

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra zemědělských strojů



Diplomová práce

Modernizace zkušebny hydraulických převodníků

Bc. Adam Kratochvíl

© 2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Adam Kratochvíl

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Modernizace zkušebny hydraulických převodníků

Název anglicky

Modernization of the test bench of hydraulic pump-motor

Cíle práce

Cílem práce je analýza současné zkušebny hydraulických převodníků, vyhodnocení naměřených hodnot při testování hydraulických převodníků a návrh nové zkušebny.

Metodika

Student vytvoří rešerši o hydraulických zkušebnách z dostupné domácí i zahraniční literatury. Popíše stávající zařízení ve firmě Glentor s.r.o. Proměří minimálně dvě čerpadla a dva hydromotory na stávající zkušebně. Udělá analýzu naměřených hodnot a požadavků firmy pro testování hydraulických převodníků. Navrhne modernizaci hydraulické zkušebny.

Doporučený rozsah práce

45-50 stran textu včetně tabulek a obrázků

Klíčová slova

hydraulika, převodník, zkušebna, test

Doporučené zdroje informací

- AKERS, A. – GASSMAN, M. – SMITH, R J. *Hydraulic power system analysis*. Boca Raton, FL: CRC/Taylor & Francis, 2006. ISBN 0824799569.
- BANSKÝ, M. – TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE. DREVÁRSKA FAKULTA. *Mechanizmy výrobných strojov a zariadení : návody na cvičenia*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 1994. ISBN 80-228-0380-4.
- KOPÁČEK, J. – PAVLOK, B. *Tekutinnové mechanizmy*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 1994. ISBN 80-7078-238-2.
- NOACK, S. *Hydraulics in mobile equipment*. Warrendale, PA: SAE Society of Automotive Engineers, 2001. ISBN 0768008867.
- ROH, J. – VYSOKÁ ŠKOLA ZEMĚDĚLSKÁ V PRAZE. TECHNICKÁ FAKULTA. *Tekutinnové mechanizmy*. V Praze: Vysoká škola zemědělská, 1994. ISBN 80-213-0172-4.
- Webové stránky výrobců a prodejců hydraulických převodníků.
- ZHANG, Q. *Basics of hydraulic systems*. Boca Raton ; London ; New York: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009. ISBN 978-1-4200-7098-9.
-

Předběžný termín obhajoby

2021/2022 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Heřmánek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 1. 2. 2021

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 14. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Modernizace zkušebny hydraulických převodníků " jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2022 _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Petru Heřmánkovi, Ph.D. za jeho připomínky, trpělivost a čas, který mi při zpracování diplomové práce věnoval.

Modernizace zkušebny hydraulických převodníků

Abstrakt

Cílem této diplomové práce bylo vytvoření návrhu modernizace zkušebny hydraulických převodníků (hydromotorů a hydrogenerátorů) v prostředí firmy Glentor s.r.o. Práce se skládá ze dvou částí. V první části práce jsou probrány základy hydromotorů a hydrogenerátorů a seznámení s hydraulickými zkušebnami. Druhá část práce je věnována analýze současné zkušebny, měření hydraulických převodníků a dále návrhu modernizace zkušebny, tak aby byla vhodná do provozu firmy.

Klíčová slova: hydraulika; hydrogenerátor; hydromotor; zkušebna.

Modernization of the test bench of hydraulic pump-motor

Abstract

The aim of this diploma thesis was to create a design for the modernization of a test room for hydraulic motors and pumps in the company of Glentor s.r.o. The thesis consists of two parts. The first part of the thesis discusses the basics of hydraulic motors and hydrogenerators and introduces the hydraulic test benches. The second part of the thesis is devoted to the analysis of the current test bench, measurement of hydraulic pumps and motors and also the proposal of modernization of the test bench to make it suitable for the company's operation.

Keywords: hydraulic; hydraulic motors; hydrogenerators; test bench.

OBSAH

1	Úvod	1
2	Cíl práce	2
3	Metodika práce	3
4	Hydrostatické převodníky	4
4.1	Hydrogenerátory	4
4.2	Hydromotory	6
5	Zkušebny a jejich zařízení	10
5.1	Základní koncepce zkušebny	10
5.2	Zkušební a měřicí stanoviště	11
5.3	Analýza zkušeben v zahraničí	14
6	Zkušební zařízení Dyntest	21
6.1	Základní technické parametry testovacího zařízení	22
6.2	Princip činnosti	23
6.3	Struktura zkušebního obvodu	26
6.4	Logistika pracoviště	29
6.5	Obecné zákonitosti energeticky úsporného testovacího zařízení	29
6.6	Teorie energetického úsporného systému pro měření prvků	39
6.7	Výpočet úsporného systému pro Stend 1 a Stend 2	43
6.8	Metodika zkoušení opravovaných hydrostatických převodníků	47
7	Měření a analýza naměřených hodnot	49
7.1	Způsob řízení a regulace	49
7.2	Principiální schéma zkušebny Dyntest	50
7.3	Popis zkušebních činností při obsluze zkušebny Dyntest	54
7.4	Měření a popis hydrostatických převodníků	55
7.5	Analýza naměřených hodnot	69
8	Modernizace zkušebního zařízení	71
8.1	Modernizace stendu 2	71
8.2	Popis upravovaných prvků	74
8.3	Soupis a cena prvků pro modernizaci zkušebny	81
8.4	Řídící systém	81
9	Ekonomické zhodnocení	85
9.1	Financování investice	85

9.2	Technické zhodnocení	86
9.3	Odpisy	86
9.4	Zhodnocení investice	87
10	Závěr.....	89
11	Seznam použitých zdrojů	91
12	Přílohy	93

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Konstrukční řešení axiálních pístových hydrogenerátorů [8]	5
Obr. 2 Konstrukce radiálního pístového hydrogenerátoru [1].....	6
Obr. 3 Řadový pístový hydrogenerátor [1].....	6
Obr. 4 Schéma axiálního pístového hydromotoru s nakloněnou deskou [11].....	8
Obr. 5 Schéma axiálního hydromotoru s nakloněnou blokem válců [11].....	8
Obr. 6 Schéma radiálního pístového hydromotoru s písty ve statoru [11].....	9
Obr. 7 Schéma radiálního pístového hydromotoru s písty v rotoru [11].....	9
Obr. 8 Schéma hydraulické brzdy [4].....	13
Obr. 9 Zkušebna Hydraulik-Technik [15]	15
Obr. 10 Zkušebna MH Hydraulics [16].....	16
Obr. 11 Zkušebna PTL Prüfstandstechnik [14].....	17
Obr. 12 Zkušebna Jetschke [13]	19
Obr. 13 Zkušebna Dyntest.....	21
Obr. 14 Strukturální uspořádání hydraulického obvodu zkušebního zařízení Dyntest	28
Obr. 15 Logistika úsporného systému	29
Obr. 16 Statická charakteristika opraveného převodníku.....	30
Obr. 17 Mezní graf svodové propustnosti	31
Obr. 18 Statické charakteristiky převodníků	32
Obr. 19 Průběh změny geometrického objemu hydrogenerátoru A4VSG.....	36
Obr. 20 Měření hydrogenerátoru s výkonovou regulací.....	37
Obr. 21 Principiální schéma měření hydraulických prvků [24]	39
Obr. 22 Principiální schéma zkušebny Dyntest [25]	50
Obr. 23 Vyhotovený zkušební protokol	53
Obr. 24 Axiální pístový hydrogenerátor s nakloněným blokem – Sauer Danfoss [21].....	56
Obr. 25 Graf naměřených hodnot pro S90R075.....	57
Obr. 26 Graf naměřených hodnot pro S90R075.....	58
Obr. 27 Pístový hydrogenerátor [22].....	58
Obr. 28 Graf naměřených hodnot pro HPV-02 280	60
Obr. 29 Graf naměřených hodnot pro HPV-02 280	61
Obr. 30 Hydromotor A6VE [23]	62
Obr. 31 Graf naměřených hodnot pro A6VE80	63
Obr. 32 Graf naměřených hodnot pro A6VE80	64

Obr. 33 Graf naměřených hodnot pro A6VE80	65
Obr. 34 Graf naměřených hodnot pro A6VE80	66
Obr. 35 Hydromotor 90M075 [21].....	66
Obr. 36 Graf naměřených hodnot pro 90M075	67
Obr. 37 Graf naměřených hodnot pro 90M075	68
Obr. 38 Hydrogenerátor HPV-02 [22].....	75
Obr. 39 Technické údaje HPV-02 [22].....	75
Obr. 40 Hydrogenerátor HPR-02 [22].....	76
Obr. 41 Technické údaje HPR-02 [22].....	76
Obr. 42 Symbol proporcionálního tlakového ventilu [18]	78
Obr. 43 Proporcionální tlakový ventil [18]	78
Obr. 44 Snímač tlaku [19]	79
Obr. 45 Pojistný ventil [20].....	80
Obr. 46 Symbol pojistného ventilu [20].....	80
Obr. 47 Měřicí a řídicí karta [17]	84
Obr. 48 Průběh získávání dat.....	84

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Parametry zkušebního zařízení.....	22
Tab. 2: Technické parametry zkušebny	22
Tab. 3 Tabulka parametrů pro stand 1	33
Tab. 4 Tabulka parametrů pro stand 2.....	33
Tab. 5 Tabulka dovolených otáček převodníků pro stand 1.....	34
Tab. 6 Tabulka dovolených otáček převodníků pro stand 2.....	34
Tab. 7 Naměřené hodnoty pro S90R075	56
Tab. 8 Naměřené hodnoty pro S90R075	57
Tab. 9 Naměřené hodnoty pro HPV-02 280.....	59
Tab. 10 Naměřené hodnoty pro HPV-02 280.....	60
Tab. 11 Naměřené hodnoty pro A6VE80.....	62
Tab. 12 Naměřené hodnoty pro A6VE80.....	63
Tab. 13 Naměřené hodnoty pro A6VE80.....	64
Tab. 14 Naměřené hodnoty pro A6VE80.....	65
Tab. 15 Naměřené hodnoty pro 90M075.....	67
Tab. 16 Naměřené hodnoty pro 90M075.....	68
Tab. 17 Technické parametry zkoušených převodníků.....	69
Tab. 18 Soupis prvků.....	81
Tab. 19 Odpisy	87

1 ÚVOD

Hydraulická zkušebna patří mezi základní vybavení pro vývoj, výrobu a servis hydraulických systémů. Jsou to například hydraulické rozvaděče, ventily, hydromotory, hydraulické válce, bloky osazené hydraulickými prvky, atd. Při výrobě, servisu a opravě je vždy důležité prvky otestovat na zkušebních stanicích. Pouze tímto způsobem dokážeme zjistit jaké vady, jak výrobní či servisované vznikly a pak je následovně eliminovat v případě nesprávného nastavení základních parametrů. Důležitost zkoušení prvků je velice vysoká, jelikož výrobním a servisním firmám ušetří mnoho času, a tedy i peněz.

Důvodem pro výběr tématu této práce bylo navázat na bakalářskou práci, která nesla název *Návrh zkušebny pro rozvaděče a tlakové ventily*, a rozšířit svoje znalosti o opravy a zkoušení hydraulických převodníků.

S rozvojem stavebního, těžebního, dopravního a zemědělského průmyslu jsou stále větší požadavky na zvyšující se produktivitu práce. Zvyšující se požadavky souvisí s náročností uživatelů na zajištění servisních činností na využívaných strojích s minimálním časem, kdy bude stoj v nečinnosti. Většina strojů používaných ve zmíněných oborech je vybavena hydraulickými obvody s hydraulickými převodníky, jejichž výroba a servis je předmětem činnosti firmě Glentor s.r.o. Zajištění kvalitního personálu a rychlého servisu je základní podmínkou pro úspěšný chod firmy. Se zvyšujícími se požadavky se zvedají i požadavky na servisní pracoviště a bez modernizace pracovišť nelze tyto činnosti dlouhodobě vykonávat. Zmodernizovaná zkušebna umožní testovat parametry hydraulických převodníků, které jsou větší, než jsou stávající technické parametry aktuální zkušebny.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této práce je analýza současné zkušebny hydraulických převodníků a provedení několika měření. Na základě vyhodnocení provedeného měření navrhnout úpravy a zmodernizovat současné zkušební zařízení, které je umístěné ve firmě Glentor s.r.o. Tato práce by měla vytvořit podklad pro rozhodování při investování do modernizace pracoviště zkušebny.

V teoretické části se seznámíme s hydrogenerátory a rotačními hydromotory a následně bude vytvořena literární rešerše o hydraulických zkušebnách v zahraničí.

Praktická část bude věnována popisu stávající zkušebny a jeho funkcemi za využití energeticky úsporného systému pro testování hydraulických převodníků. Dále provedeme měření hodnot u čtyř opravovaných hydraulických převodníků s grafickým znázorněním. Následně provedeme analýzu měření a provedeme návrh nových parametrů pro novou zkušebnu. Na základě teoretické části, analýzy zkušebny a naměřených hodnot provedeme návrh řešení pro modernizaci zkušebny včetně seznamu prvků a úpravy hydraulického obvodu. V závěru práce budou shrnuty a vyhodnoceny veškeré provedené kroky, včetně ekonomického zhodnocení.

3 METODIKA PRÁCE

Nejprve bude zpracována literární rešerše, která je zaměřená na převodníky, zkušebny a jejich zařízení. Za využití vědecké pozorovací metody bude zpracován popis a funkce aktuální zkušebny ve firmě Glentor s.r.o. Poznatky z této části jsou následně přeneseny do druhé poloviny práce, kde jsou poznatky zhodnoceny.

V praktické části, použijeme metodou měření pro 2 hydrogenerátory a 2 hydromotory s následnou analýzou naměřených hodnot. Z výsledků analýzy naměřených hodnot se vytvoří zadávací podmínky pro modernizaci zkušebny.

Na základě výše zmíněných operací se provede návrh modernizace, provedou se potřebné výpočty a vytipují se vhodné prvky. Dále se provede úprava hydraulického obvodu.

4 HYDROSTATICKÉ PŘEVODNÍKY

Hydrostatické převodníky jsou hydraulické prvky, které se podle směru přestupu energie rozdělují na hydrogenerátory a hydromotory. V hydrogenerátoru se převádí mechanická energie z tuhých částí na energii tlakovou. V hydromotoru se tato tlaková energie kapaliny převádí na mechanickou energii tuhých částí. Hydrostatické převodníky mohou být regulační, kdy lze jejich geometrický objem libovolně během chodu měnit a neregulační, kdy jejich geometrický objem během chodu měnit nelze. Dále lze hydrostatické převodníky dělit na převodníky bez reverzace nebo s reverzací otáčení. Převodníky bez reverzace otáčení mohou být levotočivé nebo pravotočivé. Bez demontáže a dílčích úprav nelze směr otáčení měnit. Převodníky s reverzací otáčení jsou schopné pracovat v jakémkoliv směru otáčení. [4]

V této kapitole si blíže popíšeme nejvíce zkoušené typy převodníků.

4.1 Hydrogenerátory

Hydrogenerátor je hydraulický převodník, který převádí mechanickou energii na tlakovou energii kapaliny. Kapalina z nádrže je do hydrogenerátoru přiváděna vstupním neboli sacím kanálem. Kapalina prochází pracovním prostorem a odchází výstupním kanálem dále do oběhu. Charakteristickou veličinou hydrogenerátorů je geometrický objem značený, V_g což je objem kapaliny, který jím proteče během jediné otáčky.

Podle konstrukčního principu vytváření pracovního prostoru se hydrogenerátory dělí na:

- Zubové s vnějším nebo vnitřním ozubením;
- Pístové axiální nebo radiální;
- Lamelové;
- Šroubové.

Axiální i radiální pístové a lamelové hydrogenerátory se vyrábějí s konstantním i proměnným geometrickým objemem. [1]

Pístové hydrogenerátory

Základním konstrukčním prvkem těchto hydrogenerátorů jsou písty, které vykonávají ve válcích přímočarý pohyb vratný. Válce jsou uspořádány buď jednotlivě, nebo v tzv. blocích.

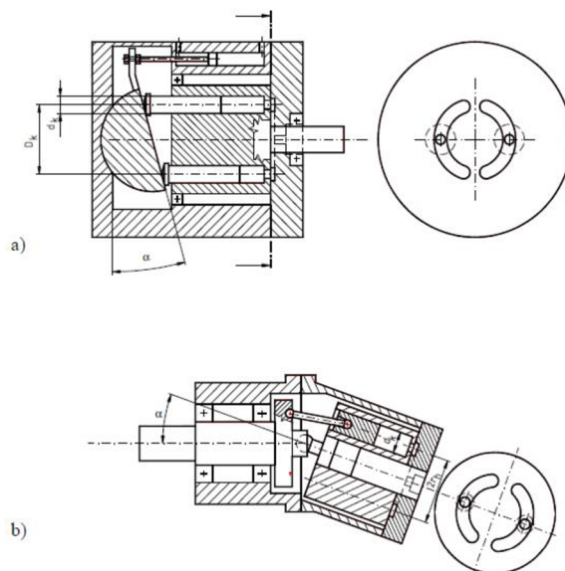
Podle prostorového uspořádání pístů k ose rotace hřídele se pístové hydrogenerátory dělí na generátory:

- axiální;
- radiální;
- řadové.

