažována 1 hodina za rok/pohon pro oba systémy. Pneumatické pohony však vyžadují pouze minimální zásah obsluhy. Odpovídá tomu i nižší částka 300 Kč na pohon. Do celkových nákladů za údržbu je nicméně nutné započítat i údržbu kompresoru, pravidelné analýzy úniků v systému, které jsou uvažovány v rozsahu 1krát za 5 let a revize elektrických spotřebičů. Souhrnná částka pak činí 24 136 Kč za rok provozu. U elektrických pohonů vlivem složitější samotné pohonné technologie se předpokládají vyšší nároky na kontrolní úkony. Vyčísleny byly na 500 Kč na jeden pohon. I zde se připočítávají náklady na revize elektrických spotřebičů, ale i výměnu maziv uvnitř pohonů. Výsledné náklady jsou 24 661 Kč za rok provozu. Ve výpočtu nejsou předpokládány výdaje za opravy a odstraňování poruch. Nízké pracovní vytížení pohonů během celého životního cyklu by dle stanovených hodnot výrobcem pohonu k těmto událostem nemělo docházet. Vždy nicméně záleží i na chování provozu a svědomitosti obsluhy při provádění servisních úkonů.

Na posledním místě životního cyklu pohonu a armatury je fáze likvidace. V této fázi se předpokládá úplná demontáž systému a jeho likvidace na odpovídajících místech. Náklady na demontáž jsou vyčísleny podle rovnice 5.11. Hodnota je stanovena pouze pro pohony bez dalších prvků akčního systému. Ani tyto náklady však v uvedeném příkladu nepředstavují důležitý rozhodovací parametr.

Přehled nákladů (za rok)	Elektrický pohon	Pneumatický pohon
Výdaje za energie	36,5 Kč	4 336 Kč
Údržba	24 625 Kč	19 800 Kč
Pohony	5 500 Kč	3 300 Kč
Kompresor	-	3 000 Kč
Analýza systému	-	2 000 Kč
Revize elektro	15 000 Kč	8 000 Kč
Revize kompresor	-	3 500 Kč
Mazivo el. pohonů	4 125 Kč	-
Náklady na používání CELKEM	24 661,5 Kč	24 136 Kč

Tabulka 14 - porovnání nákladů elektrického a pneumatického pohonu ve fázi používání

6.1.3 POSOUZENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

Na základě vytvořeného konceptu hodnocení dvou pohonných technologií pro armatury ve vodárenských procesech bylo provedeno vyhodnocení na ČOV Obříství s lepším investičním výsledkem pro pneumatické pohony. Celkové náklady hodnocené po dobu životního cyklu armatury s pohonem jsou v tomto případě o třetinu nižší a pneupohon se proto jeví jako výhodnější investice.

Vyhodnocení dále ukázalo na rozdíly ve složení celkových nákladů. Zatímco u elektrických pohonů převažují náklady na pořízení technologie nad všemi zbývajících náklady, pneumatické pohony jsou v důsledku jednodušší konstrukce levnější na pořízení ve srovnání s provozními náklady po dobu uvažovaného životního cyklu. Přesto se částky na roční provoz pohonů prakticky neliší, což je dáno současnými trendy v konstruování pohonů. Ty lze totiž označit jako téměř bezúdržbové. Náklady na údržbu proto lze považovat za nízké. To může být důvodem, proč je praxe výlučně orientovaná na výsledky pořizovacích nákladů, které zůstávají hlavním parametrem při posuzování investic. Kontrolní výpočet však ukázal, že součtové hodnoty nákladů na údržbu a revize činí nezanedbatelnou položku v celkových nákladech. Na posuzovaném příkladu ČOV Obříství se jedná v obou případech pohonů o zastoupení vyšší jak 40 %. To je základem argumentu volajícím po holistickém posuzování.

Ačkoliv je stlačený vzduch považován za drahý zdroj energie, náklady vyčíslené na provoz pohonů ČOV Obříství jsou natolik nízké, že prakticky nemají žádný vliv na výsledek hodnocení. Toto platí i pro elektrické pohony a aplikovaná zjednodušení pro výpočet jejich energetické spotřeby je proto možné klasifikovat jako přípustná. Důležitost energetické náročnosti provozu mimo rámec uvedeného příkladu by i přesto

neměla být opomíjena. Tyto bilance hrají v obecném konceptu roli zejména s ohledem na charakter provozu s vyšším počtem pracovních cyklů.

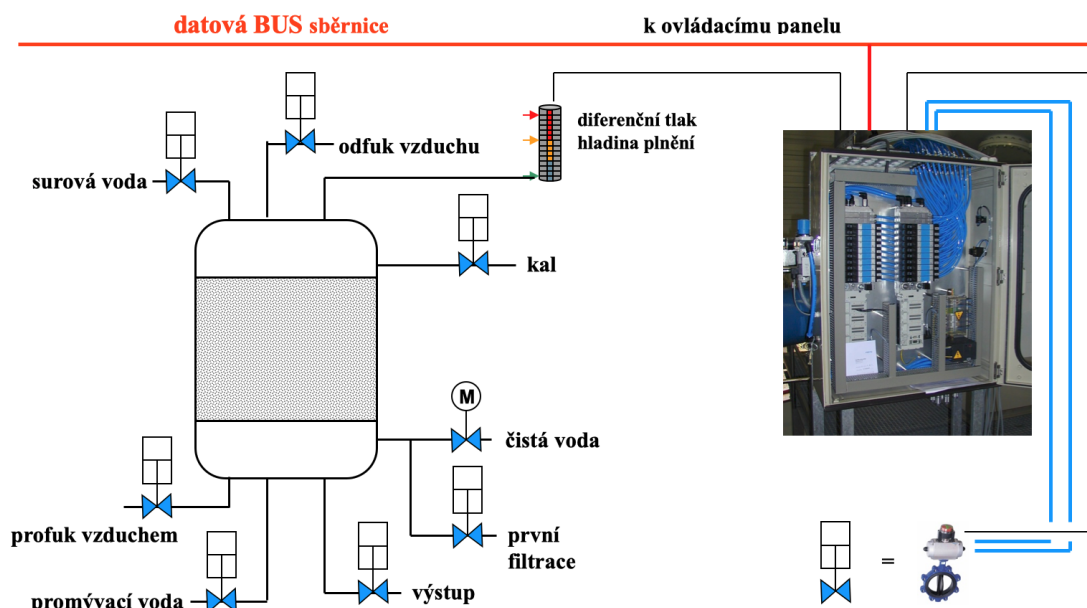
Vzhledem k dlouhé předpokládané životnosti pohonů je vyčíslení nákladů na likvidaci zatíženo značnou nejistotou. Tyto náklady se ukazují nicméně jako málo významné pro učinění rozhodnutí. I při předpokladu, že se situace spojená likvidací pohonů v průběhu nadcházejících 10 let výrazně změní, celkové náklady to významně neovlivní.

6.2 ALTERNATIVNÍ PROVOZ VĚTŠÍCH ROZMĚRŮ – ÚV KLEINE KINZIG

Na rozdíl od menších vodárenských provozů, kde vzhledem k počtu automatizovaných armatur nejsou rozdíly zásadní, ukazuje se být klíčovým srovnání provozu větších rozměrů. Vzhledem k problematickému přístupu k datům nebylo možné provést vlastní výzkum. Podobný experiment nicméně v roce 2007 provedl Tobias Beck, který ve své práci porovnával pohony na úpravně vody (dále jen ÚV) Kleine Kinzig ležící na stejnojmenné řece nedaleko Stuttgartu (Beck, 2007). Vodárna prošla v roce 2004 velkou rekonstrukcí, kdy většinu dříve používaných elektrických pohonů nahradily pneumatické. Po technologické renovaci nyní ÚV zásobuje pitnou vodou zhruba 250 tisíc obyvatel z blízkého okolí.

6.2.1 STRUKTURA SYSTÉMU A VYMEZENÍ JEHO KOMPONENT

Surová voda z přehrady je jímána věžovým objektem, přičemž kvalita odebírané vody se liší v závislosti na tom, z jaké hloubky je jímána. Odebraná voda je v první fázi hrubě předčištěna. Posléze je upravována na tlakových filtrech. Filtry jsou takzvané „uzavřené rychlofiltry“ s dvouvrstvou aktivní složkou (uhlí, písek) a z vody odstraňují jemné mechanické a biologické nečistoty. Na ÚV Kleine Kinzig je v běžném provozu 8 filtračních kotlů, v sestavě dvou filtrů umístěných nad sebou.



Obrázek 12 - Schématické uspořádání jednoho filtru na ÚV Kleine Kinzig

Jak je znázorněno na schématickém obrázku 12, jeden tlakový filtr má řadu potrubních přípojek, které jsou ovládány armaturami s pohonem. Celkem se jedná u každého filtru

o 8 armatur. Velikosti armatur a jim přidružené pohony jsou navrženy podle dimenze potrubí, požadavků na pohony a provozního režimu. Během provozu se filtr postupně ucpává, proto aby byl zajištěn konstantní odtok čisté vody, je potrubí na odtoku regulováno nepřetržitě. Tlakové filtry jsou při dosažení meze filtrační schopnosti v pravidelných intervalech proplachovány, aby došlo k jejich vyčištění. V rámci tohoto cyklu musí dojít k přenastavení poloh armatur. Kompletní seznam armatur s porovnávanými typy jim přiřazených elektrických a pneumatických pohonů je uveden v tabulce 15. Elektrického pohony jsou od výrobce Auma, pneumatického pohony od firmy Festo.

