

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Návrh včetně ověření laboratorních úloh s využitím
elektromagneticky ovládaných rozvaděčů pro předmět
Tekutinové mechanismy

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Heřmánek, Ph.D.

Diplomant: Bc. Radek Panenka

Praha 2009

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze	Fakulta: technická
Katedra: zemědělských strojů	Akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant: **Radek Panenka**

Studijní obor: Silniční a městská automobilová doprava

Studijní zaměření:

Název práce: Návrh včetně ověření laboratorních úloh s využitím elektromagneticky ovládaných rozvaděčů pro předmět Tekutinové mechanismy

Zásady pro vypracování:

Cíl práce: Vytvořit laboratorní úlohy popř. výpočetní úlohy s využitím elektromagneticky ovládaných rozvaděčů. Předložené úlohy budou použitelné pro zařazení do předmětu Tekutinové mechanismy aj.

Osnova práce:

1. Úvod
2. Situace ve výuce oboru Tekutinových mechanismů
3. Návrh a ověření laboratorních úloh
4. Diskuze
5. Závěr

Metodika práce: Student prostuduje laboratorní úlohy v předmětech podobných Tekutinovým mechanismům na ostatních vysokých školách a univerzitách zabývajících se touto problematikou. Navrhne a provede 2 až 3 úlohy, které se budou využívat v předmětu Tekutinové mechanismy, popř. v jiných předmětech.

Rozsah práce: 50 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

1. ROH. J.: Tekutinové mechanismy. VŠZ Praha, Praha, 1994, 168 s.
2. PIVOŇKA. J., A KOL.: Tekutinové mechanismy. SNTL, 1987, 623 s.
3. JANALÍK. J.: Měření tekutinových mechanismů. VŠB-TU, Ostrava, 1995, 195 s.
4. NOACK, S.: Hydraulics in Mobile Equipment. Omegon, Ditzingen, 2001, 2002 s.
5. www stránky univerzit
6. www stránky fy Bosch Rexroth aj.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Heřmánek, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 7.12.2007

Termín odevzdání diplomové práce: 30.4.2009




Doc. Ing. Adolf Rybka, CSc.

vedoucí katedry


Prof. Ing. Jiří Klíma, CSc.

děkan

V Praze dne 7.12.2007

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, a že jsem uvedl veškeré prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Bc.Radek Panenka

V Kladně, dne 22.4.2009

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Petru Heřmánkovi, Ph.D., za odborné vedení práce a možnost otevřené diskuse nad zadaným tématem.

Poděkování patří také lektorům kateder na oslovených školách, kteří poskytli materiály pro tuto práci.

Abstrakt: Diplomová práce se zaměřuje na návrh, včetně ověření laboratorních úloh s využitím elektromagneticky ovládaných rozvaděčů pro předmět Tekutinové mechanismy. Úvod práce pojednává všeobecně o hydraulických mechanismech. Zabývá se základními termíny a možnostmi využití hydraulických mechanismů. Dále je zmapovaná současná situace v oboru Tekutinových mechanismů na vysokých školách a univerzitách v České republice. Praktická část práce předkládá tři vypracovaná zadání úloh (Měření charakteristiky elektrohydraulického rozvaděče, Měření objemu hydromotoru, Závislost tlaku a síly), které budou použity při výuce Tekutinových mechanismů na České zemědělské univerzitě v Praze

Klíčová slova: Tekutinové mechanismy, rozvaděč, hydromotor, hydraulika

Abstract: Graduation work is focusing on proposal, including attestation of laboratory exercises with usage electromagnetic controlled switch - boards for subject fluidity mechanism. Introduction of work generally disserts on hydraulic mechanisms. Deal with primary objective terms and possibilities of usage hydraulic mechanisms. Further mapped present-day situation in field of mechanism on colleges and universities in Czech Republic. Practical part of work brings three elaborated settings of exercises (measuring characteristics of electrohydraulic directional control valve, measuring of volume hydraulic motor, dependence of pressure and force), which will be used at education fluidity mechanisms on Czech agricultural universi

Key words: Fluid power, directional control valve, hydraulic motor, hydraulics

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Situace ve výuce oboru tekutinových mechanismů	5
2.1. Česká zemědělská univerzita v Praze.....	6
2.1.1. Předmět Tekutinové mechanismy	6
2.1.2. Vzorové příklady.....	8
2.2. Univerzita Pardubice	11
2.2.1. Předmět Hydraulické mechanismy v konstrukci vozidel	12
2.2.2. Vzorový příklad.....	13
2.3. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava	13
2.3.1. Předmět Tekutinové mechanismy	14
2.3.2. Předmět Tekutinové mechanismy strojů	15
2.3.3. Vzorové příklady.....	16
2.4. Vysoké učení technické v Brně.....	20
2.4.1. Předmět Tekutinové mechanismy	21
2.4.2. Předmět Tekutinové stroje I	21
2.4.3. Předmět Měření tekutinových systémů	21
2.4.4. Vzorové příklady.....	22
2.5. České vysoké učení technické v Praze	23
2.5.1. Předmět Hydraulické a pneumatické mechanismy.....	24
2.6. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích	25
2.7. Technická univerzita v Liberci.....	25
2.7.1. Předmět Hydraulické a pneumatické mechanismy.....	26
2.8. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem	27
2.8.1. Předmět Tekutinové mechanismy	27
2.9. Západočeská univerzita v Plzni.....	28
2.9.1. Předmět Tekutinové mechanismy	29
2.10. Srovnání získaných materiálů	30
3. Návrh a ověření laboratorních úloh.....	33
3.1. Měření charakteristiky elektrohydraulického rozvaděče.....	34
3.2. Měření objemu hydromotoru	40
3.3. Závislost tlaku a síly.....	45
4. Diskuze.....	50
5. Závěr	51

1. Úvod

Předmět tekutinové mechaniky se zabývá především studiem hydrauliky. Hydraulika dle normy ČSN ISO 5598 je věda a technika, zabývající se zákony, kterými se řídí průtok a tlak kapaliny. [1]

Jinak řečeno, hydraulika je technická disciplína zabývající se využitím mechanických vlastností tekutin pro technické účely. Teoretické základy poskytuje hydraulice mechanika tekutin. Také využívá jak znalosti z hydrostatiky, tak i z hydromechaniky. Hydraulika studuje rovnováhu i pohyb tekutin, ale také vzájemné působení tekutin a tuhých těles. [2]

Tekutinové systémy zahrnují mechanismy hydraulické a pneumatické. V této práci se však zabývám pouze mechanismy hydraulickými, proto více přiblížím jen tuto tematiku.

Hydraulické mechanismy jsou používány u mnoha moderně řešených strojů a strojních zařízení. Nutnost aplikování tekutinových mechanismů je dána zejména požadavky na výkonnost, spolehlivost, přesnost a vysoký stupeň automatizace, které jsou na stroje a zařízení kladeny. Bez využití tekutinových mechanismů, by nebylo možné dosáhnout požadovaných parametrů. [3]

Hydraulické mechanismy lze dále rozdělit na mechanismy hydrostatické a hydrodynamické. První z nich se zabývají rovnováhou sil za klidu, kdy se všechny kapaliny chovají jako ideální kapalina, což znamená, že jsou matematicky dokonalé. Je u nich předpoklad, že objemová roztažnost a stlačitelnost je nulová, nevypařují se a tečné napětí je nulové. Využívají se zde hlavně tlakové složky energie. Hydrodynamické mechanismy, využívají při přenosu pohybovou energii. To znamená, že kritériem pro dělení mechanismů je podíl jednotlivých složek energie využívaných při přenosu.

Zatímco před několika lety byly pomocí hydraulických prvků vytvářeny i jednoduché logické řídicí systémy, slouží dnes tyto obvody výhradně pro přenos energie a řídicí systém je přesunut do sféry elektroniky. [3]

Velmi důležité jsou parametry spolehlivosti tekutinových mechanismů, mezi které zahrnujeme zejména střední dobu mezi poruchami, pracnost údržby, nebo opravy a životnost. Spolehlivost, za předpokladu výběru vhodných prvků a vhodného řešení obvodu je podmíněna zajištěním kvalitní pracovní kapaliny, její filtrace a teplotní stabilizace. [3]

S tekutinovými mechanismy se běžně setkáváme u výrobních strojů a zařízení (obráběcí a tvářecí stroje) u strojů pro práce zemní a stavební (nakladače, rýpadla, silniční válce) u strojů pro hlubinnou a povrchovou těžbu uhlí a nerostů, ve strojním zařízení hutnických závodů (válcovny, slévárny), v dopravních a manipulačních zařízeních (vysokozdvížené vozíky,

dopravníky, jeřáby), v zemědělských strojích, robotech, manipulátorech, montážních a balících automatech, ručních nástrojích a letecké technice. [4]

Základní přednosti hydraulických mechanismů je možno shrnout do následujících bodů:

- snadné vyvození velkých sil a točivých momentů,
- snížení hmotností a momentů setrvačnosti,
- realizace velkého převodového poměru, přičemž tento poměr lze měnit (rychlost, otáčky, výkon, směr pohybu, atd.),
- řízení rozběhu a brzdění, tlumení rázu a chvění,
- snadné řízení a regulace mechanismů,
- snadný rozvod energie i do špatně přístupných míst,
- velké silové převody s nízkou hmotností a malými rozměry,
- jednoduchý převod rotačního pohybu na přímočarý a naopak,
- typizace a normalizace konstrukčních dílů (stavebnicové sestavování).

Tento systém má však i své nevýhody, které je nutno brát v úvahu:

- choulostivost na nečistoty,
- citlivost na změnu teploty hydraulické kapaliny,
- netěsnost a nepříznivý účinek úniku oleje na životní prostředí.

[3] ; [4]

Tab. 1 - Aplikace tekutinových mechanismů [4]

Hydraulické mechanismy	
Aplikace	rozsah aplikací (%)
pracovní stroje stavební, zemní včetně kolejových vozidel a komunálních strojů	27
zemědělské stroje a stroje pro lesní údržbu	8
obráběcí stroje	9
stoje a zařízení pro hutní průmysl	0
dopravní a manipulační stroje a zařízení včetně robotů	12
tvářecí stroje na kovy a plastické hmoty	9
textilní stroje	4
stroje pro hlubinnou a povrchovou těžbu nerostů	4
lodě	3
různé	11

Hydraulika je dnes nedílnou součástí zemědělských strojů, ale také toto odvětví zasahuje do automobilového průmyslu. Výrobní linky využívají hydrauliku a pneumatiku, proto je dobré, aby absolventi technicky zaměřených vysokých škol, měli představu o fungování těchto mechanismů. Tento předmět propojuje jejich teoretické vzdělání v oblasti fyziky s praktickým chodem strojů. Dále je nutno tuto znalost podpořit osobní zkušeností s měřeními laboratorních úloh, které vyplývají z praxe oboru. Studenti mohou své teoretické poznatky přímo aplikovat v místních laboratořích a ověřit si tak zákony a principy, které v těchto mechanismech fungují.

Peňáz a Benža k tématu výuky Tekutinových mechanismů napsali: Tekutinové mechanismy lze v současné době považovat za standardní mechanismy strojů. Oblast samotného vývoje a výroby hydraulických prvků, úzce souvisí se znalostmi a možnostmi využití moderních technologií a vhodných materiálů. Vývojový trend tekutinových mechanismů vede k jejich integraci s elektrickými prvky a elektronickými systémy. Proto oblast tekutinových mechanismů spadá do oblasti nejen strojírenství ale také elektrotechniky. [3]

Cíl práce

Hlavním cílem mé práce bylo navrhnout laboratorní úlohy, popř. výpočetní úlohy s využitím elektromagneticky ovládaných rozvaděčů, tak aby předložené úlohy mohly být použitelné pro zařazení do předmětu Tekutinové mechanismy a jiné.

Vedlejším cílem navazujícím na cíl předchozí bylo zmapování výuky předmětu Tekutinových mechanismů na různých vysokých školách technického zaměření v České republice. Nebyl brán zřetel pouze na předmět Tekutinové mechanismy, ale i jiné, s podobnou tematikou (hydraulické mechanismy z jiného úhlu pohledu či zaměření např. Hydromechanika a hydraulické stroje, Mechanika tekutin, Tekutinové stroje, atp.). Mapování se týkalo přístupu škol k obsahu předmětu, preferenci témat, jejich rozmanitosti jak v teoretické tak zejména praktické části. Shrneme-li tento cíl, bylo mou snahou utvořit přehled přístupů k výuce této problematiky.

2. Situace ve výuce oboru tekutinových mechanismů

Na většině technicky zaměřených vysokých škol a univerzit se vyučuje předmět tekutinové mechanismy či jemu podobné. Tato látka však není probírána do stejné hloubky a stejnou formou. Liší se nejen v teoretické části, ale také v praktických cvičeních předmětu. Pozornost některých škol se zaměřuje výhradně na teoretické znalosti v podobě schopnosti výpočtů ze zadaných parametrů, na jiných je cílem výuky nácvik praktických dovedností pracovat s prvky hydraulických strojů v laboratořích, aplikovat teoretické poznatky nabytých v přednáškách.

Pro tuto diplomovou práci byla oslovena většina technicky zaměřených vysokých škol a univerzit. Garanti předmětů Tekutinové mechanismy, popř. předmětů podobných, a jejich asistenti byli osloveni formou e-mailu. Obsahem bylo seznámení s tématem diplomové práce a žádost o spolupráci.

Osloveny byly tyto školy:

- Česká zemědělská univerzita v Praze
- Univerzita Pardubice
- Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
- Vysoké učení technické v Brně
- České vysoké učení technické v Praze
- Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
- Technická univerzita v Liberci
- Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem
- Západočeská univerzita v Plzni

První čtyři školy odpověděly kladně.

Tab. 2 - Výsledky kontaktovaných škol

Osloveno škol	9
Potvrzení o přečtení	9
Záporná či žádná odpověď	5
Kladná odpověď – získané materiály	4

2.1. Česká zemědělská univerzita v Praze

Česká zemědělská univerzita v Praze je veřejnou vysokou školou (podle zákona 111/1998 Sb., o vysokých školách). Vlastní historie školy počala zřízením zemědělského odboru při České vysoké škole technické.

Skládá se z těchto fakult:

- Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
- Provozně ekonomická fakulta
- Technická fakulta
- Fakulta životního prostředí
- Fakulta lesnická a dřevařská

Instituty:

- Institut tropů a subtropů
- Institut vzdělávání a poradenství

[5]

2.1.1. Předmět Tekutinové mechanismy

Anotace předmětu

Posluchači se seznámí s tekutinovými mechanismy, s normami, čtením, navrhováním a kreslením hydraulických i pneumatických obvodů. Součástí jsou výpočty základních výkonových parametrů, tlakových a průtokových ztrát, výpočet chladičů. Na závěr se seznámí s oblastmi uplatnění tekutinových mechanismů u mobilních strojů. Poznají příklady hydraulických obvodů na strojích a možnosti prověřování jejich funkce. Předmět je zaměřen převážně na hydrostatické mechanismy. V menší míře se zabývá hydrodynamickými a pneumatickými mechanismy. Předmětem zájmu jsou hydraulické i pneumatické prvky včetně tekutin pro hydraulická zařízení. Dělají se návrhy jednoduchých hydraulických obvodů a obvody se kreslí za použití normalizovaných značek. Na cvičení jsou prezentovány nejpoužívanější typy a druhy prvků tekutinových mechanismů. Měření probíhá na výukovém zařízení Fluidprax. Hydraulické obvody se navrhují pomocí softwaru Automation Studio. [6]

Obsah předmětu

Úvod, základní pojmy (ISO 5598) a grafické značky (ISO 1219-1). Kapaliny pro hydraulická zařízení a základy hydrauliky. Hydraulické prvky - zubové převodníky s vnitřním a vnějším ozubením, šroubové převodníky. Hydrostatické převodníky pístové a lamelové. Regulace čerpadel. Hydromotory rotační, přímočaré a kývavé. Hydrostatické prvky pro řízení tlaku a hrazení průtoku kapaliny. Hydrostatické prvky pro hrazení průtoku kapaliny - rozvaděče. Hydrostatické prvky pro řízení průtoku kapaliny, hydraulické akumulátory a ostatní příslušenství. Prvky pro řízení a kontrolu parametrů v obvodech. Hydrodynamické mechanismy. Hydraulické obvody. Hydraulická řídicí zařízení poloautomatická. Automatické řídicí systémy, zařízení pro automatickou regulaci tříbodového závěsu. Ovládací systémy a pohony pracovních mechanismů strojů. Hydraulický pohon pojezdových kol a pásových podvozků. Prověřování funkce hydraulických obvodů. Poruchy a opravy. Pneumatické mechanismy. Bezpečnost práce a požární ochrana. [6]

Témata cvičení

Ukázka hydraulických mechanismů na strojích. Procvičení normalizovaných značek. Seznámení s výrobcí prvků. Procvičení vlastností hydraulických kapalin. Návrh hydraulického zvedáku. Ukázka zubových čerpadel, modely a video. Výpočet geometrického objemu a průtoku. Základní parametry. Charakteristiky. Ukázka pístových čerpadel, modely a video. Typy pístových čerpadel, výpočet geometrického objemu a průtoku. Ukázka lamelových a šroubových čerpadel, rotačních a přímočarých hydromotorů. Ukázka tlakových ventilů, jednosměrných ventilů a zámku, jejich konstrukce. Základní parametry. Ukázka rozvaděčů. Základní parametry. Měření překrytí šoupátka rozvaděče. Ukázka prvků pro řízení průtoku, akumulátoru a ostatních prvků příslušenství. Procvičení norem pro čišření kapaliny. Ukázka a procvičení charakteristik hydrodynamického měniče a spojky. Ukázka hydraulických obvodů a čtení ze schémat konkrétních strojů. Návrh a proměření obvodu pro zapojení rozvaděčů. Ukázka prvků používaných v obvodech pro řízení směru jízdy. Návrh hydraulického obvodu pro řízení směru jízdy. Ukázka prvků používaných v obvodech pro regulaci brzd traktoru. Regulace rychlosti hydromotoru, měření charakteristiky škrťacího ventilu. Prvky používané v uzavřených obvodech pro pohon pojezdu, mechanická ucpávka, servoventil. Diagnostika. Simulace poruch. Ukázka pneumatických prvků a schéma kompresorové stanice. [6]

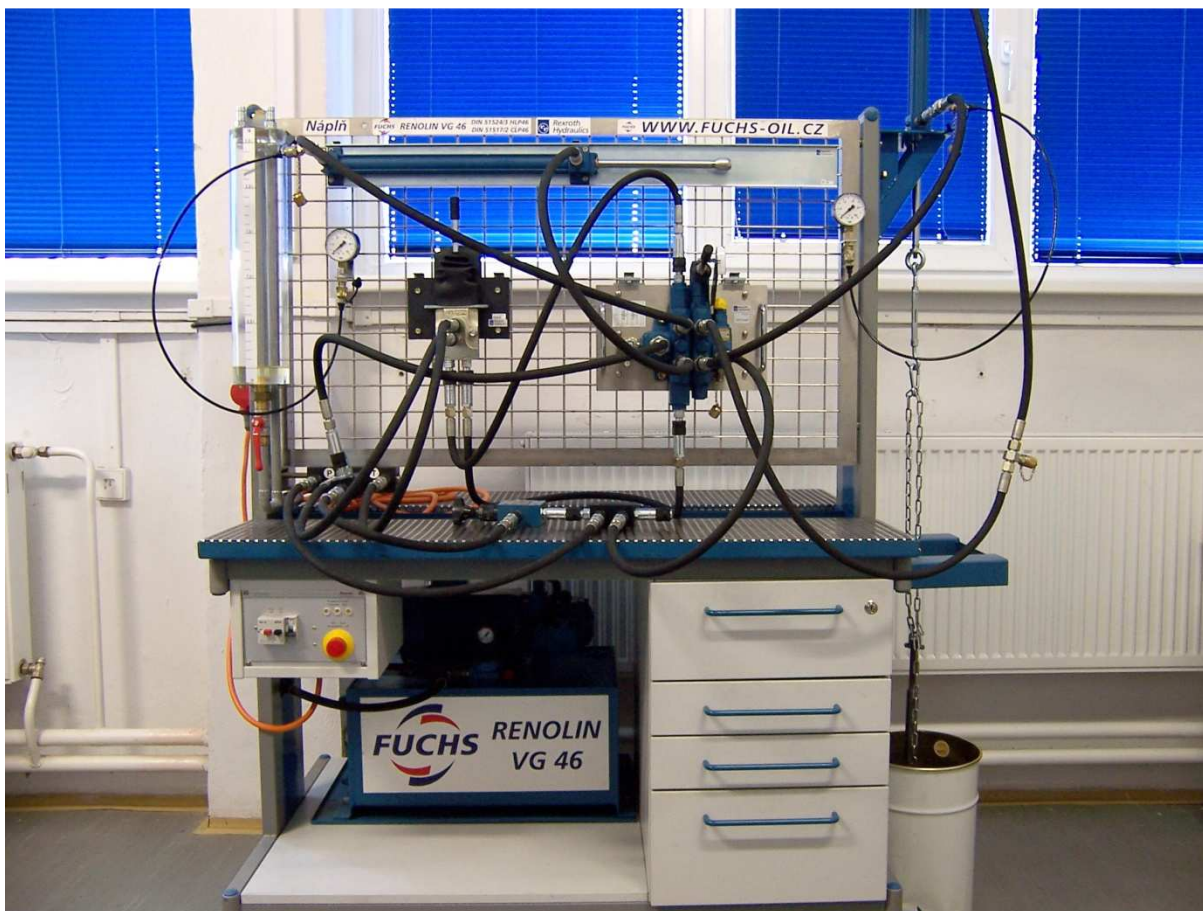
2.1.2. Vzorové příklady

Paralelní řazení rozvaděčů

Při měření této úlohy jsou studenti seznámeni s možnostmi ovládání hydromotorů. Dále si prakticky vyzkouší, zda je možno při tomto zapojení rozvaděčů, současně ovládat hydromotory, či nikoliv.

Vypracovaný protokol viz příloha 1.

Obr. 1 – Zapojení pro měření paralelního řazení hydromotorů

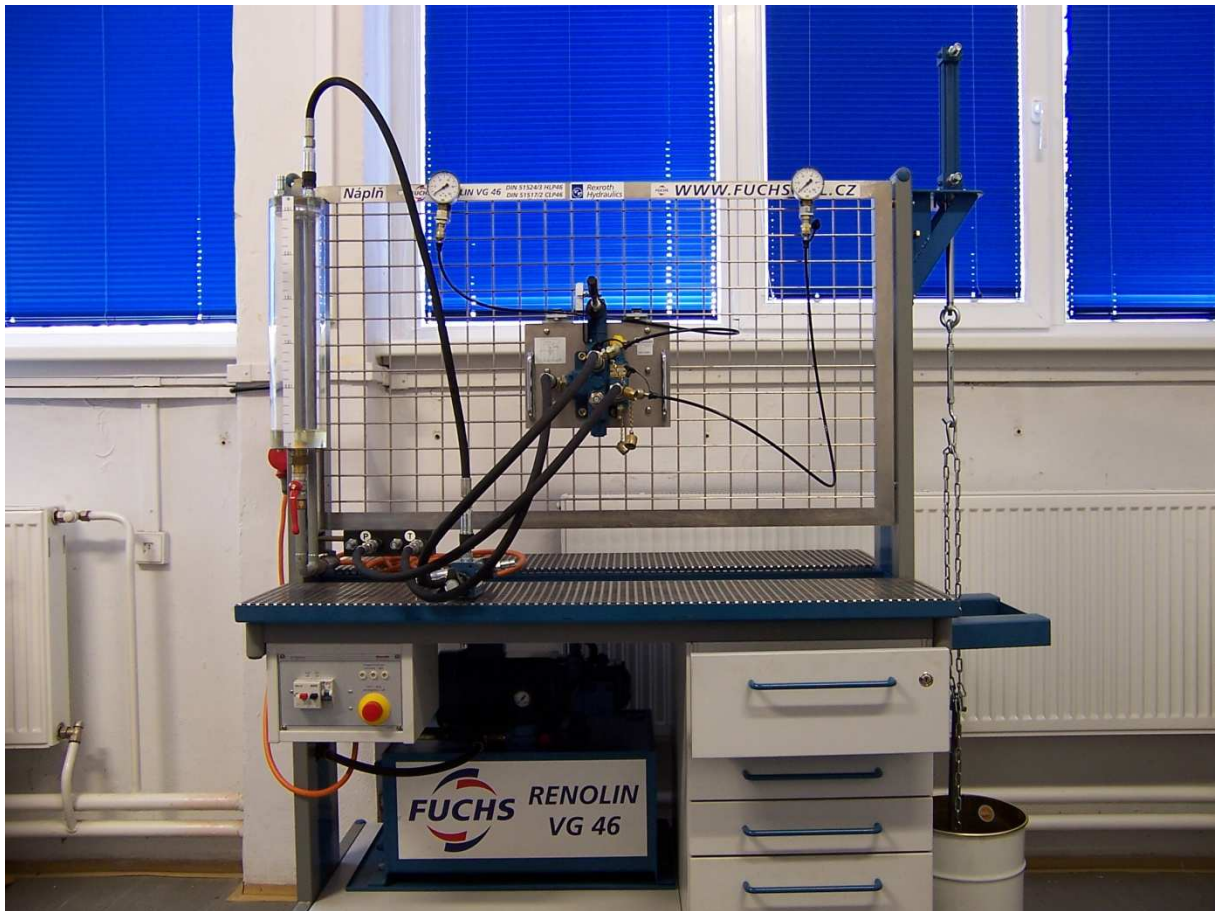


Charakteristika rozvaděče – překrytí šoupátek

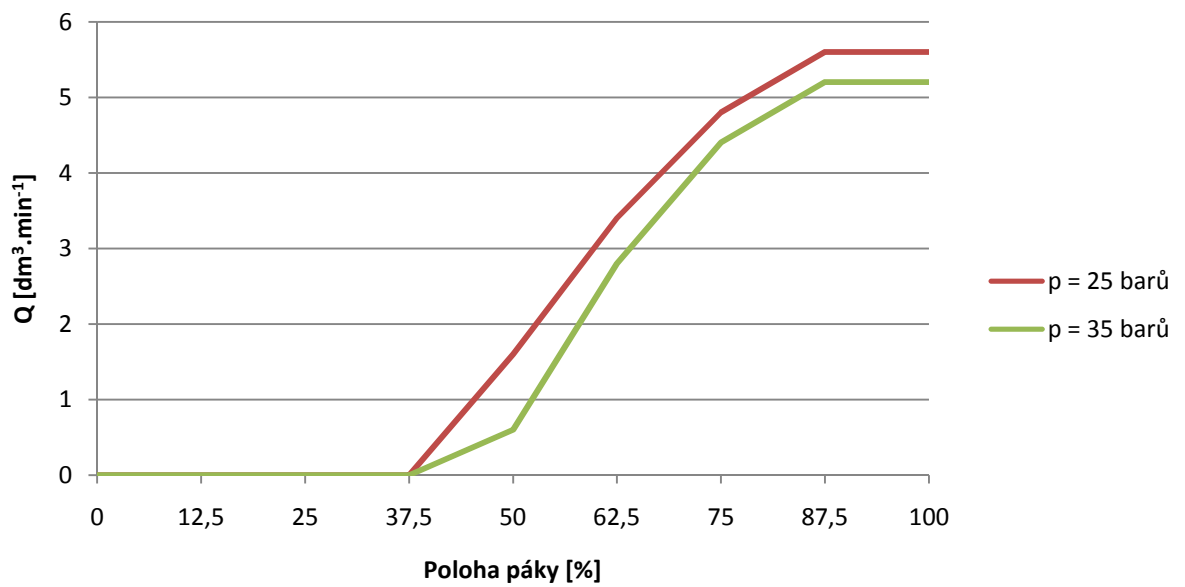
Studenti pomocí praktikátoru změní přechodovou charakteristiku rozvaděče, kde z výsledků měření sestrojí graf závislosti průtoku hydraulické kapaliny soustavou na poloze ovládací páky. Měření probíhá na vývodu B a kapalina je zachycována do odměrného válce, z kterého jsou odečítány hodnoty průtoku. Dále studenti z naměřené charakteristiky stanoví skutečný regulační rozsah.