Axiální pístové hydrogenerátory

Axiální pístové hydrogenerátory mají písty rovnoběžné s osou rotace bloku válců a nakloněnou součástí je deska, nebo je deska kolmá k ose rotace a nakloněnou částí je samotný blok válců s písty. Úhel sklonu je vždy menší než 45° . Základní princip těchto hydrogenerátorů je zřejmý z obr.1. Konstrukční řešení druhého typu nám zaručuje samonasávání nuceným pohybem pístů a lze jej uspořádat jako regulační i neregulační, na rozdíl od prvního typu s nakloněnou deskou, který je obvykle řešen pouze jako regulační a většinou potřebuje zabezpečit dodávání kapaliny do sání pomocným zdrojem. [4][1]

Obr. 1 Konstrukční řešení axiálních pístových hydrogenerátorů [8]



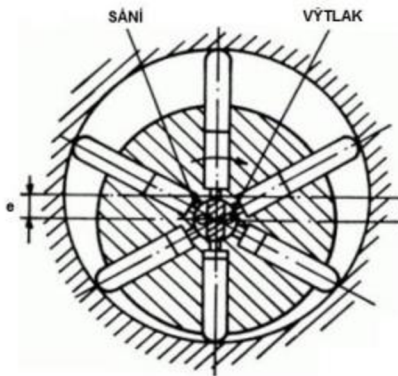
a) s nakloněnou deskou; b) s nakloněným blokem válců

Radiální pístové hydrogenerátory

Typ těchto pístových hydrogenerátorů se vyznačuje kolmým a zároveň radiálním uspořádáním pístů k hnací hřídeli. Radiální pístové generátory se nejčastěji vyrábějí s rotujícím blokem válců, který je uložen otočně na pevném čepu, který je v místě vrtání válců zfrézován a rozděljuje tak sací a výtlačný prostor. Vrtáním v čepu přivádíme do sacího prostoru kapalinu, která je nasávána do válců a od druhé poloviny otáčky je kapalina vytlačována do výtlačného prostoru a odchází opět přes vrtání v čepu. Styk pístů se statorem může být zajištěn například přitlačnými pružinami, tlakem kapaliny nebo vedením pístů

ve statoru. U regulačních generátorů se mění geometrický objem změnou jeho excentricity jak je vidět obr. 2. [1]

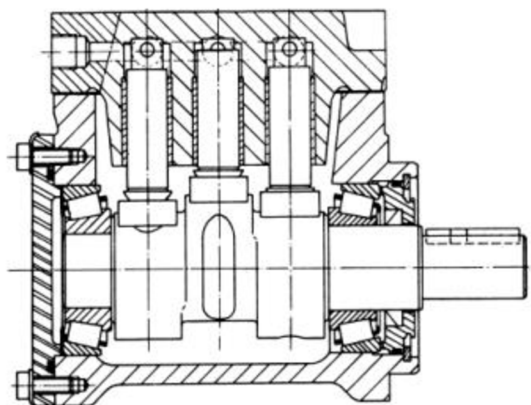
Obr. 2 Konstrukce radiálního pístového hydrogenerátoru [1]



Řadové pístové hydrogenerátory

Písty řadových hydrogenerátorů, které konají přímočarý pohyb vratný, jsou umístěny v řadě v jedné rovině kolmé na osu hnacího hřídele. Provedení těchto generátorů může být složeno z jednoho či více pístů. Řadové hydrogenerátory mohou pracovat s vysokými tlaky a vyznačují se vysokou účinností. Nejčastěji se s nimi můžeme setkat v průmyslových provozech např. hydraulické lisy. Příklad konstrukce řadového generátoru, který pohání písty vačkovou hřídelí je na obr. 3. [1]

Obr. 3 Řadový pístový hydrogenerátor [1]



4.2 Hydromotory

Hydromotory jsou hydrostatické převodníky, které převádějí tlakovou energii na energii mechanickou rotačního nebo přímočarého pohybu.

Rotační hydromotory

Hydromotory jsou výstupním prvkem hydraulického mechanismu. V porovnání s hydrogenerátory plní inverzní funkci. Na vstupu se do hydromotoru přivádí kapalina o určitém průtoku a tlaku. V pracovním prostoru se přivedená energie převádí ze sloupce kapaliny na pracovní prvky daného hydromotoru. Na výstupní části je moment a otáčky. Rotační hydromotory charakterizuje široký rozsah otáček, menší rozměry a hmotnosti. Dělení dle činných prvků, které vytváří geometrický objem motoru:

- Zubové;
- Pístové;
- Lamelové;
- Šroubové.

V dnešní době se nejčastěji využívají z rotačních motorů motory lamelové a pístové. Důvodem většího využití lamelových motorů je jejich velký geometrický objem při relativně malých rozměrech. Axiální pístové motory se využívají vzhledem k dynamickým vlastnostem pro vysoké frekvence, na rozdíl od radiálních, které se využívají pro nízké frekvence a velké kroutící momenty.[1]

Pístové hydromotory

Pístové hydromotory jsou nejrozšířenější motory, které se používají v hydraulických mechanismech. Pracovním prvkem je píst, který koná přímočarý vratný pohyb. Dělí se do dvou skupin: axiální a radiální [12]

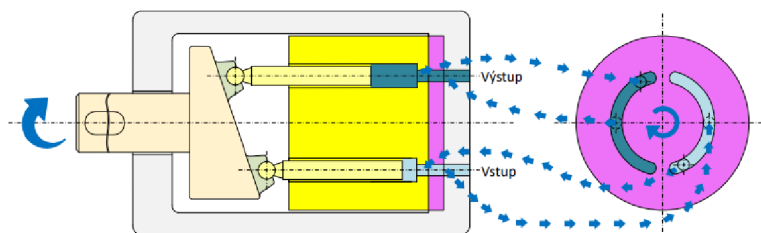
Axiální pístové hydromotory

Vyrábějí se v regulačním i neregulačním provedení. Používají se v prostředí, kde je třeba dosahovat vysoké frekvence. Dle konstrukce se axiální pístové hydromotory dělí na motory:

- s nakloněnou deskou;

Vstupním kanálem je přiváděna kapalina na rozdělovací desku, která zajistí rozvod kapaliny na dvě poloviny. Na rozvodovou desku je přitlačována unášecí deska s otvory pro vstup kapaliny do válce. Kapalina protéká skrze vstupní polovinu rozdělovací desky do otvoru v unášecí desce, kde tlačí na plunžr, který roztáčí unášecí desku. Konec plunžru je opatřen kulovým čepem a naklápěcí částí, což umožňuje dokonalý styk s naklápěcí deskou. Po určitém pootočení unášecí desky se prostor nad plunžrem spojí s výstupní polovinou rozdělovací desky;

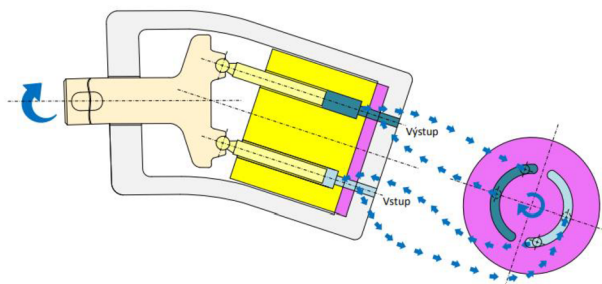
Obr. 4 Schéma axiálního pístového hydromotoru s nakloněnou deskou [11]



- s nakloněným blokem válců;

Princip: je velice podobný hydromotoru s nakloněnou deskou. Rozdíl je ten, že pro realizaci se nepoužije naklápěcí deska, ale naklopí se celý blok. Dále se přes kulový čep spojí výstupní hřídel s jednotlivými plunžry, což má výhody v tom, že není zapotřebí žádné přitlačné síly. [12]

Obr. 5 Schéma axiálního hydromotoru s nakloněnou blokem válců [11]



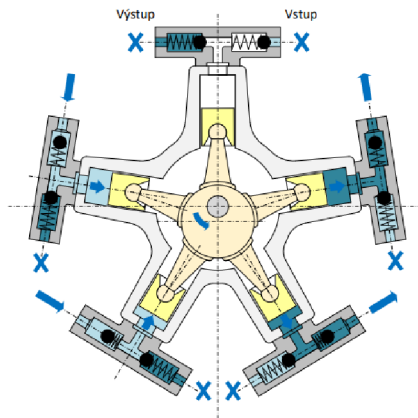
Radiální pístové hydromotory

Radiální pístové hydromotory jsou navrhovány pro nízké a střední otáčky. Tlak, při kterém se pracuje, dosahuje až 40 MPa. Výhodou při vyšších tlacích je vysoký kroučící moment, který je používán k pohonu strojů bez mechanické převodovky. Podobně jako radiální hydrogenerátory jsou radiální pístové hydromotory vyráběny ve dvou provedeních:

- s písty vedenými ve statoru;

Síla z pístu od tlaku kapaliny se přenáší na výstředník vytvořený na výstupní hřídeli hydromotoru. Přenos síly od pístu ke středu excentru je zajištěn prostřednictvím ojnice, naklápěním vedení pístu nebo prostřednictvím vícebokého hranolu. Počet pístů bývá 5 až 7, pro zvýšení kroučícího momentu mohou být písty uspořádány ve dvou řadách, vzájemně pootočených o polovinu rozteče. Rozvod je válcovým nebo plochým šoupátkem. Protože geometrický objem je tvořen zdvihem pístů sledujících kruhovou dráhu, nazývají se hydromotory tohoto typu jednokřivkové;

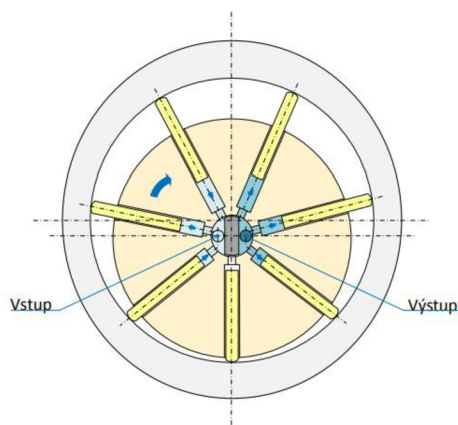
Obr. 6 Schéma radiálního pístového hydromotoru s písty ve statoru [11]



- s písty vedenými v rotoru;

Odlišností od radiálního hydrogenerátoru je hydromotor v křivkové dráze pro písty, díky kterým je možný několikanásobný zdvih každého pístu během jedné otáčky. Z tohoto důvodu se těmto hydromotorům říká vícekřivkové. Rozvod kapaliny je válcovým nebo plochým šoupátkem. Tyto hydromotory mají sudý počet pístů, díky kterým jsou radiální síly vyrovnány. Nejčastější použití radiálních pístových hydromotorů je u pohonů navíjecích bubnů jeřábů a pohonů pojezdových kol mobilních strojů. Při velkých točivých momentech se tyto hydromotory kombinují s planetovým převodem, který je opatřen brzdou pro klidovou polohu hydromotoru. [12]

Obr. 7 Schéma radiálního pístového hydromotoru s písty v rotoru [11]



5 ZKUŠEBNY A JEJICH ZAŘÍZENÍ

Zkušebny hydraulických prvků a soustav jsou nezbytnou součástí vybavení každého závodu či podniku, vyrábějícího hydraulické prvky nebo zajišťujícího jejich servis. Z hlediska určení lze tedy zkušebny rozdělit na:

- výrobní;
- výzkumně vývojové;
- servisní.

Jednotlivé zkušebny se z hlediska celkové koncepce i vybavení od sebe značně liší. Zvláštní kategorii tvoří autorizované zkušebny, budované podle zákona č. 30/1968 Sb. o státním zkušebnictví. Jejich činnost je podstatně širší než u ostatních zkušeben a zaměřuje se na komplexní hodnocení výrobku i jeho jednotlivých součástí, na jejich porovnání s jinými, především zahraničními a na sledování jejich jakosti. [4]

5.1 Základní koncepce zkušebny

Určující hlediska pro základní koncepci zkušebny ve výrobním závodě a výzkumně vývojovou zkušebnu jsou:

- výrobní program podniku, tj. druh prvků, mechanismů a jejich množství, popř. zaměření výzkumně vývojového pracoviště;
- hydraulické parametry prvků a soustav, tj. tlak, průtok a otáčky;
- určení zkušebny, tj. jde-li o zkušebnu výrobní či výzkumně vývojovou.

Výrobní program podniku ovlivňuje koncepci zkušebny zásadně, a to zejména u výrobní zkušebny, kde určuje její plochu. Požadavky na plochu zkušebny hydrauliky ve výrobním závodě budou značně rozdílné při produkci několika desítek tisíc hydrogenerátorů a hydromotorů různých velikostí ročně, či desítek tisíc řídicích prvků – ventilů či rozváděčů – nebo několika set strojů s hydraulickým pohonem, nebo jednoho velkého technologického souboru v průběhu dvou až tří let (např. válcovací trať, velkorypadlo pro povrchové doly apod.).

Potřebné plochy pro zkoušení budou ovlivňovány koncepcí zkušebních stavů. Pro rozmanitost výrobního programu hydraulických prvků a soustav s přihlédnutím k uvedeným kritériím lze plochu výrobní zkušebny doporučit rámcově 100 až 500 m².

Plochy výzkumně vývojových zkušeben bývají řádově asi dvakrát větší než zkušeben výrobních. Záleží opět na kapacitách a druhu výroby. U zkušeben ve výrobních a technologických podnicích jsou vyhrazeny plochy pouze v rozmezí 10-100 m² k provádění funkčních zkoušek prvků a kompletních soustav.

Hydraulické parametry vyráběných prvků, tj. zejména tlak a průtok, budou ovlivňovat koncepci zkušebny z hlediska instalovaného příkonu hnacích motorů tlakových zdrojů či zkoušených hydrogenerátorů, příkon agregátů pro udržování teplotního režimu (chlazení a ohřev pracovní kapaliny) a také budou mít vliv na výběr potřebné měřicí techniky a uspořádání "olejového hospodářství".

Určení zkušebny pro výrobní či výzkumně vývojové zkoušky bude významně ovlivňovat její koncepci, a to zásadně rozdílnou koncepcí zkušebních stanovišť, která budou mít ve výrobních zkušebnách charakter jednocelových zařízení, ve zkušebnách výzkumně vývojových charakter univerzálních zařízení.

Z hlediska členění plochy zkušebny mohou být zkušební a měřicí stanoviště situována buď na volné ploše, nebo v uzavřených, oddělených stanovištích. Volná plocha zkušebny umožňuje její racionálnější využívání, snadnou variabilitu zkušebních stanovišť a zařízení a toto řešení bude vhodné pro výzkumně vývojové a výrobní zkušebny o menší ploše. Nevýhodou takto uspořádané zkušebny bude především její vyšší hlučnost, někdy až nad přípustnou normu, zejména při současné práci více stanovišť.

Uspořádání zkušebny částečně nebo úplně v uzavřených stanovištích je běžná u výrobních zkušeben velkých výrobců hydrogenerátorů a hydromotorů. Nezbytná je tam, kde se jako hnacích agregátů používají spalovací motory. Ve výzkumně vývojových zkušebnách to není běžné, kromě tzv. hlukové komory. Výhodou tohoto uspořádání je především potlačení rušivých vlivů mezi jednotlivými zkušebními stanovišti, zpravidla oddělením strojního a měřicího prostoru pevnou zasklenou stěnou, a tím také zvýšení bezpečnosti práce. Nevýhodou je více či méně stabilní uspořádání každého stanoviště. [4]

5.2 Zkušební a měřicí stanoviště

V předchozí kapitole byla již naznačena možná koncepce zkušebních a měřicích stanovišť, a to buď ve sdruženém provedení, kdy zkušební i měřicí přístroje jsou v jednom prostoru bezprostředně vedle sebe, nebo v odděleném provedení, kdy v jedné místnosti je zkušební zařízení s obsluhou a popř. část základních měřicích přístrojů a v druhé, sklem oddělené místnosti, je zkušební technik a další měřicí přístroje. Zkoušená zařízení se zpravidla podle velikosti upínají buď přímo na roštovou podlahu, nebo nejčastěji na upínací kostky s výřezy či upínací stoly. Kostky i stoly musí být řešeny tak, aby byl umožněn odvod odpadního oleje do sběrných van, umístěných kolem upínacích míst nebo pod nimi. Některé upínací stoly jsou konstruovány i pro výškové stavění.

Důležitou součástí zkušebních stanovišť jsou olejové nádrže. Bývají buď stabilní, či mobilní nebo přenosné a jejich objem odpovídá základním parametrům řady zkoušených prvků, zejména průtoku. Nádrže jsou konstruovány zpravidla pro objem 200, 400 popř. 1 000 dm³ a musí být provedeny tak, aby je bylo možno vypouštět a čistit. Zvláštním

vybavením těchto nádrží, zejména většího objemu, bývá někdy zařízení pro udržování konstantní teploty oleje.