Umístění	Typ armatury	DN	Funkce	Pneumatický pohon	Elektrický pohon
Čistá voda	Plunžrový ventil	DN 250	Regulace	DRD-26 + pozicionér	SAR 7.5 + GS 63.3
První filtrace	Motýlková klapka	DN 250	O/Z	DRD-50	SA07.1 + GS 50.3
Výstup	Motýlková klapka	DN 50	O/Z	DRD-8	SA07.1 + GS 50.3
Promývací voda	Motýlková klapka	DN 400	O/Z	DRD-225	SA10.1 + GS 80.3
Profuk vzduchem	Motýlková klapka	DN 250	O/Z	DRD-50	SA07.1 + GS 50.3
Surová voda	Motýlková klapka	DN 250	O/Z	DRD-50	SA07.1 + GS 50.3
Odfuk vzduchu	Motýlková klapka	DN 100	O/Z	DRD-8	SA07.1 + GS 50.3
Kal	Motýlková klapka	DN 400	O/Z	DRD-225	SA10.1 + GS 80.3

Tabulka 15 - Soupis armatur pro jeden filtr a jim přiřazené typy pohonů

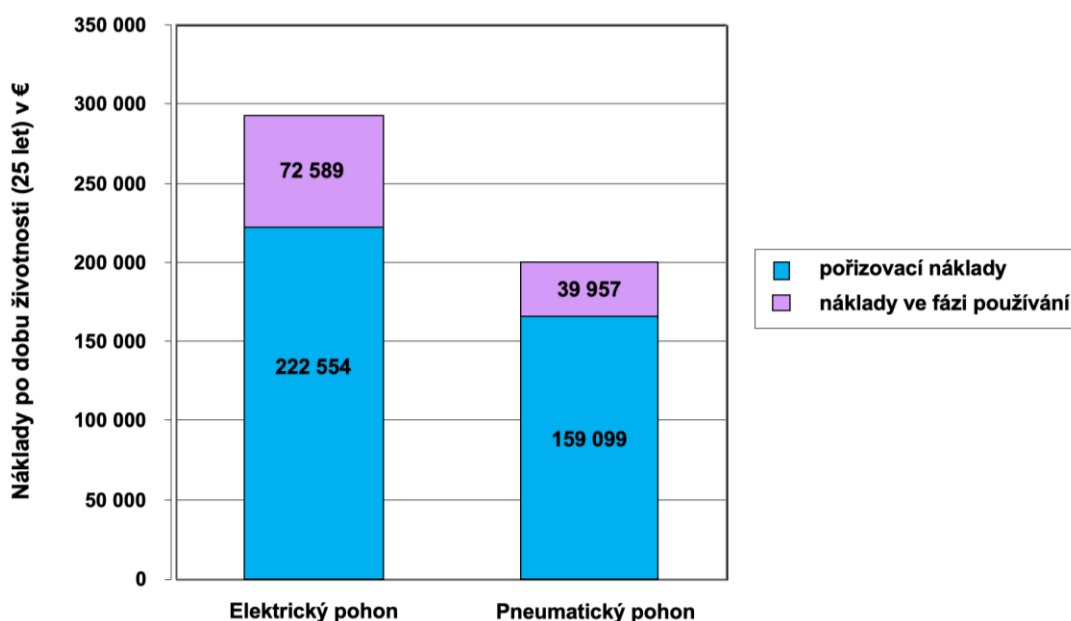
Pro provoz armatur v pneumaticky řízeném systému byla zvolena běžně dostupná kompresorová stanice. Řešen byl i záskok za tuto stanici v případě její poruchy a neplánovaného odstavení. Celá linka výroby stlačeného vzduchu proto byla doplněna o druhý kompresor. Automatické ovládání je řešeno elektromagnetickými ventily umístěnými v místě ve ventilových terminálech. Celkem byly vybaveny 4 terminály – pro každou dvojici filtrů jeden v místě ovládání. Do terminálů byly přivedeny kabely se signály poloh armatur a tyto údaje jsou odesílány přes datovou sběrnici fieldbus na PLC umístěný do bezpečné vzdálenosti od filtrů. Napájení elektrických pohonů je uvažováno ze sítě s náhradním motorgenerátorem pro případ výpadku dodávky energie ze sítě. Její kapacita byla navržena s ohledem na možnost převzetí celého systému. Kvůli omezenému počtu připojovaných armatur přes datovou sběrnici do PLC, si elektrický systém vyžádal dvě vyhodnocovací jednotky PLC.

Z hlediska kabelového propojení obou systémů bylo vycházeno ze stejného dispozičního rozvržení. Tento stav umožňuje snazší porovnání délek jednotlivých kabelů. Markantní rozdíl je vidět v připojení na zdroj energie. Zatímco elektrický systém si vyžádal celkem 1376 metrů připojovacího kabelu, pneumatický systém byl uveden do provozu položením 704 metrů hadic. Ještě výraznější poměrný rozdíl 422 ku 29 metrům panuje při srovnání obou systémů v kabelovém připojení na datovou sběrnici.

6.2.2 POSOUZENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

Na základě nashromážděných dat byl proveden výpočet v rámci životního cyklu uvažovaného na dobu 25 let. Získané údaje z modelu ukazují, že již při porovnání pořizovacích nákladů je celková cena pneumatických pohonů řádově o desítky tisíce eur nižší než v případě elektrických pohonů. Ačkoliv v případě tohoto srovnání vychází pořízení samotného pneumatického pohonu dle ceníků z dané doby dražší než elektricky srovnatelný fabrikát, jsou vedlejší náklady na uvedení do provozu hlavní složkou vysokého rozdílu hovořící ve prospěch pneumatického systému. Tuto skutečnost lze prezentovat na podstatě fungování obou technologií, respektive na počtu vstupů a výstupů s nimiž pracují. Všechny pneumatické pohony jsou v tomto ohledu jednodušší a v rámci uváděného příkladu se jedná o celkem 208 vysílaných signálů. Naproti tomu elektrické pohony vysílají 536 signálů. Tento dramatický rozdíl v počtu vstupů/výstupů je důsledkem vyšších nákladů na pořízení kabelů, montáží, nastavení vyhodnocovacích algoritmů PLC a v neposlední řadě i projekčních prací.

Náklady ve fázi používání jsou odvislé na způsobu provozu. Vzhledem k tomu, že filtry je potřeba proplachovat přibližně jednou týdně, je počet spínacích cyklů za rok asi 50. To neplatí u regulační armatury na odtoku filtrované vody, které je prakticky v neustálém chodu a počet cyklů je dvojnásobný. Ačkoli je výrobní cena energie více než pětkrát nižší u elektrických pohonů, jsou celkové náklady za energii s ohledem na nízký počet spínacích cyklů zanedbatelné. U nákladů za údržbu platí to, co v případě investičních nákladů. Jednodušší konstrukce pneupohonů má za následek nižší vynakládané prostředky na zachování správné funkce. Cena údržby a servisu kompresorů, respektive nouzového generátoru, byla stanovena procentuálně z pořizovací ceny. Ve výpočtu nebyly uvažovány náklady na opravy anebo odstraňování poruch. Jejich výskyt je vždy obtížné odhadnout. Ve fázi likvidace se předpokládá demontáž pohonů, která je počítána jako polovina z ceny montáže. Samotná ekologická likvidace se pozitivněji promítne do celkových nákladů u elektrického pohonu.



Obrázek 13 – Výsledné cenové srovnání pneumatického a elektrického pohonu na ÚV Kleine Kinzig v průběhu životního cyklu

7 OSTATNÍ PROBLEMATIKA

7.1 PERSPEKTIVY ÚČASTNÍKŮ ROZHODOVACÍHO PROCESU

Podobně jako v jiných průmyslových odvětvích, prosazuje se ve vodárenských technologiích směr k automatizaci a digitalizaci. Automatizované provozy šetří energii, finanční prostředky, snižují nároky na obsluhu a údržbu, ale především zvyšují účinnost (Bábíček et al., 2018). Neexistuje nicméně návod na výběr vhodné technologie, která by splňovala všechny výše uvedené požadavky. Nejhodnotnějším měřítkem pro její výběr proto stále zůstávají zkušenosti získané přímo z praxe.

Následující kapitola chce nabídnout náhled na problematiku výběru pohonů perspektivou osob, které svou praxí tyto zkušenosti získaly. Návrh vodárenského provozu podléhá mnohdy až několikaletému procesu příprav. Do tohoto procesu mohou postupně zasahovat osoby projektanta, výrobce armatur či provozovatele. Níže uvedený text je přepisem rozhovorů právě s těmito osobami, které se podělili o své zkušenosti.

7.1.1 PROJEKTANT

Na úplném začátku procesu výstavby, ať se již jedná o rekonstrukci či stavbu nového zařízení, může návrh svou nezanedbatelnou měrou ovlivnit projektant díla. Ten obvykle disponuje sadou argumentů, jež nashromáždil v rámci své praxe anebo je získal při rozhovorech s provozovatelem. Na jeho názor je obvykle ve velké míře přihlíženo při finálním rozhodnutí investora. Právě projektant by proto měl vystupovat nezaujatě a při svých úvahách postupovat maximálně racionálně a záměry posuzovat holisticky.

SESTAVA OTÁZEK PRO PROJEKTANTA

- 1) Jak postupujete při rozhodování, jaký ovládací systém pro armatury použít?
- 2) Jak velkou roli při projekčních pracích hraje to, zda se jedná o novou stavbu či rekonstrukci? S ohledem na výběr pohonů armatur (příklad: jedná se o rekonstrukci, kde bylo ovládání realizováno elektrickým pohonem, vy navrhujete pneumatický systém, na který není provoz zvyklý. Je toto při návrhu problém?)
- 3) Představuje v rámci přípravy projektové dokumentace návrh elektrického či pneumatického pohonu nějaká úskalí? Dá se například říci, že je jedno nebo druhé náročnější?
- 4) Zohledňujete nebo kalkulujete při vaší práci s energetickou náročností systémů?
- 5) Má vzhledem k rychlosti odezvy pneumatický pohon opodstatnění v oboru vodárenství? (Vezme-li se v potaz možnost vzniku rázů v potrubí při rychlém přestavování armatur)
- 6) Jak je v projektové fázi řešena možnost rozšíření systému o další uzavírací prvky? Je snazší u elektrických nebo pneumatických systémů?
- 7) V praxi se setkáváte se s celou řadou provozovatelů vodárenských systémů. Můžete říci, jaká panují přesvědčení v těchto provozech?
- 8) Jaký systém v současnosti preferujete a proč?
- 9) V kolika procentech projektů se podle vás poměrově uplatní jeden či druhý pohon?
pneumatický XX %: XX % elektrický

10) Bývají při rozhodování limitujícím faktorem prostorové nároky, které jsou u pneumatických systémů velké?

VYJÁDŘENÍ OD ING. VIKTOR MÍCHAL (Autorizovaný inženýr v oboru Stavby vodního hospodářství a krajinného inženýrství)

- Je to vždy individuální. Každý projekt je jiný a každé přání provozovatele také. Snažíme se vždy s provozovatelem a investorem vést diskuzi o výhodnosti pneumatických pohonů.

- Velký vliv na návrh při rekonstrukcích má i to, zda-li se jedná o komplexní celkovou dodávku novou nebo pouze o doplnění či nahrazení části armatur. Ve druhém případě je to vždy na volbě provozovatele, protože už má s někým zavedené servisní zásahy a většinou požaduje jednu servisní organizaci.

- Z pohledu celkového projektu (ve smyslu např. rekonstrukce celé ČOV) zde významný rozdíl není. Z pohledu projektanta elektro a MaR (měření a regulace) je vždy náročnější vypracování projektu s elektro-armaturami.

- Jako projektant se vždy snažím kalkulovat se všemi dopady námi navrhovaného řešení. V tomto případě však vstupuje do rozhodování mnohem více faktorů, a tak si dovolím tvrdit, že energetická náročnost (pokud není u obou výrazně rozdílná nebo se nevymyká obvyklým číslům) není pro stanovení systému prioritní.