Vypracovaný protokol viz příloha 2.

Obr. 2 – Zapojení pro měření charakteristiky rozvaděče



Obr. 3 – Výsledná charakteristika rozvaděče

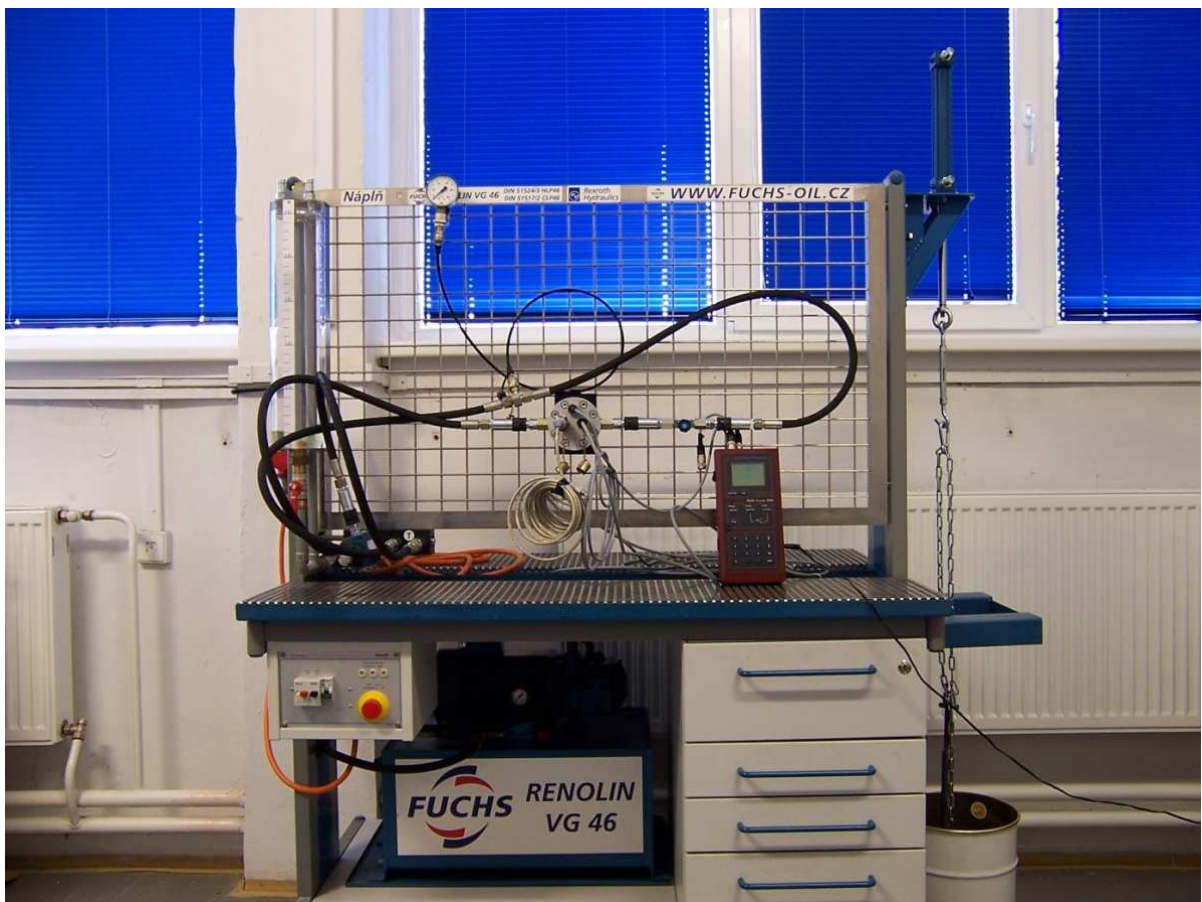


Měření charakteristiky škrticího ventilu

Studenti po nastudování obvodu postupně nastavují pomocí škrticího ventilu rozdíl tlaků po 5 barech až do maximální hodnoty. Do tabulky zapisují nastavený rozdíl tlaků, průtok a teplotu. Z naměřených hodnot sestrojí grafickou závislost průtoku škrticím ventilem na tlakovém spádu. V závěru zhodnotí vliv teploty hydraulické kapaliny.

Vypracovaný protokol viz příloha 3.

Obr. 4 – Zapojení pro měření charakteristiky škrticího ventilu

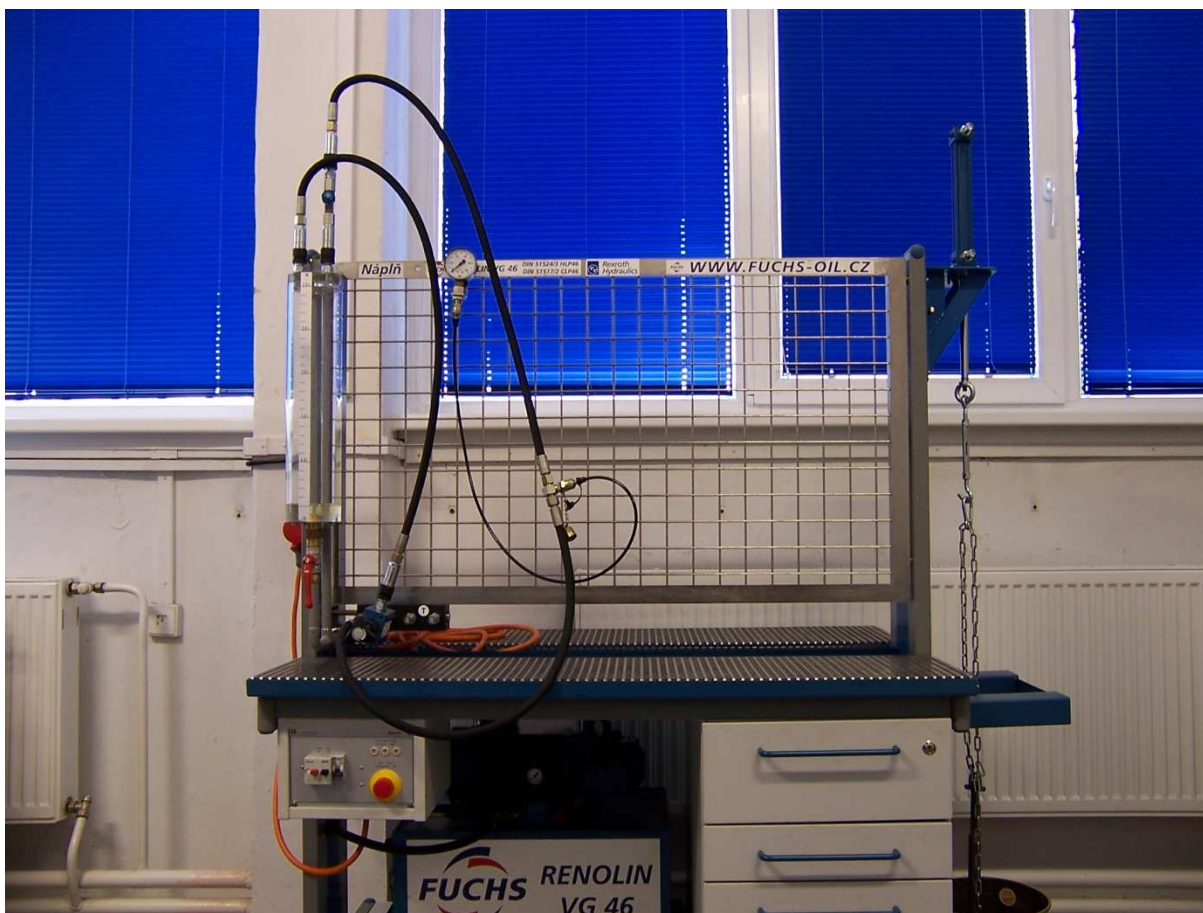


Charakteristika čerpadla a vliv nastavení tlakového ventilu

V první fázi studenti změří charakteristiku čerpadla, při kterém postupně zvyšují hodnotu tlaku a měří odpovídající hodnotu průtoku. Výstupem je grafická závislost průtoku na tlaku. V druhé části měření studenti seřídí pojistný tlakový ventil na pracovní tlak 2,75 MPa. Pomocí škrticího ventilu simulují zátěž a odečítají průtok do odměrného válce. Z takto naměřených hodnot dopočítávají ostatní hodnoty pro doplnění tabulky.

Vypracovaný protokol viz příloha 4.

Obr. 5 – Zapojení pro měření charakteristiky čerpadla a vlivu nastavení tlakového ventilu



2.2. Univerzita Pardubice

Univerzita Pardubice je jedinou vysokoškolskou institucí univerzitního typu v Pardubickém kraji. Co do počtu studentů patří se svými více než 9,5 tisíci studenty do skupiny středně velkých veřejných vysokých škol ČR. Má sedm fakult a jeden vysokoškolský ústav:

- Fakultu chemicko-technologickou
- Fakultu ekonomicko-správní
- Dopravní fakultu Jana Pernera
- Fakultu filozofickou
- Fakultu restaurování
- Fakultu zdravotnických studií
- Fakultu elektrotechniky a informatiky
- Centrum materiálového výzkumu - CMV (založený k 1. únoru 2009 jako vysokoškolský ústav).

[7]

2.2.1. Předmět Hydraulické mechanismy v konstrukci vozidel

Anotace předmětu

Absolvováním předmětu posluchač získá přehled o základních vlastnostech hydrostatických mechanismů používaných v konstrukci motorových vozidel (automatických převodovek, posilovačů řízení a brzd). Naučí se vypočítat základní parametry používaných obvodů vysokotlaké hydrauliky. Seznámí se s upořádáním a vlastnostmi hydrostatických systémů sklápěcí korby nákladního vozidla, posilovače řízení, posilovače hydraulických brzd. Porozumí systému spojitého řízení převodového poměru a řízené distribuce výkonu na poháněná kola vozidla. [8]

Obsah předmětu

Uzavřený a otevřený hydraulický obvod, tlakové a průtokové řízení přímočarého hydromotoru. Hydrostatická sklápěcí korba automobilu, výpočet sil a určení velikosti hydrogenerátoru. Řízené hydrostatické převody v dopravních prostředcích, řídicí charakteristiky, konstrukční uspořádání HS převodníků. Parametry HS převodníků, geometrické objemy, nominální, maximální, pracovní a špičkový tlak, maximální otáčky, průtok při maximálních otáčkách, momenty a výkony, hmotnosti a měrné výkony. Hydraulické řídicí prvky, jednosměrné ventily, rozvaděče pro řízení směru průtoku, proporcionální rozvaděče a hydraulické řídicí prvky, základní parametry řídicích prvků s dvojhřanným šoupátkem. Dynamické charakteristiky, vnitřní statické charakteristiky, vnější charakteristiky regulátoru tlaku, řídicí charakteristiky systému. Pneumatické a hydropneumatické odpružení vozidel, pružinová charakteristika, vlastnosti. Automatické převodovky a jejich hydraulické obvody. Řízení distribuce výkonu na poháněná kola vozidla, samozávěrný diferenciál s axiálním hydrogenerátorem a lamelovou spojkou, spojka Haldex s vnějším řídicím obvodem. Řízený hydrostatický převod s větvením toku výkonu pro pásová a kolová vozidla. Hydraulické posilovače řízení, servořízení s hydraulickým polohovým servomechanismem, servořízení Orbitrol - Danfoss. Hydraulické brzdy, princip uspořádání hydraulických brzd s podtlakovým posilovačem, přetlakový posilovač hydraulického vypínání spojky. [8]

Témata cvičení

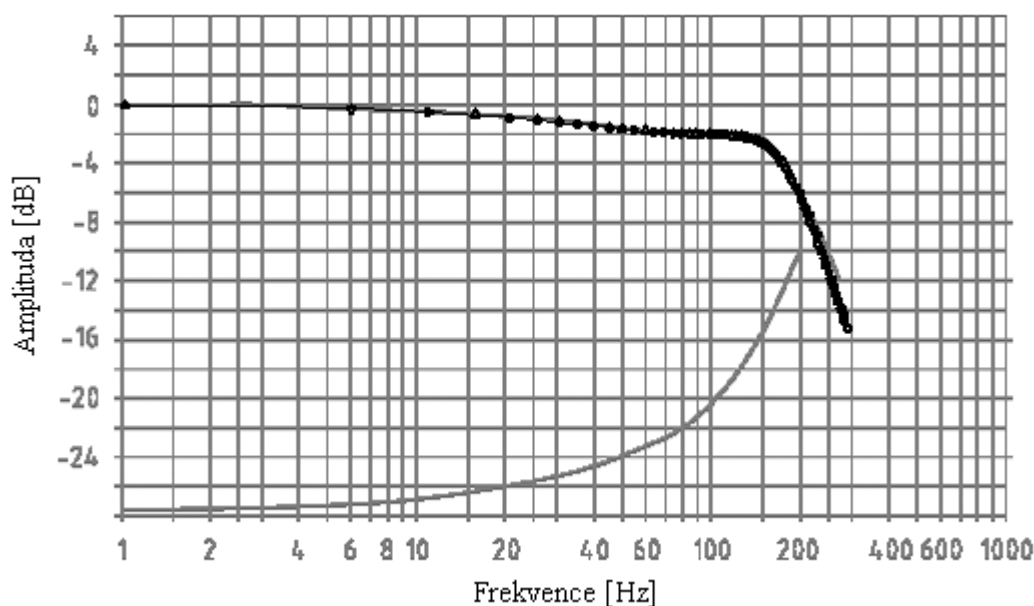
Na univerzitě v Pardubicích od rozdělení inženýrského studia na bakalářské a magisterské se předmět "Hydraulické mechanismy" nepřednáší a necvičí. Nově přednášený předmět "Hydromechanika a hydraulické stroje" neobsahuje problematiku řídicích

hydraulických prvků a měření jejich charakteristik. Ani v minulosti vlastní měření neprováděli. Za výsledky měření vždy považovali průběhy charakteristik uváděné výrobcem a k němu se hledal výpočtem získaný průběh. [8]

2.2.2. Vzorový příklad

Porovnání vypočítaného a změřeného průběhu amplitudové frekvenční charakteristiky rychlého proporcionálního rozvaděče pro dané parametry.

Obr. 6 - Porovnání dané a vypočtené dynamické charakteristiky



Změřené průběhy charakteristik, uváděné v katalogové dokumentaci výrobce, jsou vyneseny plnou čarou. Vypočítané charakteristiky na obr. 6 jsou vykresleny plnou čarou, opatřenou kosočtvercovými značkami, jejichž hustota je dána logaritmováním konstantního výpočtového kroku na vodorovné ose.

Podobně se porovnávají změřené a vypočítané průběhy statických charakteristik pro různé druhy krytí řídicích hran.

2.3. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava dovršila v roce 2009 jako pokračovatelka montážního učiliště, báňské akademie a Vysoké školy báňské v Příbrami 160 let své existence. Jejich 7 fakult se orientuje především na technické a ekonomické obory.

Zmiňované části univerzity:

- Ekonomická fakulta
- Fakulta stavební
- Fakulta strojní
- Fakulta elektrotechniky a informatiky
- Hornicko-geologická fakulta
- Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
- Fakulta bezpečnostního inženýrství

[9]

2.3.1. Předmět Tekutinové mechanismy

Anotace předmětu

Posluchači se seznámí s funkcí, strukturou, vlastnostmi a aplikacemi tekutinových, tj. hydraulických a pneumatických mechanismů. Předmět je členěn na tyto části: všeobecný úvod, základní výpočty tekutinových mechanismů, prvky tekutinových mechanismů (funkce, konstrukce, charakteristiky), hydraulické a pneumatické pohony a převody včetně řízení, aplikace tekutinových mechanismů. Cvičení je zaměřeno na výpočty hydraulických mechanismů a laboratorní měření. [10]

Obsah předmětu

Studenti se seznámí se základními pojmy z oblasti Tekutinových mechanismů: hydraulický mechanismus, pneumatický mechanismus, hydraulický a pneumatický obvod. Seznámí se se skladbou hydraulických a pneumatických obvodů, se základními hydraulickými a pneumatickými prvky, s jejich funkcí, konstrukcí, charakteristikami, použitím v obvodech. Dále se naučí na příkladech počítat hydraulické a pneumatické obvody v ustáleném stavu, a řešit rozběh a brzdění hydraulických pohonů. Navrhovat jednodušší hydraulické a pneumatické obvody a sestavovat je na praktikátorech v laboratoři a získají základní znalosti z provozu, údržby, měření a diagnostiky hydraulických a pneumatických zařízení. [10]

Témata cvičení

Opakování mechaniky tekutin, grafické značky prvků, schémata hydraulických obvodů, výpočet hydraulického obvodu v ustáleném stavu, výpočet tlakových a průtokových ztrát, měření p-Q charakteristiky hydrogenerátoru, měření charakteristiky ventilu, obvody se škrticími ventily, skladba pneumatických obvodů. [10]

2.3.2. Předmět Tekutinové mechanismy strojů

Anotace předmětu

Posluchači se seznámí s funkcí, strukturou, vlastnostmi a aplikacemi tekutinových, tj. hydraulických a pneumatických mechanismů. Předmět je členěn na tyto části: všeobecný úvod, základní výpočty tekutinových mechanismů, prvky tekutinových mechanismů (funkce, konstrukce, charakteristiky), hydraulické a pneumatické pohony a převody včetně řízení, aplikace tekutinových mechanismů u výrobních strojů, stavebních a zemních strojů a strojů pro úpravu nerostných surovin. Cvičení je zaměřeno na výpočty hydraulických mechanismů a laboratorní měření. [11]

Obsah předmětu

Základní pojmy. Hydraulický obvod: skladba, funkce, schémata. Základní hydraulické obvody. Základy teorie hydraulických obvodů. Kapaliny teorie hydraulických obvodů Hydrogenerátory a hydromotory. Rozváděcí a řídicí prvky. Proporcionální technika a servotechnika. Hydraulické pohony strojů: skladba, možnosti řízení, statické charakteristiky, rozběh pohonu. Aplikace u stavebních, zemních, výrobních aj. strojů. Pneumatické pohony a pneumatické řídicí systémy strojů. Základy provozu, údržby a diagnostiky hydraulických a pneumatických mechanismů. [11]

Témata cvičení

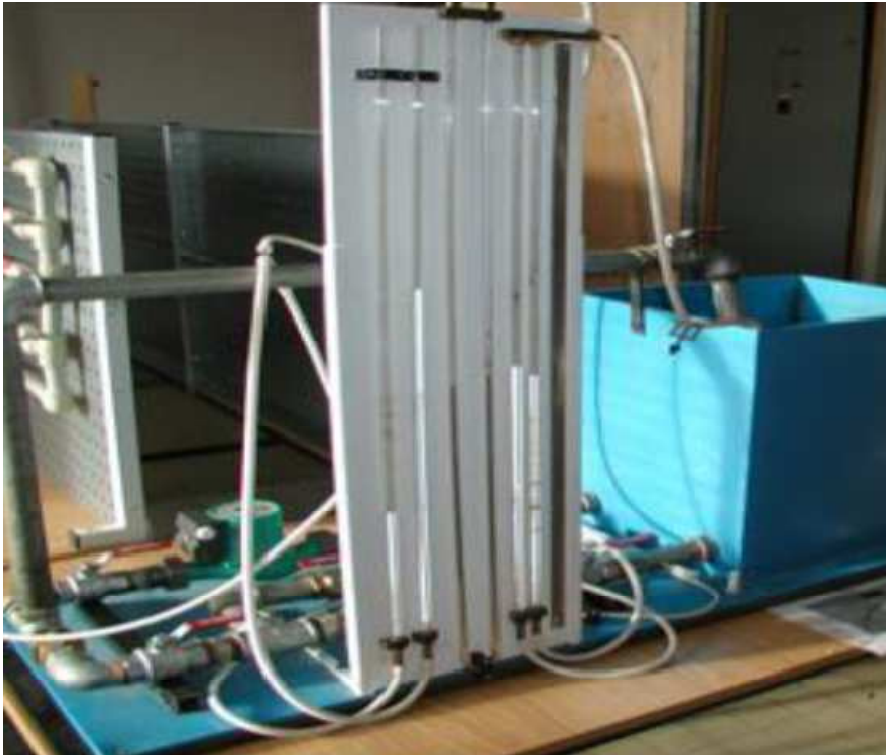
Grafické značky prvků, schémata hydraulických obvodů, výpočet hydraulického obvodu v ustáleném stavu, výpočet tlakových a průtokových ztrát, výpočet tlakových ztrát v obvodu, měření p-Q charakteristiky hydrogenerátoru, měření charakteristiky ventilu, skladba pneumatických obvodů. [11]

2.3.3. Vzorové příklady

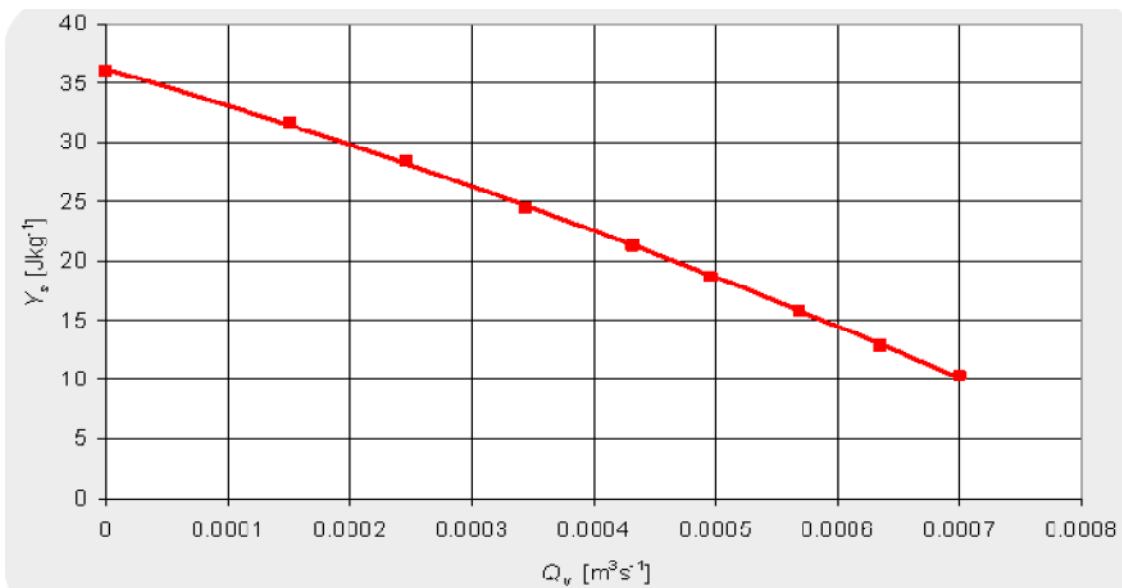
Měření charakteristiky čerpadla

Studenti se v této úloze seznámí s měřením tlaku na sání do čerpadla pomocí piezometrické trubice a dále s měřením tlaku na výstupu pomocí U-trubice naplněnou rtuť. Poté vyhodnotí závislost měrné energie na průtoku a sestrojí graf. [12]

Obr. 7 - Zařízení pro měření charakteristiky čerpadla [12]