Zvlášť významným zařízením zkušebních stanovišť jsou pohony a brzdy. Tam, kde je pohon určen pouze pro tlakový zdroj – hydrogenerátor, tj. pro zkušebnu hydromotorů a řídicích prvků, používá se téměř výhradně asynchronních elektromotorů s kotvou nakrátko běžné konstrukce a potřebné změny průtoku se dosahuje regulačním hydrogenerátorem. Na zkušebnách hydrogenerátorů a hydrostatických převodů se používá kromě elektrického pohonu i pohon spalovacím motorem.

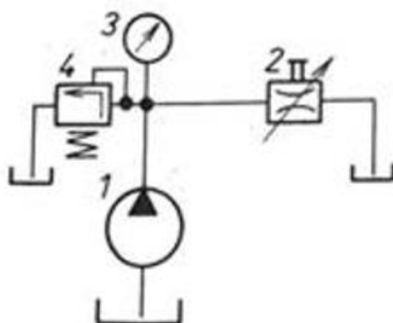
Spalovací motor klade na uspořádání zkušebního stanoviště zvláštní požadavky. Je to především jeho odhlučnění, které se řeší umístěním motoru do zvláštní místnosti, palivová soustava, chlazení, ovládání jeho spouštění a regulace. Chlazení motoru (obvykle vodní) musí být zvlášť dobře dimenzováno a umisťuje se vně zkušebny.

U elektrických pohonů, kde je hlavním požadavkem řízení jejich otáček v poměrně širokém rozsahu, se používají stejnosměrné elektromotory s tyristorovým řízením. Další možnosti poskytují elektrické pohony s asynchronními motory s regulací otáček statickými měniči frekvence. Oba elektrické pohony jsou pro potřebné výkony a otáčkové parametry našich zkušeben běžně dostupné z prvků vyráběných v ČR a EU.

Jako hnací motory pro zkoušení hydrogenerátorů a současně jako rotační hydromotory se v řadě výrobních i výzkumně vývojových zkušebnách používají i u nás i v zahraničí elektrické dynamometry. Tyto moderní dynamometry mají číslicovou i analogovou měřicí techniku s možností zápisu měřených veličin na pracovní počítač.

Ve výrobních i výzkumně vývojových zkušebnách se velmi často používají hydrostatické brzdy obr. 8. Hydrogenerátor 1 je spojen s brzděným strojem (hydromotorem) a do jeho výtlaku je zařazen proměnný hydraulický odpor 2 (škrticí nebo přepouštěcí ventil), kterým se zatěžuje hydrogenerátor, a tím se na jeho hřídeli vytváří menší či větší točivý moment, který má charakter brzdného momentu. Velikost tohoto momentu lze stanovit z hodnoty geometrického objemu V_g , hydrogenerátoru, z ověřené hodnoty jeho účinnosti η_g a ze změřeného tlaku na manometru 3 na výstupu z hydrogenerátoru. Příslušný manometr může být pak cejchován přímo v hodnotách momentu.

Obr. 8 Schéma hydraulické brzdy [4]



1 – hydrogenerátor, 2 – škrtící ventil, 3 – tlakoměr, 4 – pojistný ventil

Při požadavku brzdění v obou směrech otáčení a pro možnost programovatelného brzdného účinku je hydrostatická brzda poněkud složitější. Z hlediska zastavěné plochy má hydrostatická brzda podstatně menší rozměry než stejnosměrný dynamometr s příslušenstvím.

Nevýhodou hydrostatické brzdy je, že nepracuje s rekuperačním účinkem, mařená energie na proměnném odporu se mění v teplo, které může při větších brzdných výkonech a při dlouhodobém měření dosáhnout značných hodnot. Proto je nutné účinné chlazení.

Další nevýhodou, která je společná i pro stejnosměrný dynamometr, je nemožnost práce při otáčkách menších než 500 min^{-1} . Tento nedostatek je zvláště citelný při měření pomaloběžných hydromotorů, jejichž pracovní otáčky jsou od 1 do 200 min^{-1} , a také při měření rychloběžných hydromotorů v oblasti jejich minimálních otáček a při měření jejich záběrového momentu. Není-li k dispozici speciální elektromagnetická prášková brzda, musí se použít mechanické brzdy, nebo zařazovat mechanické převody mezi brzděný stroj a brzdu. Při měření hydraulických soustav v nestacionárních režimech, např. při rozběhu nebo zatížení momentovým rázem, potřebujeme vytvářet změny tlaku nebo průtoku jako skokovou funkci. Protože tato skoková změna není prakticky realizovatelná v čase $t = 0$, je nutno počítat se změnou řádově v čase $t = 5$ až 10 ms^{-1} , které se dosáhne speciálně upraveným elektromagneticky ovladatelným rozváděčem.

Při měření frekvenčních charakteristik hydraulických prvků a soustav je potřebné generovat vstupní sinusovou funkci určité amplitudy a frekvence. Pro tento účel se nejlépe osvědčil elektrohydraulický servoventil, jehož výhodou je snadná ovladatelnost elektrickým signálem. Zapojení servoventilu do hydraulického obvodu je pro generování vstupního signálu připouštěním určitého objemu kapaliny, čímž se řídí tlak. Zkušební a měřicí stanoviště pro zkoušení hydraulických prvků sériové výroby bývají zpravidla uspořádána jako kompaktní zkušební stav s částí upínací, s tlakovým zdrojem a nádrží s regulačními prvky a měřicími přístroji, často ve stavebnicovém řešení umožňujícím řadu kombinací. Spolehlivý

provoz každé zkušebny není však možno zajistit bez odborných kádřů. Na pracovníky zkušebny jsou kladeny vyšší nároky zejména v jejich kvalifikaci, iniciativě a odpovědnému přístupu k práci, jak to vyžaduje charakter práce při měření a také bezpečný provoz zkušebny. [4]

5.3 Analýza zkušebních zařízení v zahraničí

Níže jsou uvedeny některé stávající zkušební zařízení v zemích EU.

Zkušební zařízení Hydraulik-Technik Kh. Hauck GmbH [15]

Používají speciální zkušebny, na kterých se měří důležité funkce a parametry hydrogenerátorů, hydromotorů, ventilů, ventilových bloků a systémů řízení. Zkušební protokoly přesně dokumentují výsledky zkoušek a zajišťují kvalitu oprav a údržby.

Hydraulická zkušebna byla navržena a postavena zaměstnanci firmy Hydraulik-Technik. Využívá se na měření tlaků, průtoků, netěsností a spotřeby proudu. V Německu je jen málo srovnatelných vysoce výkonných zkušebních zařízení. Po každé opravě, kterou firma provede, jsou hydrogenerátory nebo hydromotory podrobeny zkušebnímu provozu. Regulace jsou nastaveny podle zadaných hodnot. Pro zákazníky se vytváří po každé zkoušce digitální zkušební protokol, který dokumentuje výkonnostní parametry, a tím i úspěšnost opravy.

Technické údaje o hydraulické zkušební stolici pro čerpadla a motory:

- Hydraulická nádrž: 1 300 dm³ hydraulického oleje (udržovaného na konstantní teplotě 60 °C);
- Instalovaný příkon;
- Objemový hydrogenerátor: 455 dm³.min⁻¹ (pro testování hydrogenerátorů v otevřeném okruhu);
- Maximální průtok: 600 dm³.min⁻¹ (měřeno průtokovou turbínou);
- Zkušební stend pro hydrogenerátory: Zkušební otáčky: až 3 000 min⁻¹;
- Zkušební stend pro motory: Zkušební otáčky: až 2 000 min⁻¹;
- Měření úniku;
- Provozní tlak: 50 MPa;
- Testování v otevřeném i uzavřeném okruhu.

Nastavení regulací:

- Mechanická;
- Hydraulická;
- Elektrická.

Obr. 9 Zkušebna Hydraulik-Technik [15]



Zkušební zařízení MH Hydraulics BV [16]

Tato Nizozemská firma se zabývá vývoje a prodejem elektricky poháněných zkušeben pro hydrogenerátory a hydromotory. Jsou schopné testovat otevřenou i uzavřenou smyčku.

Motory s příkonem od 45 do 140 kW. Plynulá regulace otáček v rozmezí 0 až 2800 min⁻¹ umožňuje testovat většinu běžných hydrostatických převodníků. Zkušebny jsou schopny testovat tlak od 0 do 35 MPa. Turbinový průtokoměr měří průtok oleje v kombinaci s tlakem, teplotou a otáčkami pohonu. Notebook s tiskárnou vytváří zkušební diagram.

Ke sledování je k dispozici několik signalizátoru teploty, olejového filtru atd. Všechny dynamické testovací stanice MH jsou vybaveny MH prvky a všechny rámy jsou navrženy pro maximální výkon 140 kW. Zkušební stolice s nižším výkonem lze později snadno modernizovat.

Obr. 10 Zkušebna MH Hydraulics [16]



MH EPT 140 Hydraulic Test bench

Dynamické zkušební zařízení o výkonu 140 kW pro zkoušky v otevřeném a uzavřeném okruhu až do 35 MPa.

Technické údaje o hydraulické zkušební stolici pro čerpadla a motory:

- Hydraulická nádrž: 800 dm³ hydraulického oleje;
- Instalovaný příkon: 140 kW;
- Maximální průtok: 600 dm³.min⁻¹ (měřeno průtokovou turbínou);
- Zkušební otáčky: až 2 800 min⁻¹;
- Maximální tlak: 35 MPa;
- Maximální průtok při tlaku 35 MPa: 154 dm³.min⁻¹;
- Maximální tlak při průtoku 300 dm³.min⁻¹: 18 MPa;
- Testování v otevřeném i uzavřeném okruhu.

Nastavení regulací:

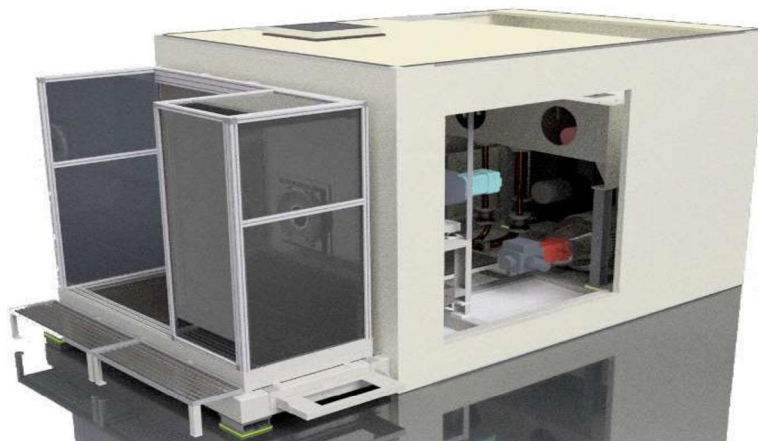
- Mechanická;
- Hydraulická;
- Elektrická.

Zkušební zařízení PTL Prüfstandtechnik Leipzig GmbH [14]

PTL Prüfstandtechnik GmbH je inovativní společnost v oboru hydrauliky s tradičním sídlem v Lipsku. Společnost má dlouholeté zkušenosti a zaměstnává vynikající odborné inženýry, má své kořeny ve společnosti "ORSTA-Hydraulik", dříve největší hydraulické firmě

ve východním Německu. Společnost PTL Prüfstandstechnik Leipzig GmbH vznikla z inženýrské společnosti IPM Ingenieur – und Projektmanagement GmbH a zaměřuje se na speciální oblasti elektrohydrauliky a automatizace, zejména na konstrukci zkušebních zařízení a zkušební techniku.

Obr. 11 Zkušebna PTL Prüfstandstechnik [14]



Zkušební zařízení pro testování motorů a hydrogenerátorů s rekuperací energie

Technické údaje o hydraulické zkušební stolici pro čerpadla a motory:

- Hydraulická nádrž: 1 200 dm³ hydraulického oleje (udržovaného na konstantní teplotě 60 °C);
- Instalovaný příkon: 86 kW;
- Maximální průtok: 450 dm³.min⁻¹;
- Zkušební otáčky: až 3000 min⁻¹;
- Maximální tlak: 44 MPa;
- Maximální točivý moment: 2000 Nm;
- Testování v otevřeném i uzavřeném okruhu.

Nastavení regulací:

- Mechanická;
- Hydraulická;
- Elektrická.

Zkušební zařízení s rekuperací energie pro firmu Jetschke Indu.

Společnosti Prüfstandtechnik Leipzig GmbH a Jetschke Industriefahrzeuge vyvinuly a postavily zkušební zařízení, který umožňuje testování axiálních pístových hydrogenerátorů a hydromotorů v libovolném směru otáčení, a to jak v uzavřeném, tak v otevřeném okruhu. Hydraulický hydrogenerátory a hydromotory se používají ve vysoce produktivních strojích

po celém světě. Požadavky na spolehlivou a bezpečnou funkci hydraulických komponentů se neustále zvyšují, protože porucha stroje by způsobila značné náklady. Totéž platí pro komponenty, které opravují poskytovatelé nabízející servisní služby. Tyto součásti by měly být v ideálním případě testovány podle stejných kritérií, která platí pro výrobce součástí.

Tlakové zatížení hydrogenerátorů se v současné době zkouší pomocí tlakových regulačních ventilů; hydropohony se stejně jako hydrogenerátory zpravidla zkoušejí hydraulicky, tj. bez vnějšího zatížení. Vyráběná velikost hydrogenerátorů a hydropohonů se v posledních letech neustále zvětšuje na základě potřebného výkonu, zejména u mobilních strojů. Kromě toho se drasticky zvýšily přípustné krátkodobé bodové tlaky pro tyto komponenty, což vedlo k požadavkům na zkoušky až do 48-50 MPa. Kromě spotřeby energie, potřebné k takovému testování nemá mnoho podniků a ani přístup k tak vysokým přípojným výkonům u svých dodavatelů energie. Jako alternativa existují systémy, v nichž jsou zkušební předměty (hydrogenerátory) zatěžovány hydropohony, které samy vyvíjejí hnací sílu na zkušební předměty. Takto lze interně vytvořit tlakové zatížení libovolné síly, přičemž pohon pouze dodává celkový ztrátový výkon systému. Tyto systémy se často označují jako "točivé systémy". Takové systémy se obvykle používají pouze pro zkoušky ve stabilních provozních podmínkách, protože tyto oběhy bývají nestabilní a pro dynamické procesy je nutná rychlá regulace tlakového hydropohonu.

Na základě myšlenky rekuperace energie společnosti Prüfstandtechnik Leipzig GmbH a Jetschke Industriefahrzeuge vyvinuly a postavily zkušební zařízení, které umožňuje testování axiálních pístových hydrogenerátorů a hydromotorů v libovolném směru otáčení, a to jak v uzavřeném, tak v otevřeném okruhu. Zkušební předměty lze nastavit s libovolnou variantou koncového regulačního zařízení výrobce. Dalším důležitým bodem je, že hydropohony nejsou zatěžovány hydraulicky, ale prostřednictvím vnějšího torzního momentu, tedy prakticky. Základním prvkem je dynamometr, který byl speciálně upraven hamburskou společností Jetschke, prodejcem a poskytovatelem údržby Linde Hydraulics. Tento konkrétní dvouosý pístový stroj je určen pro provoz hydrogenerátorů a pohonů v obou směrech otáčení. Stroj je přímo spojen se zkušebním předmětem prostřednictvím měřicí tyče pro měření kroutícího momentu. Dynamometr a zkušební předmět pracují hydraulicky v uzavřeném okruhu.

Obr. 12 Zkušebna Jetschke [13]



Mají-li se hydrogenerátory zkoušet pro otevřené okruhy, je stanoviště vybaveno sacím vedením a olej se po průchodu dynamometrem vypouští do nádrže přes kártrizový ventil. Obsluha před zahájením zkoušky zadá informace o povaze zkoušeného předmětu do řídicí jednotky zkušebního stanoviště, ať už se jedná o hydrogenerátor nebo hydromotor. Podle toho dynamometr pracuje jako hydromotor nebo hydrogenerátor.

System je poháněn axiálním pístovým hydromotorem jako třetí součástí dynamometru. Tento hydropohon pracuje v uzavřeném okruhu, takže otáčky zkušebního tělesa lze regulovat v širokém rozsahu. Měří se průtok oleje a tlak v příslušném vysokotlakém potrubí zkušebního tělesa. V závislosti na nastavení zkušebního tělesa a požadavcích na průběh zkušebního tlaku se dynamometr řídí nastavením proporčních ventilů. Tlakové uzavírací ventily dynamometru působí přímo na kanálech vedoucích k seřizovacímu válci, takže pracují přímo a velmi rychle. Konstrukce dynamometru jako dvouosého pístového stroje umožňuje vysokou rychlost otáčení a efektivní přizpůsobení velikosti zkušebního předmětu. U velkých zkušebních těles pracují obě jednotky se součtem svých příslušných zdvihů; u velmi malých zkušebních těles je možné ovládat pouze primární jednotku, takže je účinná pouze část zdvihu obou strojů.