- Vodní ráz je problematický už sám o sobě. Projektant musí pečlivě zvážit nejenom ovládané armatury, ale i celý potrubní systém. Jelikož ale musí být celý potrubní systém bezproblémový, tak konkrétně v tomto bodě projektant při uzávěrech doporučuje takový uzavírací element, u kterého musí být bezpečnostní pojistka. Jinými slovy u elektrických pohonů se jedná přímo o typ převodovky a u pneumatického to musí být takové zabezpečení, které neumožní změnu rychlosti otevírání a uzavírání armatury.

- Komplikovanější je pneumatický systém. Zde je důležité vědět velice přesně počet pohonů a jejich spínání pro návrh celého systému. U elektro pohonů je omezení pouze v dodávce elektrického proudu.

- Jsou pozitivní i negativní, nicméně řeč peněz v podobě servisů a revizí je silný argument.

- Pneumatický. Pro nastavování různé časové variability v průběhu životnosti pohonů.

- Projektování systému pneumatických pohonů na území ČR ještě nedosáhlo skutečného potenciálu, a proto stále u většiny provozovatelů vítězí pohony elektrické, se kterými jsou obecně větší zkušenosti. Pokud bych měl odhadnout aktuální rozdělení v jednotlivých projektech, tak by to bylo přibližně 20:80 ve prospěch elektropohonů. Předpokládám ale, že tento poměr se bude časem vyrovnávat a záleží jen na rychlosti osvěty a pozitivních zkušenostech s konkrétními realizacemi systému pneumatických pohonů.

- Ano také. Například u velkých uzávěrů typu stavidlových žlabových hradidel do velkých žlabů o šířce 2 m a výšce zdvihu několik metrů je to už spíše o selském rozumu, kdy velikost zdvihu by se rovnala délce pohonu a vynaložená síla by znamenala poměrně velký průměr válce. V těchto případech určitě vždy zvítězí elektropohon.

VYJÁDŘENÍ OD ING. JINDŘICH SLÁMA, Ph.D. (Autorizovaný inženýr v oboru Stavby vodního hospodářství a krajinného inženýrství)

- Základních faktorů pro rozhodnutí, jaký ovládací systém použít, je hned několik. Jedná-li se o vodovodní přivaděč nebo stokový systém, jakou dimenzi potrubí nebo otvoru máme obsluhovat, máme-li k dispozici elektrickou energii, požadavky investora, který většinou již něco provozuje, počet obsluhovaných uzávěrů, charakteristika prostředí, do kterého jsou pohony umístovány.

- Při návrhu je to většinou vždy problém. U novostaveb je rozhodování většinou v rukou projektanta. Samozřejmě po schválení provozovatele. U novostaveb máme prostor uspořádat strojovnu na základě našich potřeb a jsme schopni navrhnout spíše pneumatické pohony. Při rekonstrukcích mohou být prostory spíše rychleji vyčerpány prostorovým uspořádáním a nemusí být dostatek místa pro pneumatické pohony. Zde se dost často uchylujeme k návrhu elektrického ovládacího systému.

- Náročnost návrhu je podle mého názoru o něco složitější u pneumatického pohonu. Musíme brát v úvahu nejen prostorové uspořádání, ale i počty ovládaných armatur a tím objemy vzduchu pro ovládací za současného uvážení média v ovládacím systému. Obecně je nutno vždy spočítat rychlost uzavírání. Platí pro velké uzávěry, jako částečná protirázová ochrana. U el. pohonů se na to vždy musí navrhnout příslušný převod.

- Ano, ale je to vždy velmi těžko stanovitelné. U přímého elektropohonu jde lépe odhadnout spotřeba energie (štitkové hodnoty, popř. jalový proud při náběhu). U pneupohonu je to složitější. Zde to závisí na kompresoru, médiu, počtu zařízení a délkách ovládaných tras. Ale i toto se dá číselně vyjádřit.

- Dle mého názoru je to často v pozici vhodného návrhu převodovky pro uzavírání, aby byla dostatečně pomalá. Při přímém převodu, jako ochrana proti rázu, bych spíše volil elektropohon, protože pneupohon je rychlejší.

- Tady vždy záleží na tom, zda jsme s možným rozšířením počítali již dopředu nebo se řeší jako „přílepek“ k již hotovému dílu. Máme-li rezervu již od počátku v pneupohonu, je jednodušší přidat další ovládací prvek. Nemáme-li tuto rezervu k dispozici, může se stát, že si rozházíme celý pneumatický systém a budeme muset přepočítávat a uvažovat nový kompresor. Z těchto důvodů je snadnější dodatečné rozšíření elektropohonu. Ale na něho zase musíme mít alokovaný dostatečný příkon na přívodu (pojistkách).

- Různá. Co provozovatel, to vlastní názor. Zase asi platí, že to, co již mají, chtějí i při rozšíření. Důležité je ale vzít v úvahu možnost zatopení, třeba při povodni.

- Vysloveně nestraním žádnému z nich. Oba pohony jsou dobré a splní požadavky na ně kladené. V obecném povědomí je trochu lépe hodnocen pneupohon.

- Na toto neumím odpovědět. Můj odhad je 40:60.

- Zcela určitě. Toto je nejzásadnější limitující faktor použití celé technologie.

VIJÁDRÉNÍ OD ZDEŇEK DANIHELKA (projektant)

- Zejména se zaměřujeme na potřeby a možnosti provozovatele a zhodnotíme stávající stav. Obecně, pokud je na ČOV použit kompresor (např. pro provzdušnění lapáku písku), pro všechny vnitřní aplikace používáme pneumatické pohony. Pro venkovní rozvody elektrické servopohony.

- Není relevantní, zda jde o rekonstrukci nebo nový stav. Není problém, s ohledem na provoz, upravit elektrické ovládání na pneumatické.

- U pneumatických systémů je zásadní rozvrhnout tlakové potrubí po areálu. U elektrických zařízení je úskalím zejména zařízení rozvaděče a s tím spojená vzduchotechnika a bezpečnostní řešení elektrických zařízení. Zejména ochrana osob v rozvodně a vedení kabelových tras po areálu.

- Ano.

- Ano, zejména při možnosti použití na potrubí kalů jako zpětné klapky.

- Dle mého osobního názoru je tu vždy možnost přidat pohon, ať už elektrické nebo pneumatické. Závisí pouze na množství a dle toho je možné navrhnout či doporučit vhodné řešení.

- V minulých letech byl provoz nakloněn zejména pro elektrické pohony, ale tento trend s odchodem starší generace pomalu odeznívá.

- Nedá se říci, že bychom preferovali jeden či druhý typ pohonu. Pokud je to však možné, klaníme se spíše k návrhu pneumatických pohonů vzhledem k jejich víceúčelové použitelnosti a provozních nákladech. Vždy však záleží na počtu použitých armatur.

- Je to zhruba 40/60.

- Většinou toto problém není.

KOMENTÁŘ:

Výběr pohonu z pozice projektanta je velmi komplexní a velice individuální záležitostí. Neexistuje žádné obecné schéma, podle kterého by se projektant mohl řídit v rámci všech svých projektů. To je dáno skutečností jedinečných místně příslušných podmínek každého investičního záměru. Jak je z uvedených odpovědí patrné, v případě, že to podmínky dovolí, jsou projektanti otevřeni novým trendům a pneumatických pohonů se nestrání. Nejsou-li tudíž kladeny zvláštní nároky na navrhovanou technologii ze strany provozovatele či investora, lze projektanta označit za nejvlivnější osobu v rozhodovacím procesu. Zde s největší pravděpodobností důležitou roli při výběru sehrají i osobní zkušenosti s daným typem pohonu. Z důvodu časové náročnosti a vzhledem k omezeným časovým možnostem projektantů se ve většině případů nevytváří komplexní hodnocení různých variant ovládacích systémů.

7.1.2 VÝROBCE ARMATUR

Skladba technologických zařízení pro ovládání armatur je složitý mechanismus tvořený kombinací různých mechanických prvků. Z této podstaty jsou ovládací prvky vystaveny opotřebení, jež má zásadní vliv na životnost mechanismu. Základní otázkou, jíž se provozovatel zabývá, je proto spolehlivost systému a jeho životnost. Tato by měla být konzultována i s výrobcem armatur, kteří mají specifické požadavky na pohon. Ve své podstatě tak mohou spoluvytvářet názor vedoucí ke konečnému rozhodnutí.

SESTAVA OTÁZEK PRO VÝROBCE ARMATUR

- 1) Jaký je váš názor na ovládání armatury elektrickým nebo pneumatickým pohonem?
- 2) Je pro některý druh armatury jeden či druhý pohon vhodnější? Pokud ano, pro které a proč? Dimenzi uvažujeme do DN 600
- 3) Pro které aplikace je vhodnější jeden či druhý pohon?
- 4) Představuje pro vás, jako výrobce armatury, požadavek zákazníka ovládat armaturu elektrickým nebo pneumatickým pohonem zásadní rozdíl ve výrobě? Jinými slovy klade rozdílný typ pohonu zvláštní požadavky na konstrukci armatury? Pokud ano, jaký?
- 5) Jsou tyto požadavky dané i normami? Mají tyto požadavky vliv na konstrukci armatury?
- 6) S ohledem výše položené otázky, liší se náklady na výrobu armatury ovládané elektropohonem a armatury s pneupohonem?
- 7) Z dlouhodobějšího hlediska, má rychlost přestavování armatury vliv na její životnost, popřípadě funkci? Pokud ano, jaký?
- 8) Výhodou pneumatických pohonů je i možnost použití pod vodou. Je pro tento účel nutné zvláštní volby armatury/materiálu? O kolik posléze narostou pořizovací náklady?
- 9) Jaké je procentuální zastoupení zákazníků, kteří chtějí jedno či druhé?

VYJÁDRĚNÍ OD AVK VOD-KA a.s.

- *Výhodami pneumatických pohonů je levnější provoz, nižší pořizovací náklady v případě většího počtu pohonů na jednom místě, jsou vhodnější pro menší DN armatur (odhadem do DN 500). Dále jsou vhodné do výbušného prostředí, jsou méně náročné na údržbu a mají delší životnost – roky i počty cyklů. Při výpadku elektrického proudu jsou pohony schopné odpracovat pár cyklů. Nevýhodou je nutnost vybudovat kompresorovnu a rozvody vzduchu, což náklady dorovnává na ceny elektrických servopohonů. Jinými slovy to není vhodné pro místa, kde není pneumatický systém není zaveden a je třeba ovládat jen velmi malé množství armatur (cca do 5 ks). Celkově jsou tyto pohony méně rozšířené a mezi zákazníky tudíž méně žádané.*

Elektrické pohony jsou zákazníky vyžadovány častěji. Jsou nasazovány do více aplikací, takže mnoho lidí může mít pocit, že jejich elektro údržba pohony snadno nastaví, popřípadě opraví.

Dá se říci, že je vhodnější pro větší DN armatur (je silnější a má kompaktnější provedení). Další výhodou je, že téměř všude jsou připraveny rozvody elektriny.