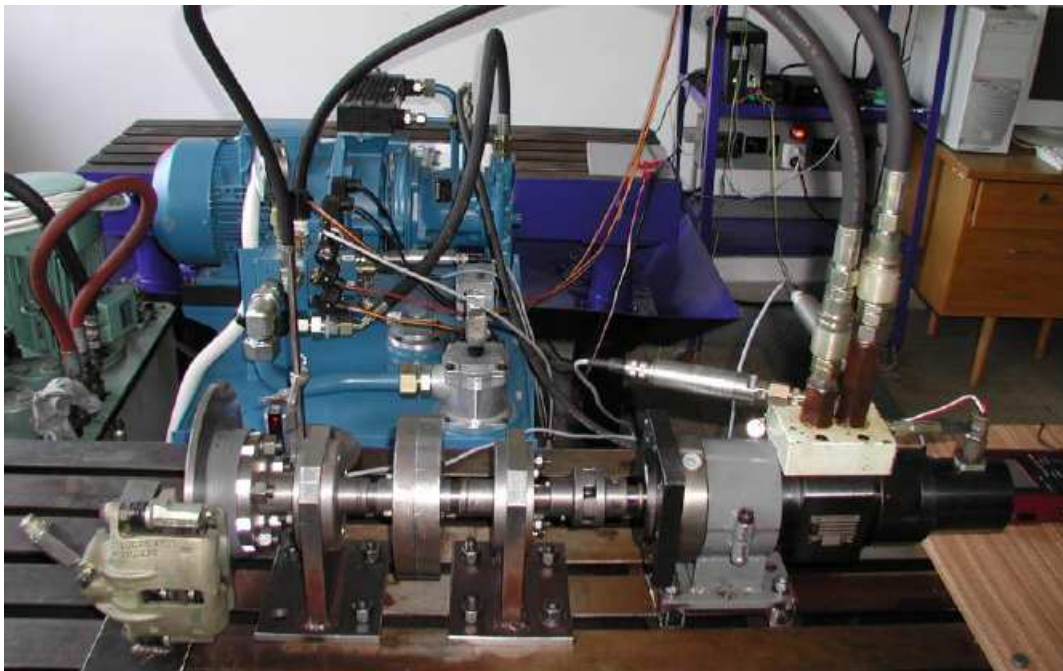
Obr. 8 - Graf průběhu charakteristiky čerpadla, kde Y_s - měrná energie, Q_v - průtok [12]



Měření statických a dynamických vlastností rotačního servopohonu

Studenti v této úloze nejprve změří statickou charakteristiku rotačního servopohonu, čili charakteristiku závislosti průtoku na velikosti řídicího napětí na vstupu regulátoru čerpadla. Poté měří statickou charakteristiku, jejímž výstupem je grafická závislost otáček hydromotoru na brzděném momentu. Dále následuje měření přechodové charakteristiky pohonu s hmotnou zátěží, realizovanou hmotnými kotouči na hřídeli rotačního hydromotoru. Stanovuje se vlastní frekvence pohonu. [13]

Obr. 9 - Zařízení pro měření statických a dynamických vlastností rotačního servopohonu [13]



Měření dynamických vlastností lineárního servopohonu

Měří se odezvy lineárního servopohonu, na standardní řídicí signály jakými jsou: skokový signál, rampovou funkci, sinusový signál. Dále se vyhodnotí frekvenční charakteristiky servopohonu při různě velké hmotné zátěži a demonstruje se vlivu změny parametrů PID regulátoru na přechodovou charakteristiku. [13]

Obr. 10 - Zařízení pro měření dynamických vlastností lineárního servopohonu [13]



Měření kavitace zubového čerpadla

Při měření na tomto zařízení se demonstruje vznik kavitace v sacím vedení čerpadla při uzavírání ventilu na vstupu do potrubí, současně se měří podtlak, průtok a hlučnost při rozvoji a vzniku kavitace při měření s minerálním olejem. Totéž měření se provádí pro minerální oleje různých viskózních tříd a různé teploty. [13]

Obr. 11 - Zařízení pro měření kavitace zubového čerpadla [13]



Měření na praktikátoru

Praktikátor slouží k sestavování základních hydraulických obvodů v předmětu Tekutinové mechaniky za účelem demonstrace základních funkcí, jakými jsou: tlaky v různých místech obvodu, průtok, otáčky hydromotorů, rychlosti přímočarých hydromotorů, teploty kapaliny. Dále k měření tlakové ztráty v závislosti na průtoku pro vybrané prvky (ventily, rozvaděče), vyhodnocení formou grafu. [13]

Obr. 12 – Praktikátor [13]



2.4. Vysoké učení technické v Brně

Česká vysoká škola technická v Brně byla slavnostně otevřena v listopadu roku 1899. Od roku 1956 se škola stává Vysokým učení technickým v Brně a dochází k jejímu výraznému rozvoji. V současné době jako jediná technická univerzita pokrývá VUT v Brně celé spektrum technických věd a řady uměleckých disciplín.

VUT v Brně je tvořeno 8 fakultami:

- Fakultou architektury
- Fakultou elektrotechniky a komunikačních technologií
- Fakultou chemickou
- Fakultou informačních technologií
- Fakultou podnikatelskou
- Fakultou stavební
- Fakultou strojního inženýrství
- Fakultou výtvarných umění

[14]

2.4.1. Předmět Tekutinové mechanismy

Anotace předmětu

Předmět je zaměřen na seznámení studentů se základními poznatky v oboru hydraulických a pneumatických mechanismů, které tvoří součást mnoha moderních strojů a zařízení. Osnova zahrnuje základní teoretické poznatky, popis nejdůležitějších hydraulických prvků, hydraulických převodů, úvod do projektování hydraulických obvodů a do provozu, údržby a diagnostiky. V oblasti pneumatických mechanismů uvádí základy teorie a popis základních prvků, včetně jejich aplikace. [15]

Témata cvičení

Výstupy cvičení jsou návrh hydraulických a pneumatických generátorů, motorů a dalších prvků jakož i návrh základních obvodů. [15]

2.4.2. Předmět Tekutinové stroje I

Anotace předmětu

Cílem předmětu je příprava posluchače na porozumění hydraulickému návrhu základních částí tekutinového stroje (čerpadla, turbíny) a jejich dalších částí (spirály, rozvaděče), chování strojů při provozních změnách, vzniku kavitace, radiální a axiální síly, charakteristice tekutinového stroje. [16]

Obsah předmětu

Předmět je zaměřen na hydraulické návrhy průtočných částí čerpadel a turbín, tj. oběžných kol, spirál, rozvaděčů, seznámení se s chováním strojů při změně provozu, s kavitačními jevy, se vznikem axiální a radiální síly a s jejich eliminací. Je zaměřen na hydraulickou koncepci tekutinového stroje na zadané parametry. [16]

2.4.3. Předmět Měření tekutinových systémů

Anotace předmětu

Cílem kursu je seznámit studenty s experimentálními a měřicími metodami používanými v oboru hydraulické stroje a s vyhodnocováním charakteristik hydraulických strojů. [17]

Obsah předmětu

Předmět seznámí posluchače s problematikou měření vodních strojů, s modelovou podobností, s principy měření základních veličin potřebných k vyhodnocování charakteristik, s kalibrací a se základy legislativy při měření. Dále se v tomto předmětu seznámí s postupy vyhodnocování charakteristik vodních strojů z měřených veličin. Tyto charakteristiky budou ve cvičení sami vyhodnocovat. [17]

Témata cvičení

Kromě teoretických znalostí získají studenti i praktické znalosti z experimentální práce a z oblasti počítačového zpracování měření a vyhodnocování charakteristik. [17]

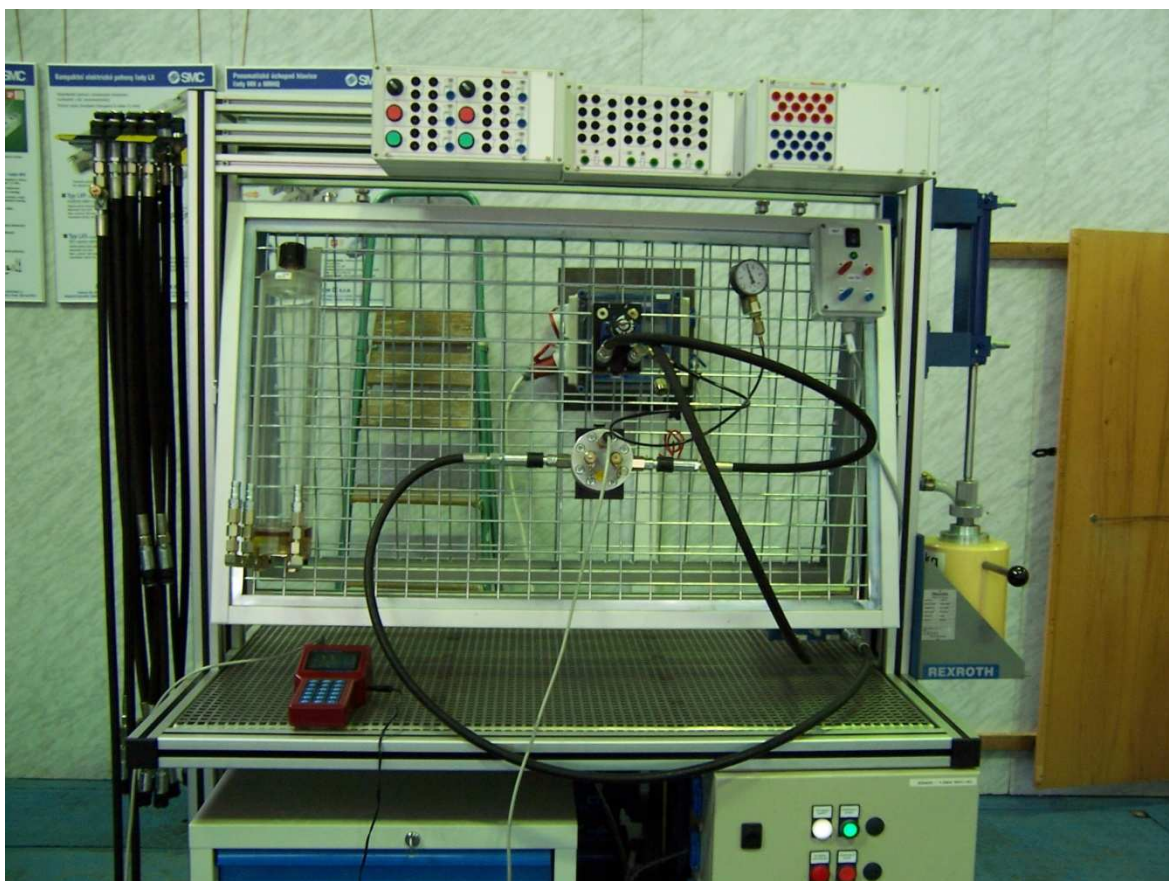
2.4.4. Vzorové příklady

Zatěžovací charakteristika hydrogenerátoru

Studenti pomocí škrticího ventilu nastavují zátěž hydrogenerátoru. Měří tlak před škrticím ventilem a za ním průtok. Výstupem je charakteristika závislosti průtoku na tahu.

Vypracovaný protokol viz příloha 5.

Obr. 13 - Fotografie zapojení vzorového příkladu

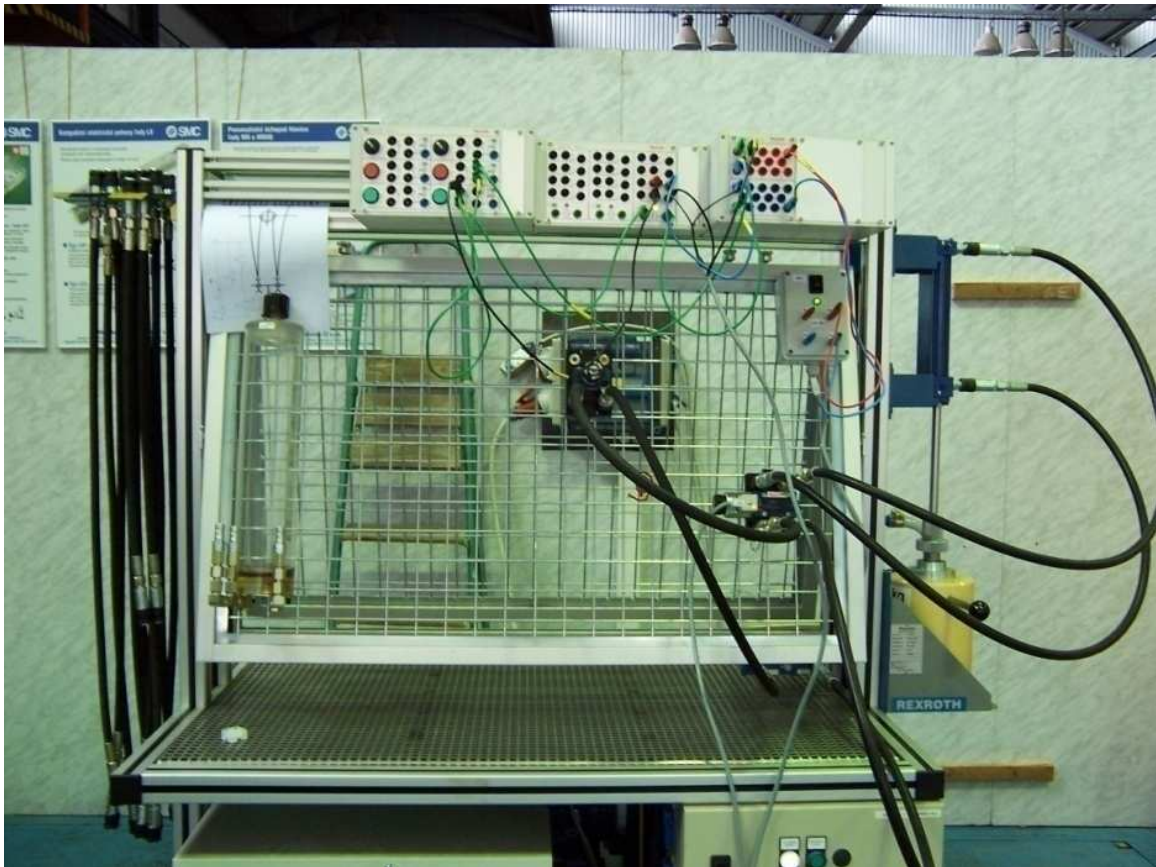


Závislost průtokové účinnosti na poloze škrtícího ventilu

Studenti se seznámí s vlivem umístění škrtícího ventilu v obvodu a zhodnotí rozdíl mezi zapojením paralelním a sériovým. Při měření nastavují stupeň škrcení, měří tlak, průtok obvodem a dobu zdvihu hydromotoru.

Vypracovaný protokol viz příloha 6.

Obr. 14 - Fotografie zapojení výše uvedené úlohy



2.5. České vysoké učení technické v Praze

České vysoké učení technické v Praze je jednou z nejstarších technicky zaměřených univerzit. Poskytuje vysokoškolské vzdělání v rozsáhlém spektru zejména inženýrských disciplín, zajišťuje základní i aplikovaný výzkum a vědeckou činnost s důrazem na aplikace v průmyslu a úzce spolupracuje s tuzemskými i zahraničními institucemi. [18]

- Fakulta stavební
- Fakulta strojní
- Fakulta elektrotechnická
- Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

- Fakulta architektury
- Fakulta dopravní
- Fakulta biomedicínského inženýrství

Vysokoškolské ústavy:

- Kloknerův ústav
- Masarykův ústav vyšších studií
- Ústav tělesné výchovy a sportu

[19]

2.5.1. Předmět Hydraulické a pneumatické mechanismy

Anotace předmětu

Princip činnosti hydraulických a pneumatických mechanismů. Funkce a charakteristiky hydraulických a pneumatických prvků. Struktury mechanismů a servomechanismů. Syntéza pohonů z typizovaných prvků. Energetická a tepelná bilance. Optimalizace mechanismů. Montáž a provoz. [20]

Obsah předmětu

Princip činnosti hydraulických a pneumatických mechanismů. Realizace základních funkcí hydraulických mechanismů. Základní prvky hydraulických mechanismů. Charakteristiky hydraulických prvků. Ovládání a regulace hydraulických prvků. Zdrojové sestavy. Obvody hydromotorů stacionárních zařízení. Obvody hydromotorů mobilních zařízení. Návrh hydraulických pohonů. Proporcionální technika, servomechanismy. Realizace základních funkcí pneumatických mechanismů. Obvody pneumatických motorů. Montáž a provoz hydraulických a pneumatických mechanismů. [20]

Témata cvičení

Prezentace hydraulického pohonu a orientační měření. Sledování vlivu provozních podmínek na výsledky orientačních měření. Návrh a realizace struktury pro zadaný pracovní cyklus. Návrh prvků hydraulického pohonu. Charakteristiky škrticích ventilů. Charakteristiky tlakových ventilů. Identifikační měření dvoustupňového tlakového ventilu. Charakteristiky zdrojových sestav. Obvody s proporcionálními rozvaděči. Změny struktur pohonů a dopady na energetickou bilanci. Využití simulačních programů k optimalizaci pohonů. [20]

2.6. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích je veřejná vysoká škola univerzitního typu. Vzdělávací, vědecká, výzkumná, vývojová, umělecká a další tvůrčí činnost rozvíjená na Jihočeské univerzitě zahrnuje všechny typy studijních programů v oborech ekonomických, humanitních, pedagogických, přírodovědných, teologických, uměleckých, zdravotně sociálních a zemědělských.

Fakulty a ústavy univerzity:

- Ekonomická fakulta
- Filozofická fakulta
- Pedagogická fakulta
- Přírodovědecká fakulta
- Teologická fakulta
- Zdravotně sociální fakulta
- Zemědělská fakulta
- Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický
- Ústav fyzikální biologie

[21]

Studenti Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích využívají pro výuku předmětů spjatých s Tekutinovými mechanizmy, služeb České zemědělské univerzity v Praze.

2.7. Technická univerzita v Liberci

Technická univerzita v Liberci je pokračovatelem Vysoké školy strojní, která byla v Liberci založena v roce 1953. Postupně se přeměnila z řadové ryze technicky zaměřené vysoké školy na univerzitu, která spojuje formy technického vzdělávání s formou humanitního a přírodovědného vzdělávání.

Fakulty a ústavy univerzity:

- Fakulta strojní
- Fakulta textilní
- Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická
- Hospodářská fakulta
- Fakulta umění a architektury

- Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií
- Ústav zdravotnických studií

[22]

2.7.1. Předmět Hydraulické a pneumatické mechanismy

Anotace předmětu

Předmět seznamuje studenty se základy hydraulických a pneumatických mechanismů, jejich činností, regulací parametrů přenášeného výkonu s výkonovými, řídicími s pomocnými prvky, jejich charakteristikami, matematickým popisem a praktickými aplikacemi. Pozornost je rovněž věnována proporcionálním prvkům, syntéze a návrhu obvodů. [23]

Obsah předmětu

Tekutinové mechanismy, princip, rozdělení. Prvek, obvod, soustava. Hydraulické a pneumatické mechanismy, společné znaky. Vzduch a hydraulické kapaliny. Přenos tlakové energie, přeměna energie ve vstupním a výstupním převodníku, pohybová a silová transformace, výkon. Odpor působící při přenosu tlakové energie, elektrohydraulické analogie. Hydraulický odpor, svodový odpor, proměnný odpor - princip regulačních prvků, hydraulická indukčnost a kapacita, modul objemové pružnosti, tuhost přímočarých a rotačních motorů při symetrickém a nesymetrickém řízení, vlastní frekvence. Prvky hydraulických a pneumatických mechanismů. Generátory, rotační a přímočaré motory, ventily pro řízení tlaku, proudu a prvky pro řízení směru a hrazení průtoku, principiální řešení, matematický popis, statické a dynamické charakteristiky. Akumulátory, nádrže, čističe, těsnění. Řízení tlaku. Zdroj tlaku, zdroj proudu, seřízení tlakového ventilu, generátory s regulací na konstantní tlak. Použití redukčního ventilu a multiplikátoru. Řízení tlaku v pneumatických obvodech. Řízení pohybové frekvence motorů. Řízení objemové (aplikace generátorů a rotačních motorů s proměnným geometrickým objemem), hydrostatický převod, primární a sekundární regulace. Řízení škrcením, umístění škrticích ventilů v obvodu, použití škrticích ventilů se stabilizací tlakového spádu. Porovnání jednotlivých způsobů řízení pohybové frekvence, charakteristiky, účinnosti, aplikace. Řízení pohybové frekvence pneumatických motorů. Řízení směru pohybu a zastavení motoru v požadované poloze při využití konvenčních rozváděcích prvků v závislosti na poloze, tlaku, časové vazbě, indexování. Proporcionální ventily pro řízení tlaku a průtoku, proporcionální rozvaděče. Princip, proporcionální elektromagnety zdvihové a silové. Statické a dynamické charakteristiky. Použití proporcionálních ventilů v hydraulice a

pneumatice. Princip hydraulických a elektrohydraulických servomechanismů, servoventil, zesilovač tryska-klapka. Porovnání servo- a proporcionálních ventilů, příklady aplikací. [23]

Témata cvičení

Hydraulické odpory lineární a nelineární, hydraulická a mechanická indukčnost, hydraulická kapacita, tuhost motorů při nesymetrickém a symetrickém řízení. Prvky hydraulických a pneumatických mechanismů. Použití, charakteristiky, seřízení, volba velikosti, konstrukční řešení. Katalogové listy, řezy prvků. Jednoduché obvody. Proportionální prvky. Použití, charakteristiky, seřízení, volba velikosti. Návrh hydraulického a pneumatického obvodu, kriteria pro návrh. Návrh jednoduchého hydraulického a pneumatického obvodu. [23]

2.8.Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem

Univerzitou je již od roku 1991 a za jejím názvem v současné době stojí již 7 fakult a 1 ústav:

- Fakulta sociálně ekonomická
- Fakulta umění a designu
- Fakulta výrobních technologií a managementu
- Fakulta životního prostředí
- Filozofická fakulta
- Pedagogická fakulta
- Přírodovědecká fakulta
- Ústav zdravotnických studií

[24]

2.8.1. Předmět Tekutinové mechanismy

Obsah předmětu

Tekutinové mechanismy - definice, rozdělení, oblast použití, výhody, nevýhody. Základní parametry hydrostatických mechanismů, vztahy pro přenos energie. Hydrostatika, proudění tekutin, tepelná bilance, fyzikální zákony plynů a par, fyzikální vlastnosti tekutin. Tekutiny - funkce, požadavky, namáhání, provozní vlastnosti. Druhy a vlastnosti používaných tekutin - plyny, kapaliny (minerální oleje, nehořlavé kapaliny, ekologicky nezávadné

kapaliny). Čistění kapalin. Prvky obvodů a jejich významové značky, rozdělení dle funkce, schémata; základní hydraulické obvody (otevřený a uzavřený). Hydraulické agregáty. Hydrostatické převodníky - základní pojmy, základní vztahy a charakteristiky, ztráty a účinnost, parametry udávané výrobcí. Hydrogenerátory a hydromotory rotační, s kývavým pohybem, s přímočarým pohybem, jejich výpočet a konstrukce. Pneumatické převodníky - přehled a zvláštní konstrukce. Pomocné prvky hydraulických obvodů - vedení tekutin (potrubí, hadice, spojovací části, těsnění), zásobníky kapalin (nádrže, akumulátory), multiplikátory, čističe (filtry, odlučovače). Speciální prvky hydraulických obvodů - výměníky tepla. Řídící prvky hydraulických obvodů - prvky pro řízení směru a hrazení průtoku (jednosměrné ventily, hydraulický zámek, uzavírací ventily, hydraulické rozvaděče), prvky pro řízení tlaku (tlakové, redukční, připojovací a odpojovací ventily), prvky pro řízení průtoku (clony a trysky, škrťací ventily, dělič průtoku). Hydraulické pohony - rozdělení, ustálený stav, stanovení pracovního bodu při znalosti momentových charakteristik, přechodový stav, řízení, vícemotorové pohony. Hydrostatické převody. Použití a typické aplikace tekutinových mechanismů. Výpočty - stanovování tlakových ztrát - „klasická metoda“ vs. elektrohydraulická analogie (hydraulický odpor, indukčnost a kapacita), hydrostatika.

2.9.Západočeská univerzita v Plzni

Západočeská univerzita je jedinou vysokoškolskou institucí v Plzeňském kraji, která nabízí široké spektrum studia v bakalářských, magisterských nebo doktorských studijních programech pro odborníky z oblastí strojírenství, elektrotechniky, pedagogiky, ekonomiky, informatiky, aplikované mechaniky, matematiky a fyziky, filosofie, sociální a kulturní antropologie, archeologie, cizích jazyků, práva, veřejné správy.