Zkušební zařízení postavené pro firmu Jetschke je navrženo pro:

- Instalovaný příkon: 160 kW;
- Maximální tlak: 45 MPa;
- Maximální průtok: 450 dm³.min⁻¹;
- Zkušební otáčky: až 3 000 min⁻¹.

Stroj se kompletně ovládá prostřednictvím řídicího počítače, který na obrazovce zobrazuje všechny důležité ukazatele. Měření a gradienty lze dokumentovat a ukládat do databází. Toto zkušební zařízení dosahuje univerzální použitelnosti díky modulárnímu programování a parametrizaci – a navíc šetří energii rekuperací.[14]

6 ZKUŠEBNÍ ZAŘÍZENÍ DYNTEST

Zkušební zařízení na obr. 13. je určeno pro zkoušení hydrogenerátorů a hydromotorů po repasi a opravách. Zařízení se skládá ze dvou zkušebních stendů a zdrojové soustavy. Hydraulické zařízení tvoří zdroj tlakové energie, k němuž je hydraulicky napojena soustava zkoušeného hydrogenerátoru nebo hydromotoru. K této soustavě je připojen hydraulický blok, osazený hydraulickými prvky, nutnými pro řízení zkušebního stendu. Rozvod tlakového media mezi tlakovým zdrojem, hydraulickými bloky a zkoušenou soustavou je zajištěn ocelovými bezešvými trubkami a pryžovými hadicemi.

Na obou těchto stendech se dá provádět zkoušení buď v otevřeném obvodu, kde hydraulický olej ve vratné větvi odchází zpět do nádrže, nebo lze provádět zkoušení v uzavřeném obvodu, kde hydraulický olej ve vratné větvi slouží jako zdroj tlakového oleje pro zkoušený hydrostatický převodník.

Obr. 13 Zkušebna Dyntest



Zdroj: vlastní zpracování

Zkušební zařízení umožňuje s vysokou energetickou účinností zkoušet hydrostatické převodníky. Struktura hydraulického obvodu je proto navržena tak, aby bylo umožněné pouhé krytí energie určené průtokovou a tlakovou účinností zmíněných prvků. Systém je koncipován na bázi mechanického spojení převodníků hydrogenerátor – hydromotor formou elektromotoru s průběžným hřídelem, jehož otáčky jsou řízeny frekvenčním měničem. Systém je doplněn o zdroj, který kryje energetické ztráty. Ovládání je prováděno elektronicky prostřednictvím počítače a je vybaveno potřebnými snímači a čidly pro kontrolu mezních a poruchových stavů zařízení.

Součástí stroje je speciální agregát pro výplach hydrogenerátorů se separátní nádrží. Výplach hydrogenerátorů a hydromotorů před opravou je prováděn na výplachovém agregátu z důvodu, aby nedošlo k znečištění hydraulické kapaliny v nádrži zkušebního stendu.

6.1 Základní technické parametry testovacího zařízení

Tab. 1: Parametry zkušebního zařízení

Zkušební zařízení Dyntest	Velikost	Výrobce
Stend 1 pro převodníky 10–56 cm³		
zatěžující hydrogenerátor	71cm ³	Bosch Rexroth
Stend 2 pro převodníky 63–180 cm³		
zatěžující hydrogenerátor	180 cm ³	Bosch Rexroth
Zdrojová soustava		
nádrž oleje o objemu	1000 dm ³	OCHI
dvojitý hydrogenerátor pro doplňování větví stendů a částečně i zkoušeného převodníku hydraulickým olejem.	25cm ³ / 30cm ³	Hydroma
hydrogenerátor dodávajícím tlakový olej pro regulace zatěžujících hydrogenerátorů obou stendů, jejich sklápění a zároveň pracující, jako externí zdroj tlaku	40 cm ³	Bosch Rexroth
filtrační a chladicí okruh	80 cm ³	Hydroma
hydrogenerátory pro vysokotlaké plnění (každý stend má samostatný hydrogenerátor)	25cm ³ / 35cm ³	Bosch Rexroth

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 2: Technické parametry zkušebny

Technické parametry zkušebny	
Instalovaný příkon zkušebny	120 kW
Maximální průtok	180 dm ³ .min ⁻¹
Maximální tlak	35 Mpa
Zkušební tlakový spád	30 Mpa
Rozsah otáček	500–2500 min ⁻¹

Zdroj: vlastní zpracování

Na zkušebně je možné zkoušet hydrostatické převodníky tuzemské konstrukce např. Technometra, Praga, Jihostroj Velešín ale i zahraniční konstrukce např.: Bosch Rexroth, Linde, Sauer Danfoss, Parker, Vickers, Hawe, Kawasaki, atd.

V současnosti se dají na zkušebně zkoušet téměř všechny hydrostatické převodníky do geometrického objemu 180 cm³, které jsou používány na strojích, pracujících v tuzemsku i okolních zemích.

Zkoušet převodníky je možné:

- v otevřeném okruhu;
- v uzavřeném okruhu.

Zkoušené hydrogenerátory mohou být:

- jednoduché;
- dvojité (tzv. tandemy).

Zkoušené převodníky mohou mít řízení:

- ovládání (táhlem, pákou);
- regulaci – je možné zkoušet převodníky prakticky se všemi běžnými typy regulací:
 - regulace na konstantní tlak;
 - regulace na konstantní výkon;
 - regulace na konstantní průtok;
 - některé typy elektronických regulací atd;
 - lze zkoušet i funkci LS.

Hlavní výhody zkušebny:

- zkoušení hydrostatických převodníků v energeticky úsporném režimu (dochází k rekuperace energie);
- univerzálnost – je možné zkoušet hydrostatické převodníky s nejrůznějšími typy regulací;
- automatický režim zkoušení a záznamu – po předvolení zápisu měřených hydraulických a mechanických veličin je proces zkoušení a záznamu řízen automaticky;
- plynulá změna tlaku a otáček;
- jednoduchá reverzace otáček.

6.2 Princip činnosti

Hydraulické obvody musí zabezpečit všechny funkce potřebné pro správně fungování testovacího zařízení. Veškerá hydraulická zařízení, tj. hydraulika ve zkušebně, testovací zařízení, ventilové bloky a elektronika fungují současně.

Tlakový zdroj

Tlakový zdroj je v činnosti počas celého procesu měření a zkoušení. Funkce obvodu je následující. Pomocí tohoto obvodu se rozběhne hlavní zkušební soustrojí a množstvím průtoku dodaným do obvodu jsou řízeny otáčky zkušební sestavy.

- Rozběh zkušební soustavy;
- Řízení otáček;
- Řízení tlakového spádu;
- Doplňování kapaliny do uzavřeného obvodu.

Tlakový zdroj je v činnosti v průběhu celého procesu měření a zkoušení. Funkce obvodu je následující. Pomocí tohoto obvodu se rozběhne hlavní zkušební soustrojí a množstvím průtoku dodaným do obvodu jsou řízeny otáčky zkušební sestavy.

Obě pohonné jednotky jsou určeny pro pohon zkušebních stendů. Pohonná jednotka 15 kW pohání stend (1) hydromotorů a hydrogenerátorů pro menší geometrické objemy do 56 cm³. Pohonná jednotka 22 kW pohání stend (2) hydromotorů a hydrogenerátorů pro vyšší geometrické objemy od 56 cm³. Výkon pohonných jednotek je přiveden k příslušným stendům, pomocí rozvodného bloku. Na víku nádrže je umístěna pohonná jednotka řídicího tlaku. Tato pohonná jednotka zabezpečuje dostatečný průtok a tlak pro ovládání proporčních ventilů, logických ventilů a ostatních potřebných funkcí pro hydraulický stend. Pohonná jednotka je tvořena axiálním pístovým hydrogenerátorem s regulací na konstantní tlak. K pohonné jednotce je připojen pojistný blok pro dálkovou regulaci. Pohonné jednotky jsou umístěné pod nádrží.

Součástí tlakového agregátu je obvod oběhové filtrace a chlazení. Oběhová filtrace pracuje trvale v průběhu běhu zkušebního stendu. Jednotka filtrace zabezpečuje oběhovou filtraci a tím v obvodu udržuje čistotu kapaliny. V případě přehřátí kapaliny je v obvodě zapojen vzduchový chladič.

Nádrž

Nádrž je obdélníkového tvaru umístěna na stojanu. Vnitřní prostor nádrže je oddělen přepážkami na sací a výtlačnou část. Stojan je připevněn k podlaze zkušební místnosti.

Nádrž je vybavena potřebným příslušenstvím:

- Topné těleso;
- Kontinuální snímač hladiny;
- Kontinuální snímač teploty;
- Termostaty;
- Teploměr;
- Vzduchový filtr;
- Stavoznak;
- Spínač hladiny.

Nádrž plní tyto funkce:

- Shromažďování potřebného množství kapaliny pro správnou funkci hydraulického obvodu;
- Odvod tepla;
- Odvzdušnění kapaliny;
- Úklid hladiny.

Vzduchový filtr má zabezpečit spojení prostoru nádrže s okolní atmosférou. Filtry mají zabezpečit odvod vzduchu z nádrže a zabránit kontaminaci oleje prachem a částicemi z okolního vzduchu.

Nádrž je vybavena dvěma termostaty ST 1 a kontinuální snímačem hladiny BT1. Snímače fungují následujícím způsobem:

Termostat ST 1

T_{\max} – maximální provozní teplota. Při teplotě $t \geq 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dochází k přehřátí a vypnutí hydraulického obvodu.

T_{\min} – minimální provozní teplota. Při teplotě nižší jak $t \leq 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dochází k zapnutí topného tělesa (EH1). Při dosažení této teploty se topné těleso vypne.

Snímač hladiny BT 1

T_{opt} – optimální provozní teplota. Při teplotě $t = 55 \text{ }^{\circ}\text{C}$ se zapíná motor (M2) pohonu chladiče.

Nádrž je osazena dvěma snímači hladiny SL 1 a kontinuálním snímačem BL 1.

Snímač hladiny SL 1 – při nízké hladině oleje v nádrži je signalizovaná výstraha. V případě velmi nízké hladiny oleje dochází k zastavení hydraulického obvodu.

Kontinuální snímač BL 1 – signalizuje aktuální hladinu oleje

Proplachový agregát

Proplachový agregát je určen k proplachu hydrogenerátorů a hydromotorů dovezených k opravě. Jelikož není v některých případech možnost zjistit v jakém prostředí pracoval použitý převodník. Předpokládáme jeho nasazení na speciální proplachový stend se separátní nádrží a filtry zapojených do kaskády. Zde dojde k proplachu převodníku a zabrání se tím znečištění případně poškození drahé měřicí aparatury na vlastním zkušebním stendu. Pro proplach rotačního hydromotoru použijeme přímo proplachový hydrogenerátor. Pro proplach hydrogenerátorů je obvod řešen pomocí pomocného hydromotoru, který roztáčí hydrogenerátor. Změna obvodu se realizuje pomocí rozvaděče. Ve střední poloze rozvaděče je obvod proplachován přes odpadní filtry.

Zkušební zařízení

Pro zkoušení soustavy hydrogenerátor/hydomotor je vytvořeno soustrojí ze zkoušeného hydrogenerátoru a stálého hydromotoru nebo ze zkoušeného hydromotoru a stálého hydrogenerátoru. Tyto oba převodníky jsou navzájem spojeny hřídelemi pomocí spojek, elektromotoru s průběžnou hřídelí a snímačem momentu. Soustava je upevněna v univerzálním držáku, tak aby byla možnost jednoduché výměny zkoušených převodníků s co nejmenším počtem typů spojek a přípojovacích přírub a hadic. Na standu 1 pro převodníky do velikosti 56 cm^3 je možno zkoušet hydromotory a hydrogenerátory od 10 do 56 cm^3 v rozsahu otáček $500\text{-}2500 \text{ min}^{-1}$. Na standu 2 pro převodníky od velikosti 56 cm^3 je možno zkoušet hydromotory a hydrogenerátory od 71 cm^3 do 180 cm^3 v rozsahu otáček $500\text{-}1500 \text{ min}^{-1}$. Elektromotory $7,5 \text{ kW}$ pro menší stand a 15 kW pro větší stand, slouží k pomocnému rozběhu a krytí mechanických ztrát zkušebního standu. Pomocí motorů, které jsou řízeny prostřednictvím frekvenčního měniče jsou regulovány otáčky zkušební soustavy na konstantní hodnotu po dobu měření. Zatížení obvodu je vyvozováno pomocí proporcionálního ventilu.

6.3 Struktura zkušební obvodu

Struktura zkušební obvodu sestává ze dvou samostatných standů, které mají shodné členění lišící se pouze velikostí technických parametrů. Jejich strukturální uspořádání ve zjednodušené verzi je znázorněno na obr. 14, pro uzavřený hydraulický obvod pro zkoušení hydrogenerátorů a pro zkoušení hydromotorů s konstantním geometrickým objemem.

Pro zjednodušenou strukturu použijeme těchto označení:

RHG – regulační reversační hydrogenerátor A4VSG pro uzavřený hydraulický obvod, který pracuje i ve funkci hydromotoru v otevřeném hydraulickém obvodu

VPB – výplachový a plnicí blok pro stabilizaci teploty kapaliny a doplňování svodových průtoků

RZP – regulační zdroj průtoku a řízení tlaku v systému prostřednictvím elektronicky řízeného tlakového ventilu **VTE**

EFM – elektromotor s frekvenčním měničem pro řízení otáček převodníků

Q – průtokoměr s teploměrem a tlakovým čidlem

Protože rozsah měřených a testovaných převodníků se pohybuje v rozsahu geometrického objemu 10 cm^3 až 180 cm^3 , je zkušební zařízení koncipováno jako dva samostatné standy v členění:

Stend 1 pro převodníky 10 až 56 cm³

Stend 2 pro převodníky 63 až 180 cm³

Technické parametry jednotlivých prvků jsou uvedeny ve specifikaci prvků v příloze 1 a zde uvádím jen ty nejdůležitější, pro snadnou orientaci:

Stend 1

RHG hydrogenerátor A4VSG 71 $V_{og} = 71 \text{ cm}^3$ $p = 31,5 \text{ MPa}$

VPB hydrogenerátor A4VSO $Q = 25 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ $p = 3,5 \text{ MPa}$

RZP hydrogenerátor A4VSO 40 $Q = 40 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ $p = 31,5 \text{ MPa}$

EFM elektromotor $P = 15 \text{ kW}$ frekvenční měnič

Q zubový průtokoměr $Q_{\max} = 250 \text{ dm}^3 \text{min}^{-1}$

Stend 2

RHG hydrogenerátor A4VSG 180 $V_{og} = 180 \text{ cm}^3$ $p = 31,5 \text{ MPa}$

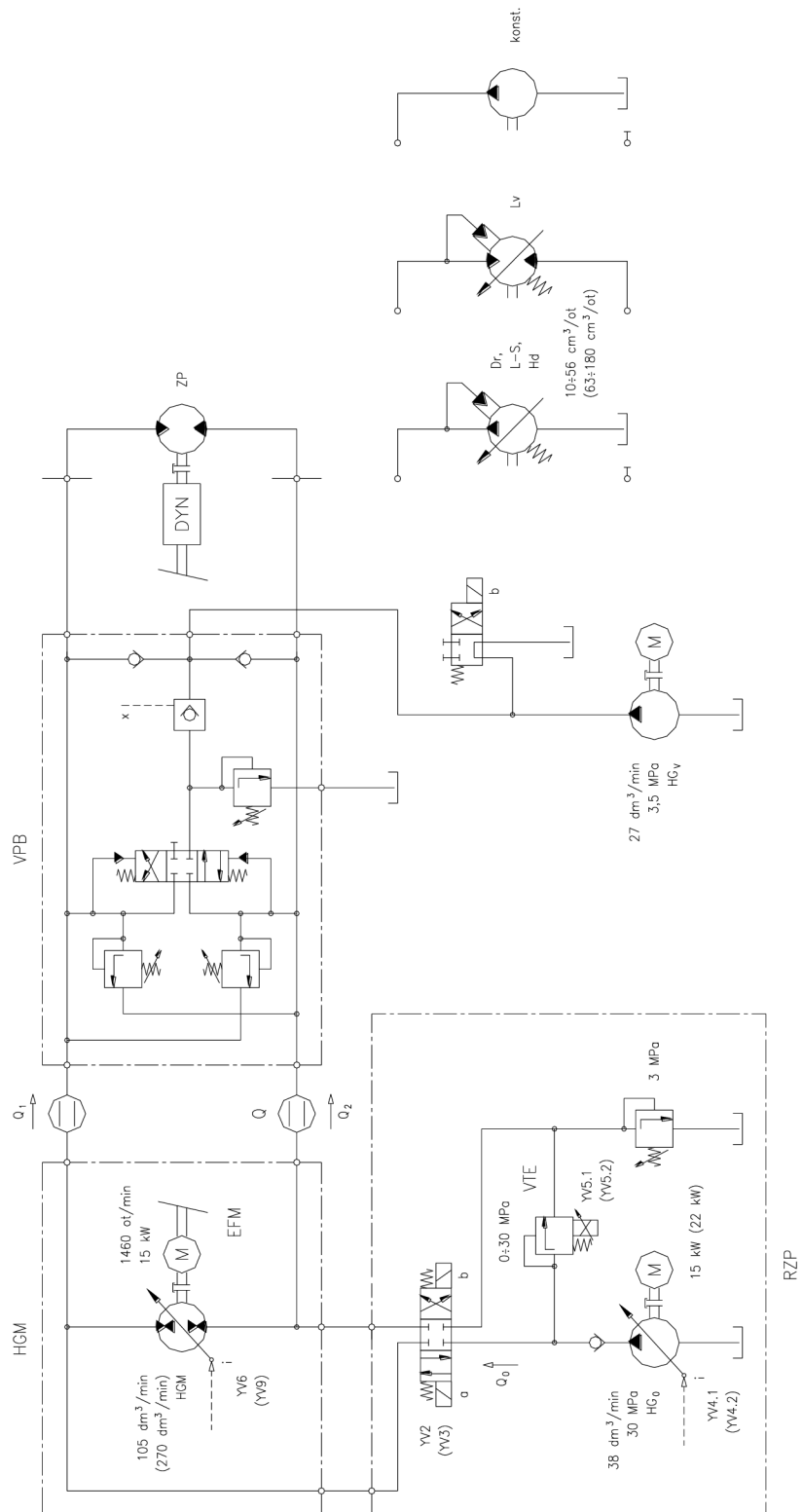
VPB hydrogenerátor A4VSO $Q = 35 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ $p = 3,5 \text{ MPa}$