- Na tom pravděpodobně nezáleží. Možná pro jednoduché centrické klapky menších DN, kde je požadavek na větší cykly ovládní, tak může být vhodnější pneumatika. Jinak jsou pneupohony vhodné pro klapky a nožová šoupata. Naše šoupátka pneupohony osadit nelze.

- Nevnímáme rozdíl. U pneupohonů je ale zcela jistě větší počet možných cyklů.

- U klapek je připojení totožné pro pneupohon i servopohon. U nožových šoupat je připojení jiné. Pro servopohony perodrážka a pro pneupohony je připravená hřídel (v našem případě od firmy FESTO).

- Zřejmě nejsou.

- Nejsme schopni uvést.

- Nemáme za to, že by rychlost přestavování měla vliv na životnost armatury.

- Nejsou.

- Odhadem více jak 90 % zákazníků chce elektrický pohon.

VYJÁDRĚNÍ OD VAG GROUP s.r.o.

- Používání jednotlivých pohonů je obvykle řešeno podle toho, co chce zákazník. My nabízíme obě varianty. Co se týká elektropohonů, tak v nabídkách preferujeme firmu AUMA, u pneupohonů firmu FESTO.

Elektropohony jsou pro vřetenové armatury tzv. více otáčkové. Zde je první úskalí, a tím je přenos kroutícího momentu do stoupajícího pohybu uzavíracího segmentu prostřednictvím vřetenové matice a vřetene. Armatury ovládané pohony mají velké množství pracovních cyklů a toto je kritické místo z hlediska životnosti armatury.

Norma ČSN EN 1074-2 stanovuje min. počet pracovních cyklů pro armatury s pohony. Je to 2500 cyklů. Pro výrobce armatur je to číslo velmi nízké. To s sebou obvykle nese problém, že dodavatel použije velmi levnou armaturu, s malou životností. Nejčastěji z Indie nebo Číny. Takové vydrží předepsaný počet cyklů, ale zákazník je nucený armatury měnit. Pokud armatura cykluje 1x za hodinu, je životnost armatury 3,5 měsíce!

Z mých zkušeností vydrží elektrické pohony až 300 tisíc cyklů. Výrobci dávají záruku 15 tisíc cyklů, ale i tak vidíme, že nůžky obou životností jsou rozevřeny. Abychom zvýšili životnost armatur, používáme bronzové vřetenové matice a válcované závity na vřetenu. U klapek a kulových kohoutů se používají obvykle pohony čtvrtotáčkové. Zde není použit princip vřetena a matice. Životnost je dána konstrukcí dané armatury a použitými materiály. Výhodou elektrických pohonů je variabilita vybavení a nastavení, jak pro polohy otevřeno a zavřeno, tak i pro regulaci. Obvykle není problém s přívodem elektriny. V poslední době, především z Německa, jsou poptávány takzvané MAC verze, kdy řízení armatury je přímo na pohonu. Nastavení je kódováno a uzamčeno. Nevýhodou elektropohonu je, že se jedná o strojní zařízení s větší pravděpodobností poruchy.

Naše společnost před 15 lety způsobila s firmou FESTO renesanci pneupohonů ve vodárenství. Pneupohony se jeví především u ČOV jako výhodná volba. Je zde totiž zaveden zdroj tlakového vzduchu. Možnou nevýhodou je složitější stavba kompletu o busy apod. Dále musí být ošetřený vzduch a musím mít k dispozici zdroj vzduchu. Nevýhodou pneupohonu u šoupatek je výška.

Zde je však benefitem, že klín je tažen tyčí a není použito vřeteno. Tím se násobně zvyšuje životnost armatury.

- Do DN 600 rozdíly nejsou až tak markantní. Pneupohony jsou omezeny vazbou ovládacího tlaku a světlosti/pracovní přetlak. Ale pro kanálová šoupátka jsou aplikace až DN 1200.

- S pneupohonem lze pod vodní hladinu, do vlhkého prostředí, do zátopových objektů. Zde to důležité – elektropohony po povodni vyhodíte, pneupohony jen očistíte. U elektrických pohonů se setkáváme s problémy, že nemají řádně utažené průchodky, zapnuté vyhřívání atp. Zkrátka systém je náročnější na první instalaci.

- Připojovací rozměry přírub jsou pro oba typy shodné. Používáme připojení ISO 5210 tvar B3. Jiné jsou vřetena a tyče. Pro nás to není problém, všechny armatury máme v obou variantách. Pouze u uzavíracích klapek jsou dva typy orientace čtyřhranu na kosočtverec nebo čtverec. Pokud nahrazujeme klapky za jiného výrobce, vždy musíme znát orientaci.

- Obecně, čím delší čas přestavování, tím je to pro armaturu a potrubí lepší. Rychlé uzavření způsobuje rázy v potrubí. Jsou i aplikace kdy na mezipřírubovou klapku je montován převod ovládaný elektropohon. U přírubových klapek je převod standard.

- U nás ne. Všechny naše armatury jsou odolné vůči podtlaku 90 % vakuum. Pokud je na armatuře pneupohon, zvládá to i nožové šoupátko.

- Zákazníci z 80 % chtějí elektrické pohony. Ale číslo klesá. Je to o argumentaci. De facto jde o to přesvědčit zákazníka a projektanta o vhodnosti pneumatiky. U nových akcí takový problém není. U rekonstrukcí je situace horší. Pokud předtím byla elektřina, tak zůstává.

KOMENTÁŘ:

Z příložených vyjádření na dané téma je zřejmý především jeden důležitý fakt. A to, že stále na trhu převládá elektrický pohon. Uvedené firmy náleží do skupiny největších výrobců a dodavatelů průmyslových armatur v České republice a jejich odpovědi proto lze považovat za relevantní zdroj informací. Z textu jsou patrné i možné příčiny tohoto stavu. V mnohých případech se jedná o špatnou reputaci pneupohonu z minulých let či nevoli přizpůsobovat provoz. Každopádně pneumatický pohon disponuje jistými výhodami, na které jsou v dnešní době někteří provozovatelé ochotni slyšet, a především jej vyzkoušet. A ačkoli výrobci armatur nemají přímý vliv na výběr pohonu, respektive mají jen ve výjimečných případech, v provázaném rozhodovacím systému od návrhu po realizaci projektu musí umět dobře argumentovat. Z perspektivy výrobce zároveň neexistuje reálná potřeba prosazovat jeden či druhý pohon. Zde by se mělo jednat spíše o etický kodex upřímného a čestného jednání směrem k zákazníkovi. O poskytnutí odborné rady objektivního charakteru.

7.1.3 PROVOZOVATEL

Podobnou míru ovlivnění, jakou lze vysledovat u projektanta, mají zkušenosti získané provozování vodárenského díla. Není však výjimkou ani stav, kdy se osoba investora liší od osoby provozovatele. V takovém případě se mohou lišit i jejich záměry. Zatímco investor v maximální míře preferuje minimalizaci pořizovacích nákladů, provozovatel si nejvíce všímá nákladů spojených s udržováním technologického systému v chodu. Nesoulad v nastavení priorit mezi investorem a provozovatelem může vést až ke vzniku situace, která by se analogicky dala převést do vztahu nepřímé

úměry mezi výší pořizovacích nákladů a spolehlivostí, respektive účinností. Nastane-li taková situace, prioritou by mělo být nalezení vyváženého kompromisu.

SESTAVA OTÁZEK PRO PROVOZOVATELE

- 1) Jaké z nákladů jsou pro investora hlavním kritériem při výběru pohonu armatur? Primární (pořizovací) náklady či sekundární (provozní)?
- 2) Jakou roli při výběru pohonu armatury hrají zkušenosti získané z provozu? Jaký vliv při výběru pohonu armatur hraje slovo provozovatele?
- 3) Je při výběru pohonné jednotky uvažována její životnost? Respektive na jakou periodu se s pohonem v provozu počítá? Ovlivňuje nějak počet pracovních cyklů za jednotku času volbu typu pohonu?
- 4) Jaké náklady pro provoz představují revize a náklady s tím spojené (ročně v % z pořizovací ceny)
- 5) Který typ pohonu v současnosti upřednostňujete a proč? A na základě osobních preferencí upřednostňujete?
- 6) Jaké jsou požadavky provozovatele na ovládání armatury?
- 7) Ze zkušeností s oběma typy pohonů, můžete říci, že je jeden pohon lepší než ten druhý? Pokud ano, v čem shledáváte přednosti?
- 8) Kdo provádí údržbu? Je to personál provozovatele nebo externě najímané společnosti?
- 9) K jakým poruchám pohonů nejběžněji dochází? Uveďte prosím příčinu, typ, frekvenci
- 10) Jak jsou poruchy odstraňovány – oprava nebo výměna? Vznikají ztráty vzhledem k prostojům? Jaké jsou důsledky poruch v rámci celého systému?
- 11) Jak je řešen výpadek proudu u elektricky ovládaných armatur? Máte k dispozici záložní zdroj energie? Jak v takovém případě funguje zařízení (ÚV, ČOV)?
- 12) Jak se řeší restart pohonu poté, co ho vypne tepelná ochrana nebo obecně ochrana?
- 13) Z provozu elektricky ovládaných armatur, vyplývají další podmiňující investice do nízkonapětového systému?
- 14) Jaké máte zkušenosti s rozvody stlačeného vzduchu?
- 15) Jaké poruchy evidujete při provozování pneumaticky ovládaných armatur? (kompresor, úprava vzduchu, a další)
- 16) Jak je kompresor pro výrobu stlačeného vzduchu kontrolován, udržován a opravován? Jaká opatření se provádějí a v jakých intervalech?

VYJÁDŘENÍ OD VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s. (provoz ÚV MOSTIŠTĚ a VÍR)

- Jelikož naše společnost VAS a.s. není vlastníkem, a tudíž ani investorem, proto na tuto otázku nelze odpovědět. Za nás investora zajímají pouze pořizovací náklady.

- Slovo provozovatele má malý vliv. Důležité je ovlivnit projektanta při přípravě projektu rekonstrukce. To bývá pro provozovatele dost obtížné.

- Z pohledu provozovatele je určitě důležitá životnost pohonu.