Fakulty a vysokoškolské ústavy:

- Fakulta aplikovaných věd
- Fakulta ekonomická
- Fakulta elektrotechnická
- Fakulta filozofická
- Fakulta pedagogická
- Fakulta právnická
- Fakulta strojní
- Fakulta zdravotnických studií

Vysokoškolské ústavy:

- Nové technologie - Výzkumné centrum v západočeském regionu
- Ústav umění a designu
- Ústav jazykové přípravy

[26]

2.9.1. Předmět Tekutinové mechanismy

Anotace předmětu

Základní standardní prvky, principy a výpočty důležitých problémů. Především jsou to generátory a motory, prvky pro řízení přenášeného výkonu, akumulátory, multiplikátory a další. Jejich charakteristiky, užití a funkční stavba. Účinnost, základní parametry nositele energie-zvláště olejů, čištění, těsnění a chlazení tekutin, vliv plynu v hydraulickém obvodu mechanismu, umístění a zapojení prvků v obvodě. Řízení rychlosti motorů, hydrodynamický ráz, dynamika tekutinových mechanismů, tekutinová pohyblivá uložení a zásady projektování funkčních schémat obvodů tekutinových mechanismů. [27]

Obsah předmětu

Význam předmětu pro praxi. Definice tekutinového mechanismu, jeho struktura. Základní vztahy. Dělení mechanismů podle nositele energie a požadavků z technologického procesu. Výhody a nevýhody tekutinových mechanismů. Tekutinové přenosové systémy. Otevřený a uzavřený hydraulický obvod. Řazení hydrogenerátorů a hydromotorů. Přenosové systémy podle pohybu motoru. Nositel energie a jeho hlavní parametry. Namáhání kapalin. Požadavky na kapaliny a jejich volba. Těsnění, čističe. Charakteristika kapalin. Přenos energie tekutinami. Rozvod tlakové kapaliny v hydraulickém obvodu. Nádrže. Ztráty v hydraulickém obvodu. Hydraulické prvky, rozdělení, použití. Pneumatické prvky, rozdělení, použití. Řízení hydraulických a pneumatických mechanismů. Elektrohydraulické servoventily. Užití tekutinových mechanismů ve výrobní a dopravní technice. Dynamika tekutinových mechanismů, modelování, simulace. Tekutinová pohyblivá uložení - hydrodynamická ložiska. Tekutinová pohyblivá uložení - hydrostatická ložiska. [27]

Témata cvičení

Grafické značky tekutinových komponent. Zásady tvorby hydraulických obvodů. Multiplikátory. Katalogové listy výrobců komponent - příklady. Podmínka rovnováhy šoupátka elektrohydraulického převodníku. Sestavování a testování pneumatických a

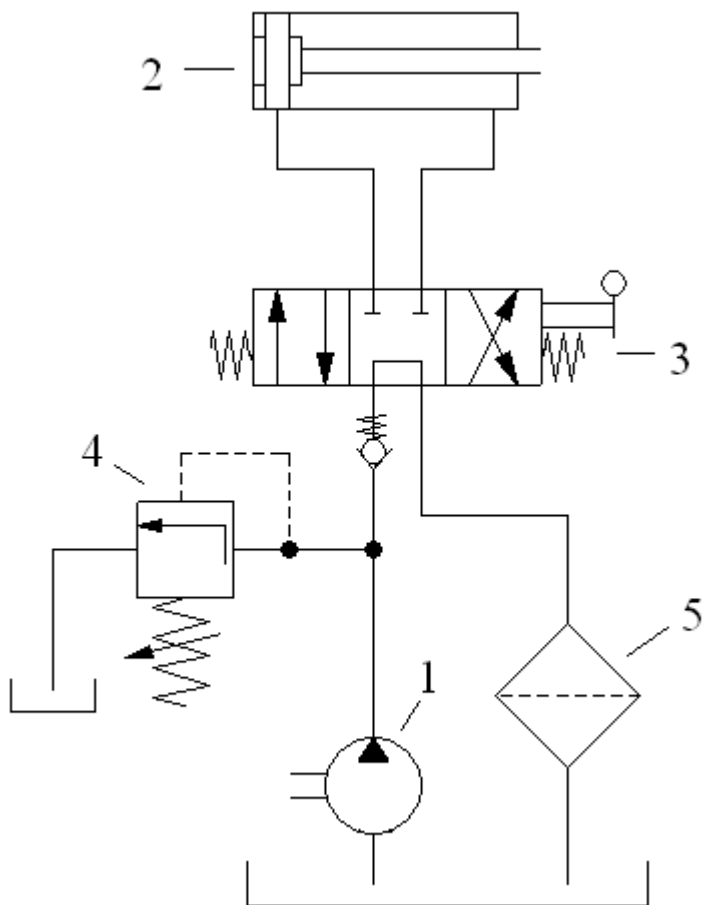
elektropneumatických obvodů - FESTO Didactic, SMC. Příklady programování PLC pro elektropneumatické obvody. Modelování tekutinových mechanismů. [27]

2.10. Srovnání získaných materiálů

Výuka všech vybraných škol a univerzit, které se objevili v této práci, obsahuje stejné prvky teoretických znalostí. V úvodních hodinách jsou studenti seznámeni se základními prvky hydraulických obvodů (jednosměrné ventily, hydraulický zámek, uzavírací ventily, hydraulické rozvaděče), kreslením schémat, jejich čtením a grafickými značkami. Na základě získaných znalostí jsou absolventi těchto předmětů schopni, do jisté míry, navrhovat funkční schémata hydraulických obvodů. Základním obvodem, který umožňuje studentům pochopení základních principů a teoretického učiva, se na vybraných školách používá otevřený hydraulický obvod a uzavřený hydraulický obvod.

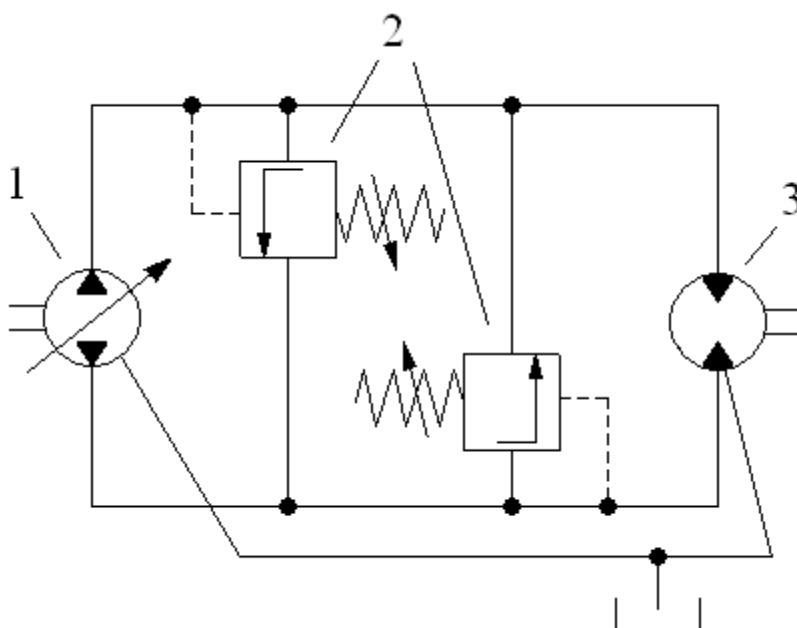
Obr. 15 – Otevřený hydraulický obvod

1 – Čerpadlo, 2 – Hydromotor, 3 – Rozvaděč, 4 – Pojistný tlakový ventil, 5 – Filtr



Obr. 16 – Uzavřený hydraulický obvod

1 – Regulační čerpadlo, 2 – Pojistný tlakový ventil, 3 – Hydromotor



Rozvaděče jsou důležitým prvkem hydraulického obvodu, zmíněné školy mu také proto věnují zvýšenou pozornost. Slouží k hrzení průtoku a k řízení směru toku hydraulické kapaliny. Jejich prostřednictvím jsou ovládány hydromotory.

Právě ty jsou dalším přednášeným tématem. Tato nedílná součást tekutinových mechanismů umožňuje ovládání různých pracovních nástrojů (např. lopaty, tříbodového závěsu traktoru, sklápěčky). Probírají se hydromotory jak lineární tak i rotační.

Studenti jsou v hodinách seznamováni s charakteristikami jednotlivých prvků a zároveň je vysvětleno jejich chování. Příkladnou charakteristikou je závislost nastavení škrtícího ventilu na průběhu průtoku.

Další všeobecně vykládanou látkou je provoz a údržba hydraulických systémů, což je jak údržba čerpadel, hydromotorů, hydraulického vedení atp. Z druhého hlediska se probírá i nutná údržba hydraulické kapaliny, která je ve strojích používána, což je její čištění, chlazení či výměnění. Z hlediska provozu se ve výkladu studenti dozvědí, jak se strojem zacházet, aby nedošlo k poškození.

Dále jsou obvyklým tématem předmětu Tekutinových mechanismů hydrostatické a hydrodynamické převody.

Při výkladu o hydraulických systémech se demonstruje i pneumatika, která je v některých ohledech hydraulice velice podobná. Ve všech školách je tato problematika probírána, i když v menší míře, než hydraulika.

Na školách a univerzitách se v hodinách vyhrazených ke cvičení, většinou měří nejrůznější parametry a ty se poté vyhodnocují. Také se měří charakteristika zdrojových soustav – většinou čerpadel. Tato část znalostí se přednáší velice často.

Shrneme-li získané poznatky, můžeme říci, že na základě získaných údajů (sylaby předmětů, zaslané materiály), se v předmětu Tekutinové mechanismy, či jemu podobném překrývá probíraná látka v okruzích základních znalostí prvků, schémat, obvodů, chováním prvků a jejich charakteristik, provozem a údržbou hydraulických systémů, mechanismy hydrostatických a hydrodynamických převodů. Každá škola dále probírá různá odvětví tohoto oboru, v různém rozsahu a různým způsobem. Některé mají těžiště v početních úlohách, jiné v měření při cvičeních v laboratořích. Tato problematika nemohla být porovnána, protože získané materiály byly různého rozsahu.

3. Návrh a ověření laboratorních úloh

Laboratorní úlohy jsou utvořeny na základě informací získaných o výuce tekutinových mechanismů na ČZU a možnostech, které poskytuje míra vybavení místních laboratoří Tekutinových mechanismů. Úlohy by měly být přizpůsobeny nejen technickému vybavení, ale také časové dotaci v tomto předmětu, což je 90 minut na jednu úlohu. Práce probíhá ve skupinách do 20 studentů, proto tomuto musí odpovídat i zadání úloh. Dalším požadavkem je návaznost či prohlubování znalostí získaných v běžných přednáškách předmětu Tekutinových mechanismů. Tyto úlohy mají studentům propojit získané teoretické znalosti s praktickými zkušenostmi v reálných podmínkách, vyzkouší si zákonitosti Tekutinových mechanismů i práci s rozvaděči, hydromotory, měření veličin.

Praktická zkušenost má za následek lepší osvojení získaných znalostí z přednášek, i možnost zjistit, kde se tyto poznatky dají v praxi aplikovat. Z absolventů cvičení z předmětu tekutinových mechanismů, kde se podobné úlohy počítají, se stávají absolventi, kteří mají reálné představy o potřebnosti teorií a jejich skutečném využití v reálném světě.

V níže uvedeném textu jsou zpracovány navržené úlohy tak aby sloužily jako podklad pro pedagoga včetně naměřených hodnot a vyvozených závěrů. V příloze jsou dále uvedeny pracovní listy (protokoly), které obdrží studenti před samotným měřením.

Veškeré dále navržené úlohy jsou pro zařízení FLUIDPRAX od firmy Bosch Rexroth AG. Je to výukové zařízení sloužící pro sestavování a měření hydraulických obvodů používaných v mobilních strojích. Modulární konstrukce dovoluje individuální přístrojové varianty. Všechny součásti jsou vybavené rychlospojkami, které umožňují jednoduché propojení komponent. Tyto komponenty je možno zavěsit dle volby kamkoliv na kovovou mřížku. Měřicí zařízení obsahuje hydraulický agregát, který se skládá z lamelového čerpadla a 25 litrové nádrže s olejem Fuchs Renolin VG46. Tlak agregátu je pomocí pojistného tlakového ventilu nastaven na 5 MPa a průtok $6,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$.

3.1. Měření charakteristiky elektrohydraulického rozvaděče

Níže je uveden protokol s výsledky pro pedagoga. V příloze č. 7 je zadání pracovního listu, který obdrží studenti před měřením.

Úkol měření:

Cílem úlohy je seznámit studenty s možností řízení hydraulických prvků strojů. Propojení znalostí z oblasti hydrauliky a elektrotechniky, práce s elektromagnetickým rozvaděčem. Procvičení získávání dat pomocí měřících přístrojů, jejich následná analýza a aplikace.

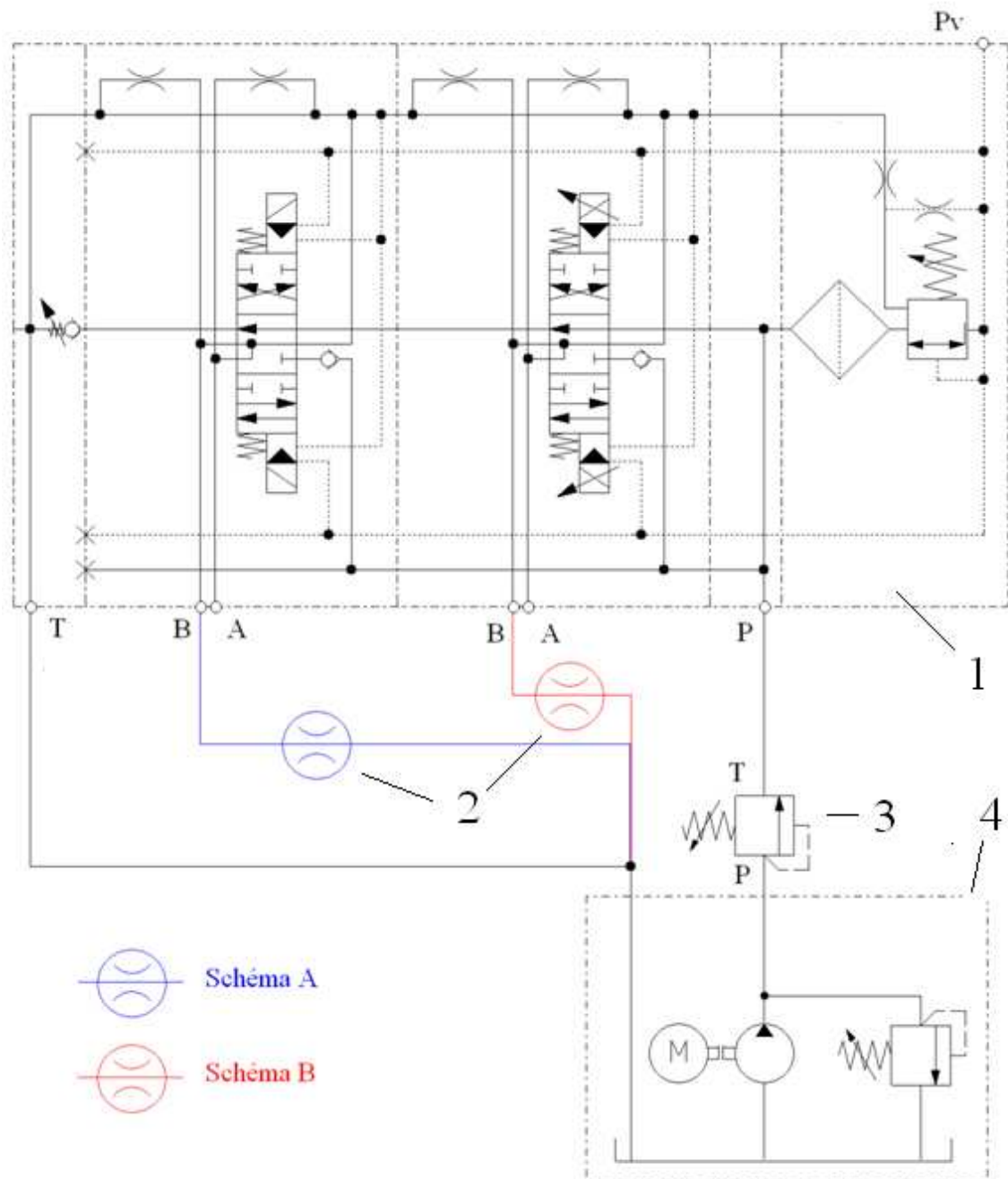
Tab. 3 - Použité prvky a přístroje

Prvek	Označení Fluidprax
Blok rozvaděčů	DW4.N-MH
Průtokoměr	DZ30.1N
Pojistný tlakový ventil	DD1.1N
Elektronický joystick	DZ3-MH
Elektronický modul	BPS 17.1
Ampérmetr	
Digitální multimetr – multi-systém 5000	

Po výběru prvků nutných pro sestavení obvodu, pedagog dle schématu A na obr. 17 zapojí hydraulický obvod a překontroluje veškerá spojení hydraulických hadic a upevnění prvků na síti Fluidpraxu.

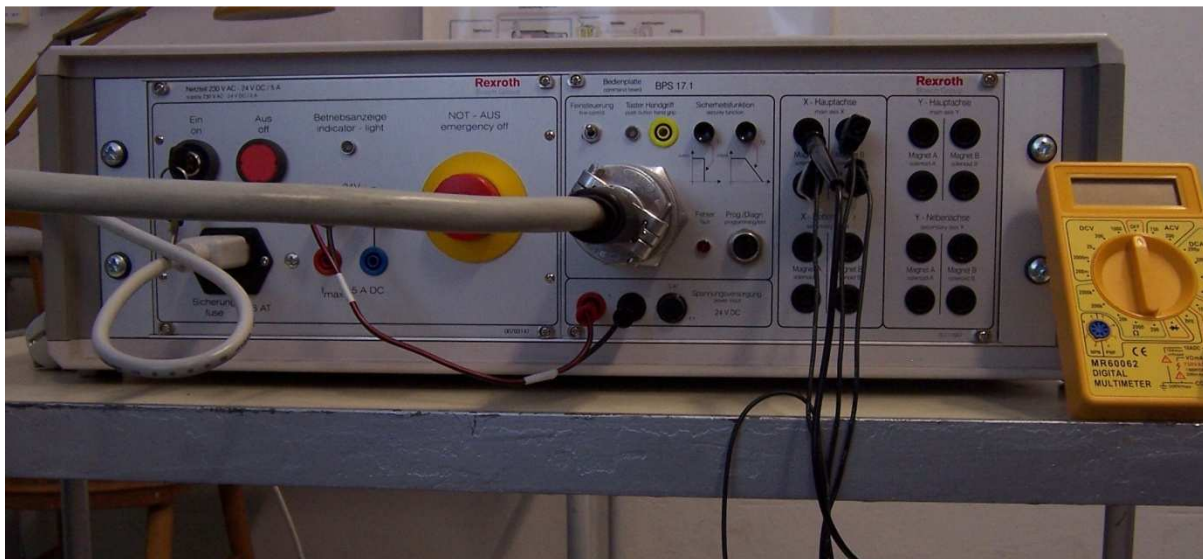
Obr. 17 – Schéma zapojení úlohy 3.1.

1 - Blok rozvaděčů DW4.N-MH, 2 - Průtokoměr DZ30.1N, 3 – Pojistný tlakový ventil DD1.1N, 4 – Hydraulický agregát, A – Výstup k hydromotoru, B – Výstup k hydromotoru, Pv – Vstup regulačního tlaku, T – Odvod do nádrže

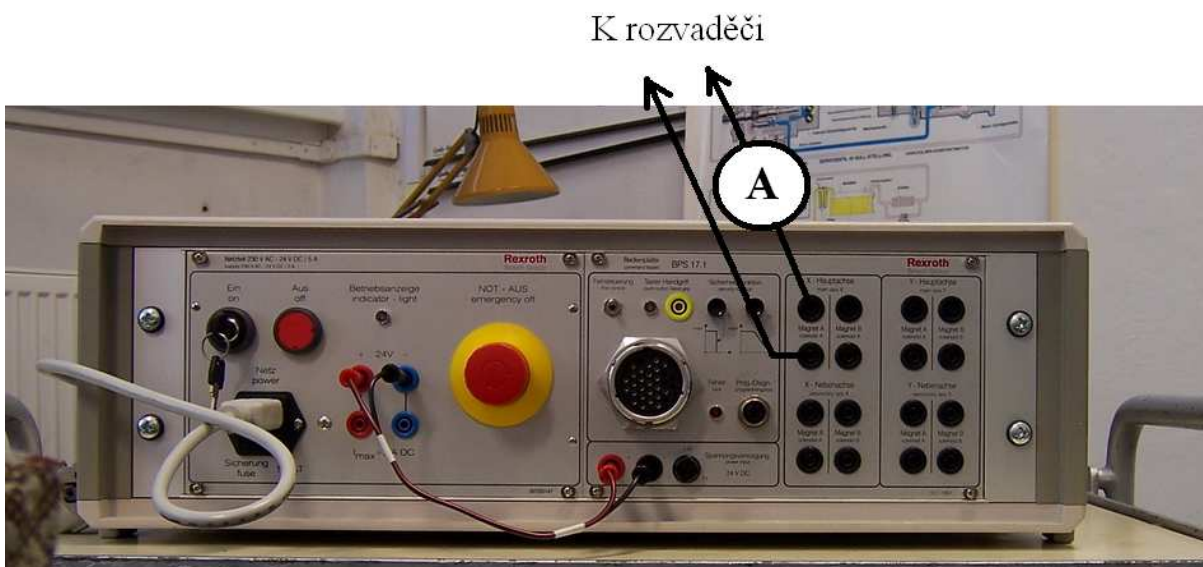


Po zapojení hydraulické části obvodu připojí pedagog joystick DZ3-MH k elektronickému modulu BPS 17.1. Z modulu BPS 17.1 dále připojí elektrické ovládací vedení z X-hauptnachse magnet A (viz obr. 18) k elektrohydraulickému rozvaděči a to na levý horní modrý elektromagnet rozvaděče, při pohledu zepředu. Do tohoto okruhu se sériově zapojí ampérmetr pro měření velikosti stejnosměrného ovládacího proudu. Elektrické ovládací vedení z X-hauptnachse magnet B se připojí na druhý elektromagnet rozvaděče.

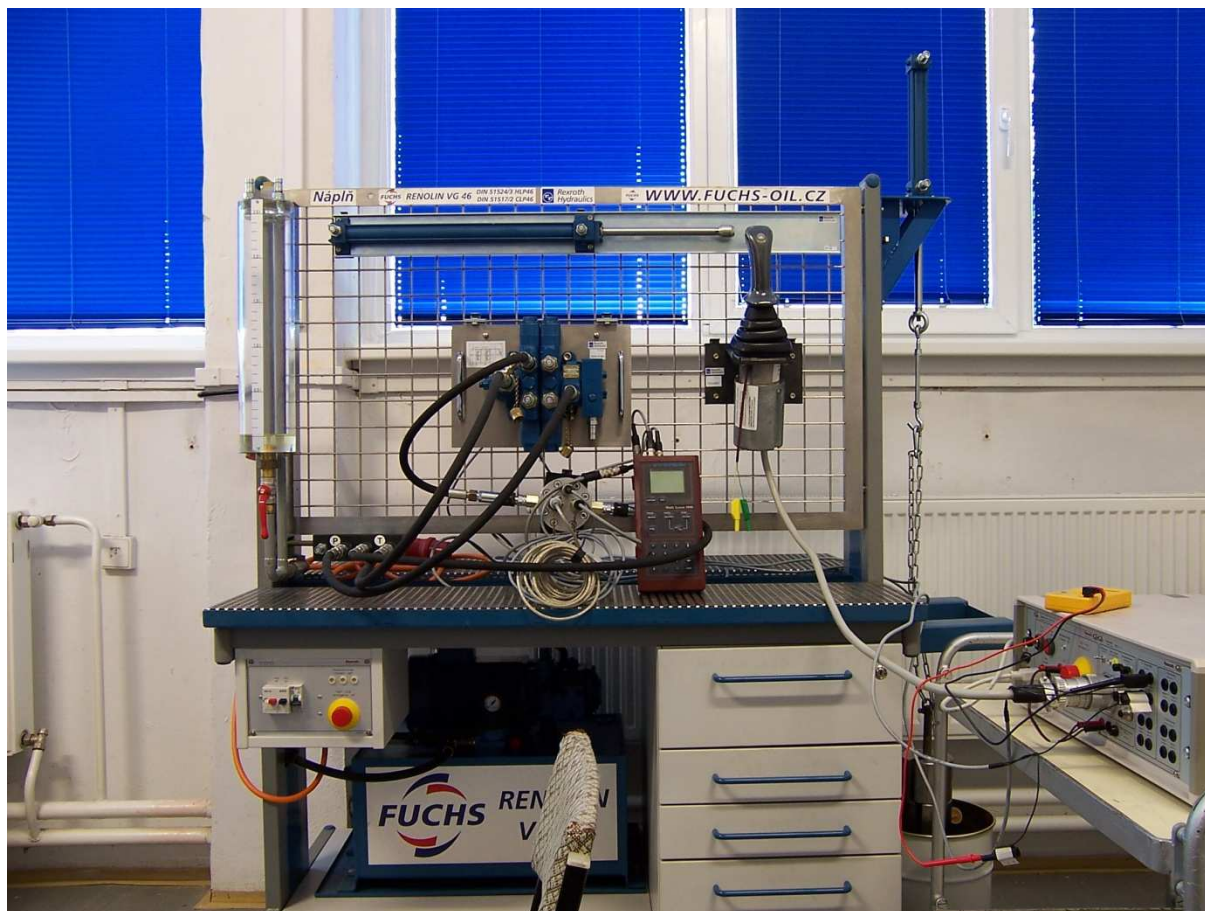
Obr. 18 – Modul BPS 17.1



Obr. 19 – Zapojení ampérmetru



Obr. 20 – Fotografie zapojení úlohy 3.1.



Postup měření:

1. Přestavujte postupně páku joysticku dle hodnot proudu uvedené v tabulce 4.
2. Zaznamenejte hodnotu průtoku v daných bodech.
3. Vypněte čerpadlo hydraulického agregátu.
4. Přepojte hydraulické vedení dle schématu B. Nutno přepojit také elektrické ovládací vedení rozvaděče.
5. Spusťte čerpadlo hydraulického agregátu.
6. Přestavujte postupně páku joysticku dle hodnot proudu uvedené v tabulce 5.
7. Zaznamenejte průtok v daných bodech.