RZP hydrogenerátor A4VSO 40 $Q = 40 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ $p = 31,5 \text{ MPa}$

EFM elektromotor $P = 15 \text{ kW}$ frekvenční měnič

Q zubový průtokoměr $Q_{\max} = 250 \text{ dm}^3 \text{min}^{-1}$

Obr. 14 Strukturální uspořádání hydraulického obvodu zkušebního zařízení Dyntest

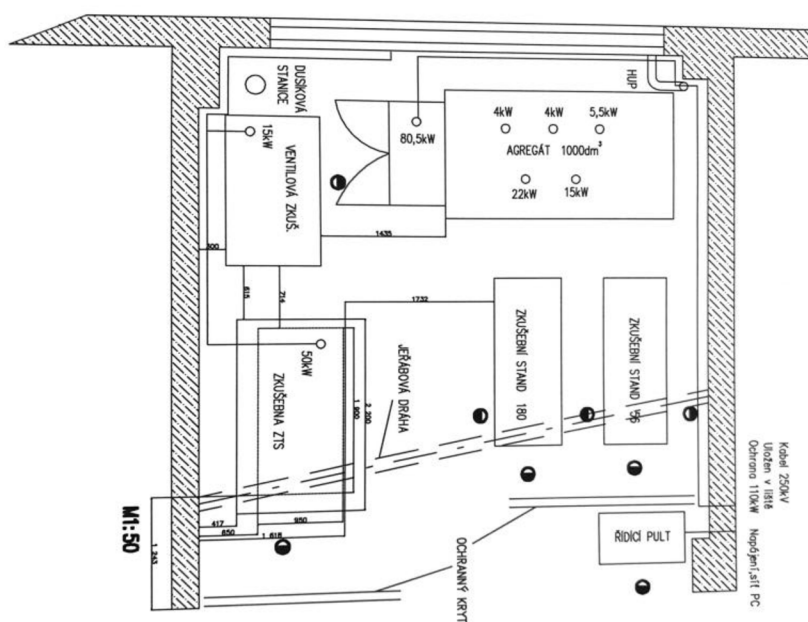


Zdroj: Glentor

6.4 Logistika pracoviště

Z uspořádání současného pracoviště obr.15. vyplývá, že na současném pracovišti je zabezpečeno všechno potřebné vybavení pro činnosti související se zkoušením a přezkušováním hydraulických převodníků tj., prostor pro manipulaci na zkušebně, manipulační zařízení k přesunu hydraulických převodníků a ochranný kryt. Z hlediska logistiky pracoviště není prostor pro změnu v uspořádání. Pokud by, ale bylo potřeba, je možné přesunout starou ventilovou zkušebnu a zkušebnu točivých strojů. Tato změna uspořádání dílčího pracoviště by umožnila plynulejší postup práce při opravách. Volná část, by se dala využít jako sklad zkoušených prvků, případně prvků, které čekají na odzkoušení.

Obr. 15 Logistika úsporného systému



Zdroj: Glentor

6.5 Obecné zákonitosti energeticky úsporného testovacího zařízení

Chceme-li zajistit měření převodníků a zkoušení hydraulických prvků s minimální energetickou náročností, je třeba realizovat takovou strukturu hydraulického obvodu, který bude pracovat na principu pouhého krytí úbytku energie dané vnitřními a vnějšími odpory proti pohybu zkoušených prvků.

Energeticky úsporný systém na základě výzkumu struktur hydraulických testovacích zařízení byl proto koncipován na bázi mechanického spojení převodníků hydrogenerátor–hydromotor, doplněný o zdroj ke krytí energie, formou elektromotoru s dvěma vývody a frekvenčním měničem pro změnu otáček.

Testování hydrogenerátorů a hydromotorů

S ohledem na nutnost zkoušet převodníky v uzavřeném i otevřeném hydraulickém obvodu, jsou pro samostatné testování hydrogenerátoru nebo hydromotoru realizovány dva zkušební stendy s pevně nainstalovaným regulačním a reverzačním hydrogenerátorem, který umožňuje měření i zkoušení v otevřeném i uzavřeném hydraulickém obvodu.

Zjednodušeně lze uvést následující postup měření:

1) Záběh opraveného převodníku

minimální zátěž 3 min pracovat s tlakem 3 MPa a postupně zvyšovat otáčky ze 500 na 2500 min⁻¹

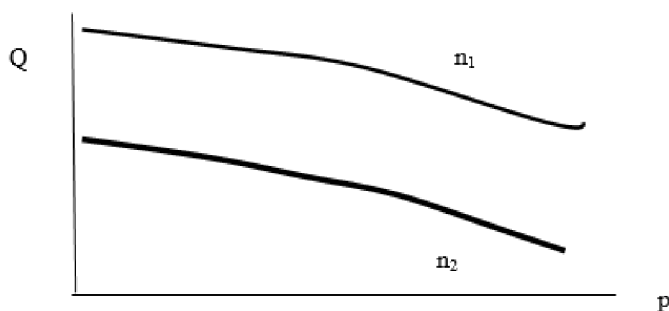
střední zatížení 3 minuty pracovat s tlakem 0,5 p_{max} a opět zvyšovat postupně otáčky

zkušební zatížení 3 minuty s maximálním pracovním tlakem a postupným zvyšováním otáček

2) Měření statické charakteristiky

Nastavit požadované otáčky 500, 1000, 1500, 2000, 2500 min⁻¹ a postupně spojitě zatížit převodník do maximálního tlaku. Uložit data do PC tak, abychom určili rovněž objemovou účinnost převodníku.

Obr. 16 Statická charakteristika opraveného převodníku



Zdroj: vlastní zpracování

Současně snímat krouticí moment a tlak v hydraulickém obvodu a zaznamenávat do paměti PC tak, abychom vyhodnotili mechanicko-hydraulickou účinnost převodníku.

$$\text{Hydromotor} \quad \eta_{mh} = \frac{2\pi \cdot M_x}{\Delta p \cdot V_{om}} \quad [-] \quad (1)$$

M_x = naměřený moment dynamometrem [Nm]

Δp = rozdíl tlaku před a za převodníkem [MPa]

V_{om} = geometrický objem měřeného převodníku [cm³]

$$\text{Hydrogenerátor} \quad \eta_{mh} = \frac{p_g \cdot V_{og}}{M_x \cdot 2\pi} \quad [-] \quad (2)$$

M_x = je naměřený moment dynamometrem [Nm]

p_g = tlak na výstupu převodníku [MPa]

V_{og} = geometrický objem měřeného převodníku [cm³]

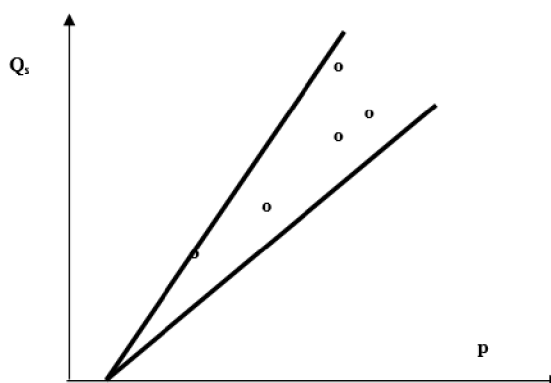
Měření regulací hydrogenerátoru a hydromotoru

Měření provést při otáčkách 1500 min⁻¹ a to pro LS regulací, výkonovou regulací a tlakovou regulací. Snímat řídicí tlak a jeho dynamický průběh, zvolit časovou rampu přestavení.

Měření svodové propustnosti

Instalovat do větve svodové propustnosti měřič průtoku pro malé Q_s , u převodníků bez svodového odvodu, tj. sání ze skříně nutno určit výpočtem. Ve všech případech měření rovněž zaznamenáváme průtok zubovým průtokoměrem a příslušné průběhy tlaků.

Obr. 17 Mezní graf svodové propustnosti



Zdroj: vlastní zpracování

Testování prvků harmonickým a nahodilým signálem

Navržená struktura zkušebního hydraulického obvodu umožňuje rovněž testovat libovolné hydraulické prvky harmonickým signálem generovaným elektronicky řízeným tlakovým nebo škrticím ventilem a také realizovat v systému změny tlaku nahodilým vstupním signálem, jež umožní získat dominantní vlastní frekvence systému i prvku z rozboru spektrální hustoty energie ze záznamu odezvy na nahodilý signál.

Metodika měření statických parametrů konstantních převodníků

Základní statické charakteristiky

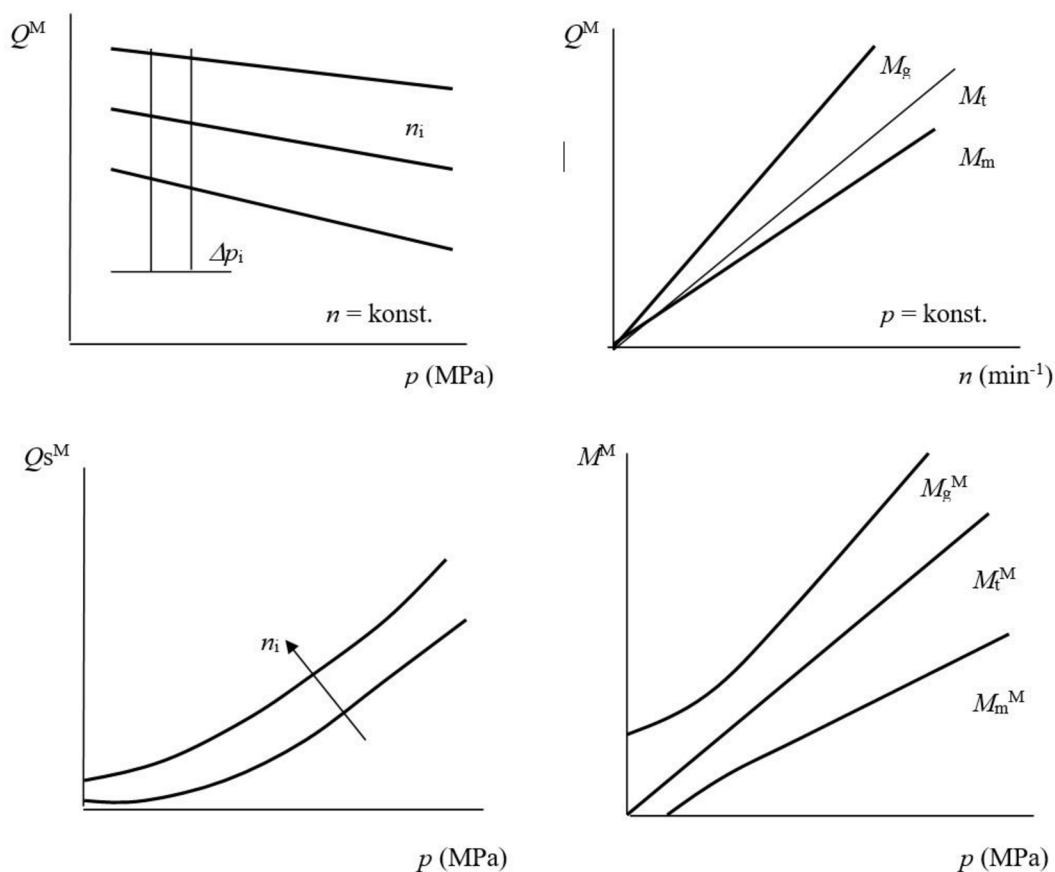
Základními statickými charakteristikami měřených převodníků jsou následující závislosti:

$$Q^M = f(p) \text{ při } n = \text{konst.} \quad Q^M = f(n) \text{ při } p = \text{konst.}$$

$$Q_s^M = f(p) \text{ při } n = \text{konst.} \quad M^M = f(p) \text{ při } n = \text{konst.}$$

Výstupní parametry měřeného převodníku jsou označeny indexem velké M.

Obr. 18 Statické charakteristiky převodníků



Zdroj: vlastní zpracování

Mezní parametry nastavení otáček převodníků

S ohledem na dimenzování potrubního systému Tr 30×5 pro stend 1 a Tr 38×6 pro stend 2 jsou světlosti potrubí Ø20 a Ø26. Potom lze stanovit mezní přípustné otáčky převodníků za předpokladu rychlosti proudění kapaliny $v = 8 \text{ ms}^{-1}$ takto:

Tab. 3 Tabulka parametrů pro stend 1

Stend 1 (10-56 cm ³)						$Q_{\max} = 150 \text{ dm}^3\text{min}^{-1}$		
V_g	10	12	20	28	45	50	56	[cm ³]
n_{\max}	3000	3000	3000	3000	3000	3000	2700	[min ⁻¹]

Zdroj: vlastní zpracování

Z tab. 3 je patrné, že u tohoto rozsahu geometrických objemů není problém nastavit max. otáčky až na 3000 min⁻¹.

Tab. 4 Tabulka parametrů pro stend 2

Stend 2 (56-180 cm ³)						$Q_{\max} = 255 \text{ dm}^3\text{min}^{-1}$			
V_g	63	71	80	90	105	125	140	180	[cm ³]
n_{\max}	3000	3000	3000	2830	2400	2040	1820	1400	[min ⁻¹]

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 4 je platná pro otevřený i uzavřený hydraulický obvod, pochopitelně je nutné respektovat dovolené otáčky dané výrobcem, zvláště u otevřeného obvodu.

Nastavení průtoku plnicího hydrogenerátoru RZP

Dle obr. 14 (YV 4.1, YV 4.2)

Průtok plnicího hydrogenerátoru musí kompenzovat spotřebu tlakové kapaliny v důsledku svodových propustností a vytvoření tlakového spádu na elektronicky řízeném tlakovém ventilu.

svodová propustnost hydrogenerátoru 5 %

svodová propustnost měřeného převodníku 10 %

(nutno počítat s horší objemovou účinností)

tlakový ventil pro řízení 5 dm³min⁻¹

krytí rozdílu v nastavení převodníků $\pm \Delta V \quad 3 \div 5 \text{ cm}^3$

Pro uvedený průtok platí vztah

$$Q_o > Q_{VT} + Q_{sg} + Q_{sm} + n_E (V_{om} - V_{og}) \quad [\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}] \quad (3)$$

Potřebné údaje jsou zpracovány v tabulce dle upraveného výpočtového vztahu (3)

$$Q_o = 3 + n_E \cdot V_{om} \left(1,15 - \frac{V_{og}}{V_{om}}\right) \quad [\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}] \quad (4)$$

Q_o = plnicí průtok $[\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}]$

n_E = otáčky převodníku $[\text{min}^{-1}]$

V_{om} = geometrický objem měřeného hydrogenerátoru $[\text{cm}^3]$

V_{og} = geometrický objem měřeného motoru $[\text{cm}^3]$

Tabulka dovolených otáček převodníků

Tab. 5 Tabulka dovolených otáček převodníků pro stand 1

Stand 1 (10-56 cm ³)									
V_{om}	10	12	16	20	32	45	50	56	$[\text{cm}^3]$
V_{og}	7	9	13	17	29	42	47	53	$[\text{cm}^3]$
$\frac{V_{og}}{V_{om}}$	0,7	0,75	0,81	0,85	0,9	0,93	0,94	0,95	[-]
n_E	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	2700	$[\text{min}^{-1}]$
Q^M	30	36	48	60	96	135	150	150	$[\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}]$
Q_o	18,5	19,5	21,3	23	27	32	35	35	$[\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}]$

Zdroj: vlastní zpracování

V principu lze s ohledem na malý rozptyl zvolit Q_o na úrovni $25 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ pro převodníky 20–56 cm^3 a pro 10 ÷ 16 cm^3 lze snížit Q_o na $20 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

Tab. 6 Tabulka dovolených otáček převodníků pro stand 2

Stand 2 (56-180 cm ³)									
V_{om}	63	71	80	90	105	125	140	180	$[\text{cm}^3]$
V_{og}	60	68	77	87	102	122	137	177	$[\text{cm}^3]$
$\frac{V_{og}}{V_{om}}$	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	[-]
n_E	3000	3000	3000	2830	2400	2040	1820	1400	$[\text{min}^{-1}]$
Q^M	190	210	255	255	255	255	255	255	$[\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}]$
Q_o	30	32	35	40	40	40	40	40	$[\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}]$

Zdroj: vlastní zpracování

V principu je vhodné nastavit průtok plnicího hydrogenerátoru na hodnotu řádově 30–40 dm³min⁻¹.