- *Revize elektropohonů a pneupohonů neprovádíme.*
- *Upřednostňujeme pneupohony, které jsme také u projektanta rekonstrukce úpravny vody složitě prosadili. Prosazovali jsme je na základě zkušeností s pohony.*
- *Pohony by měly být, přesné, spolehlivé, s nízkými provozními náklady.*
- *Ve většině aplikací je vhodnější pneupohon, a to z důvodu provozování, následného ovládání atd. V ojedinělých případech ovšem pneupohon vhodný není.*
- *Údržbu provádí provozovatel.*
- *U pneupohonů je to především signalizace polohy. To se týká původních senzor boxů. U elektropohonů je to problém s koncovými polohami.*
- *Ve většině případů jde o výměnu, K prostojům v 90 % případů nedochází.*
- *U našich úpraven je záloha el. energie řešena druhou linkou vysokého napětí.*
- *V tomto případě je nutný zásah elektro-údržby.*
- *O dalších investicích nevím.*
- *Největší problém máme s hodnotou sušeného vzduchu v rozvodech, neustále nedosahujeme požadovaných hodnot.*
- *Kompresory jsou v předepsaných intervalech pravidelně kontrolovány a opravovány dodavatelskou firmou.*

VYJÁDRĚNÍ OD VODÁRNY A KANALIZACE KARLOVY VARY, a.s. (provoz ČOV KARLOVY VARY – Drahovice)

- *Investor chce většinou kvalitní zařízení, takže i částky ve výkazu výměr tomu odpovídají. Situace se ale změní, když se zhotovitel snaží ušetřit. Tam potom preferuje nižší pořizovací cenu na úkor vyšších provozních nákladů.*
- *V zadávací dokumentaci jsou zařízení (pohony, čerpadla, šoupata...) dány jenom jejich parametry, což dává zhotoviteli velkou možnost výběru. A záleží na zhotoviteli, jakého výrobce zvolí. Je nucen brát v úvahu, že záruční lhůty u těchto větších staveb jsou i tříleté, ale záruky na jednotlivé komponenty od výrobce mohou být jen dvouleté. A náklady na poslední rok záruk může platit ze svého zisku. Takže rozumný zhotovitel určitě vybírá výrobce podle předchozích zkušeností se spolehlivostí zařízení. Při větších zakázkách se dá i dohodnout delší záruky. Jestliže provozovatel včas požaduje určité konkrétní zařízení, tak mu většinou zhotovitel vyhoví. Ale nemusí.*
- *Zhotoviteli, který v podstatě vybírá zařízení, jde o bezproblémový provoz po dobu záruk, potom jej to nezajímá.*
- *Revidují se elektro zařízení dle vlivu prostředí v rozmezí 1–5 let. U pneumatických pohonů se provádí revize na tlakových nádobách á 1 rok. Cca to činí 1 % z pořizovacích nákladů ročně.*

- Favoritem u nás je pneumatický pohon. Pracuje rychle a spolehlivě. Pracuje i při výpadku el. energie, i když jen v ručním režimu (podmínkou je velká tlaková nádoba).
- Podmínky se různí dle typu zařízení, otevřeno/zavřeno, regulováno, rychlost zavření/otevření, ovládání dálkové/místní, napojení na další zařízení, zpětné vazby. Tyto podmínky vyplývají z technologie provozu. Další kapitolou je spolehlivost a místní podmínky (zdroj stlačeného vzduchu, výbušné prostředí).
- Z našeho hlediska je výhodnější pneumatický pohon, ale záleží na počtu pohonů, protože se musí instalovat zdroj vzduchu a sušička. U pár kusů pohonů je proto lepší elektropohon.
- Údržbu si většinou provádí provoz sám (vysoké náklady na cestu). Pouze obrovské provozy provádí údržbu dodavatelským způsobem.
- U elektropohonů je časté najetí na momentový spínač při vadě koncového spínače, spálený motor, opotřebovaná ozubená kola (část se vyrábí ze silonu). U pneupohonů je to problém se zdrojem vzduchu, sušičky, odkalovacích ventilů a samotných pohonů. Tam často dochází ke stříhání čepů v přechodu pohon – šoupě.
- Závady se odstraňují vzhledem k důležitosti jednotlivého pohonu v technologii. Důležité se ihned nahrazují, ty nedůležité demontují, opraví a zpětně instalují.
- Záložní zdroje jsou tak maximálně na řídicí systém. Když nejde elektřina, nejde ani samotná ČOV.
- Musí přijít zásah zaměstnance s oprávněním VI.50 6§ a výše.
- Ne nutně, pouze tam, kde by mohlo dojít k zranění obsluhy. Vlhko, mokro.
- U nás jsou rozvody řešeny z nerez a plastu. U plastových trubiček je potřeba tyto chránit před UV. Ale jinak jsou zkušenosti dobré.
- Nejčastější závada na vzduchovém systému je závada sušičky. Ať už adsorpční nebo kompresorové. Až potom na samotném kompresoru.
- Je vypracován plán údržby, dle kterého se denně kontrolují stavy oleje v kompresoru a provádějí výměny podle odpracovaných hodin. A dle bezpečnostních předpisů jsou jednou za měsíc zkoušeny pojistné ventily, odkalovací ventily a rozběhové ventily.

VYJÁDŘENÍ OD SEVEROČESKÉ VODOVODY A KANALIZACE, a.s. (provoz ÚV JIRKOV)

- Naprosto rozhodujícím hlediskem donedávna byly náklady pořizovací. Ovšem v poslední době začínají být brány významně v úvahu i náklady provozní. Zatím nepřesahují, ale je k nim přihlíženo.
- Zkušenosti provozovatele jsou brány jako důležité a významné. Slovo provozovatele má rostoucí a stále významnější váhu.
- Na kvalitu výrobku a jeho životnost je samozřejmě brán velký zřetel. Ovšem počet pracovních cyklů za jednotku času se nijak zvlášť neposuzuje.

- Tyto informace nemám a ani nejsem oprávněn je poskytovat.
- V současné době upřednostňujeme elektropohony, ideálně od firmy AUMA. Ale máme dobré zkušenosti také s pneupohony firmy FESTO.
- Především spolehlivost a minimální poruchovost.
- Uznáváme oba dva typy pohonů. Výhody v elektropohonu vidíme následující: nemusí běžet kompresory, lépe (citlivěji) se nastavují regulace krajních mezí (otevřeno/zavřeno). Výhodou pneupohonů je možnost dodatečného provozu při krátkodobém výpadku elektrické energie.
- Na provádění údržby máme Závod údržby a dopravy. Externí dodavatele si najímáme na speciální práce (servis turbíny a generátoru MVE, servis a kalibrace technologických měřidel apod.)
- Porucha utěsnění kabelu (cca. 1x za 6 měsíců), porucha vnitřního vytápění (1x za 6 měsíců), porucha motoru (1x za 12 měsíců), porucha ovládání koncových poloh (1x za 12 měsíců).
- Upřednostňujeme opravu, ovšem výjimkou není ani oprava výměnou. Ztráty nevznikají. Důsledkem jsou provozní komplikace.
- V případě výpadku elektrické energie zařízení odstavíme z provozu, popř. armatury ovládáme ručně.
- Ovládá se ručně nebo se zařízení odstavi z provozu.
- Elektricky ovládané armatury máme v objektech, kde je nízkonapěťový systém instalován. Maximálně se provedou jeho rekonstrukce.
- Naše zkušenosti jsou pozitivní. Potíže jsou výjimečně s vlhkostí (kondenzátem).
- Potíže jsou občas při poruše koncové polohy pohonu.
- Kompresory (máme sestavu 1+1) jsou 1x za rok revidovány. Při revizi se opraví drobné závady.

VYJÁDRĚNÍ OD VODÁRNÝ A KANALIZACE KARLOVY VARY, a.s. (provoz ÚV KARLOVY VARY)

- Naše provozní společnost je z poloviny vlastněna svazkem obcí a z poloviny zahraničním investorem. Vystupujeme často v pozici investora i provozovatele zároveň. Proto se ve většině případů snažíme najít kompromis mezi pořizovacími a provozními náklady.
- Zkušenosti z provozu hrají zásadní roli. Provozovatel může výběr armatur zásadním způsobem ovlivnit.
- U armatur s pohony, které jsou osazeny uvnitř budov uvažujeme s plánovanou životností delší než 10 let. V našich provezech jsou u většiny armatur počty pracovních cyklů velmi nízké. Proto se s nimi neuvažuje.
- Náklady na údržbu a revize armatur samostatně nesledujeme. Nedokážeme je ani odhadnout.
- To je velmi široká otázka. V zásadě pro náročné aplikace, v náročném prostředí, s větším počtem pohonů na jednom místě upřednostňujeme pneumatické pohony.

- Souhrn požadavků je velice široká oblast – viz. úvod.
- Pokud jde o srovnání pneupohonů a elektropohonů, tak mohu říci, že pneupohony mají bezesporu své kouzlo. Mají řádově vyšší životnost než elektropohony, nevadí jim vlhké prostředí. Jsou jednoduché na obsluhu a údržbu. Nevýhodou je nutnost provozování systému na výrobu a rozvod stlačeného vzduchu.
- V naší společnosti provádí servis pohonů většinou vlastní pracovníci.
- Častou poruchou elektropohonů jsou koncové spínače. Armatura se zasekne v koncové poloze. Pokud není pohon vytápěn, oxidují kontakty. Dochází k průsaku oleje z převodovky. Frekvenci poruch elektropohonů samostatně nevidujeme. Nedokážeme ji ani odhadnout.
- Poruchy jsou odstraňovány dle závažnosti opravou (pokud se vyplatí), nebo výměnou. Vodárenské technologie jsou většinou zálohované (zdvojené), proto ztráty vzhledem k prostojům většinou nevznikají. Důsledky poruchy (nefunkčnosti) pohonu mohou být závažné. Provoz systému je ale monitorován, proto jsou závady většinou včas odhaleny.
- Naprostá většina našich objektů nemá záložní zdroj.
- Při výpadku tepelné ochrany je nutné prověřit příčinu a teprve poté obnovit funkci elektrického pohonu.
- Rozvody stlačeného vzduchu z PE potrubí s kvalitními koncovkami jsou dlouhodobě bezporuchové.
- Vlastní pohony jsou vzhledem k nízkému počtu pracovních cyklů v našich zařízeních bezporuchové. Jednotlivé závady vykazují pouze některé typy snímačů polohy. Pokud se vyskytne problém, je většinou na straně výroby stlačeného vzduchu.
- Údržba a servisní úkony probíhají dle návodu výrobce.

KOMENTÁŘ:

Spolupráce projektanta s investorem a provozovatelem je z velké části individuální záležitostí. Liší se kraj od kraje, provoz od provozu, firma od firmy. Dělat proto obecné závěry je tudíž zhruba nemožné. A to i tehdy, má-li čtenář k ruce výpovědi o zkušenostech z provozu. Přesto, hlavním kritériem provozovatele při výběru pohonu je zejména spolehlivost. Vlivem technologického a technického pokroku jsou obě technologie takřka bezporuchové. Z čistě pragmatického hlediska ale existuje větší šance na poruchu u mnohem konstrukčně složitějšího elektrického pohonu. A jak se zdá, této přednosti si všimli i samotní provozovatelé. Po projektantech proto budou častěji požadovat pneumatický pohon. Zároveň roste i důležitost názoru provozovatele, jehož úloha při výběru pohonné technologie sílí. Ovšem ani zanesení požadavků do projektové dokumentace není zárukou fyzického zrealizování. Jinými slovy vybraný zhotovitel nemá povinnost řídit se předepsanými požadavky projektanta (provozovatele) a zručný jedinec může část nákladů překloupat do svých zisků tím, že ušetří pořízením levnějšího zařízení. Důsledkem mohou být mnohdy vysoké náklady po uplynutí záruční doby. Důležitým aspektem jsou proto i mezilidské vztahy a předešlé zkušenosti.