Tab. 4 - Naměřené hodnoty průtoku pro stanovené hodnoty elektrického proudu

I [A]	0	0,31	0,32	0,34	0,36	0,38	0,4	0,42
Q [l.min ⁻¹]	0,3	0,3	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2

I [A]	0,44	0,46	0,48	0,5	0,52
Q [l.min ⁻¹]	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2

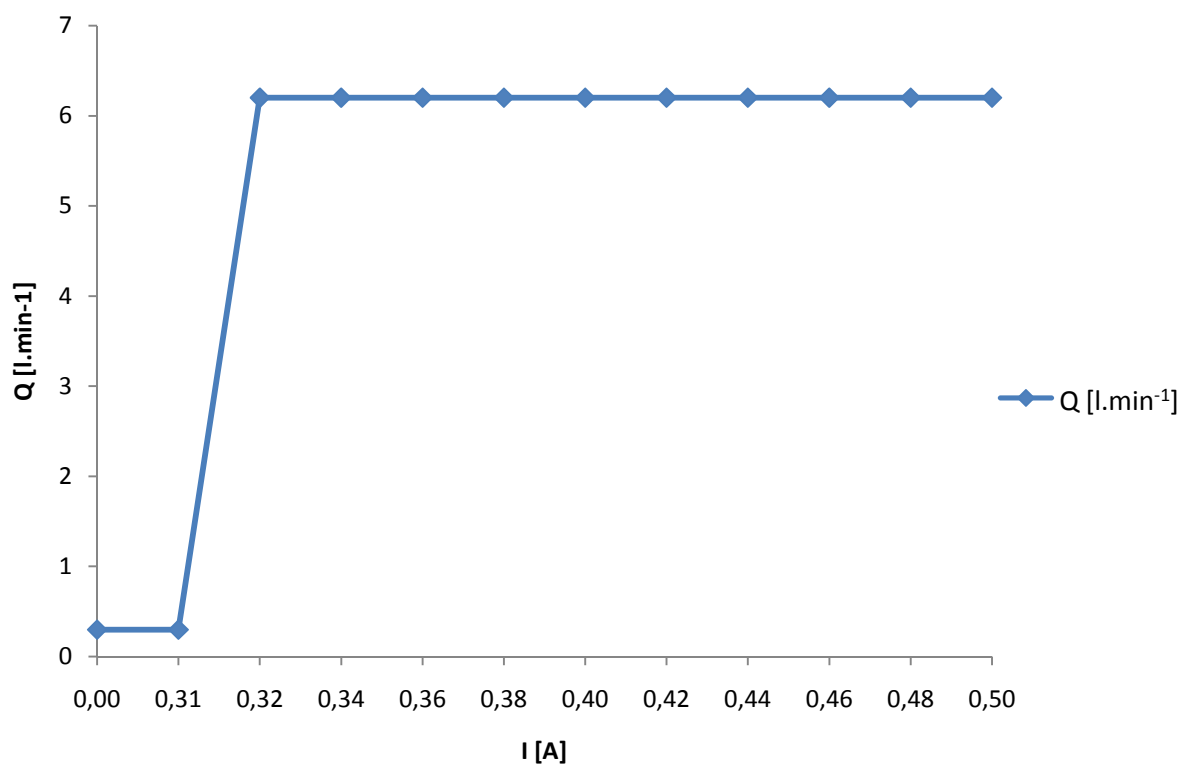
Kde:

I – velikost proudu ovládající elektromagnet rozvaděče DW4.N-MH [A]

Q – průtok měřený na výstupu z rozvaděče [$\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$]

První hodnota je měřena při neutrální poloze joysticku. Po mírném vychýlení ovládací páky, hodnota proudu vzroste skokově na hodnotu 0,31A, která je velmi důležitá, protože je poslední hodnotou s minimálním průtokem. Při dalším vychýlení páky, na hodnotu 0,32A, se skokově projeví změna charakteristiky, proto je také velmi důležité tuto hodnotu zaznamenat. Pro další měření postačuje zvyšovat proud po 0,02A až do maximální hodnoty.

Graf 1 – Závislost průtoku Q na velikosti ovládacího proudu I dle tabulky 3



Tab. 5 – Naměřené hodnoty průtoku pro stanovené hodnoty elektrického proudu

I [A]	0,32	0,34	0,36	0,38	0,4	0,41	0,42	0,43	0,44
Q [l.min ⁻¹]	0,5	0,5	0,51	0,5	0	0,55	1,9	2,8	4,2

I [A]	0,45	0,46	0,47	0,48	0,5	0,52	0,54	0,55
Q [l.min ⁻¹]	5	5,2	5,3	5,5	5,6	5,75	5,75	5,8

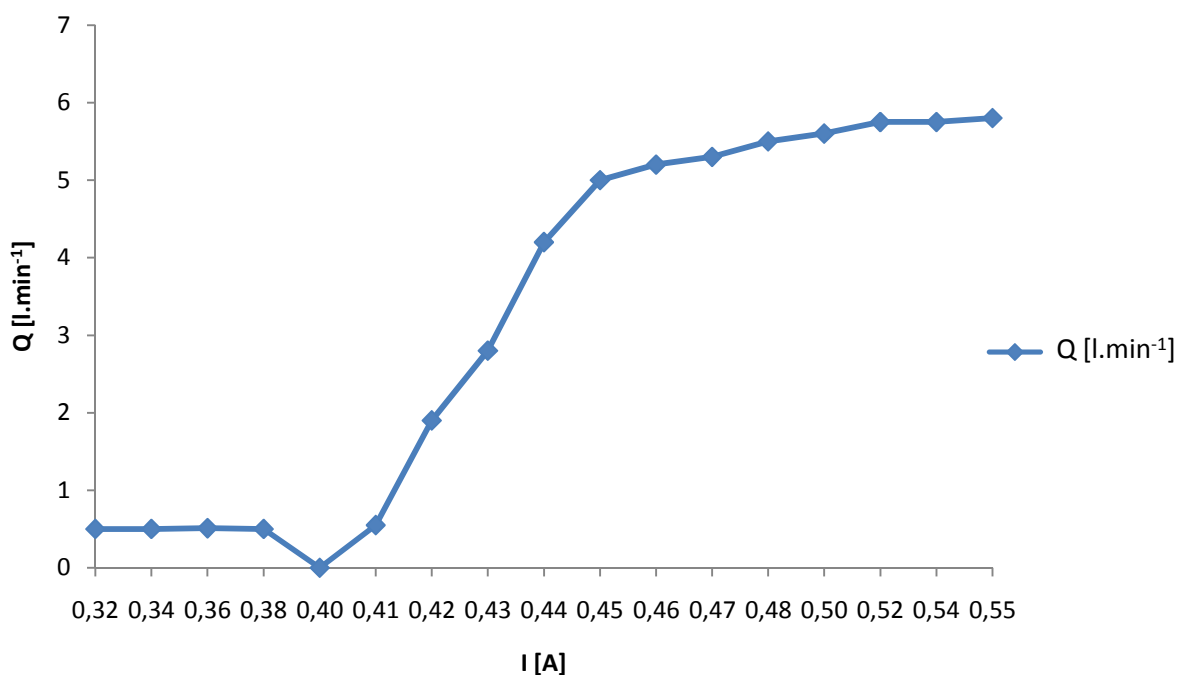
Kde:

I – velikost proudu ovládající elektromagnet rozvaděče DW4.N-MH [A]

Q – průtok měřený na výstupu z rozvaděče [$dm^3 \cdot min^{-1}$]

Při hodnotách proudu 0,32A – 0,38A je rozvaděč stále v neutrální poloze a hydraulická kapalina tlačí na jednosměrný ventil uvnitř rozvaděče. Ventil je tlakem otvírán a přes vnitřní zapojení se kapalina dostává k měřenému vývodu B. Při dalším vychýlení ovládací páky na hodnotu proudu 0,4A, se šoupátko rozvaděče dostane do mezipolohy. To znamená, že je uzavřen vnitřní okruh směřující k jednosměrnému ventilu, ale také směr k měřenému vývodu. Po dalším vychýlení páky se šoupátko rozvaděče dostane do polohy, kdy již kapalina může proudit měřeným vývodem. Při zvyšování ovládacího proudu, se šoupátko rozvaděče stále více otvírá a tím se zvyšuje průtok hydraulické kapaliny. Což je patrné z naměřených hodnot i výsledného grafu.

Graf 2 – Závislost průtoku Q na velikosti ovládacího proudu I dle tabulky 4



Závěr:

Z průběhů naměřených charakteristik vyplývá, že levá strana rozvaděče (graf 1) má charakteristiku skokovou a pravá strana (graf 2) má charakteristiku proporcionální.

3.2. Měření objemu hydromotoru

Níže je uveden protokol s výsledky pro pedagoga. V příloze č. 8 je zadání pracovního listu, který obdrží studenti před měřením.

Úkol měření:

Cílem úlohy je seznámit studenty s funkcí hydromotoru a výpočtem jeho objemu. Objem bude stanoven jednak výpočtem a také z naměřených veličin v laboratoři. Hydromotory jsou nedílnou součástí zemědělských a stavebních strojů, proto je nutné, aby se studenti seznámili s tímto zařízením v praxi. Naučili se ho ovládat, zapojovat a ověřit si jeho parametry.

I. Určení objemu hydromotoru měřením

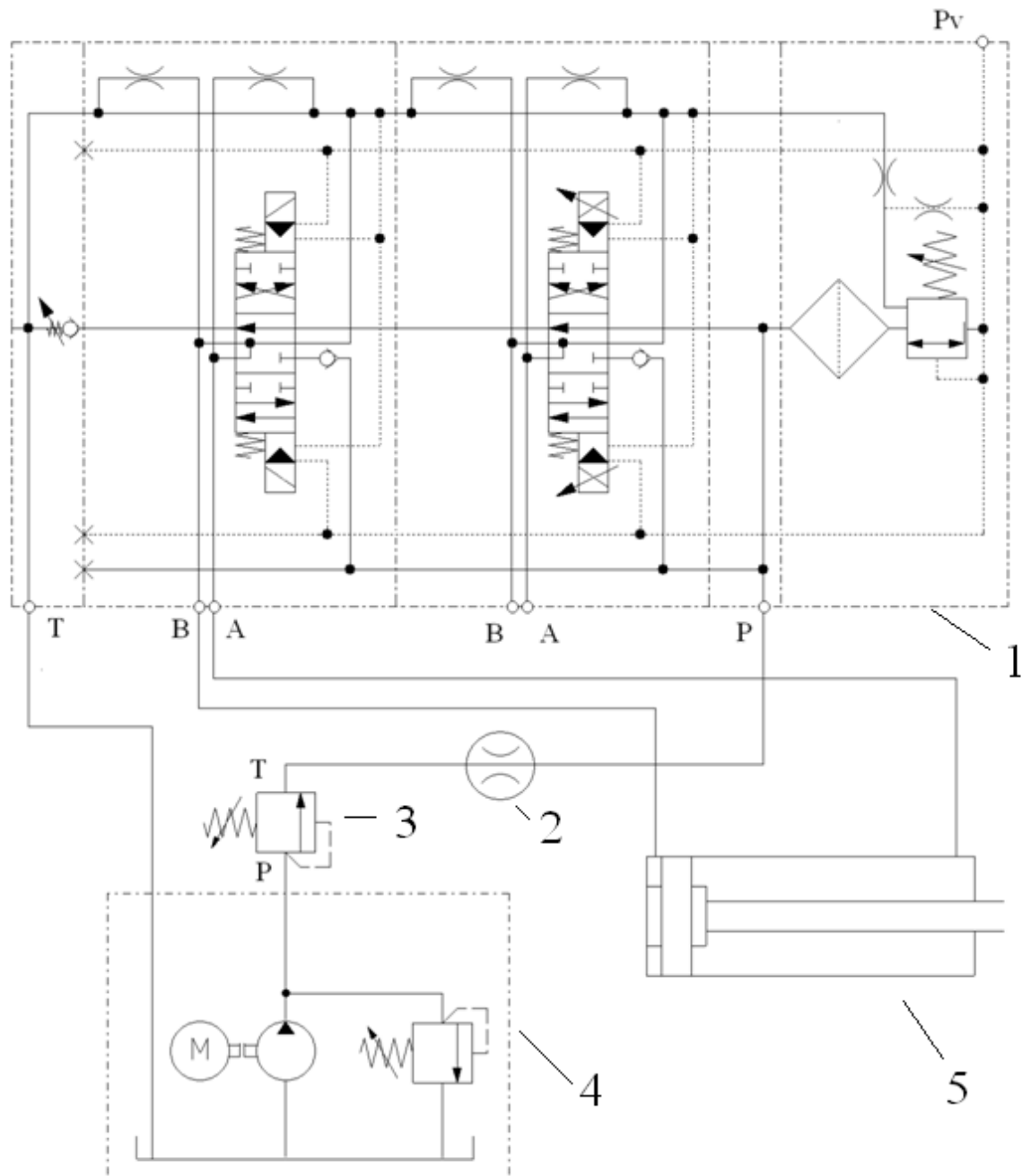
Tab. 6 - Použité prvky a přístroje

Prvek	Označení Fluidprax
Blok rozvaděčů	DW4.N-MH
Průtokoměr	DZ30.1N
Pojistný tlakový ventil	DD1.1N
Elektronický joystick	DZ3-MH
Elektronický modul	BPS 17.1
Hydromotor	CD 70F
Stopky	
Digitální multimetr – multi-systém 5000	

Po výběru prvků nutných pro sestavení obvodu, pedagog dle schématu na obr. 21 zapojí hydraulický obvod a překontroluje veškerá spojení hydraulických hadic a upevnění prvků na síti Fluidpraxu.

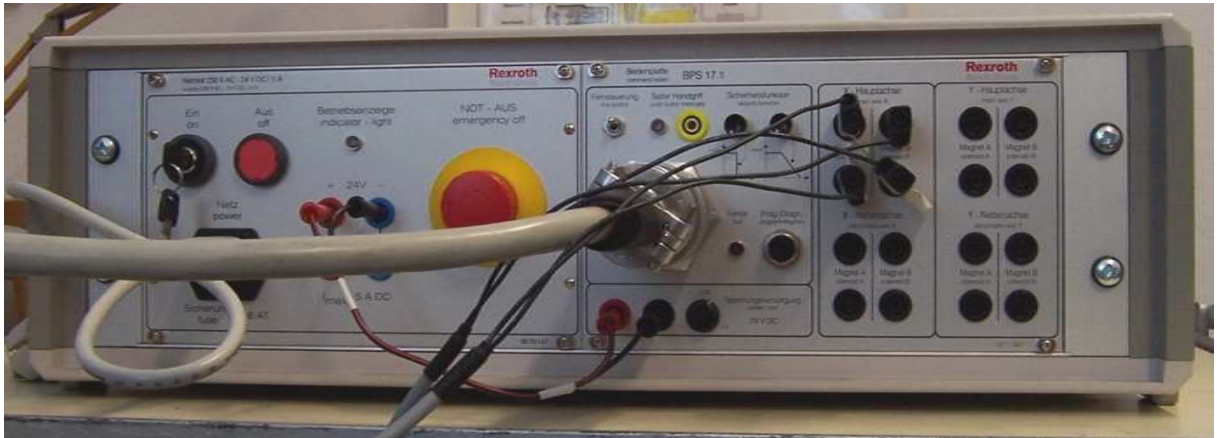
Obr. 21 – Schéma zapojení úlohy 3.2

1 - Blok rozvaděčů DW4.N-MH, 2 – Průtokoměr a tlakové čidlo DZ30.1N, 3 – Pojistný tlakový ventil DD1.1N, 4 – Hydraulický agregát, 5 – Hydromotor, A – Výstup k hydromotoru, B – Výstup k hydromotoru, Pv – Vstup regulačního tlaku, T – Odvod do nádrže

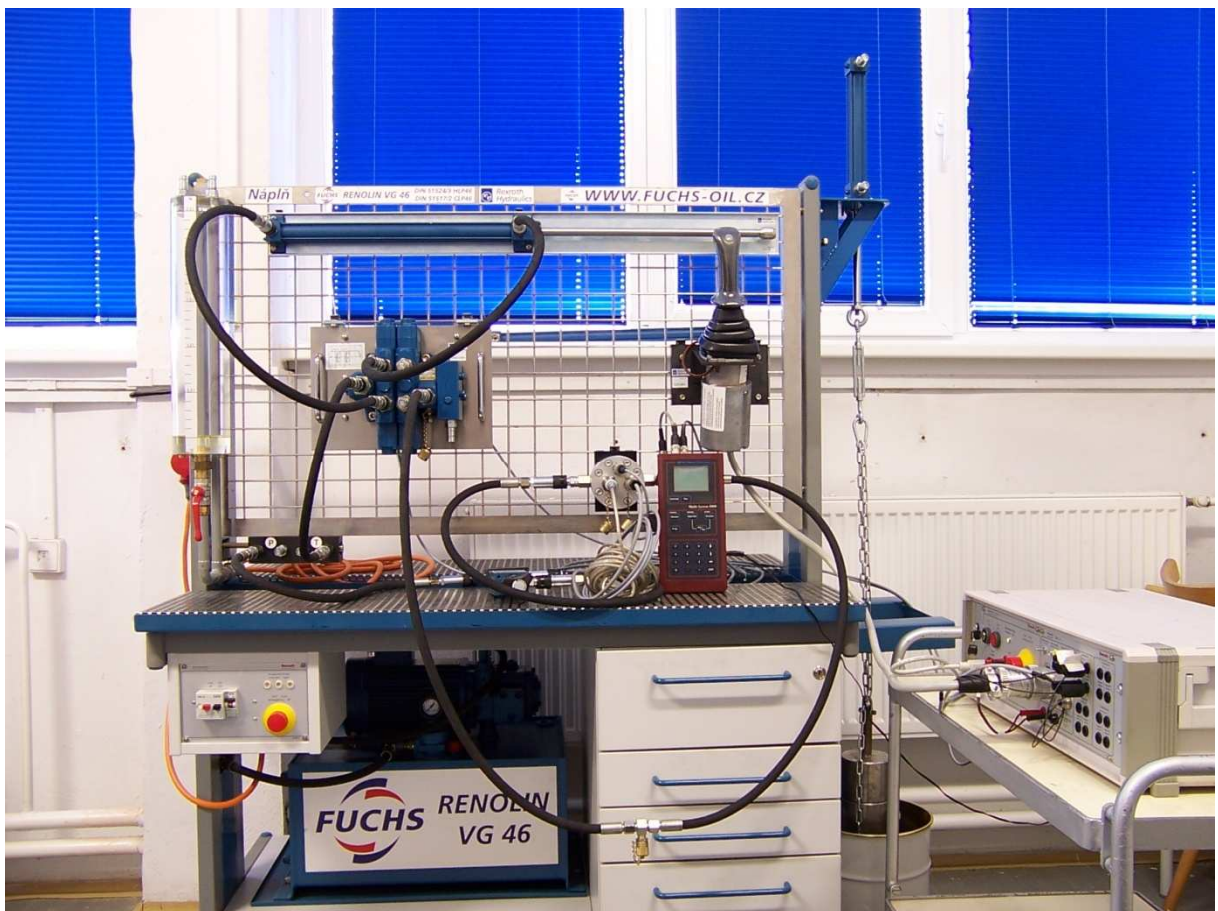


Po zapojení hydraulické části obvodu připojí pedagog joystick DZ3-MH k elektronickému modulu BPS 17.1. Z modulu BPS 17.1 dále připojí elektrické ovládací vedení z Y-hauptnachse magnet A (viz obr. 22) k elektrohydraulickému rozvaděči a to nejprve na levý horní modrý elektromagnet rozvaděče, při pohledu zepředu. Poté bude připojeno elektrické ovládací vedení Y-hauptnachse magnet B k elektrohydraulickému rozvaděči a to na levý dolní modrý elektromagnet rozvaděče.

Obr. 22 – Modul BPS 17.1



Obr. 23 – Fotografie zapojení úlohy 3.2.



Postup měření:

1. Pomocí tlakového ventilu nastavte průtok soustavou (při neutrální poloze rozvaděče) na hodnotu cca $0,6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ – tuto hodnotu zapište do tabulky jako Q_{1v} – hodnotu zapisujte před každým měřením.
2. Přestavte páku joysticku pro vysouvání hydromotoru.
3. Měřte čas, po který hydromotor vyjždí, a z digitálního multimetru odečtěte aktuální průtok soustavou.
4. Přestavte páku joysticku pro zajíždění hydromotoru.
5. Zapište hodnoty průtoku před a v průběhu zajíždění a čas, po který se hydromotor zasouvá.
6. Měření opakujte stejným způsobem třikrát.

Tab. 7 – Naměřené a vypočtené hodnoty pro vysouvání hydromotoru

číslo měření	1	2	3
$Q_{1v} [\text{dm}^3\cdot\text{min}^{-1}]$	0,624	0,627	0,621
$Q_{2v} [\text{dm}^3\cdot\text{min}^{-1}]$	1,33	1,31	1,36
$t_v [s]$	15,8	16,3	15,6
$\Delta Q_v [\text{dm}^3\cdot\text{min}^{-1}]$	0,706	0,683	0,739
$V_v [\text{dm}^3]$	0,186	0,186	0,192

Kde:

Q_{1v} – průtok soustavou při neutrální poloze rozvaděče $[\text{dm}^3\cdot\text{min}^{-1}]$

Q_{2v} – průtok soustavou při vysouvání hydromotoru $[\text{dm}^3\cdot\text{min}^{-1}]$

t_v – čas vysouvání hydromotoru $[s]$

ΔQ_v – průtok, který je přiváděn do hydromotoru $[\text{dm}^3\cdot\text{min}^{-1}]$

V_v – vypočítaný objem hydromotoru při vysouvání z naměřených hodnot $[\text{dm}^3]$

$$\Delta Q_v = Q_{2v} - Q_{1v} = 1,33 - 0,624 = \underline{0,706 \text{ dm}^3\cdot\text{min}^{-1}} \quad (1)$$

$$V_v = \Delta Q_v \times \left(\frac{t_v}{60}\right) = 0,706 \times \left(\frac{15,8}{60}\right) = \underline{0,186 \text{ dm}^3} \quad (2)$$

Tab. 8 – Naměřené a vypočtené hodnoty pro zasouvání hydromotoru

číslo měření	1	2	3
$Q_{1z} [dm^3 \cdot min^{-1}]$	0,613	0,617	0,607
$Q_{2z} [dm^3 \cdot min^{-1}]$	1,22	1,25	1,2
$t_z [s]$	10,4	10,2	10,7
$\Delta Q_z [dm^3 \cdot min^{-1}]$	0,607	0,633	0,593
$V_z [dm^3]$	0,1052	0,1076	0,1058

Kde:

Q_{1z} – průtok soustavou při neutrální poloze rozvaděče [$dm^3 \cdot min^{-1}$]

Q_{2z} - průtok soustavou při zasouvání hydromotoru [$dm^3 \cdot min^{-1}$]

t_z – čas zasouvání hydromotoru [s]

ΔQ_z – průtok, který je přiváděn do hydromotoru [$dm^3 \cdot min^{-1}$]

V_z – vypočítaný objem hydromotoru při zasouvání z naměřených hodnot [dm^3]

$$\Delta Q_z = Q_{2z} - Q_{1z} = 1,22 - 0,613 = \underline{0,607 dm^3 \cdot min^{-1}} \quad (3)$$

$$V_z = \Delta Q_z \times \left(\frac{t_z}{60}\right) = 0,607 \times \left(\frac{10,4}{60}\right) = \underline{0,1052 dm^3} \quad (4)$$

II. Určení objemu hydromotoru výpočtem

Výpočtem stanovte objemy hydromotoru pro oba směry a porovnejte vypočtené výsledky s naměřenými.

Dané parametry hydromotoru:

Průměr pístu $d = 16 \text{ mm} = 0,016 \text{ m}$

Průměr pístnice $D = 25 \text{ mm} = 0,025 \text{ m}$

Délka pístu $l = 400 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}$

Vysouvání hydromotoru:

$$S_v = \frac{\pi \cdot D^4}{4} = \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} = \underline{0,0004908 m^2} \quad (5)$$

$$V_{vp} = S_v \cdot l = 0,0004908 \cdot 0,4 = 0,0001963 m^3 = \underline{0,1963 dm^3} \quad (6)$$

Kde:

S_v – plocha pístu, na kterou působí kapalina při vysouvání [m^2]

V_{vp} – vypočítaný objem hydromotoru při vysouvání [dm^3]

Zasouvání hydromotoru:

$$S_{z1} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} = \underline{0,0004908 \text{ m}^2} \quad (7)$$

$$S_{z2} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,016^2}{4} = \underline{0,000201 \text{ m}^2} \quad (8)$$

$$\Delta S_z = S_{z1} - S_{z2} = 0,0004908 - 0,000201 = \underline{0,0002897 \text{ m}^2} \quad (9)$$

$$V_{zp} = \Delta S_z \cdot l = 0,0002897 \cdot 0,4 = 0,0001158 \text{ m}^3 = \underline{0,1158 \text{ dm}^3} \quad (10)$$

Kde:

S_{z1} – plocha pístnice [m^2]

S_{z2} – plocha, kterou zaujímá píst [m^2]

ΔS_z – plocha pístu, na kterou působí kapalina při zasouvání [m^2]

V_{zp} – vypočítaný objem hydromotoru při zasouvání [dm^3]

Závěr:

Vypočtené hodnoty objemu hydromotoru jsou samozřejmě přesné, ale také hodnoty naměřené jsou velmi odpovídající skutečnosti. Rozdíl naměřených hodnot oproti vypočteným, je způsoben chybou měření. Chyba mohla vzniknout několika způsoby. Buďto nepřesností při měření času, nebo při stanovení hodnoty průtoku, který při měření mírně kolísá.

3.3. Závislost tlaku a síly

Níže je uveden protokol s výsledky pro pedagoga. V příloze č. 9 je zadání pracovního listu, který obdrží studenti před měřením.

Úkol měření:

Cílem je seznámit studenty se závislostí tlaku v obvodu a možnosti dosažení síly na hydromotoru.