Přesnou hodnotu nastavení průtoku plnicího hydrogenerátoru lze rovněž určit, známe-li objemové účinnosti prvků ze vztahu:

$$Q_o = \frac{Q^M}{\eta_{vm}} \left(1 - \frac{V_{og}}{V_{om}} \eta_{vm} \cdot \eta_{vg}\right) + n_E (V_{om} - V_{og}) + Q_V [\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}] \quad (5)$$

Q^M = průtok měřeného převodníku [dm³.min⁻¹]

η_{vm}, η_{vg} = objemové, volumerické účinnosti převodníků [-]

η_{pm}, η_{pg} = tlakové (mechanicko-hydraulické) účinnosti převodníků [-]

Metodika měření statických parametrů regulačních převodníků

Měření regulačních převodníků lze realizovat dvěma způsoby, které se odlišují v závislosti na typu regulace zkoušeného převodníku.

Skupina A – hydrogenerátory s regulací na konstantní tlak a konstantní výkon

V tomto případě je zcela odpojen plnicí obvod RZP, protože tlak se v systému generuje vlivem změny geometrického objemu hydrogenerátoru A4VSG.

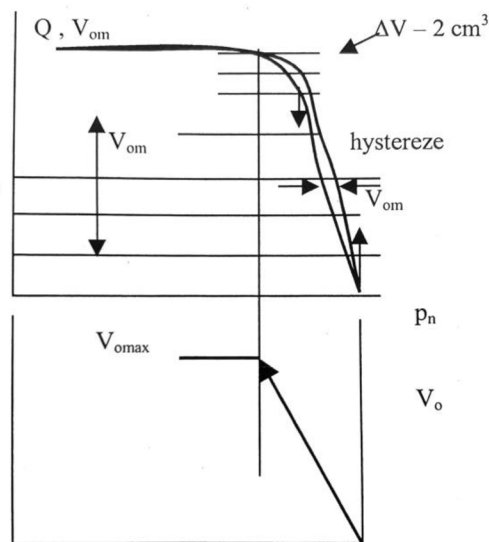
U těchto převodníků je nutné nastavit před měřením pracovní regulační tlak na cca 5 MPa regulačním prvkem na zkoušeném hydrogenerátoru (aretační stavicí šroub regulátoru tlaku).

- zátěžný převodník A4VSG se nastaví na minimální V_{om} (u velkého stendu 20 cm³) u malého stendu na 10 cm³ kvůli rozběhovému momentu elektromotoru (max. 150 Nm s možností přetížení 1,6 krát), nastavení lze ovšem u větších převodníků volit raději shodné a začít měření shora od největšího geometrického objemu, viz obr 19;
- provedeme rozběh soustrojí elektromotorem na zvolené otáčky (500 nebo 1000 min⁻¹) případný nedostatek kapaliny v tlakové větvi je kryt z výplachového čerpadla bloku VPB, které má průtok až 30 dm³min⁻¹, protože V_{og} je větší než V_{om} , sníží se průtok zkoušeného čerpadla na shodnou hodnotu jakou má hydrogenerátor a postup se opakuje novým nastavením V_{og} ;
- ručně se přestaví postupně tlakový regulátor na další požadovaný pracovní anebo zkušební tlak dle požadavku (10, 20, 30 ... MPa);
- toto měření lze realizovat dvěma způsoby:

- přes elektronickou rampu ovládání A4VSG, magnet YV6 přestavit v čase z V_{omin} na V_{omax} a plynule přitom zapisovat průběh $Q-p$ (křivka roste), totéž lze realizovat inverzně a znovu zapisovat průběh $Q-p$ (klesající);
- ručně zadávat hodnoty V_{om} jak bylo výše příkladně uvedeno a zaznamenávat do tabulky průtok Q , pro libovolný regulovaný tlak nastavený na regulačním orgánu zkoušeného čerpadla.

V místě ohybu křivky, které je dáno přesností tlakového regulátoru je vhodné měnit geometrický objem hydrogenerátoru o 2 cm^3 , čímž získáme velice přesný průběh tlakové regulace.

Obr. 19 Průběh změny geometrického objemu hydrogenerátoru A4VSG



Zdroj: vlastní zpracování

Pro rozběh platí tento záběrový moment

$$M = \frac{p \cdot V_o}{2\pi} \quad [\text{Nm}] \quad (6)$$

pro $V_{omax} = 180 \text{ cm}^3$ je $M_z = 90 \text{ Nm}$ při tlaku $3,5 \text{ MPa}$ a $V_o = 20 \text{ cm}^3$

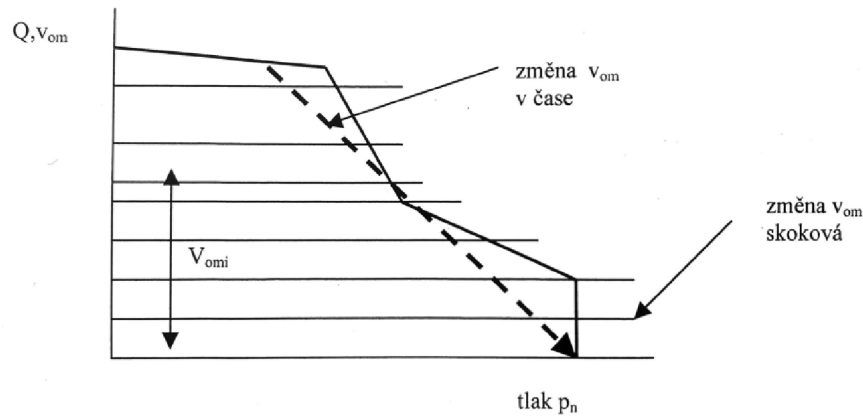
Měření hydrogenerátoru s výkonovou regulací je zcela obdobné a neliší se, od předchozího obr. 19.

Měření lze realizovat opět dvěma způsoby

- přes elektronickou rampu ovládání A4VSG, magnet YV6 přestavit v čase cca 5 s (geometrický objem V_{omin} na V_{omax}) a plynule přitom zapisovat průběh $Q-p$ (křivka roste) totéž lze realizovat inverzně a znovu zapisovat průběh $Q-p$ (klesající);

- b) ručně zadávat hodnoty V_{om} a zaznamenávat do tabulky průtok Q , pro libovolný regulovaný tlak.

Obr. 20 Měření hydrogenerátoru s výkonovou regulací



Zdroj: vlastní zpracování

Skupina B – hydrogenerátory s regulací hydraulickou Hd, elektronickou El, manuální Ma, Load Sensing

Zde je poruchovou veličinou při měření v regulační tlakové smyčce změna geometrického objemu zkoušeného převodníku, která má za následek změnu tlaku v hydraulickém obvodu a na tuto změnu musí reagovat hydrogenerátor A4VSG (VPB) změnou svého geometrického objemu.

Volbou velikosti zkoušeného převodníku je určen jeho geometrický objem V_o , dle tohoto objemu se nastaví geometrický objem hydrogenerátoru.

Zkušební zařízení se bude rozbíhat s nastaveným tlakem 5 MPa elektromotorem s frekvenčním měničem při nastavených otáčkách 500 min^{-1} . Otáčky elektromotoru s ohledem na změnu zatížení bude regulovat zpětnovazební smyčka od otáček n_p (otáčky soustrojí).

Signál od pracovního tlaku prostřednictvím zpětné vazby řídí geometrický objem hydrogenerátoru tak, že požadovaný tlak z PC je udržován na žádané hodnotě i přes změnu geometrického objemu zkoušeného převodníku.

Zkoušení převodníků s regulací Hd, Ma, El, Load Sensing

Vstupující poruchovou veličinou do regulační tlakové smyčky je změna geometrického objemu $V_{o,m}$ zkoušeného převodníku.

- 1) Je zapnut pomocný plnicí obvod RZP na $Q = 5 \div 10 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$ a nastaven pracovní tlak p_x dle požadavku na VTE, při minimálních otáčkách cca 500 min^{-1} ;

- 2) Nastavíme $V_{og,m}^x$ na geometrický objem zkoušeného převodníku $V_{og,m}$;
- 3) Zvolíme otáčky na motoru, při kterých chceme testovat;
- 4) Snižujeme nebo zvyšujeme skokově $V_{og,m}$ při současně zapnuté tlakové regulaci;
- 5) Zaznamenáváme automaticky získané parametry a poté je vyhodnotíme a zpracujeme na PC v potřebné funkční závislosti.

Popis průběhu změn tlaku v systému

Regulační hydromotor

pokles V_{om} zvyšuje Q_{VT}

a roste p_r

regulační zásah – snižuje se V_{og}

(skutečný hydrogenerátor)

růst V_{om} snižuje Q_{VT}

a klesá p_r

regulační zásah – zvyšuje se V_{og}

neboli

přírůstek tlaku – snižování objemu V_{og}

pokles tlaku – přírůstek objemu V_{og}

Regulační hydrogenerátor

pokles V_{og} zvyšuje Q_{og} čímž se

snižuje Q_{VT} a klesá i p_r

regulační zásah – snižuje se V_{om}

růst V_{og} zvyšuje Q_{VT}

a roste p_r

regulační zásah – zvyšuje se V_{om}

neboli

přírůstek tlaku – přírůstek objemu V_{om}

pokles tlaku – pokles objemu V_{om}

Stručný popis tlakové regulace

Volbou velikosti zkušebního převodníku je určen jeho geometrický objem V_o , dle tohoto objemu se nastaví geometrický objem hydrogenerátoru na zhruba stejnou hodnotu, s možnou chybou $\pm 3 \text{ cm}^3$. Zkušební zařízení se bude rozbíhat s nastaveným tlakem 5 MPa elektromotorem s frekvenčním měničem při nastavených otáčkách 500 min^{-1} . Otáčky elektromotoru s ohledem na změnu zatížení může regulovat zpětnovazební smyčka od otáček n_p (otáčky soustrojí) tak, aby zůstávaly konstantní i při změnách zatížení.

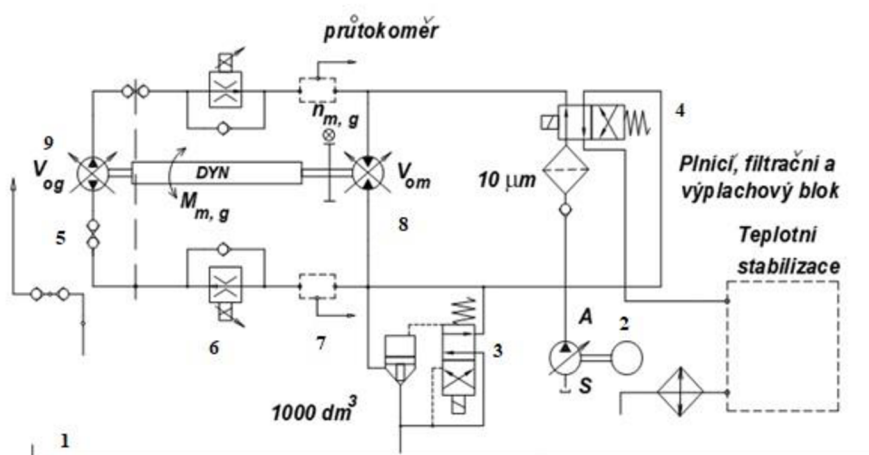
Signál od pracovního tlaku bude prostřednictvím zpětné vazby řídit geometrický objem hydrogenerátoru tak, že požadovaný tlak z automatu PC bude udržován na žádané hodnotě.

6.6 Teorie energetického úsporného systému pro měření prvků

Dyntest je samozřejmě univerzální zkušební zařízení, na kterém lze rovněž testovat běžné hydraulické prvky a snímat jejich statické charakteristiky, případně i dynamické charakteristiky a testovat prvky na životnost. V praxi tak lze na tomto zařízení testovat následující prvky:

- Zpětné ventily;
- Šoupátkové rozvaděče;
- Škrťací ventily;
- Tlakové ventily;
- Uzavírací ventily;
- Uzavírací armatury;
- Proporcionální rozvaděče.

Obr. 21 Principiální schéma měření hydraulických prvků [24]



1 – nádrž, 2 – hydrogenerátor s ele.motorem, 4 – plnicí, filtrační a výplachový blok, 5 – měřicí hadice, 6 – škrťací ventil, 7 – průtokoměr, 8 - hydromotor, 9 – reverzní hydrogenerátor

Principiální struktura energeticky úsporného systému pro testování libovolných prvků prezentovaných na obrázku škrťacím ventilem VS^x je znázorněn na obr. 21.

Kromě testování převodníků tak můžeme velice snadno měřit energeticky výhodné statické charakteristiky hydraulických prvků, jejich průtokovou charakteristiku tj. $\Delta p = f(Q)$, nebo i odezvu na změnu průtoku sinusového nebo lichoběžníkového signálu při daném tlaku, dle křivky ISO 10770.

Teoretické základy tohoto měření si uvedeme v následující části této kapitoly.

Energeticky úsporný systém s vloženým elektromotorem a frekvenčním měničem

Funkčnost tohoto energeticky úsporného systému je zaručená platí-li rovnice

$$p \cdot \left(V_{om} \frac{1}{\eta_{vm}} - V_{og} \cdot \eta_{vg} \right) \frac{1}{2\pi} + M_{EM} > 0 \quad [24] \quad (7)$$

což platí i pro stejné geometrické objemy převodníků.

Význam parametrů

η_{vm}, η_{vg} = objemové, volumerické účinnosti převodníků [-]

η_{pm}, η_{pg} = tlakové (mechanicko-hydraulické) účinnosti převodníků [-]

M_{EM} = krytí mechanicko-hydraulických odporů [Nm]

Parametry nastavení převodníků lze určit na základě obecných vztahů nebo obr. 29.

Moment hydrogenerátoru M_g je shodný s momentem hydromotoru M_m [Nm] (spojovací tuhá hřídel)

Pro moment na hřídeli převodníků obecně platí

$$M_{m.g} = \frac{V_{om.g} \cdot p_g \cdot m}{2\pi} \quad [24] \quad (8)$$

bez uvažování tlakové účinnosti. Z tohoto předpokladu můžeme dále odvodit následující rovnice [24]:

Měření hydrogenerátorů

$$M_g = \frac{p_g \cdot V_{og}}{2\pi} \cdot \frac{1}{\eta_{pg}} \quad (9)$$

$$M_m = \frac{p_g - \Delta p}{2\pi} \cdot V_{om} \cdot \eta_{pm} \quad (11)$$

$$p_g = \frac{\Delta p}{1 - \frac{V_{og}}{V_{om}} \cdot \frac{1}{\eta_{cp}}} \quad (13)$$

Měření hydromotorů

$$M_g = \frac{V_{og} \cdot p_m}{2\pi} \cdot \frac{1}{\eta_{pg}} \quad (10)$$

$$M_m = \frac{(p_g - \Delta p)}{2\pi} \cdot V_{om} \cdot \eta_{pm} \quad (12)$$

$$p_g = \frac{\Delta p}{1 - \frac{V_{og}}{V_{om}} \cdot \frac{1}{\eta_{cp}}} \quad (14)$$

Z rovnic je patrné, že jsou v principu shodné, za předpokladu různého umístění regulačního prvku. Abychom s ohledem na tlakový spád nepřesáhli hodnotu max. tlaku v obvodu, je vhodné určit velikost rozdílu v nastavení obou převodníků.

Rovnice pro velikost tlaku lze zjednodušit převedením na bezrozměrný tvar a odlišit je pouze indexy.

$$\frac{\Delta p}{p_{g,m}} = 1 - \frac{V_{og}}{V_{om}} \frac{1}{\eta_{cp}} \quad [24] \quad (15)$$

Δp = tlakový spád [MPa]

$p_{g,m}$ = rozsah pracovního tlaku [MPa]

Protože na zkoušeném prvku vzniká při měření statických charakteristik různý rozsah tlakového spádu, je třeba zvolit ΔV = krytí rozdílu v nastavení převodníků [cm³] dle následujících vztahů.