8 DISKUZE

Přijmeme-li automatizaci jako nový směr, kterým se má celá vodárenská oblast vydat, nabízí tento směr pouze dva způsoby, jak lze vodě určovat cestu. A to elektrickými nebo pneumatickými pohony přidruženými k dané armatuře. Tyto jsou pro své prostředí relativně nezávadné a nezpůsobují cenné ztráty na již omezených zdrojích vody. Ostatně i to je posláním automatizovaného provozu. Ochrana životního prostředí, eliminace vlivu lidských chyb, a především efektivní řízení procesů. To vše slibuje rozvoj těchto technologií. V zásadě lze automatizaci označit za samočinný proces regulace na základě vstupních dat s významnými dopady v mnoha oblastech počínaje úsporami lidské práce a zlepšováním kvality vody konče (Bábíček et al., 2018). Zaměříme-li touto optikou na posuzované pohony, nabízí obě technologie v praktickém slova smyslu totéž. Možnost automatizovaného provozu. Pokud bychom porovnali klíčové hodnotící faktory představené v této práci, výsledek bude rovněž nerozhodný. To jen ukazuje na fakt potřeby obou pohonů, kdy v některých případech bude lepší použít elektrický, zatímco v jiných pneumatický. K podobným výsledkům ve svých studiích ostatně dospěli i jiní autoři (Christoph, 2017; Rieger, 2011; Dietrich, 2015). Z této povahy proto nelze činit nad pohony paušalizovaná rozhodnutí, jakož spíše přistupovat k problematice individuálně na základě hodnocení místních podmínek a maximálně holisticky.

Přesto existuje silný argument, proč se přiklonit na jednu stranu. Tím je potenciál pneupohonu v oblasti ekonomických podmínek nebo jinak přidaná hodnota za vynaložené finanční prostředky. Nutno podotknout, že při splnění určitých předpokladů, jako jsou kupříkladu minimalizace ztrát stlačeného vzduchu v rozvodném systému. Mimo jiné lze i výše zmíněné označit za vizi automatizovaného provozu – minimalizace nákladů. Přesto stále existuje větší množství provozů, kde se lze setkat s aplikací elektrických pohonů. Proč se tedy dosud nerozvinul nabízející se potenciál? Za možným vysvětlením této „nedůvěry“ v pneumatické systémy hledejme současný stav vodárenské infrastruktury.

Ročně se podle odhadů v průmyslovém odvětví pohonů armatur protočí kolem jedné miliardy korun. Zajímavé je zaměřit se na to, kam tyto pohony putují. V České republice se v posledních letech nestaví příliš mnoho nových vodárenských objektů, mimo linku NVL pražské Ústřední čistírny odpadních vod, a tak většina pohonů připadá na rekonstrukce. Pokud se přitom nejedná o kompletní rekonstrukci se stavebními zásahy do stávajících konstrukcí, málokterý investor je ochoten investovat do rozvodů stlačeného vzduchu. Jako důvod se nabízí obavy ze špatné funkce zařízení jako celku (průsaky, netěsnosti nádrží a jiné). Toto ovšem nemusí platit u provozů typu ČOV. Zde ve většině případů již bude nainstalován zdroj stlačeného vzduchu pro provoz lapáku písku a nabízí se proto možnost snazšího rozšíření systému. Jak navíc ukázaly reálné příklady, skutečných úspor lze dosáhnout i u menších provozů bez předchozí instalace zdroje vzduchu. Navíc příklad z Německé úpravny vody Kleine Kinzig ukázal, že s rostoucím objemem provozu se zvyšují i úspory. To vše vlivem jednoduchosti konstrukce pneupohonu a nižších podmiňujících investic k zahájení provozu. Naopak, půjde-li například o menší vodárnu s jen nízkým počtem armatur, bude z praktického hlediska snazší uvažovat elektrický pohon. Totéž platí pro situace, kdy již efektivní velikost pneumatického pohonu přesahuje obecně stanovenou mez průměru potrubí větších DN 600 u nožových šoupat a DN 1000 u ostatních armatur. Znovu ale platí, že posuzování záměrů objektivní optikou je klíčem k úspěchu.

Jak odhalily přiložené rozhovory s různými subjekty, jež disponují možností ovlivnit rozhodovací proces, panují velmi rozličné názory na obě technologie. Převažuje nicméně kladný postoj k pneumatickému pohonu, což nekorresponduje s popisovaným skutečným stavem. To vybízí k úvahám, zda tento experiment obsahoval reprezentativní vzorek respondentů. Hlavní kritérium, tedy aktivní zkušenost s oběma typy pohonů, avšak splňovali všichni uvedení respondenti. Závěrem by proto mohl být silící dojem z postupné transformace trhu, který nyní s větší zaujatostí cílí na pneumatické pohony. Na základě toho lze očekávat mírně rostoucí trend v nadcházejících letech. Argumentem pro pouze mírný růst je současná situace v sektoru dostupných pracovních sil, kdy chybí dostatek kvalifikovaných pracovníků. Dnes dosluhující generace odborníků příliš neoplývá ochotou spolupracovat s novými technologiemi a důsledkem mohou být přeživší dogmata.

9 ZÁVĚR

Na území České republiky v současnosti působí více jak pět tisíc majitelů a dva tisíce provozovatelů vodárenské infrastruktury. Z pohledu těchto čísel se jedná o velký a významný obor podnikatelské činnosti, který zajišťuje nejen dodávku pitné vody obyvatelstvu, ale i odvod a likvidaci vod znečištěných (Bednář and Sdružení oboru vodovodů a kanalizací České republiky, 2015). Z povahy uvedeného údaje je zřejmé, že existuje i velké množství názorů při výběru jednotlivých technologií vodárenských soustav. Předkládaná práce se zabývá současnými možnostmi ovládní armatur ve vodárenských procesech, jakožto dílčího technologického návrhu. Vzhledem k vzrůstajícím nárokům na ochranu životního prostředí a jeho jednotlivých složek, je výběr technologie zúžen na pouhé dvě možnosti, jimiž jsou elektrický servopohon a pneumatický pohon pracující se stlačeným vzduchem. Rozsah použití obou technologií je za jistých podmínek prakticky identický. Přesto mají elektrický i pneumatický pohon jistá specifika, která s sebou nesou výhody, ale i nevýhody. V závislosti na typu provozu se může jednat o rozdílnou energetickou bilanci, flexibilitu ovládní nebo náklady na zařízení i provoz. Navrhnout správný pohon tak, aby byl maximalizován jeho potenciál v daných podmínkách, je zapotřebí vyhotovit podrobnou analýzu provozu se zvážením všech jeho aspektů.

V rámci této diplomové práce byla aplikována metodika posuzování pohonů s ohledem na kvalitativní aspekty týkající se výběru pohonu a následné fáze jeho používání orientované zejména na nákladovou stránku věci. Faktorů ovlivňujících výběr pohonu přidruženého danému typu armatury bylo identifikováno celkem sedm. Některé méně významné faktory, jejichž vliv na rozhodovací proces je minimální, byly zanedbány. V zásadě lze říci, že uváděná metodika může sloužit jako obecné schéma postupu výběru pohonu, neboť všechny faktory by měly být podrobeny analýze budoucího provozu. Při postupném vyhodnocování jednotlivých faktorů jsou následně identifikovány i výhody dané technologie. Je nicméně nutné je uvažovat jako relativní. Kupříkladu uvažuje-li se stavba nového komplexu čistírny odpadních vod, může mít faktor možnosti rozšíření velmi malý vliv a spíše překlopí výhody z elektrického pohonu na pneumatický. Podobně lze postupovat při analýze zbylých faktorů. Z výše popsané povahy tudíž vyplývá, že podstatnou podmínkou je znát místně příslušné podmínky navrhovaného provozu a k výběru pohonu přistupovat individuálně. Nedílnou součástí hodnotící metodiky pro výběr optimální technologie, je bilance nákladů v průběhu doby používání dané technologie. Nejlepší metodou, jejíž důležitost dokládá přítomnost mezinárodní normy ISO 15686 z roku 2011, je porovnání nákladů v rámci životního cyklu. Převáděno do praxe, náklady jsou posuzovány nejen ve fázi investiční, ale i ve fázi používání a likvidace. Výsledek součtu všech tří nákladových fází lze označit jako celkové náklady za vlastnictví. Zatímco však stanovit výši investice není příliš náročné, jednotlivé složky provozních nákladů jsou velmi proměnlivé a závislé na mnoha aspektech. Z tohoto pohledu jde proto spíše o odhad zatížený jistou mírou nejistoty a takto je nutné k problematice i přistupovat.

V obecné rovině lze při zanedbání výše popsaných podmínek jako přínosnější vyzdvihnout pneumatický pohon, který se vyznačuje několika neoddiskutovatelnými výhodami. Zkušenosti získané praxí navíc rovněž potvrzují předkládanou premisu. Mezi nejčastěji skloňovanými výhodami je především možnost ovládní pohonu i při výpadku elektrické energie. Pneupohon nejen, že nabízí možnost ručního přestavení

v místě aplikace (pootočením ovládacího šroubu na těle ventilu), ale lze u něho přednastavit i výchozí polohu, již v nastalé situaci zaujme. Podobnou možnost elektropohon ze své podstaty zákazníkům nabídnout nemůže. V tomto případě bude striktně vyžadován zásah obsluhy. Přestavení armatury do požadované polohy je možné pouze ručním kolem. Při uvažování nožového šoupěte o světlosti DN 200 je k plnému uzavření/otevření vyžadováno 640 otáček ručním kolem. Pneumaticky ovládané armatury je možné řídit za stejných podmínek jako před výpadkem proudu. To znamená, že reakce na uzavírací element je neměnná do doby výraznějšího poklesu tlaku ve vzdušniku. Velkou devizou pneupohonů je i variabilnost jeho použití. V základním provedení je možné jej uvažovat na místech s výskytem rizika exploze ale i pod vodní hladinou. Elektrický servopohon nelze umístit pod vodu a do výbušného prostředí jej nelze nasadit bez dodatečného vybavení, což se může výrazně promítnout do pořizovacích nákladů. Další neopomenutelnou výhodou pneumatického řešení je možnost opakované nastavitelnosti rychlosti uzavírání při použití škrťících ventilů. Tuto schopnost elektropohon znovu nenabízí. Při jeho návrhu se vychází z předpokládaných parametrů provozu a následného spárování s určitým typem převodovky, která volbu rychlosti neumožňuje. Mnohdy problémovou partií jsou i přenášené signály. Vzhledem k jejich rozdílnému počtu obou variant je větší pravděpodobnost poruchovosti u elektrických pohonů.