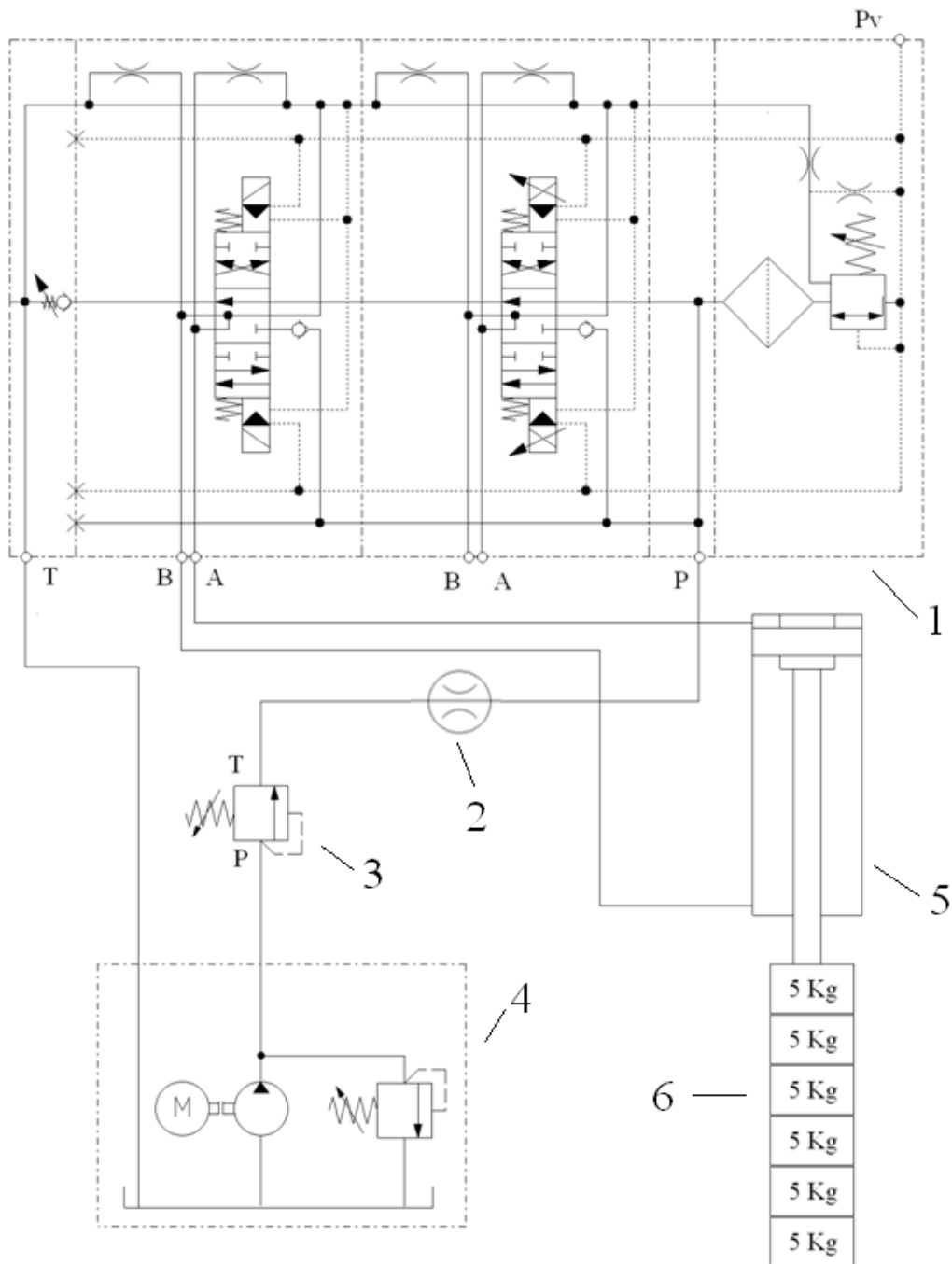
Tab. 9 - Použité prvky a přístroje

Prvek	Označení Fluidprax
Blok rozvaděčů	DW4.N-MH
Tlakové čidlo	DZ30.1N
Pojistný tlakový ventil	DD1.1N
Elektronický joystick	DZ3-MH
Elektronický modul	BPS 17.1
Hydromotor	CD 70C
Nastavitelná zátěž 30kg po 5kg	
Digitální multimetr – multi-systém 5000	

Po výběru prvků nutných pro sestavení obvodu, pedagog dle schématu na obr. 24 zapojí hydraulický obvod a překontroluje veškerá spojení hydraulických hadic a upevnění prvků na síti Fluidpraxu.

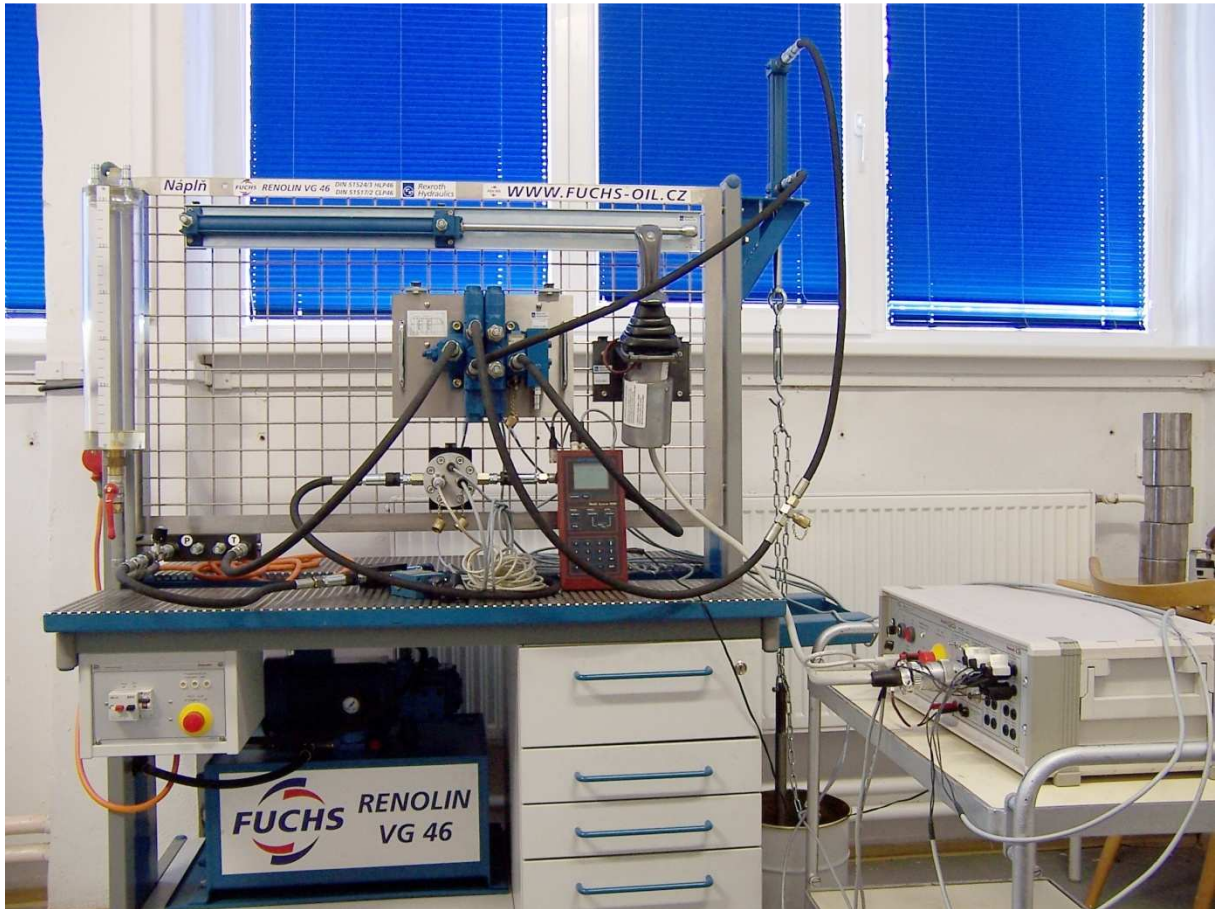
Obr. 24 – Schéma zapojení úlohy 3.3.

1 - Blok rozvaděčů DW4.N-MH, 2 - Tlakové čidlo DZ30.1N, 3 - Pojistný tlakový ventil DD1.1N, 4 - Hydraulický agregát, 5 - Hydromotor, 6 - Nastavitelná zátěž, A - Výstup k hydromotoru, B - Výstup k hydromotoru, Pv - Vstup regulačního tlaku, T - Odvod do nádrže



Po zapojení hydraulické části obvodu připojí pedagog joystick DZ3-MH k elektronickému modulu BPS 17.1. Z modulu BPS 17.1 dále připojí elektrické ovládací vedení z X-hauptnachse magnet A (viz obr. 25) k elektrohydraulickému rozvaděči a to nejprve na levý horní modrý elektromagnet rozvaděče, při pohledu zepředu. Poté připojte elektrické ovládací vedení X-hauptnachse magnet B k elektrohydraulickému rozvaděči a to na levý dolní modrý elektromagnet rozvaděče.

Obr. 25 – Fotografie zapojení úlohy 3.3.



Postup měření:

1. Uzavřete pojistný tlakový ventil.
2. Závaží hydromotoru nastavte na 5kg.
3. Ovládací páku joysticku držte v poloze pro zasouvání hydromotoru.
4. Povolováním a uzavíráním tlakového ventilu nastavte hodnotu tlaku tak, aby se hydromotor při zvedání zastavil a zapište hodnotu do tabulky.
5. Pomocí ovládací páky joysticku sjedzte s hydromotorem do spodní polohy a přidejte další závaží o hmotnosti 5kg.
6. Opakujte body 4 – 6 dokud se nedostanete na hodnotu zátěže 30 kg.

Tab. 10 – Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot

F [N]	0	50	100	150	200	250	300
p _n [MPa]	0	-	0,29	0,5	0,67	0,83	0,99
p _v [MPa]	0	0,17	0,35	0,52	0,69	0,86	1,04

Kde:

F – zatížení hydromotory pomocí nastavitelné zátěže [N]

p_n – hodnoty tlaku naměřené pomocí tlakového čidla [MPa]

p_v – hodnoty tlaku vypočtené [MPa]

$$S_{z1} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} = \underline{0,0004908 \text{ m}^2} \quad (11)$$

$$S_{z2} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,016^2}{4} = \underline{0,000201 \text{ m}^2} \quad (12)$$

$$\Delta S_z = S_{z1} - S_{z2} = 0,0004908 - 0,000201 = \underline{0,0002897 \text{ m}^2} \quad (13)$$

$$p_v = \frac{F}{\Delta S} = \frac{100}{0,0002897} = 345184,6 \text{ Pa} = \underline{0,35 \text{ MPa}} \quad (14)$$

Kde:

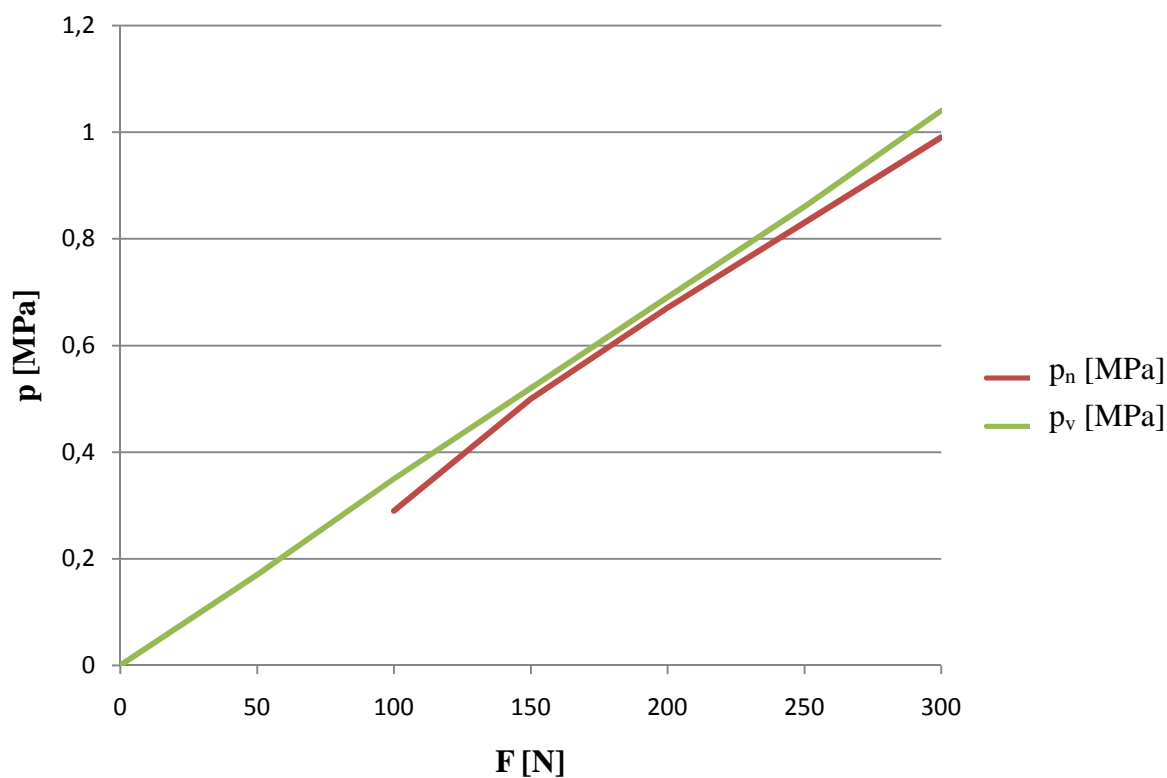
S_{z1} – plocha pístnice [m²]

S_{z2} – plocha, kterou zaujímá píst [m²]

ΔS_z – plocha pístu, na kterou působí kapalina při zasouvání [m²]

p_v – hodnoty tlaku vypočtené [MPa]

Graf 3 – Závislost tlaku vypočítaného p_v a naměřeného p_n na zátěži



Závěr:

Z naměřených a vypočítaných hodnot je patrné, že ideální – vypočtená charakteristika p_v je lineární. To znamená, že nemá žádné ztráty. Naproti tomu charakteristika p_n má sice také lineární charakter, ale oproti p_v se zde projeví ztráty jednak třením a jednak tlakové ztráty v celém obvodu. Rozdíl mezi těmito charakteristikami jsou vyjádřené ztráty.

4. Diskuze

Mám-li kriticky zhodnotit tuto práci, musí konstatovat, že téma práce je dosud neprozkoumáno a proto jsem nemohl čerpat ze zdrojů, jako jsou odborné publikace. Snažil jsem se porovnat přístup k vyučování předmětu Tekutinových mechanismů na vysokých školách a univerzitách technického zaměření. Zvolil jsem pro tento cíl elektronickou formu komunikace a oslovil většinu odborných škol v České republice, na každé škole několik osob, např. garanty předmětů, vyučující předmětů. Kdybych měl v budoucnosti možnost opakovat výzkum porovnávání výuky, zvolil bych raději osobní setkání s garanty předmětů, abych měl větší pravděpodobnost získání zdrojů informací. V e-mailu bylo zmíněno osobního setkání, kladně na ni však reagovala jen Brněnská univerzita, kde setkání proběhlo.

Jedním z nedostatků mé práce je z tohoto důvodu velikost vzorku škol, který není až tak rozsáhlý, abych z něho mohl vyvozovat obecnější závěry, proto své závěry uvádím jen s velkou opatrností. Některé informace byly čerpány jen z webových stránek škol, takže bohužel nevím, co vše se pod obecnějšími názvy probírané látky skrývá.

Zaměřím-li pozornost na druhou část práce, návrh zadání úloh, mohu říci, že jsou v souladu s podmínkami výuky, i když by možná pro studenty i vyučující, byly zajímavější složitější úlohy, které by více simulovali skutečný provozní stav strojů. To však není možné jednak z časových důvodů, ani z ohledu vybavení laboratoře. V první úloze je měřena charakteristika elektrohydraulického rozvaděče. Tato úloha je demonstrací, jak by charakteristika mohla vypadat. Charakteristiky v praxi jsou jiné, protože parametry elektromagnetu a velikost rozvaděče jsou odlišné. Základem druhé úlohy je měření objemu hydromotoru. Velikost objemu lze snadněji získat výpočtem, ale v praxi se setkáváme i se situacemi, kdy nemůžeme získat všechny parametry, proto volíme měření. Třetí úlohou je měření závislosti tlaku a síly. Nevýhodou této úlohy je maximální hmotnost zátěže, která neumožňuje zatížit hydromotor tak, aby se mohl změřit jeho maximální zvedací sílu (až k neuzvednutí břemene). To by umožnilo demonstrovat sílu hydraulických mechanismů.

Při získání tématu diplomové práce, jsem předpokládal, že o výsledná zjištění budou mít vyučující těchto předmětů zájem. Domníval jsem se, že rádi poskytnou údaje, které ve výsledné komparaci všech získaných sylabů poskytnou možnost porovnat úroveň probíraného učiva v celorepublikovém měřítku. Tento předpoklad se mi bohužel nepotvrdil, zájem vyučujících byl malý. Proto jsem byl nucen čerpat informace o předmětech z webových stránek škol, což zajisté není ideálním vodítkem, ale jiná možnost mi bohužel nebyla poskytnuta.

5. Závěr

První cílem mé práce bylo zmapování výuky předmětu Tekutinových mechanismů na různých vysokých školách technického zaměření v České republice. Nebyl brán zřetel pouze na předmět Tekutinové mechanismy, ale i jiné, s podobnou tematikou.

Výsledkem porovnávání vzorku škol z celé České republiky, jsou tyto výstupy. Školy se překrývají v probírané látce v okruhu témat, jako jsou základní prvky obvodů a jejich charakteristiky, kreslení schémat a jejich čtení, rozvaděče, hydromotory a základy pneumatiky. Dalšími získanými poznatky byly okruhy témat, která jsou probírána na základě výběru školy, nesetkáme se tady s nimi na všech školách. Mezi ně můžeme zařadit modelování a simulace pomocí výpočetní techniky. Dále jsou zde různé přístupy k formě výuky, některé školy preferují výpočty hodnot, jiné se zaměřují na laboratorní cvičení, většina škol však laboratorní cvičení má. Výsledky práce jsou zpracovány na základě informací získaných třemi způsoby – na základě osobního setkání, elektronickou formou komunikace či z webových stránek škol. (Více viz shrnutí, kapitola 2.10)

Dalším z cílů mé práce bylo navrhnout laboratorní úlohy, popř. výpočetní úlohy s využitím elektromagneticky ovládaných rozvaděčů, tak aby předložené úlohy mohly být použitelné pro zařazení do předmětu Tekutinové mechanismy a jiné. Výsledkem této části jsou tři zadání úloh, které jsou vypracovány ve dvou variantách. První je pro učitele, obsahuje tabulky naměřených hodnot, grafy a výpočty daných úloh (tato část se nachází v samotném textu, viz kapitola 3). Druhá varianta je vypracovaný pracovní list, který mohou obdržet studenti při hodinách, na nichž jsou uvedené všechny potřebné údaje, které studenti potřebují k vypracování, jako je postup měření, nutné prvky obvodů, tabulky podle kterých budou měření provádět, i to, co má být uvedeno v závěru, jako výstup jejich práce.

Věřím, že mnou navržené úlohy budou použitelné při výuce předmětu Tekutinové mechanismy a jim podobných, protože svou obtížností nepřevyšují úlohy, které jsou již v hodinách na ČZU měřeny.

Použitá literatura

- [1] – ČSN ISO 5598. *Tekutinnové systémy a prvky – Slovník*. Praha: Český normalizační institut, 1999. 80 s.
- [2] – *Wikipedia*. [Online] [Citace: 10. březen 2009] Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Hydraulika>
- [3] – Peňáz, V. – Benža, D. *Tekutinnové mechanismy*. 1.vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1990. 211 s. ISBN 80 – 214 – 0082 – X
- [4] – Kopáček, J. – Pavlok, B. *Tekutinnové mechanismy*. 2.vydání. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2005. 156 s. ISBN 80 -248 – 0856 – 0
- [5] – Cihelka, P. Základní informace - O ČZU - Česká zemědělská univerzita v Praze [online]. Praha: 7.3.2006 [Citace: 15. březen 2009] Dostupné z: <http://www.czu.cz/cs/?r=298>
- [6] – Česká zemědělská univerzita v Praze [online]. [Citace: 16. březen 2009] Dostupné z: <http://wp.czu.cz/cs/index.php/?r=1067&mp=subjects.info&idPredmet=2521>
- [7] – Univerzita Pardubice [online]. [Citace: 16. březen 2009] Dostupné z: <http://upce.cz/univerzita/soucasnost.html>
- [8] – Univerzita Pardubice [online]. [Citace: 17. březen 2009] Dostupné z: https://portal.upce.cz/jetspeed/portal/_ns:YVAtMTE4NjU2YzY2NzQtMTAwMDN8YzB8ZDB8ZXN0YXRIS2V5PTE9LTkyMjMzNzIwMzY4NTQ3NzUzMjU_/prohlizeni
- [9] – Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava [online]. [Citace: 17. březen 2009] Dostupné z: <http://www.vsb.cz/okruhy/univerzita/historie-soucasnost-vize>
- [10] – Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava [online]. [Citace: 17. březen 2009] Dostupné z: <http://as1.wps.sso.vsb.cz/cz.vsb.edison.edu.study.prepare.web/SubjectVersion.faces?version=338-0302/03&subjectBlockAssignmentId=104386>
- [11] – Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava [online]. [Citace: 17. březen 2009] Dostupné z: <http://as1.wps.sso.vsb.cz/cz.vsb.edison.edu.study.prepare.web/SubjectVersion.faces?version=338-0316/02&subjectBlockAssignmentId=104820>
- [12] – Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava [online]. [Citace: 17. březen 2009] Dostupné z: <http://www.338.vsb.cz/PDF/04.pdf>
- [13] – Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava [online]. [Citace: 17. březen 2009] Dostupné z: <http://www.338.vsb.cz/PDF/02.pdf>

- [14] – Vysoké učení technické v Brně [online]. [Citace: 17. březen 2009] Dostupné z: <http://www.vutbr.cz/index.php?page=vut&wapp=portal&parent=1&tail=1&lang=0>
- [15] – Vysoké učení technické v Brně [online]. [Citace: 17. březen 2009] Dostupné z: http://www.vutbr.cz/index.php?gm=gm_detail_predmetu&apid=79296&oid=5308&wapp=portal&parent=2&tail=2&lang=0
- [16] – Vysoké učení technické v Brně [online]. [Citace: 17. březen 2009] Dostupné z: http://www.vutbr.cz/index.php?gm=gm_detail_predmetu&apid=79301&oid=5308&wapp=portal&parent=2&tail=2&lang=0
- [17] – Vysoké učení technické v Brně [online]. [Citace: 17. březen 2009] Dostupné z: http://www.vutbr.cz/index.php?gm=gm_detail_predmetu&apid=79297&oid=5308&wapp=portal&parent=2&tail=2&lang=0
- [18] – České vysoké učení technické v Praze [online]. [Citace: 28. březen 2009] Dostupné z: <http://www.cvut.cz/pracoviste/odbor-vnejsich-vztahu/dokumenty/tistene-materialy/stare/brozura.pdf/download>
- [19] – České vysoké učení technické v Praze [online]. [Citace: 28. březen 2009] Dostupné z: <http://www.cvut.cz/cs/struktura>
- [20] – České vysoké učení technické v Praze [online]. [Citace: 28. březen 2009] Dostupné z: http://www3.fs.cvut.cz/web/index.php?id=2049&tx_pzpredmety_pi1&kod=2351008
- [21] – Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích [online]. [Citace: 28. březen 2009] Dostupné z: http://www.jcu.cz/data_fakta
- [22] – Technická univerzita v Liberci [online]. [Citace: 28. březen 2009] Dostupné z: <http://www.tul.cz/dokument-0010.html>
- [23] – Technická univerzita v Liberci [online]. [Citace: 28. březen 2009] Dostupné z: [http://stag.tul.cz/apps/stag/prohlizeni/pg\\$_prohlizeni.sylabus?kat=KVS&predm=HPM&rok=2008](http://stag.tul.cz/apps/stag/prohlizeni/pg$_prohlizeni.sylabus?kat=KVS&predm=HPM&rok=2008)
- [24] – Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem [online]. [Citace: 28. březen 2009] Dostupné z: <http://www.ujep.cz/cz/podle-uzivatele/pro-verejnost/o-univerzite.html>
- [25] – Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem [online]. [Citace: 28. březen 2009] Dostupné z: [https://stag.ujep.cz/prohlizeni/pg\\$_prohlizeni.sylabus?kat=KSM&predm=K524&rok=2008](https://stag.ujep.cz/prohlizeni/pg$_prohlizeni.sylabus?kat=KSM&predm=K524&rok=2008)
- [26] – Západočeská univerzita v Plzni [online]. [Citace: 28. březen 2009] Dostupné z: <http://www.zcu.cz/zcu/uvod/>
- [27] – Západočeská univerzita v Plzni [online]. [Citace: 28. březen 2009] Dostupné z: http://portal.zcu.cz/wps/portal!/ut/p/c1/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3gDdwOzIEDj

5zAXAzNDL2cXlwBTQwMwAMpHmsX7-RuFupl4GhpamLkaGhiZeZg4-
YR5Gri7GBPQHQ6yD79-sAk4gKMBRN7cP9DdOMDFyMDd08jcwMjUKMQv0NsFZIm-
n0d-bqp-
QW6EQWZAuiIAibpwNQ!!/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfMEcwNIJBM0NWRD
A2MUpDRDZOMDEwMDAwMDA!/?LevelNavigace=4&Predmet=PREDMETY-
KKE%2fMT

Seznam obrázků:

Obr. 1 – Zapojení pro měření paralelního řazení hydromotorů.....	8
Obr. 2 – Zapojení pro měření charakteristiky rozvaděče	9
Obr. 3 – Výsledná charakteristika rozvaděče	9
Obr. 4 – Zapojení pro měření charakteristiky škrtícího ventilu	10
Obr. 5 – Zapojení pro měření charakteristiky čerpadla a vlivu nastavení tlakového ventilu ...	11
Obr. 6 – Porovnání dané a vypočtené dynamické charakteristiky	13
Obr. 7 – Zařízení pro měření charakteristiky čerpadla.....	16
Obr. 8 – Graf průběhu charakteristiky čerpadla, kde Y_s - měrná energie, Q_v – průtok.....	16
Obr. 9 – Zařízení pro měření statických a dynamických vlastností rotačního servopohonu....	17
Obr. 10 – Zařízení pro měření dynamických vlastností lineárního servopohonu	18
Obr. 11 – Zařízení pro měření kavitace zubového čerpadla.....	19
Obr. 12 – Praktikátor	20
Obr. 14 – Fotografie zapojení výše uvedené úlohy	23
Obr. 15 – Otevřený hydraulický obvod	30
Obr. 16 – Uzavřený hydraulický obvod	31
Obr. 17 – Schéma zapojení úlohy 3.1.....	35
Obr. 18 – Modul BPS 17.1	36
Obr. 19 – Zapojení ampérmetru	36
Obr. 20 – Fotografie zapojení úlohy 3.1.....	37
Obr. 21 – Schéma zapojení úlohy 3.2.....	41
Obr. 22 – Modul BPS 17.1	42
Obr. 23 – Fotografie zapojení úlohy 3.2.....	42
Obr. 24 – Schéma zapojení úlohy 3.3.....	46
Obr. 25 – Fotografie zapojení úlohy 3.3.....	47