Zkoušení hydromotorů – nastavujeme V_{ogom} hydrogenerátoru [cm³] [24]

$$V_{ogom} = V_t \left(1 - \frac{\Delta p}{p_{g,m}} \right) \eta_{cp} \quad (16) \quad \text{respektive} \quad \Delta V_o = V_{om}^t \left[1 - \left(1 - \frac{\Delta p}{p_{g,m}} \right) \eta_{cp} \right] \quad (17)$$

Zkoušení hydrogenerátoru – nastavujeme V_{om} hydromotoru [cm³] [24]

$$V_{om} = V_{og} \cdot \frac{1}{\eta_{cp} \left(1 - \frac{\Delta p}{p_{g,m}} \right)} \quad (18) \quad \text{respektive} \quad \Delta V_o = V_{om} \left[\frac{1}{\eta_{cp} \left(1 - \frac{\Delta p}{p_{g,m}} \right)} - 1 \right] \quad (19)$$

Tyto hodnoty slouží pro kontrolu nastavených parametrů systému.

Otáčky převodníků při testování

Pro přesné určení otáček spojovacího hřídele převodníků využijeme platnosti Kirhoffa zákona o součtu proudu v uzlech

$$Q_g + Q_o - Q_m = 0 \quad [24] \quad (20)$$

Pro jednotlivé členy rovnice platí

$$Q_g = \eta_{gm} \cdot V_{og} \cdot \eta_{vg} \quad \text{geometrický objem [dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}] \quad (21)$$

$$Q_m = \eta_{gm} \cdot V_{og} \cdot \frac{1}{\eta_{v\eta g}} \quad \text{potřebný průtok [dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}] \quad (22)$$

Q_o = plnicí hydrogenerátor, průtok ke krytí svodových ztrát [dm³.min⁻¹]

Dosazením hodnot průtoku do Kirchhoffova zákona získáme vztah pro otáčky převodníků

$$n_{gm} = \frac{Q_o}{V_{om} \cdot \frac{1}{\eta_{vg}} - V_{og} \cdot \eta_{vg}} \quad [\text{min}^{-1}] \quad [24] \quad (23)$$

Pro výpočet potřebného průtoku plnicího hydrogenerátorů můžeme rovnici pro otáčky η_{gm} upravit na tvar.

Průtok hydromotoru

$$Q_m = n_m \cdot V_{om} \quad (24) \quad \text{respektive}$$

$$Q_m = \frac{Q_o \cdot \eta_{vm}}{1 - \frac{V_{og}}{V_m} \cdot \eta_{cv}} \quad \text{respektive} \quad Q_{om} = \frac{Q_m}{\eta_{vm}} \left(1 - \frac{V_{og}}{V_m} \cdot \eta_{cv} \right) \quad [\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}]$$

Průtok hydrogenerátoru

$$Q_g = n_g \cdot V_{og} \quad (25) \quad \text{respektive}$$

$$Q_g = \frac{Q_o \cdot \eta_{vm}}{1 - \frac{V_{om}}{V_{og}} \cdot \eta_{cv}} \quad \text{respektive} \quad Q_{og} = Q_g \cdot \eta_{vg} \left(1 - \frac{V_{om}}{V_{og}} \cdot \frac{1}{\eta_{cv}} \right) \quad [\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}]$$

Tyto otáčky, respektive potřebný průtok na doplnění kapaliny v obvodu při rozdílu geometrických objemu $V_{om} - V_{og} = \text{cca } 5 \text{ cm}^3$ je vhodné nastavit v servisním režimu a poté rozběhnout systém tlakovým plnicím zdrojem RZP.

Vstupní parametry převodníků

Mechanicko-hydraulické účinnosti převodníků $\eta_{pg} = 0,96$ [-]

$\eta_{pm} = 0,96$ [-]

Objemová účinnost převodníků

$\eta_{vg} = 0,95$ [-]

$\eta_{vm} = 0,95$ [-]

6.7 Výpočet úsporného systému pro Stend 1 a Stend 2

Stend 1 s převodníkem $\leq 56 \text{ cm}^3$

Svodová propustnost ΔQ [$\text{dm}^3 \text{ min}^{-1}$] [24]

Hydrogenerátor

$$Q_{\max} = 100 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$$

$$\Delta Q = (1 - \eta_{vg}) \cdot Q_{\max} \quad (26)$$

$$\Delta Q = (1 - 0,95) \cdot 100 = 5 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$$

Hydromotor

$$\Delta Q = (1 - \eta_{vm}) \cdot Q_{\max} \quad (27)$$

$$\Delta Q = (1 - 0,95) \cdot 100 = 5 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$$

Tento průtok kryje plnicí blok VPB

Minimální průtok přes regulační ventil pro 10 % Q_{\max}

$$Q_R = 10 \% \cdot Q_{\max} \quad [24] \quad (28)$$

$$Q_R = 0,1 \cdot 100 = 10 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$$

Potřebný průtok pro daný rozdíl geometrických objemů bude

$$\Sigma \Delta Q = \Delta Q_g + \Delta Q_m \quad [24] \quad (29)$$

$$\Sigma \Delta Q = 5 + 5 = 10 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$$

Celkový potřebný průtok

$$Q_0 = (Q_R + \Sigma \Delta Q) \frac{1}{\eta_{vg}} \quad [24] \quad (30)$$

$$Q_0 = (10 + 10) \frac{1}{0,95} = 21 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$$

Příkon pro $p = 30 \text{ MPa}$

$$P = \frac{Q_o \cdot p}{612 \eta_{pg}} \quad [24] \quad (31)$$

$$P = \frac{21 \cdot 30000000}{612 \cdot 0,95} = 10835 \text{ W} \quad \text{instalovaný příkon je } 15 \text{ kW}$$

Elektromotor pro krytí mechanicko-hydraulických (ztrát) odporů a nepřesností nastavení geometrického objemu v rozmezí $\pm 5 \text{ cm}^3$

$$M_g = \frac{p \cdot V_{og}}{2\pi} \cdot \frac{1}{\eta_{pg}} \quad [24] \quad (32) \quad M_m = \frac{p \cdot V_{om}}{2\pi} \cdot \eta_{pm} \quad [24] \quad (33)$$

$$V_{og} = V_{om} + \Delta V_o \quad [24] \quad (34)$$

$$\Delta M_{EM} = M_g - M_m = \frac{p}{2\pi} \left(V_{og} \frac{1}{\eta_{pg}} - V_{om} \cdot \eta_{pm} \right) \quad [\text{Nm}] \quad [24] \quad (35)$$

Dojde-li k nesprávnému nastavení geometrických objemů vlivem obsluhy o 5 cm^3 ve prospěch hydrogenerátoru, musí elektromotor tuto nerovnoměrnost pokrýt svým momentem.

Po dosazení do vzorečku (39) za $V_{og} = 55 \text{ cm}^3$ a $V_{om} = 50 \text{ cm}^3$ je

$$\Delta M_{EM} = \frac{30}{2\pi} \left(55 \frac{1}{0,96} - 55 \cdot 0,96 \right) = 45 \text{ Nm}$$

$$45 \leq 150 \text{ Nm}$$

Vyhovuje, protože maximální moment elektromotoru je 150 Nm s možností přetížené až 1,6krát.

$$\omega = \frac{\pi k}{p} = \frac{\pi \cdot 1909}{30} = 200 \text{ s}^{-1} \quad [24] \quad (36)$$

k = součinitel středního spouštěcího momentu [-]

p = pracovní tlak [MPa]

$$\Delta P_{EM} = \Delta M_{EM} \cdot \omega = 45 \cdot 200 = 9 \text{ kW} \quad [24]$$

volíme $\Delta P_{EM} = 15 \text{ kW}$

ΔP_{EM} = příkon pro krytí mechanicko-hydraulických ztrát [kW]

Stávající elektromotor je schopen pracovat ve výše uvedených podmínkách.

Stend 2 s převodníkem $\leq 180 \text{ cm}^3$

Pro následující výpočty využije vzorce (26-36) [24]

Svodová propustnost ΔQ [$\text{dm}^3 \text{ min}^{-1}$]

Hydrogenerátor $Q_{\max} = 280 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$

$$\Delta Q = (1 - \eta_{vg}) \cdot Q_{\max}$$

$$\Delta Q = (1 - 0,95) \cdot 280 = 14 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$$

Hydromotor

$$\Delta Q = (1 - \eta_{vm}) Q_{\max}$$

(37)

$$\Delta Q = (1 - 0,95) \cdot 280 = 14 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$$

Tento průtok pokrývá plnicí a výplachový blok VPB

Průtok přes talkový ventil

$$Q_R = 0,05 \cdot Q_{\max}$$

(38)

$$Q_R = 0,05 \cdot 280 = 14 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$$

Potřebný průtok pro daný rozdíl geometrických objemů bude

$$\Sigma\Delta Q = \Delta Q_g + \Delta Q_m \quad (39)$$

$$\Sigma\Delta Q = 14 + 14 = 28 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$$

Pokryto VPB, dále pro další výpočty budeme brát $\Sigma\Delta Q = 10 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$

Celkový potřebný průtok

$$Q_0 = \left(Q_R + \Sigma\Delta Q \right) \frac{1}{\eta_{vg}} \quad (40)$$

$$Q_0 = (14 + 10) \frac{1}{0,95} = 25 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$$

Tlak $p = 30 \text{ MPa}$

$$P = \frac{Q_0 \cdot p}{612 \eta_{pg}} \quad (41)$$

$$P = \frac{25 \cdot 30}{612 \cdot 0,95} = 13 \text{ kW} \quad \text{volíme instalovaný příkon } P = 22 \text{ kW}$$

Krytí mechanicko-hydraulických odporů za předpokladu nepřesnosti nastavení převodníků $\pm 5 \text{ cm}^3$, $n = 2000 \text{ min}^{-1}$

$$\Delta M_{EM} = \frac{p}{2\pi} \left(V_{og} \frac{1}{\eta_{pg}} - V_{om} \cdot \eta_{pm} \right) \quad (42)$$

$$\Delta M_{EM} = \frac{30}{2\pi} \left(145 \frac{1}{0,96} - 140 \cdot 0,96 \right) = 80 \text{ Nm}$$

$$80 \leq 150 \text{ Nm}$$

Vyhovuje, protože maximální moment elektromotoru je 150 Nm s možností přetížené až 1,6krát.

$$\omega = \frac{\pi k}{30} = 200 \text{ s}^{-1}$$

$$\Delta P_{EM} = \Delta M_{EM} \cdot \omega \quad (43)$$

$$\Delta P_{EM} = 80 \cdot 200 = 16 \text{ kW} \quad \text{volíme potřebný příkon } \Delta P_{EM} = 22 \text{ kW}$$

Nelze však předpokládat, že by obsluha zařízení nastavovala rozdílné geometrické objemy převodníků s takovou chybou a ve prospěch hydrogenerátorů. Výhodnější je pochopitelně nastavit geometrický objem hydrogenerátorů o něco menší než u hydromotoru. Potom je energie dodávána z plnicího zdroje RZP.

6.8 Metodika zkoušení opravovaných hydrostatických převodníků

Firma Glentor s.r.o. přistupuje ke zkoušení hydrostatických převodníků buď podle svých předpisů, předpisů jiného výrobce, nebo podle individuálních požadavků zákazníků. Metodika zkoušení hydrostatických převodníků se liší jak pro regulační i neregulační hydraulické převodníky, tak i pro hydrogenerátory a hydromotory. Pro regulační hydrostatické převodníky se tento postup odvíjí od regulace, kterou je tento převodník vybaven. Obecně tedy není možné stanovit pro zkoušení jednotný postup, ze kterého by bylo možné vycházet a který by byl platný pro všechny případy.

Požadavky na nastavení regulační části se dále liší podle stroje, kde tento převodník pracuje. Základní nastavení se provádí podle katalogových hodnot předepsaných výrobcem nebo podle požadavků zákazníka. Požaduje-li zákazník nastavení některých veličin mimo rozsah technických podkladů výrobce je na tuto skutečnost upozorněn a pokud na svém požadavku trvá, jsou tímto způsobené případné problémy vyjmuty ze záruky.

Výstupem z každé zkoušky je vždy zkušební protokol, který obsahuje naměřené hodnoty těchto parametrů:

- tlak ve výstupní větvi;
- průtok ve výstupní větvi;
- tlak ve vratné větvi;
- průtok ve vratné větvi;
- točivý moment;
- otáčky;
- měření teploty oleje v pracovní (tlakové) i vratné větvi.

Veličiny pro záznam do protokolu se vybírají podle druhu řízení a podle požadavků na protokol. Další veličiny, které jsou nutné pro měření a nastavení zkoušeného prvku se měří samostatně a zaznamenávají se písemně do přílohy ke zkušebnímu protokolu. Jedná se například o následující veličiny:

- měření tlaku v různých místech řízení;
- měření tlakového spádu v různých místech řízení;
- měření svodového průtoku;
- měření průtoku pomocných hydrogenerátorů.

Výstupy ze zkoušení dostane zákazník na vyžádání.

Podrobné měření teploty oleje při zkoušení se provádí v případě, že si zákazník stěžuje na problémy v hydraulické soustavě související s přehříváním oleje.

V případě, že má zákazník podezření na zvýšené opotřebení součástí tvořících pracovní a rozvodovou část hydrostatického převodníku, zajišťujeme měření znečištění pracovní kapaliny měřícím přístrojem PIC 9100 od firmy Mahle.

7 MĚŘENÍ A ANALÝZA NAMĚŘENÝCH HODNOT

Měření je prováděno v poloautomatickém anebo automatickém režimu. Testovací zařízení je vybaveno potřebným softwarem a hardwarem pro měření všech potřebných veličin. Měřicí přístroje jsou schopny měřit následující veličiny:

- Tlak;
- Tlakovou diferenci;
- Průtok;
- Kroutící moment;
- Otáčky;
- Teplotu.

Počet měřících čidel je navržen tak, abychom byli schopni měřit několik hodnot pro stejnou veličinu najednou. S ohledem na množství požadovaných typů opravovaných převodníků jsou měřicí přístroje navrženy tak, aby bylo možné jednotlivé měření jednoduchým způsobem přizpůsobit požadavkům typu pracovní činnosti, která je na stendu momentálně vykonávána. Měřicí obvod – příloha 1, byl vytvořen dle dlouholetých zkušeností provozovatele.

7.1 Způsob řízení a regulace

Hydraulické obvody musí zabezpečit všechny funkce potřebné pro správnou fungování testovacího zařízení.

Veškerá hydraulická zařízení, tj. hydraulika ve zkušebně, testovací zařízení, ventilové bloky a elektronika fungují současně. Řízení je prováděno z ovládacího pultu řízeného počítačem.

Testovací postup bude probíhat následujícím způsobem:

- Porouchaný převodník se omyje na mycím stole.
- Provedeme vnitřní proplach hydraulického převodníků.
- Převodník zabudujeme do zkušebního stendu a provedeme jeho připojení hadicemi.
- Provedeme přípravu na měření (zapojíme potřebné snímače).
- Uzavřeme ochranné kryty.
- Spustíme stand.
- Provádíme měření.

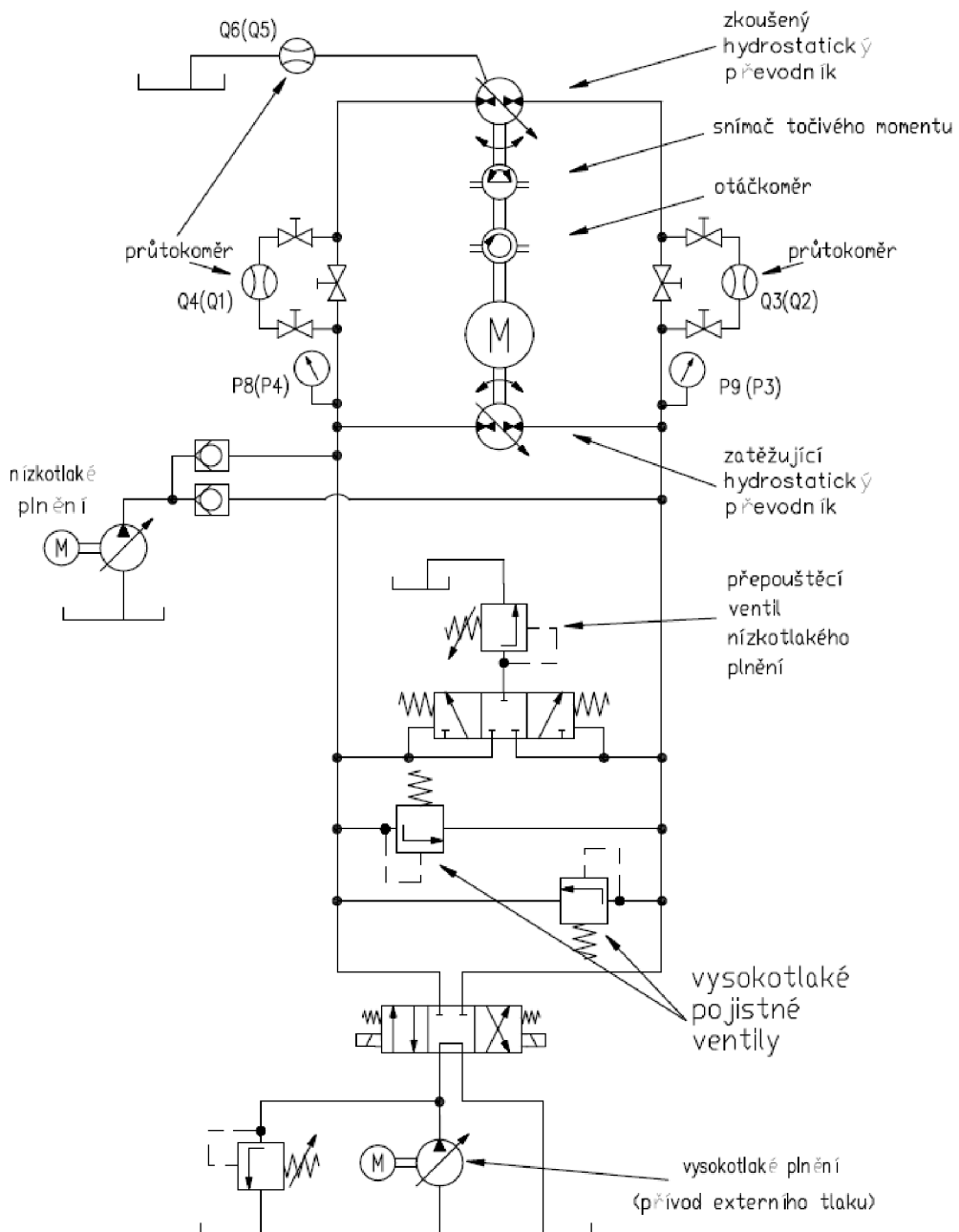
Diagnostika a potřebné prostředky

Provádíme měření. Pro účely technické diagnostiky a zjišťování stavu zařízení jsou již zařízení opatřena pevně zabudovanými diagnostickými prostředky, kde pevné a trvalé

diagnostikování není potřeba. Obvod je vybaven měřícími místy, kde je možné měřit tlak nebo odebírat vzorky oleje.