Vymezený hodnotící koncept byl v rámci práce dále aplikován na provoz středně velké čistírny odpadních vod v obci Obříství s cílem zhodnotit vhodnost použití obou technologií. Sdružený objekt ČOV v minulých letech prošel celkovou rekonstrukcí, kdy stávající elektrické pohony na armaturách byly nahrazeny pneumatickými. Celkově tak do zhodnocení vstoupilo jedenáct armatur s pohonem. Ačkoli zde opodstatnění najde elektrický i pneumatický pohon, posouzení nákladů ukázalo na značné rozdíly mezi nabízenými alternativami. Ekonomicky výhodnější v investiční fázi, jež se zároveň ukázala být i největší složkou celkových nákladů, se projevily být pneumatické pohony. Výsledná pořizovací cena včetně nezbytného provozního příslušenství je 490 932 Kč u pneumatických pohonů, zatímco u elektropohonů byla výpočtem získána částka 1 083 030 Kč. Tento stav je ve značné míře podpořen rozdílností v konstrukci obou technologií z části popsanych v kapitole 4. Od konstrukce a principu fungování pohonů se posléze odráží nemalá část dílčích pořizovacích nákladů. Vzhledem k menšímu počtu dílů v chodu pneumatického systému pohonu je pak analogicky i pořizovací cena nižší. Ve výpočtu přitom nebyl uvažován náhradní zdroj elektrické energie, který by zajistil chod elektrických pohonů i po výpadku proudu z distribuční sítě. Od konstrukční náročností pohonů se dále odvíjí i finanční nároky na uvedení do provozu. I zde byl zaznamenán lepší výsledek pneumatického systému v poměru 76 902 Kč ku 146 237 Kč. Největší podíl na této částce má počet signálů na vstupech a výstupech pohonů, jež je třeba připojit do PLC a ŘIS pro automatizovaný provoz. Naopak méně dramatické rozdíly je možné vysledovat v provozu v následné fázi používání. Přestože ekonomicky lépe vychází provoz pneumatického systému, rozdíl se pohybuje v zanedbatelných částkách. Konkrétně se jedná o částky 24 136 Kč za rok provozu pneupohonů a 24 661,5 Kč za téže období provozování elektropohonů. Zajímavý je ovšem údaj energetické náročnosti alternativ. Zatímco na zdroj energie pro všechny elektrické pohony je vynaložena částka 36,5 Kč ročně, u pneumatických pohonů se částka vyšplhá až na 4 336 Kč za rok. Uvažovány jsou přitom i ztráty v pneumatickém systému vyvolané ztrátami tlaku ve vzdušniku při odvádění kondenzátů a jiné. Poslední složkou nákladů na celkové vlastnictví jsou vynakládané finanční prostředky na likvidaci. Jedná se

jednorázový poplatek za ekologické zlikvidování pohonů, který je nicméně zatížen velkou nejistotou. Ukazuje se ale zároveň jako nevýznamný při procesu rozhodování, neboť vyšší celkových nákladů ani v jednom případě výrazně neovlivní.

Uvedený příklad poukázal na výhodnost řešení s pneumatickými pohony. S přihlédnutím na unikátnost dat na vstupu do výpočtového modelu z provozu ČOV Obříství lze říci, že na základě tohoto příkladu však nelze činit paušalizovaná rozhodnutí pro další provozy. Podobné výsledky nicméně vykazala i práce Tobiasa Becka (2007), který výpočtový model aplikoval na provoz diametrálně větších rozměrů úpravny vody Kleine Kinzig nedaleko Stuttgartu. Z výsledků obou prací je patrná zejména ekonomická výhodnost pneumaticky ovládaného provozu nehledě na jeho typ.

Práce dále předložila i zkoumání aktuálního pohledu na problematiku optikou osob a institucí formující rozhodovací proces. Cílem této pasáže bylo zjistit, jaké jsou jejich preference a získané poznatky z praxe. Důležitým zjištěním je ve velké míře shoda nad výhodností pneumatických pohonů ve srovnání s elektrickými. Obzvláště zajímavá je část zaměřující se na provoz. Z uvedených odpovědí je patrná jistá transformace oboru, který pneupohonům věnuje větší pozornost, než tomu bývalo v minulosti. Pozice a obliba této technologie proto nejspíše poroste i v blízké budoucnosti. Elektrický pohon přesto najde své místo na trhu. Jen namátkou jsou jeho přednosti prokázány u větších světlostí potrubí, jako jsou například příváděcí řady. Zde zvýšené prostorové nároky činí elektropohon prakticky jedinou vhodnou alternativou. Rovněž své opodstatnění najde v případech potřeby pouze malého počtu armatur, kde se nevyplatí investovat do výroby a rozvodů stlačeného vzduchu.

Vývojem a implementací konceptu hodnocení na konkrétním reálném případě bylo prokázáno praktické využití výsledků. Data získaná vyhodnocením mohou sloužit jako podpora pro provozovatele či investory. Koncept rovněž přispívá k větší transparentnosti v této oblasti a zvyšuje obecné povědomí o nákladových poměrech pohonných systémů pro průmyslové armatury. Budoucí úsilí by mohlo a mělo být věnováno vývoji sofistikovanějšího programu, který by byl podporou nejenom projektanta, ale rovněž i investora a provozovatele, ale v neposlední řadě i dodavatele vlastního zařízení. V dnešní době, kdy je velký důraz kladen na užití různých moderních projektových a návrhových technologií jako jsou 3D systémy, BIM systémy (Building Information Modeling), je nutné se věnovat nejenom vlastnímu zpracování projektu, ale rovněž i procesu výstavby, a také vlastnímu energetickému a ekonomickému používání navržených technologií v objektech. Výsledky práce rovněž mohou posloužit v budoucnu jako jeden z nástrojů pro utváření názorů pro další investiční záměry v oblasti pohonů pro armatury, a to nejenom v oblasti vodárenství.

10 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

AUMA, 2015. Elektrické servopohony k automatizaci průmyslových armatur, 88 s.

AUTOMA, 2008. Elektrické pohony ve zpracovatelském průmyslu střední a východní Evropy 14–15.

BÁBÍČEK, R., Bernard, J., Harciník, F., Hošek, V., Král, P., Kučera, J., Mlejnská, E., Polák, Z., Procházka, J., Procházková, L., Strnad, Z., Sýkora, P., Tebichová, K., Vilímeček, J., Wanner, F., Zelený, Z., Sdružení oboru vodovodů a kanalizací České republiky, 2018. Příručka provozovatele čistírny odpadních vod, 296 s.

BEATER, P., 2007. Pneumatic drives system design, modelling and control ; with 14 tables. Springer, 324 s.

BECK, T., 2007. Entwicklung und Implementierung eines Konzeptes zur lebenszyklusorientierten Bewertung von Antriebstechniken für Industriearmaturen. Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, 165 s. (diplomová práce). "nepublikováno". Dep. TU Braunschweig

BEDNÁŘ, J., 2015. Čerpadla: (vodárenství a kanalizace), Sdružení oboru vodovodů a kanalizací České republiky, 296 s.

BÖHM, R., OEZKURT, C., DIEHM, F., SCHNIEDERS, H., FRANKE, J., 2017. Enhancement of Production Planning and Scheduling by Aspects of Compressed Air Demand and Cost. Appl. Mech. Mater. 871, 27–35.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.871.27>

DIETRICH, A., 2015. Electric actuators vs. pneumatic cylinders: A comparison based on total cost of ownership. Tolomatic 2015.

DIN 3210: Electric actuator to valve attachment. Deutsche Industrie-Norm, Berlín, 2017, 15 s.

DOSTALÍK, M., 2006. Detekce netěsností v pneumatických a hydraulických systémech. Automa Online 2006, 14.

D-PLUS, 2018: ČOV Obříství – rekonstrukce. 49 s. „nepublikováno“. Dep.: D-plus, Praha

DU, H., XIONG, W., JIANG, Z., LI, Q., WANG, L., 2018. Energy efficiency control of pneumatic actuator systems through nonlinear dynamic optimization. J. Clean. Prod. 184, 511–519. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.117>

DUŠEK, J., 2008: Speciální asynchronní motor jako zdroj elektrické energie. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Brno, 85 s. (bakalářská práce). "nepublikováno". Dep. VUT Brno

CHRISTOPH, E., 2017. Gesamtkosten- und Energiebe-trachtungen bei elektrischen und pneumatischen Antrieben. Industrienarmaturen 2017, 40-45 s.

- EVANS, R., ENGINEERING (GB), R.A. OF, 1998.** The Long Term Costs of Owning and Using Buildings. Royal Academy of Engineering, 22 s.
- FARR, J.V., FABER, I., 2018.** Engineering economics of life cycle cost analysis. CRC Press/Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 378 s.
- FESTO, 2011:** Automatizace armatur pomocí pneumatiky. Festo, Praha, 21 s.
- FESTO, 2012:** Přednosti pneumatického ovládání armatur ve vodárenství. Festo, Praha, 31 s.
- HOLOUBEK, D., 2013:** Metodika a zpracování měření u neznámých BLDC motorů. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Brno, 37 s. (bakalářská práce). "nepublikováno." Dep. VUT Brno.
- ISO 5210:** Industrial valves – Multi-turn valve actuator attachments. International Organization for Standardization, Ženeva, 2017, 15 s.
- ISO 5211:** Industrial valves – Part-turn valve actuator attachments. International Organization for Standardization, Ženeva, 2017, 24 s.
- ISO 15686:** Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 5: Life-cycle costing, Ženeva, 2018, 56 s.
- JÁSEK, J., 2000.** Vodárenství v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. MILPO Media, Praha, 240 s.
- KOBRLE, P., PAVELKA, J., 2016.** Elektrické pohony a jejich řízení. České vysoké učení technické v Praze, Elektrotechnická fakulta, 200 s.
- KOPÁČEK, J., ŽÁČEK, M., 2003.** Pneumatická zařízení strojů. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, Ostrava, 94 s.
- KRYŠTOF, O., 2016:** Bezpečnost automatizovaných průmyslových armatur v provozních podmínkách. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Brno, 97 s. (diplomová práce). "nepublikováno". Dep. VUT Brno.
- LIANG, G., LI, W., LI, D., 2017.** Analysis and evaluation of communication performance in a real time industrial fieldbus. Nova Science Publishers, Inc., New York, 264 s.
- NEBORÁK, I., SLÁDEČEK, V., 2008.** Elektrické pohony. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 92 s.
- PARR, A., 1999.** Hydraulics and Pneumatics. Elsevier, Burlington, 255 s.
- RABIE, M.G., 2009.** Fluid power engineering. McGraw-Hill, New York, 420 s.