Seznam tabulek

Tab. 1 – Aplikace tekutinových mechanismů	3
Tab. 2 – Výsledky kontaktovaných škol	5
Tab. 3 – Použité prvky a přístroje.....	34
Tab. 4 – Naměřené hodnoty průtoku pro stanovené hodnoty elektrického proudu	37
Tab. 5 – Naměřené hodnoty průtoku pro stanovené hodnoty elektrického proudu	38
Tab. 6 - Použité prvky a přístroje	40
Tab. 7 – Naměřené a vypočtené hodnoty pro vysouvání hydromotoru.....	43
Tab. 8 – Naměřené a vypočtené hodnoty pro zasouvání hydromotoru	44
Tab. 9 – Použité prvky a přístroje.....	45
Tab. 10 – Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot.....	48

Seznam grafů

Graf 1 – Závislost průtoku Q na velikosti ovládacího proudu I dle tabulky 3	38
Graf 2 – Závislost průtoku Q na velikosti ovládacího proudu I dle tabulky 4	39
Graf 3 – Závislost tlaku vypočítaného p_v a naměřeného p_n na zátěži.....	49

Seznam symbolů

S_v – plocha pístu, na kterou působí kapalina při vysouvání [m^2]

S_{z1} – plocha pístnice [m^2]

S_{z2} – plocha, kterou zaujímá píst [m^2]

ΔS_z – plocha pístu, na kterou působí kapalina při zasouvání [m^2]

V_{vp} – vypočítaný objem hydromotoru při vysouvání [dm^3]

V_{zp} – vypočítaný objem hydromotoru při zasouvání [dm^3]

F – zatížení hydromotory pomocí nastavitelné zátěže [N]

I – velikost proudu ovládající elektromagnet rozvaděče [A]

p_n – hodnoty tlaku naměřené pomocí tlakového senzoru [MPa]

p_v – hodnoty tlaku vypočtené [MPa]

p_z – hodnoty tlaku vypočtené z níže uvedených vzorců [MPa]

Q – průtok měřený na výstupu z rozvaděče [$dm^3 \cdot min^{-1}$]

Q_{1v} – průtok soustavou při neutrální poloze rozvaděče [$dm^3 \cdot min^{-1}$]

Q_{1z} – průtok soustavou při neutrální poloze rozvaděče [$dm^3 \cdot min^{-1}$]

Q_{2v} – průtok soustavou při vysouvání hydromotoru [$dm^3 \cdot min^{-1}$]

Q_{2z} – průtok soustavou při zasouvání hydromotoru [$dm^3 \cdot min^{-1}$]

ΔQ_v – průtok, který je přiváděn do hydromotoru [$dm^3 \cdot min^{-1}$]

ΔQ_z – průtok, který je přiváděn do hydromotoru [$dm^3 \cdot min^{-1}$]

t_v – čas vysouvání hydromotoru [s]

t_z – čas zasouvání hydromotoru [s]

V_v – vypočítaný objem hydromotoru při vysouvání z naměřených hodnot [dm^3]

V_z – vypočítaný objem hydromotoru při zasouvání z naměřených hodnot [dm^3]

PŘÍLOHA

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Paralelní řazení rozvaděčů	I
Příloha č. 2 – Charakteristika rozvaděče – překrytí šoupátek	III
Příloha č. 3 – Měření charakteristiky škrticího ventilu	VI
Příloha č. 4 – Charakteristika čerpadla a vliv nastavení tlakového ventilu.....	VIII
Příloha č. 5 – Zatěžovací charakteristika hydrogenerátoru	XII
Příloha č. 6 – Závislost průtokové účinnosti na poloze škrticího ventilu.....	XIV
Příloha č. 7 – Měření charakteristiky elektrohydraulického rozvaděče	XVI
Příloha č. 8 – Měření objemu hydromotoru	XVII
Příloha č. 9 – Závislost tlaku a síly.....	XIX

Příloha č. 1 – Paralelní řazení rozvaděčů

Hydraulické prvky:

- Pojistný tlakový ventil DD1. 1N.
- Hydromotor 2 ks
- Uzavírací ventil DZ2. 1N.
- Tlakoměr 3 ks
- Hadice
- Blok rozváděčů DW3.N – MH

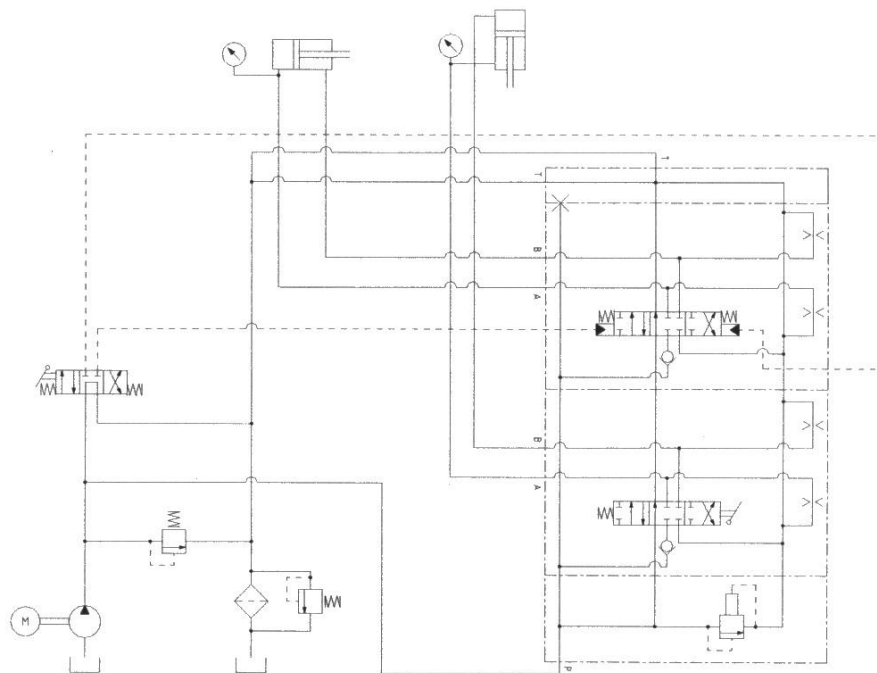
Příprava měřícího zařízení:

1. Nakreslit a prostudovat sestavený hydraulický obvod
2. Zapojit hydraulický obvod podle schématu
3. Kontrola bezpečného připojení hadic
4. Uzavřít uzavírací ventil DZ2. 1N.
5. Připojit elektrický proud a spustit čerpadlo
6. Nastavit $p_1 = 50$ bar.
7. Otevřít DZ2. 1N.

Měření:

- a) Částečná zkouška při stejném zatížení obou hydromotorů
 1. Seříd'te p_2 stejně pro oba hydromotory (bez závaží)
 2. Přestavujte rozváděče a sledujte pohyb pístnic hydromotorů
 - Rozváděč I poloha 1. nebo 2.
 - Rozváděč II poloha 1. nebo 2.
 - Rozváděče I i II v poloze současně 1 i 2.
- b) Částečná zkouška při rozdílném měření
 3. Hydromotor I bude zatížen, hydromotor II nebude zatížen
 4. Kombinujte jako v předchozích případech a měřte oba p_2

Schéma:



Úkol: Doplňte věty tak, aby tvrzení bylo správné!

1. Při paralelním zapojení rozváděčů mohou spotřebiče pracovat současně.
2. Při ovládání obou rozváděčů se průtok dělí podle zatížení.
3. Kapalina vždy teče oběma hydromotory.

Závěr:

To vše se odehrává za předpokladu, že čerpadlo má dostatečný výkon.

Příloha č. 2 – Charakteristika rozvaděče – překrytí šoupátek

Charakteristika rozvaděče – překrytí šoupátek

Hydraulické prvky:

- blok rozváděčů DW1.N-MH
- tlakový ventil DD1.1N
- uzavírací ventil DZ2.1N
- průtokoměr DZ30.N
- tlakoměr – 2 ks
- hadice

Příprava měřícího zařízení:

1. Nakreslit a prostudovat sestavený hydraulický obvod.
2. Zapojit hydraulický obvod podle schématu.
3. Kontrola bezpečného připojení hadic.
4. Uzavřít uzavírací ventil DZ2.1N.
5. Otevřít tlakový ventil DD1.1N.
6. Zapojit el. proud a spustit čerpadlo.
7. Na $p_{1 \max} = 50$ bar je nastaven pojistný tlakový ventil vestavěný v čerpadle.

Měření:

Měření průtoku na spotřebiči, vývod B

1. Částečné zkoušky při nastaveném tlaku p_2 . Páku rozvaděče přestavte postupně od 0 % do 100 %, a to po 12,5 %. Měřte minimálně 15 s v jednom bodě měření. Pro zvýšení přesnosti můžete měření opakovat.
2. Bod 1 opakujte pro více nastavených tlaků p_{2i} (zadá vyučující).

Vyhodnocení zkoušky:

Naměřené hodnoty zapište do tabulky. Nakreslete graf závislosti průtoku na poloze páky rozvaděče pro všechny směry průtoku (my dělali jen ve směru B). V grafu vyznačte tři fáze zdvihu šoupátka rozvaděče a na závěr vyznačte skutečný regulační rozsah pro charakteristiky. V závěru uveďte komentář k naměřeným a vypočteným hodnotám a grafu.

1. Tabulka naměřených a vypočtených hodnot:

Poloha páky rozvaděče		Q [dm ³ ·min ⁻¹]		Vypočtený výkon P[kW]	
[dílky]	[%]	$p_2 = 25\text{bar}$	$p_2 = 35\text{bar}$	P	P
0	0	0	0	0	0
1	12,5	0	0	0	0
2	25,0	0	0	0	0
3	37,5	0	0	0	0
4	50,0	1,6	0,6	0,067	0,035
5	62,5	3,4	2,8	0,142	0,163
6	75,0	4,8	4,4	0,2	0,257
7	87,5	5,6	5,2	0,233	0,303
8	100,0	5,6	5,2	0,233	0,303

Pozn.: 1 dílek = $2^\circ = 12,5\%$

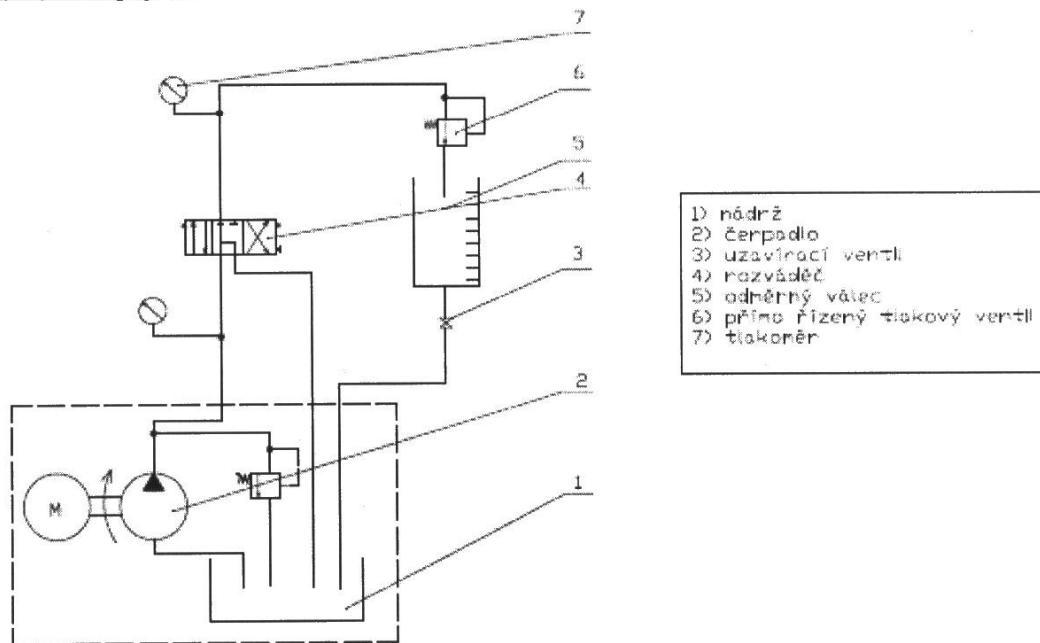
2. Příklad výpočtu

$$1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa} \Rightarrow 25 \text{ bar} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$P = Q \cdot p = 26,666 \cdot 2,5 = W = 0,067 \text{ kW}$$

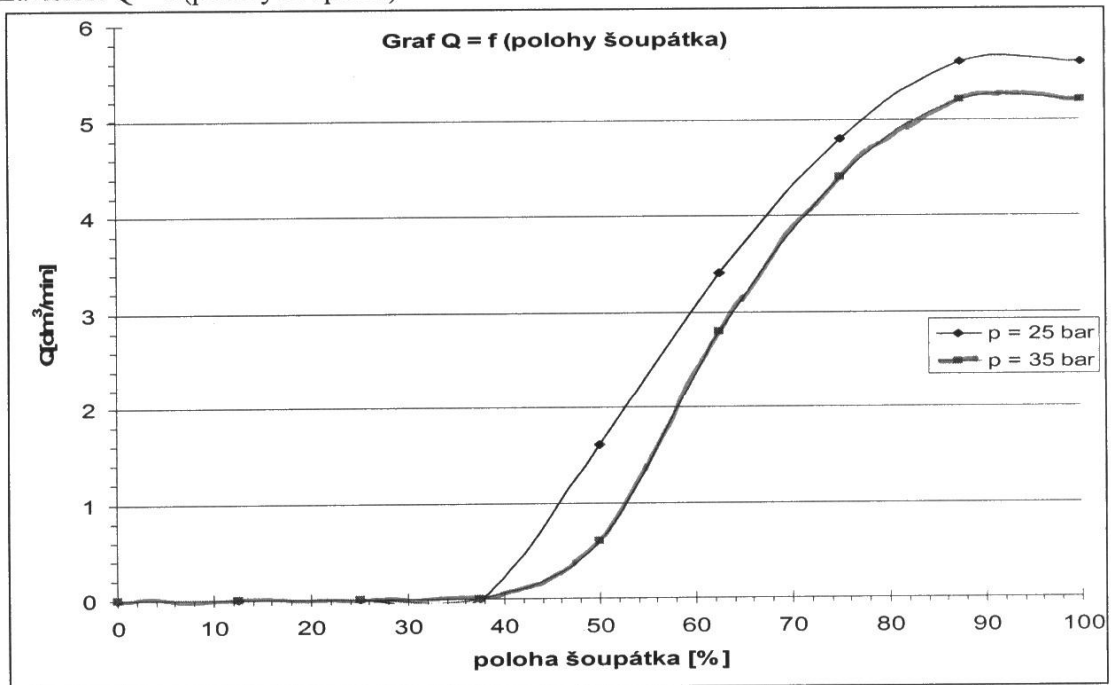
$$P = [\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \cdot [\text{MPa}] = [\text{W}]$$

3. Schéma zapojení:



4. Graf:

Závislost $Q = f(\text{polohy šoupátka})$



5. Komentář k charakterstice:

Při tlaku 2,5 MPa do polohy 37,5% šoupátka rozvaděče tj. třetí dílek, rozvaděč nepropouští žádnou kapalinu. Od této hodnoty se stále zvyšuje průtok až do maximální hodnoty a to do průtoku $5,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Maximální průtok je už při poloze šoupátka 87,5 % tj. sedmý dílek. Při tlaku 3,5 MPa také do polohy 37,5% šoupátka rozvaděče rozvaděč nepropouští žádnou kapalinu a průtok roste s menším nárůstem než při tlaku 2,5 MPa až do průtoku $5,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ při poloze 87,5% šoupátka rozvaděče.

6. Závěr:

Z průběhu naměřené charakteristiky usuzuji, že pro měření úlohy „Charakteristika rozvaděče – překrytí šoupátek“ byl použit rozvaděč s pozitivním překrytím. Jak už bylo zmiňováno v bode 5, tak s rostoucím tlakem klesá maximální průtok a nárůst průtoku při tlaku 35 bar je pozvolnější. Jinak podle grafu je regulační rozsah od 37,5% do 87,5% polohy šoupátka rozvaděče.

Příloha č. 3 – Měření charakteristiky škrtícího ventilu

Cíl: Měření charakteristiky škrtícího ventilu

Hydraulické prvky: ↘

- Pojistný tlakový ventil DD1.1N 1 ks
- tlakoměr 2 ks
- škrtící ventil DF1.1N 1 ks
- průtokoměr nebo odměrný válec 1 ks
- hydraulické vedení

Příprava měřícího zařízení:

1. Nakreslit schéma a prostudovat sestavený hydraulický obvod popřípadě propojit hydraulickým vedením.
2. Kontrola bezpečného připojení hadic, tahem zjistit pevnost spojení.
3. Připojit elektrické vedení.
4. Spustit čerpadlo hydraulického agregátu.

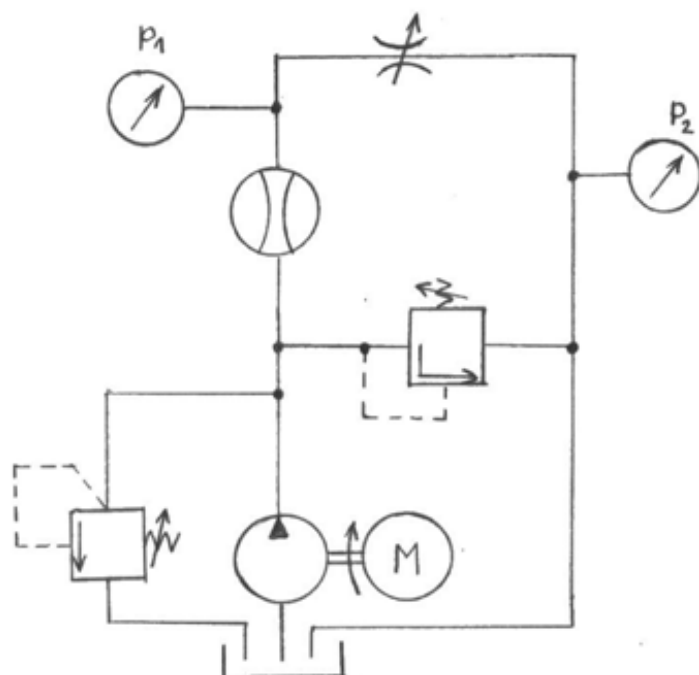
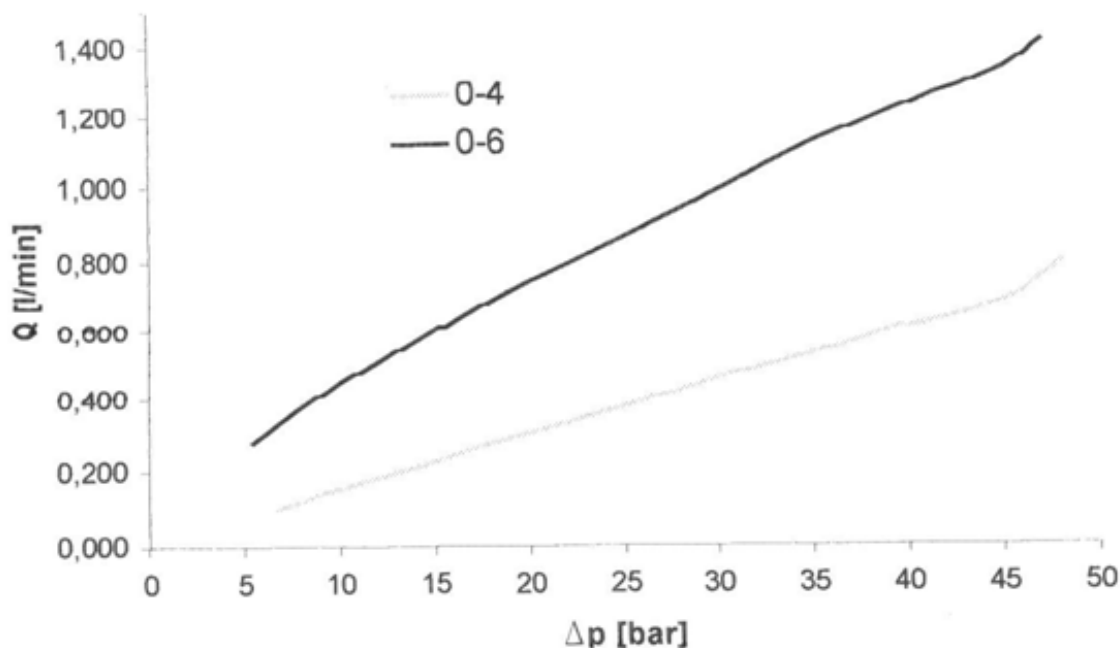
Měření:

1. Nastavení škrtícího ventilu (dílký)
2. Pomocí tlakového ventilu regulovat tlak p_1 na vstupu do škrtícího ventilu. Tím se reguluje Δp na škrtícím ventilu.
3. Rozdíl tlaků na škrtícím ventilu Δp nastavovat po 5 barech až do hodnoty max. nastavení.
4. Do tabulky zapisovat rozdíl tlaků na škrtícím ventilu Δp , průtok Q a teplotu t .
5. Dále postupovat dle bodů 1 – 4.

Naměřené hodnoty:

dílek na škrtícím ventilu	Δp [bar]	Q [l/min]	t [°C]
0-4	6,8	0,101	22,8
	10	0,157	22,8
	15	0,228	22,8
	20	0,304	22,9
	25	0,376	22,8
	30	0,454	23
	35	0,530	23
	40	0,608	23,1
	45	0,685	23,2
	48	0,794	23,3
0-6	5,5	0,278	23,7
	10	0,445	23,8
	15	0,596	24
	20	0,745	24,1
	25	0,868	24,2
	30	0,990	24,2
	35	1,123	24,3
	40	1,225	24,4
	45	1,336	24,3
	47	1,412	24,5

Graf závislosti průtoku škrtícím ventilem na tlakovém spádu a nastavení pojistného tlakového ventilu



Vyhodnocení:

Z grafu je zřetelné, že se zvyšujícím se rozdílem tlaků před a za škrtícím ventilem roste i průtok ventilem. Průtok rovněž logicky roste i s natočením kolečka škrtícího ventilu tj. při jeho otevírání. Na výsledek měření má rovněž vliv teplota hydraulické kapaliny, která ovlivňuje viskozitu kapaliny. Její provozní teplota by se měla pohybovat v rozmezí 40 – 60 °C. Naměřené hodnoty průtoku Q budou mít tudíž jiné hodnoty a křivky v grafu jiný tvar než při našem měření. Důvodem nízké teploty byla nedostatečně dlouhá doba chodu hydromotoru před vlastním měřením.

Příloha č. 4 – Charakteristika čerpadla a vliv nastavení tlakového ventilu

Charakteristika čerpadla a vliv nastavení tlakového ventilu

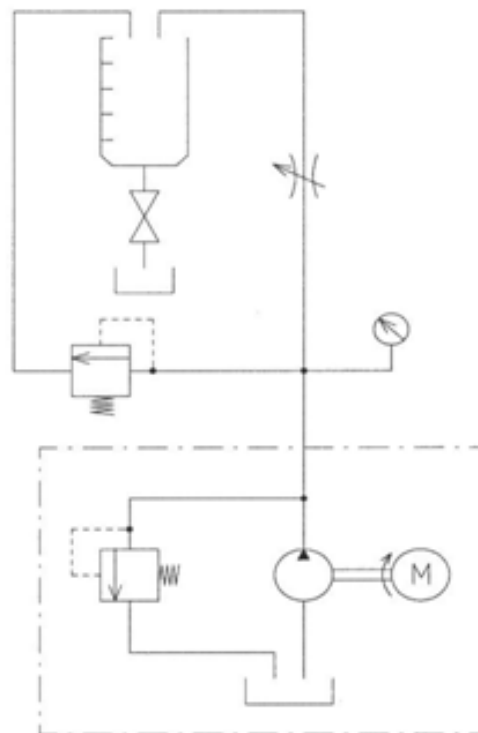
Zadání:

Hydromotor pro zvedání mechanismu vysypání popelnice nedosahuje požadované rychlosti. Pro zjištění příčiny této závady je třeba zjistit charakteristiku čerpadla. Pokud bude charakteristika v pořádku, zjistíme vliv nastavení tlakového ventilu na velikosti zátěže.

Hydraulické prvky:

- Pojistný tlakový ventil
- Tlakoměr
- Škrťací ventil
- Odměrný válec
- Hydraulické vedení

Schéma zapojení:



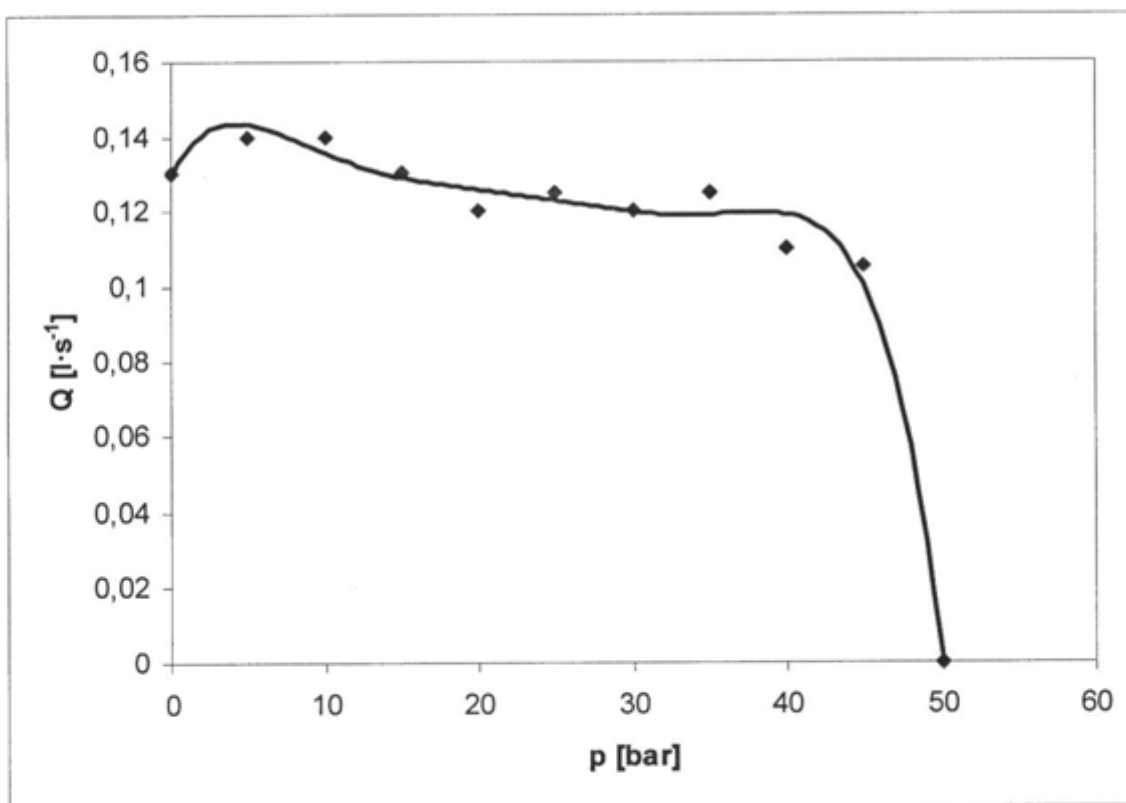
Průběh měření:

1. Nakreslit schéma a prostudovat sestavený hydraulický obvod.
2. Kontrola bezpečného připojení hadic.
3. Připojit elektrické vedení.
4. Spustit čerpadlo hydraulického agregátu.
5. Změřit charakteristiku čerpadla.
6. Hodnoty zaneš do tabulky a vytvořit graf. $Q = f(p)$.
7. Zapojit obvod (černé a zelené vedení).
8. Pojistný tlakový ventil seřídít na pracovní tlak $p_1 = 27,5$ bar.
9. Měnit nastavení škrťacího ventilu a pozorovat průtok oleje do odměrného válce.
10. Vypočítat rychlost posuvu hydromotoru při průměru pístu 2,5 cm.
11. Odpadní vedení z pojistného tlakového ventilu odpojit z odměrného válce a připojit do kanálu T
12. Na škrťacím ventilu po jednom dílku simulovat zátěž.
13. Změřit průtok a tlak při simulované zátěži na škrťacím ventilu a zapsat do tabulky.
14. Vypočítat rychlost posuvu hydromotoru při průměru pístu 2,5 cm.
15. Vypočítat velikost simulované zátěže v kilogramech.
16. Hodnoty zaneš do tabulky a vytvořit graf: $v = f(\text{zátěž})$.

Výsledky:

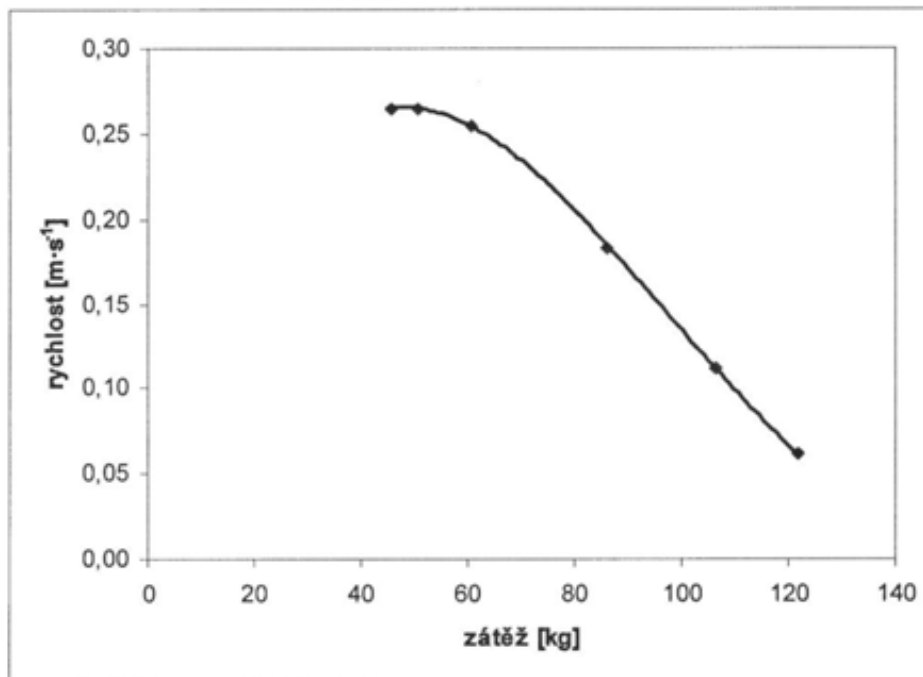
- Charakteristika čerpadla: $Q = f(p)$

p [bar]	V [l]	t [s]	Q [l/s]	v [m/s]
0	1,3	10	0,13	0,26
5	1,4	10	0,14	0,29
10	1,4	10	0,14	0,29
15	1,3	10	0,13	0,26
20	1,2	10	0,12	0,24
25	1,25	10	0,125	0,25
30	1,2	10	0,12	0,24
35	1,25	10	0,125	0,25
40	1,1	10	0,11	0,22
45	1,05	10	0,105	0,21
50	0	10	0	0,00



- Vliv nastavení tlakového ventilu: $v = f(\text{zátěž})$

p [bar]	V [l]	t [s]	Q [l/s]	v [m/s]	F [N]	F [kg]
24	0,3	10	0,03	0,06	1193,7	121,7
21	0,55	10	0,055	0,11	1044,5	106,5
17	0,9	10	0,09	0,18	845,5	86,2
12	1,25	10	0,125	0,25	596,9	60,8
10	1,3	10	0,13	0,26	497,4	50,7
9	1,3	10	0,13	0,26	447,6	45,6



- Maximální průtok čerpadla

$$Q_{\max} = 0,14 \text{ l/s}$$

Závěr: Z charakteristiky čerpadla vyplývá, že se zvyšující se zátěží, simulované nastavováním škrtícího ventilu, klesá průtok oleje. Naměřené charakteristika není ideální, možná nepřesnost mohla vzniknout nepřesností obsluhy.

Rychlost posuvu se zvyšující se zátěží klesá. Při max. nastavené zátěži 122 Kg bylo dosaženo rychlosti posuvu 0,06 m/s.

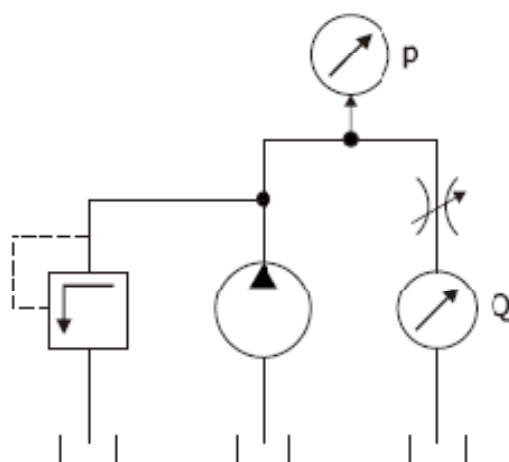
Zvýšení rychlosti posuvu je možné dosáhnout zvýšením průtoku oleje, který je přímo úměrný geometrickému objemu čerpadla a otáčkám.

Zatěžovací charakteristika hydrogenerátoru

ÚKOLY K ŘEŠENÍ:

Změřte zatěžovací charakteristiku hydrogenerátoru.

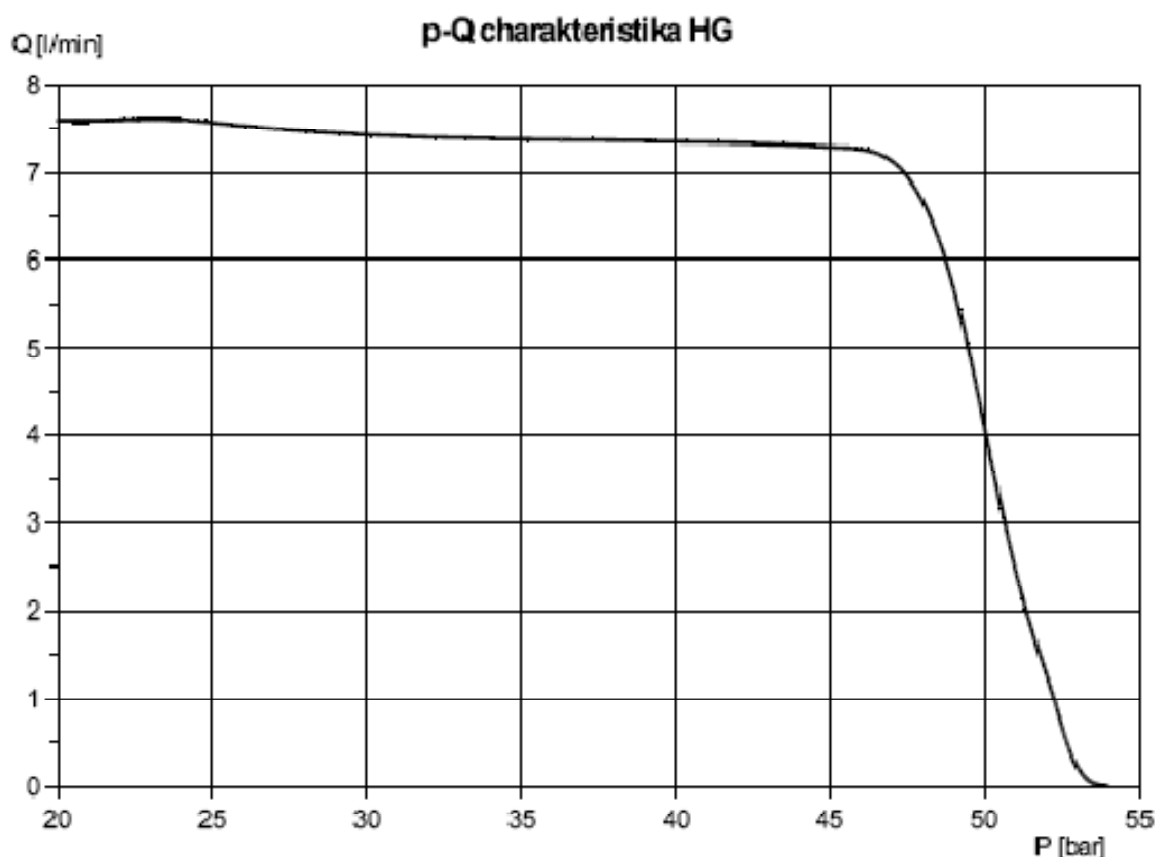
Schéma obvodu:



ŘEŠENÍ:

Tabulka naměřených hodnot:

Stupeň škrcení	Tlak p [bar]			Průtok Q [l.min ⁻¹]		
	1	2	průměr	1	2	průměr
10	23,0	22,0	22,5	7,623	7,599	7,611
9	24,0	24,0	24,0	7,621	7,592	7,607
8,75	20	-	20,0	7,6	-	7,596
8,5	21	-	21,0	7,59	-	7,593
8,25	25	-	25,0	7,57	-	7,570
8	45,0	46,0	45,5	7,453	7,108	7,281
7	49,0	49,0	49,0	5,715	5,602	5,659
6	50,0	50,0	50,0	4,125	3,998	4,062
5	51,0	50,5	50,8	2,846	2,774	2,810
4	52,0	51,0	51,5	1,787	1,821	1,804
3	52,5	52,0	52,3	0,977	0,962	0,970
2	53,0	52,5	52,8	0,410	0,395	0,403
1	54,0	53,0	53,5	0,030	0,030	0,030
0	54,0	54,0	54,0	0,000	0,000	0,000



Závěr:

Dojde-li ke zvýšení odporu v potrubí (simulováno škrcením) nad určitou mez, průtok obvodem strmě klesá až na nulu. V praxi lze tohoto jevu dosáhnout např. přetížením hydromotoru, kapalina se vrací přes přepouštěcí ventil zpět do nádrže. Aby tato situace nevznikla, je nutné provozovat zařízení v téměř vodorovné oblasti charakteristiky.

Závislost průtokové účinnosti na poloze škrticího ventilu

ÚKOLY K ŘEŠENÍ:

Určete závislost polohy škrticího ventilu na průtokové účinnosti hydraulického obvodu. Pomocí hodnot vysvětlíte a zhodnotíte rozdíl mezi zapojením paralelním a do série.

Rozměry hydromotoru:

$D = 25 \text{ mm}$

$d = 16 \text{ mm}$

$L = 200 \text{ mm}$

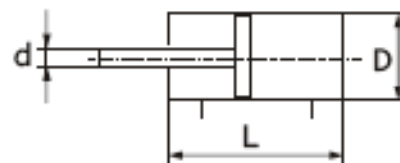
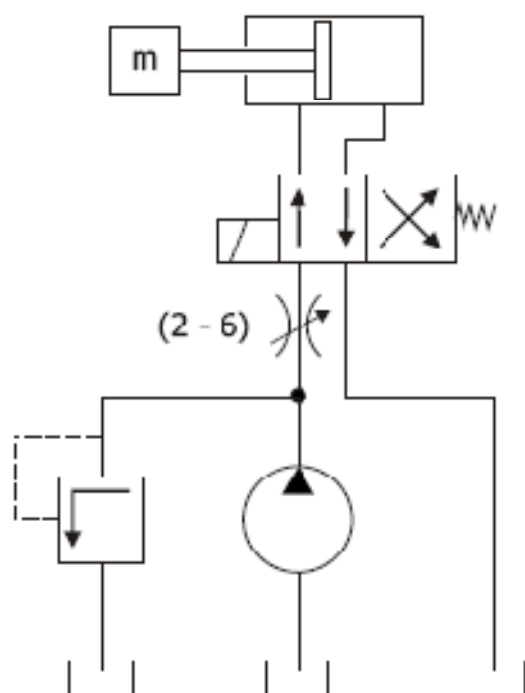
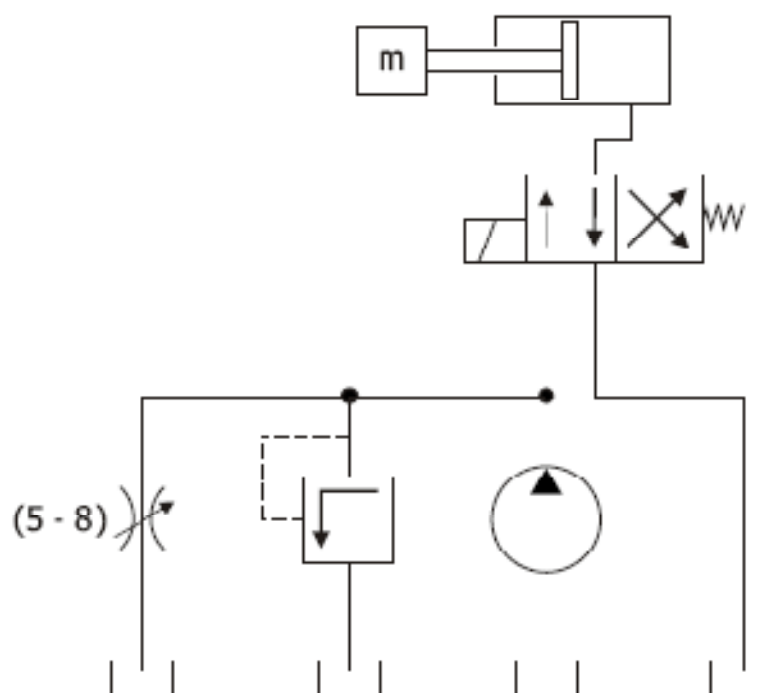


Schéma obvodu:



a) sériové zapojení



b) paralelní zapojení

ŘEŠENÍ:

a) Sériové zapojení

Poloha ventilu	Tlak [bar]	Průtok HG [l/min]	Doba zdvíhu [s]	Průtok HM [l/min]	Průtoková účinnost [%]
2	53	0,41	8,6	0,4	5,3
3	52	0,98	3,7	0,94	12,3
4	51,5	1,69	1,6	2,17	28,6
5	51	2,75	1	3,48	45,7
6	50,5	3,76	0,7	4,97	65,3

b) Paralelní zapojení

Poloha ventilu	Tlak [bar]	Průtok HG [l/min]	Doba zdvíhu [s]	Průtok HM [l/min]	Průtoková účinnost [%]
5	48	4,12	0,7	4,97	65,3
6	40	3,25	0,9	3,86	50,8
7	29	0,75	1,65	2,11	27,7
8	21	0,53	6,2	0,56	7,4

Výpočtové vztahy:

$$S = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad [\text{m}^2]$$

$$Q_{\text{HM}} = \frac{L \cdot S \cdot 60000}{t} \quad [\text{l/min}]$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{HM}}}{Q_{\text{HG}}} \cdot 100 \quad [\%]$$

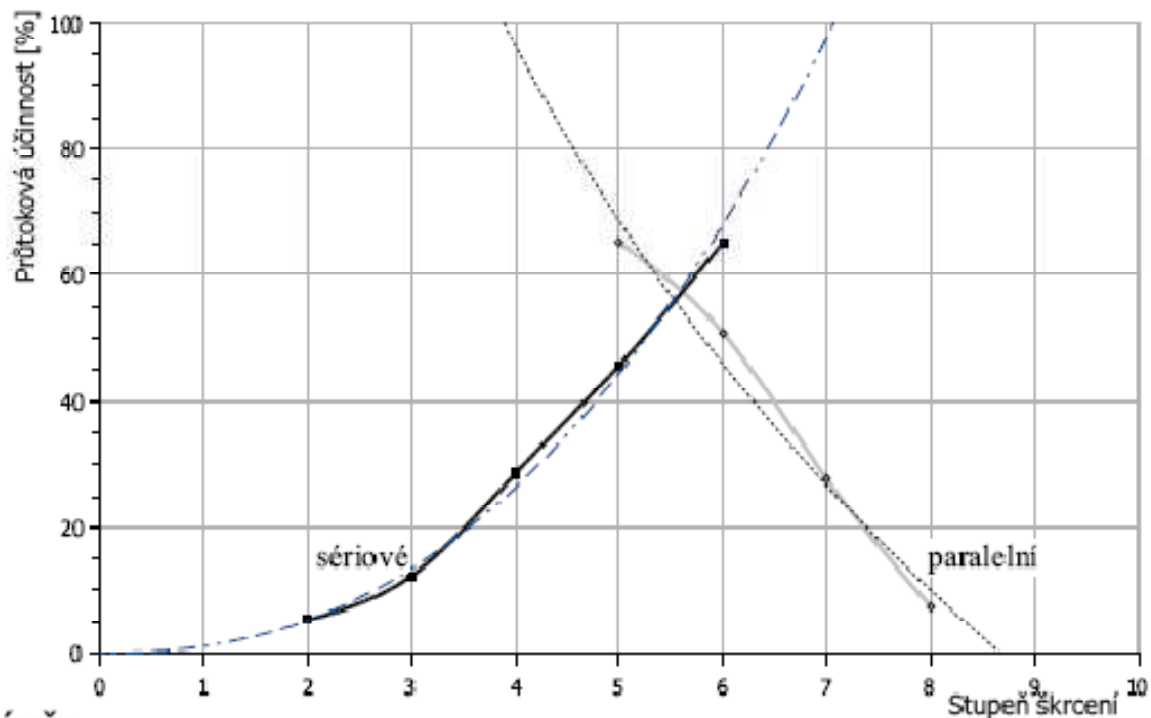
pak:

$$S = 2,90 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

z předchozího měření (č. 1):

$$Q_{\text{HG}} = 7,611 \text{ l/min}$$

Grafické vyhodnocení výsledků:



ZÁVĚR:

Je-li škrticí ventil zapojen do obvodu sériově, roste průtoková účinnost současně s rostoucím stupněm škrcení (kde stupeň 0 značí maximální škrcení). Do HM proudí větší množství kapaliny a píst se pohybuje vyšší rychlostí. Při nižším stupni klade škrticí ventil vysoký odpor proudu, přebytek kapaliny se pak vrací přes pojistný ventil zpět do nádrže. Předpokládaný (aproximovaný) průběh sériového zapojení ventilu je naznačen tenkou dvojčerkovanou čarou.

Je-li škrticí ventil zapojen do obvodu paralelně, průtoková účinnost současně s rostoucím stupněm škrcení klesá. Do HM proudí menší množství kapaliny, jelikož HM klade větší odpor než škrticí ventil. Kapalina se vrací do nádrže cestou přes ventil. Předpokládaný průběh je naznačen tenkou tečkovanou čarou. K výpočtu účinnosti byla použita hodnota průtoku na výtlaku čerpadla z předchozího měření.

Příloha č. 7 – Měření charakteristiky elektrohydraulického rozvaděče

Použité prvky a přístroje:

- Blok rozvaděčů DW4.N-MH
- Digitální multimetr – multi-systém 5000
- Průtokoměr DZ30.1N
- Pojistný tlakový ventil DD1.1N
- Elektronický joystick DZ3-MH
- Elektronický modul BPS 17.1
- Ampérmetr

Příprava měřícího zařízení:

1. Nakreslit a prostudovat schéma obvodu.
2. Zkontrolovat zapojení elektrického obvodu s ampérmetrem.
3. Kontrola bezpečného připojení hydraulického vedení.
4. Zapnutí měřících přístrojů.
5. Spuštění čerpadla hydraulického agregátu.

Postup měření:

1. Přestavujte postupně páku joysticku dle hodnot proudu uvedené v tabulce A.
2. Zaznamenejte hodnoty průtoků v daných bodech.
3. Vypněte čerpadlo hydraulického agregátu.
4. Přepojte hydraulické vedení dle pokynů vyučujícího. Nutno přepojit také elektrické ovládací vedení rozvaděče.
5. Spusťte čerpadlo hydraulického agregátu.
6. Přestavujte postupně páku joysticku dle hodnot proudu uvedené v tabulce B.
7. Zaznamenejte hodnoty průtoků v daných bodech.

Tabulka A

I [A]	0	0,31	0,32	0,34	0,36	0,38	0,4	0,42
Q [l/min]								
I [A]	0,44	0,46	0,48	0,5	0,52			
Q [l/min]								

Tabulka B

I [A]	0,32	0,34	0,36	0,38	0,4	0,41	0,42	0,43	0,44
Q [l/min]									
I [A]	0,45	0,46	0,47	0,48	0,5	0,52	0,54	0,55	
Q [l/min]									

Vyhodnocení měření:

Z naměřených hodnot sestrojte charakteristiku závislosti průtoku na proudu, kterým je ovládán rozvaděč. Uveďte, o jaký druh charakteristik se jedná.

Příloha č. 8 – Měření objemu hydromotoru

A) Určení objemu hydromotoru měřením

Použité prvky a přístroje:

- Blok rozvaděčů DW4.N-MH
- Průtokoměr DZ30.1N
- Pojistný tlakový ventil DD1.1N
- Elektronický joystick DZ3-MH
- Elektronický modul BPS 17.1
- Hydromotor CD 70F
- Stopky
- Digitální multimetr – multi-systém 5000

Příprava měřicího zařízení:

1. Nakreslení a prostudování obvodu.
2. Kontrola bezpečného připojení hydraulického vedení.
3. Zapnutí měřicího přístroje.
4. Spuštění čerpadla hydraulického agregátu.

Postup měření:

1. Pomocí tlakového ventilu nastavte průtok soustavou (při výchozím nastavení rozvaděče) na hodnotu cca 0,6 l/min – tuto hodnotu zapíšete do tabulky (Q_1) – tuto hodnotu zapisujete před každým měřením.
2. Přestavte páku joysticku pro vysouvání hydromotoru.
3. Měřte čas, po který se hydromotor , a z digitálního multimetru odečtete aktuální průtok soustavou.
4. Přestavte páku joysticku pro zasouvání hydromotoru.
5. Zapište hodnoty průtoku před a v průběhu zajíždění a čas, po který se hydromotor zasouvá.
6. Měření opakujte stejným způsobem třikrát.

Tabulky naměřených hodnot:

Vysouvání hydromotoru:

číslo měření	1	2	3
Q_{1v} [$\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$]			
Q_{2v} [$\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$]			
t_v [s]			

Zasouvání hydromotoru:

číslo měření	1	2	3
Q_{1z} [$\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$]			
Q_{2z} [$\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$]			
t_z [s]			

B) Určení objemu hydromotoru výpočtem

Dané parametry hydromotoru:

Průměr pístu	$d = 16 \text{ mm}$
Průměr pístnice	$D = 25 \text{ mm}$
Délka pístu	$l = 400 \text{ mm}$

Vyhodnocení:

Výpočtem stanovené objemy hydromotoru pro oba směry porovnejte s výsledky naměřenými.

Příloha č. 9 – Závislost tlaku a síly

Použité prvky a přístroje:

- Blok rozvaděčů DW4.N-MH
- Průtokoměr DZ30.1N
- Pojistný tlakový ventil DD1.1N
- Elektronický joystick DZ3-MH
- Elektronický modul BPS 17.1
- Hydromotor CD 70C
- Digitální multimetr – multi-systém 5000
- Nastavitelná zátěž 30kg po 5kg

Příprava měřícího zařízení:

1. Nakreslení a prostudování obvodu.
2. Kontrola bezpečného připojení hydraulického vedení.
3. Zapnutí měřícího přístroje.
4. Spuštění čerpadla hydraulického agregátu.

Postup měření:

1. Uzavřete pojistný tlakový ventil.
2. Závaží hydromotoru nastavte na 5kg (50N).
3. Spuštění čerpadla hydraulického agregátu.
4. Ovládací páku joysticku držte v poloze pro zasouvání hydromotoru.
5. Povolováním a uzavíráním tlakového ventilu nastavte hodnotu tlaku tak, aby se hydromotor při zvedání zastavil a запиšte hodnotu do tabulky.
6. Pomocí ovládací páky joysticku sjedte s hydromotorem do spodní polohy a přidejte další závaží o hmotnosti 5kg.
7. Opakujte body 4 – 6 dokud se nedostanete na hodnotu zátěže 30 kg.

F [N]	0	50	100	150	200	250	300
p_n [MPa]							
p_v [MPa]							

Vyhodnocení:

Z naměřených hodnot p_n a vypočítaných hodnot p_v sestrojte grafickou závislost tlaků na zatěžující síle působící na hydromotor. Slovně průběhy zhodnoťte.