RADGEN, P. (ED.), 2001. Compressed air systems in the European Union: energy, emissions, savings potential and policy actions. LOG_X, Stuttgart, 162 s.

RIEGER, W., 2011. Pneumatic control loops save water and energy with fixed-bed filters. Ind. Valves 2011, 23–27.

ROČEK, J., 2002. Průmyslové armatury, První. ed. Informatorium, 253 s.

SARAVANAKUMAR, D., MOHAN, B., MUTHURAMALINGAM, T., 2017. A review on recent research trends in servo pneumatic positioning systems. Precis. Eng. 49, 481–492. <https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2017.01.014>

SESLIJA, D., MILENKOVIC, I., DUDIC, S., SULC, J., 2016. Improving energy efficiency in compressed air systems - practical experiences. Therm. Sci. 20, 355–370. <https://doi.org/10.2298/TSCI151110022S>

SHAMMAS, N.K., WANG, L.K., 2016. Water engineering: hydraulics, distribution, and treatment, First edition. ed. Wiley, Hoboken, 806 s.

SKOUSEN, P.L., 2011. Valve handbook, 3rd ed. ed. McGraw-Hill, New York, 470 s.

TAHERI, K., GADOW, R., 2017. Industrial compressed air system analysis: Exergy and thermoeconomic analysis. CIRP J. Manuf. Sci. Technol. 18, 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2017.04.004>

TAKOSOGLU, J., LASKI, P., BLASIAK, S., 2015. Design of the Modular Pneumatic Valve Terminal. Trans. VŠB - Tech. Univ. Ostrava Mech. Ser. 61, 53–61. <https://doi.org/10.22223/tr.2015-2/2003>

VAG, 2018. VAG ZETA Knife Gate Valve with electric actuator. VAG Group, Hodonín, 3 s.

VAG, 2016. Zeta nožové šoupátko – návod na montáž, provoz a údržbu. VAG Group, Hodonín, 12.

WASSEREVERSORGUNG KLEINE KINZIG, 2020: Das Unternehmen (online) [cit.2020.01.15], dostupné z < <https://zvwkk.de/unternehmen#technik>>.

11 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 - Řez elektrickým pohonem ukazuje složitost ovládacího mechanismu (Auma, 2015)	7
Obrázek 2 - Princip fungování jednočinného pohonu. Píst je do výchozí polohy vrácen pružinou	11
Obrázek 3 - Princip fungování dvojčinného pohonu spočívá v přivedení stlačeného vzduchu na oba konce pístu	12
Obrázek 4 - Schématické zobrazení pneumatického systému od výroby stlačeného vzduchu po jeho spotřebování ve válci pohonu	12
Obrázek 5 - Princip ovládání jednočinného pneumatického pohonu 3/2 ventilem ...	15
Obrázek 6 - Princip ovládání dvojčinného pneumatického pohonu 5/2 ventilem	15
Obrázek 7 - Schematické zobrazení principu ovládání armatur automatizovanými pneumatickými pohon (Rieger, 2011).....	17
Obrázek 8 - Část vnitřních prostor ČOV Obříství po rekonstrukci	31
Obrázek 9 - Dispoziční výkres ČOV Obříství s vyznačenými prvky pneumatického systému.....	33
Obrázek 10 – Ventilový terminál s veškerým vybavením (ČOV Obříství).....	34
Obrázek 11 - Porovnání nákladů pohonů při uvažovaném životním cyklu 10 let	36
Obrázek 12 - Schématické uspořádání jednoho filtru na ÚV Kleine Kinzig	39
Obrázek 13 – Výsledné cenové srovnání pneumatického a elektrického pohonu na ÚV Kleine Kinzig v průběhu životního cyklu	41
Tabulka 1 - Porovnání důležitých ukazatelů elektricky a pneumaticky ovládaných systémů (Parr, 1999)	5
Tabulka 2 - Faktory ovlivňující výběr vhodného pohonného systému.....	6
Tabulka 3 - Hlavní výhody a nevýhody elektrických pohonů v porovnání s pneumatickými	8
Tabulka 4 - Hlavní výhody a nevýhody pneumatických pohonů (Parr, 1999)	16
Tabulka 5 – Typy přípojovacích přírub a maximální dovolený točivý moment na výstupní hřídeli motoru daný mezinárodní normou ISO 5210	18
Tabulka 6 - Poměrné vyjádření nákladů v rámci posouzení životního cyklu stavby (Evans and Engineering (GB), 1998).....	24
Tabulka 7 – Schématické zobrazení nákladů v rámci životního cyklu.....	24
Tabulka 8 - přehled vstupních a výstupních porovnávaných pohonů v provozním režimu otevřeno/zavřeno	26
Tabulka 9 - Ztráty v pneumatických systémech způsobené netěsnostmi (Dostalík, 2006)	27
Tabulka 10 - Soupis armatur na ČOV Obříství a jim přiřazené pohony pro pneumatický a elektrický systém	32
Tabulka 11 - Výpis potrubních tras pneumatického a elektrického systému.....	34
Tabulka 12 – Přehled hlavních kategorií nákladů pro variantu s elektrickým servopohonem a pneumatickým pohonem.....	35
Tabulka 13 – Náklady na pořízení a uvedení do provozu.....	37
Tabulka 14 - porovnání nákladů elektrického a pneumatického pohonu ve fázi používání	38
Tabulka 15 - Soupis armatur pro jeden filtr a jim přiřazené typy pohonů.....	40

12 PŘÍLOHY

PŘÍLOHA Č. 1 – výpočtový list pro variantu s elektrickými servopohony

Popis položky	m.j.	Počet m.j.	Dodávka (Kč)	Cena celkem (Kč) bez DPH
			1 m.j.	
Nacení pohonů elektropohonů a pneupohonů				
Srovnání ČOV Obříství				
Elektrický servopohon				
Náklady na pořízení a uvedení do provozu				
Projektová činnost	kpl	1		80 824,50 Kč
Pořizovací náklady				808 245,00 Kč
pohon SO 2 (nožové šoupě)	kpl	4	28 880	115 520
kulový kohout G1"	kpl	4	10 450	41 800
kulový kohout G2"	kpl	3	16 335	49 005
deblokační skříňka (sdružená pro více pohonů)	kpl	4	9 540	38 160
komponenty kontroly (rozdávěč, včetně veškerého vybavení)	kpl	1	123 500	123 500
kabely datové	m	958	250	239 500
kabely napájecí	m	160	816	130 560
chráničky kabelových tras	m	260	270	70 200
Uvedení do provozu				146 236,75 Kč
montáž	kpl	1	121 237	121 237
zapojení (programování PLC)	kpl	1	25 000	25 000
Ostatní náklady (zaškolení obsluhy, dokumentace, měření a revizní zprávy, doprava a přesun hmot)	kpl	1	47 724	47 724,09 Kč
NÁKLADY NA POŘÍZENÍ CELKEM			S	1 083 030,34 Kč
Náklady ve fázi používání				
Energie	den	365	0,10	36,50 Kč
Údržba				24 625,00 Kč
pohony převodovek	kpl	11	500	5 500
revize elektro	kpl	1	11 000	15 000
mazivo elektrických pohonů	kpl	11	375	4 125
NÁKLADY ZA ROK POUŽÍVÁNÍ			S	24 661,50 Kč
NÁKLADY NA POUŽÍVÁNÍ CELKEM (za 10 let používání)			S	246 615,00 Kč
Náklady na likvidaci				
Demontáž	kpl	1		20 618,38 Kč
demontáž	kpl	1	60618	60 618
ekologická likvidace	kpl	1	- 40 000	- 40 000
NÁKLADY NA LIKVIDACI CELKEM			S	20 618,38 Kč
NÁKLADY CELKEM (za 10 let používání)			S	1 350 263,71 Kč

PŘÍLOHA Č. 2 – výpočtový list pro variantu s pneumatickými pohony

Popis položky	m.j.	Počet m.j.	Dodávka (Kč)	Cena celkem (Kč) bez DPH
			1 m.j.	
Nacení pohonů elektropohonů a pneupohonů				
Srovnání ČOV Obříství				
Pneumatický pohon				
Náklady na pořízení a uvedení do provozu				
Projektová činnost	kpl	1		35 668,21 Kč
Pořizovací náklady				356 682,12 Kč
pohon DLP-80-80-A (nožové šoupě)	kpl	4	13 319	59 669
kulový kohout VZBA G1"	kpl	4	7 206	32 283
kulový kohout VZBA G2"	kpl	3	11 392	38 277
kompresorová stanice se zásobníkem 50 l	kpl	1	12 560	12 560
komponenty kontroly (rozdávěč/ventilový terminál, včetně veškerého vybavení)	kpl	1	99 869	99 869
doplnění elektro rozváděče o jističí prvky	kpl	1	14 800	14 800
hadice 6/45 (včetně tvarovek)	m	236	16	3 776
kabely datové	m	236	198	46 728
kabely napájecí	m	20	816	16 320
chráničky kabelových tras	m	120	270	32 400
Uvedení do provozu				76 902,32 Kč
montáž	kpl	1	53 502	53 502
zapojení (programování PLC)	kpl	1	23 400	23 400
Ostatní náklady výše neuvedené	kpl	1	21 679	21 679,22 Kč
NÁKLADY NA POŘÍZENÍ CELKEM			S	490 931,87 Kč
Náklady ve fázi používání				
Energie (pohony, ztráty, odfuk)	den	365	12	4 336,45 Kč
Údržba				19 800,00 Kč
pohony	kpl	11	300	3 300
kopresor	kpl	1	3 000	3 000
analýza systému	kpl	1	2 000	2 000
revize elektro	kpl	1	8 000	8 000
revize kompresor	kpl	1	3 500	3 500
NÁKLADY ZA ROK POUŽÍVÁNÍ CELKEM			S	24 136,45 Kč
NÁKLADY NA POUŽÍVÁNÍ CELKEM (za 10 let používání)			S	241 364,48 Kč
Náklady na likvidaci				
Demontáž	kpl	1		19 751,16 Kč
demontáž pohonů a jejich komponent	kpl	1	26 751	26 751
ekologická likvidace	kpl	1	- 7 000	- 7 000
NÁKLADY NA LIKVIDACI CELKEM			S	19 751,16 Kč
NÁKLADY CELKEM (za 10 let používání)			S	752 047,51 Kč

PŘÍLOHA Č. 3 – pneumatický pohon umístěný na nožovém šoupěti (ČOV Obříství)



PŘÍLOHA Č. 4 – kulové kohouty s pneumatickými pohony (Y17, Y18, Y19) na rozvodech stlačeného vzduchu z dmychadel (ČOV Obříství)



PŘÍLOHA Č. 5 – kulové kohouty s pneumatickými pohony (Y15, Y16) na potrubí stlačeného vzduchu pro provzdušnění lapáku písku (ČOV Obříství)



PŘÍLOHA Č. 6 – ventilový terminál (ČOV Obříství)