7.2 Principiální schéma zkušebny Dyntest

Obr. 22 Principiální schéma zkušebny Dyntest [25]



Popis funkcí principiálního schéma zkušebny:

Stend 1 (10-56 cm³)

Otáčky vpravo:

Q2 – výstupní průtok z pravotočivého hydrogenerátoru (hydromotoru)

Q1 – vstupní průtok do hydromotoru, zkouší-li se pravotočivý hydrogenerátor, tento průtok se neměří

P3 – výstupní (pracovní) tlak z pravotočivého hydrogenerátoru, výstupní tlak z hydromotoru (vratná, nízkotlaká větev)

P4 – vstupní (pracovní) tlak do hydromotoru, v případě pravotočivého hydrogenerátoru se tlak neměří

Otáčky vlevo:

Q2 – vstupní průtok do hydromotoru, zkouší-li se levotočivý hydrogenerátor, tento průtok se neměří

Q1 – výstupní průtok z levotočivého hydrogenerátoru (z hydromotoru)

P3 – vstupní (pracovní tlak do hydromotoru, v případě levotočivého hydrogenerátoru se tlak neměří

P4 – výstupní (pracovní) tlak z levotočivého hydrogenerátoru, výstupní tlak z hydromotoru (vratná, nízkotlaká větev)

Q5 – svodový průtok (vratná, nízkotlaká větev)

Popis funkcí: Stend 2 (56-180 cm³)

Otáčky vpravo:

Q3 – výstupní průtok z pravotočivého hydrogenerátoru (hydromotoru)

Q4 – vstupní průtok do hydromotoru, zkouší-li se pravotočivý hydrogenerátor, tento průtok se neměří

P9 – výstupní (pracovní) tlak z pravotočivého hydrogenerátoru, výstupní tlak z hydromotoru (vratná, nízkotlaká větev)

P8 – vstupní (pracovní) tlak do hydromotoru, v případě pravotočivého hydrogenerátoru se tlak neměří

Otáčky vlevo:

Q3 – vstupní průtok do hydromotoru, zkouší-li se levotočivý hydrogenerátor, tento průtok se neměří

Q4 – výstupní průtok z levotočivého hydrogenerátoru (z hydromotoru)

P9 – vstupní (pracovní tlak do hydromotoru, v případě levotočivého hydrogenerátoru se tlak neměří

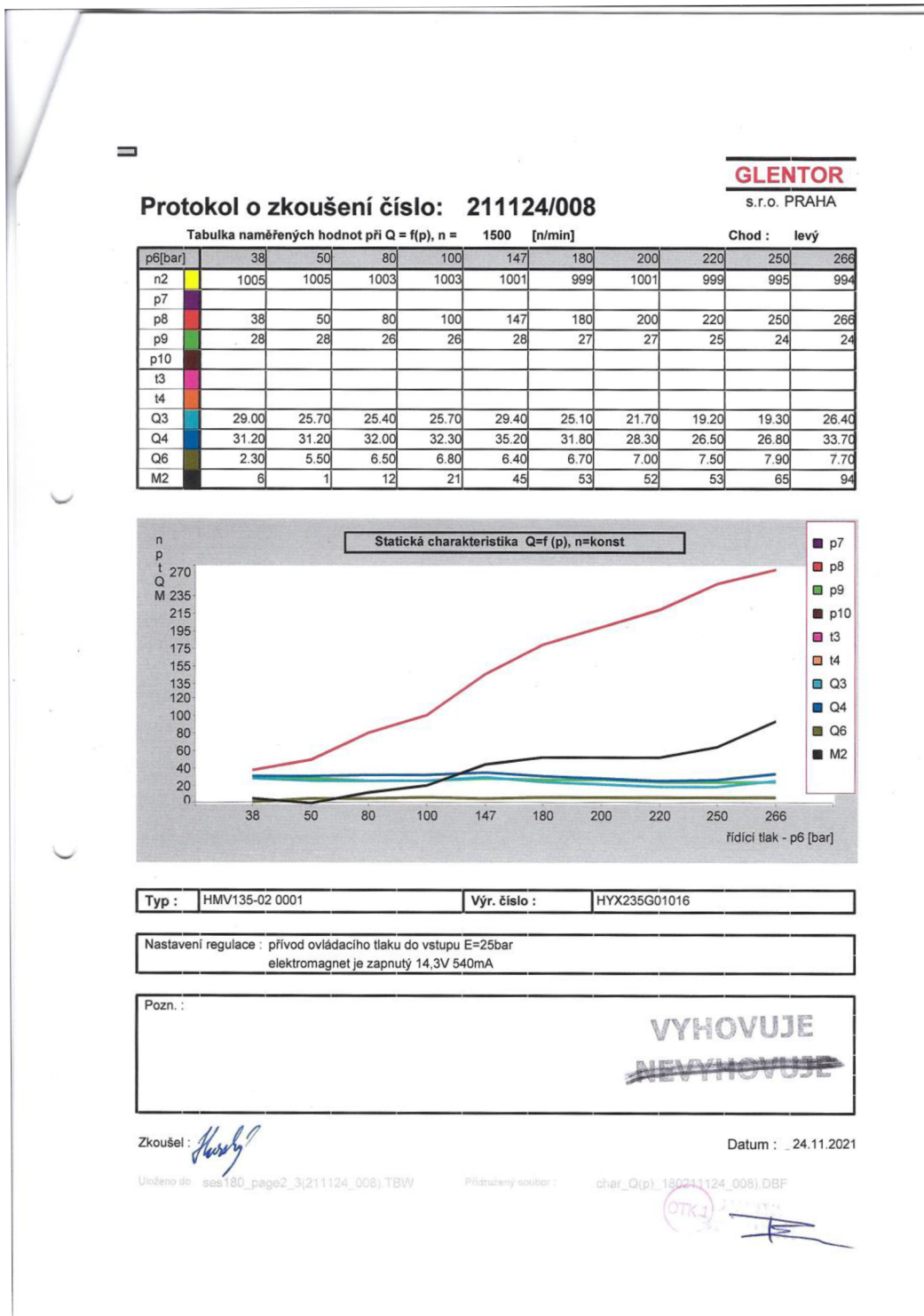
P8 – výstupní (pracovní) tlak z levotočivého hydrogenerátoru, výstupní tlak z hydromotoru (vratná, nízkotlaká větev)

Q6 – svodový průtok (vratná, nízkotlaká větev)

Pro oba stendy a směry otáčení platí:

M2 – kroutící moment

Obr. 23 Vyhotovený zkušební protokol



Zdroj: vlastní zpracování-Glentor

7.3 Popis zkušebních činností při obsluze zkušebny Dyntest

Postup po přípravu měření:

- Upevnit zkoušený převodník do nosiče včetně zabudování příslušné spojky.
- Připojit hlavní hadice a pomocné pro odvod lekáže.

Postup připojení hadice

- Určit směr otáčení zkoušeného převodníku (vpravo, vlevo) dle označení na převodníku
- Pro daný směr otáčení umístit tlakovou hadici do tlakové větve. Hadici prozatím nepřipojovat.
- Určit směr otáčení zatěžovaného převodníku A4VSG. Směr otáčení musí být opačný jako u zkoušeného prvku.

Provoz v servisním režimu

V servisním režimu je možné ovládat libovolně všechny prvky, které je možné ovládat z obrazovky počítače nezávisle na sobě.

Postupně se spustí elektromotory pro:

- řídicí tlak;
- filtraci;
- plnění odpadních větví.

Řídicí tlak je regulován automaticky tlakovou regulací na hydrogenerátoru HG s nastavením tlaku pomocí tlakového ventilu VTE.

Filtrace je bez možnosti řízení.

Obvod pro plnění VPB je ovládaný pomocí dvou elektromagnetů s možností regulace plnicího tlaku na příslušném pojistném ventilu.

Vybereme stend na kterém budeme zkoušet. Zkontrolujeme nastavení uzavíracích kulových ventilů. Spustíme elektromotor pro provoz malého stendu anebo pro provoz velkého stendu. Elektromotory se rozbíhají s časovým zpožděním a rozběh trvá cca 30 s.

Po přípravě všech pohonů nastavíme na zatěžovacím převodníku geometrický objem cca o 3 cm³ menší jako je na převodníku zkoušeném.

Na pohonné jednotce 15 kW nebo 22 kW nastavíme průtok, tento průtok je volitelný od 0 do $40 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Hodnota nastaveného průtoku je 0,1 – 0,2 násobek průtoku, který dává zkoušený převodník.

Nastavíme tlak na pojistném ventilu pro stend 1 nebo pro stend 2 na 5 MPa.

Dle zvoleného stendu spustíme rozvaděč (*a*) nebo (*b*) dle směru, který jsme zvolili.

Nastavíme na měniči frekvence otáčky 500 min^{-1} a spustíme měnič ve stejném směru jako rozvaděč.

Stend je v provozu a možno na něm nastavovat jednotlivé parametry dle potřeby.

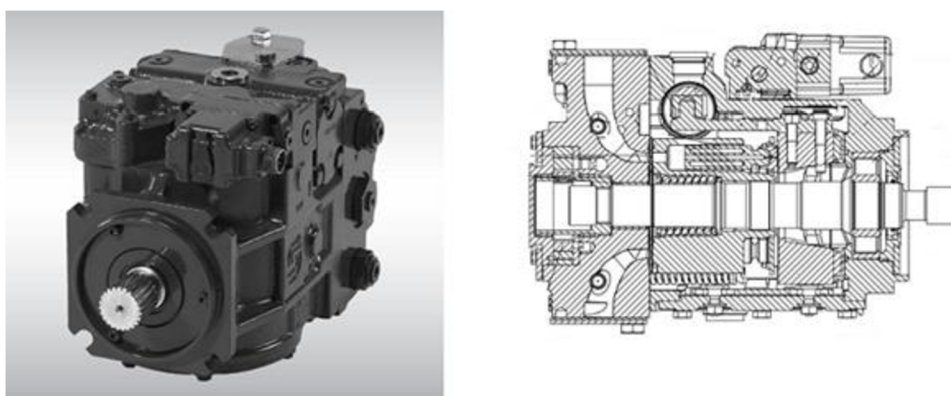
7.4 Měření a popis hydrostatických převodníků

Měření probíhalo na zkušebním zařízení Dyntest, které je nastavené na měření tlaku $p = \text{bar}$, tuto jednotku pro účely měření ponecháme.

Axiální pístový hydrogenerátor S90 (Sauer-Danfoss)

Ze sortimentu firmy Sauer-Danfoss se zde zkouší hydrogenerátory S90 řady 42–250 (geometrického objemu V_g). Z dané řady se jedná o hydrogenerátor S90R075. Jedná se o axiální pístový hydrogenerátor s nakloněnou deskou. Řez hydrogenerátoru je na obr.45. Písty se opírají o šikmou desku a klouzají po nakloněné rovině Hřidel a blok válců leží na stejné ose. Objemový průtok je závislý na otáčkách hydrogenerátoru a úhlu naklonění desky. Pomocí vestavěného rozvaděče je možné řídit naklonění desky přivedením externího zdroje tlaku pro naklonění desky.

Obr. 24 Axiální pístový hydrogenerátor s nakloněným blokem – Sauer Danfoss [21]



Jmenovitá velikost			75
Jmenovitý tlak		MPa	45
Maximální tlak		MPa	48
Geometrický objem	Vg max	cm ³	75
Počet otáček	n min	min ⁻¹	500
	n max	min ⁻¹	3950
Průtok	při n max	q V max	dm ³ .min ⁻¹ 270

Tab. 7 Naměřené hodnoty pro S90R075

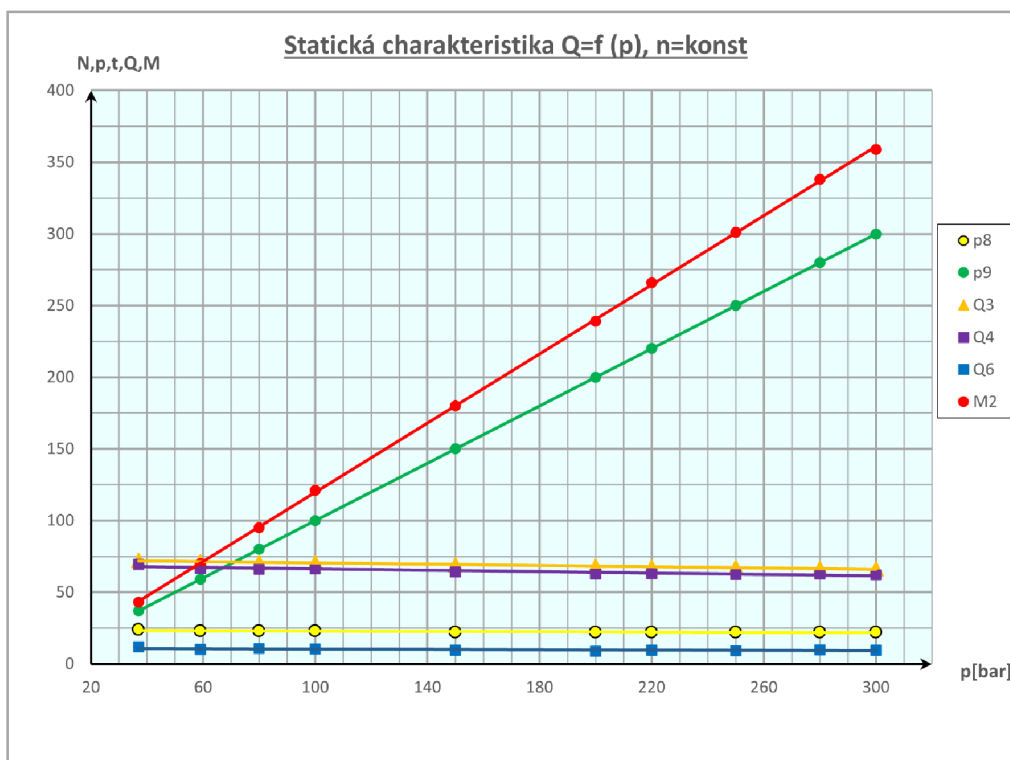
Tabulka naměřených hodnot při Q = f(p), n = 1500 [n/min]									Chod:	pravý
p6[bar]	37	59	80	100	150	200	220	250	280	300
n2	1003	1004	1002	1002	1001	1001	1001	1001	1001	1001
p7										
p8	24	23	23	23	22	22	22	22	22	22
p9	37	59	80	100	150	200	220	250	280	300
p10										
t3										
t4										
Q3	72,30	71,30	70,70	70,50	69,20	68,20	67,70	67,20	66,70	66,50
Q4	69,50	66,70	66,20	66,50	64,10	62,70	63,00	62,50	62,60	62,10
Q6	12,00	10,20	10,60	10,50	9,50	9,00	9,60	9,30	9,80	9,60
M2	43	70	95	121	180	239	266	301	338	359

Typ	90R075KA2NN60P3T6D03GBA424224	VÝR.Č	DU-1528-R16752
-----	-------------------------------	-------	----------------

Nastavení regulace:	Tlaková výstup B Plnicí tlak 24 bar
---------------------	--

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 25 Graf naměřených hodnot pro S90R075



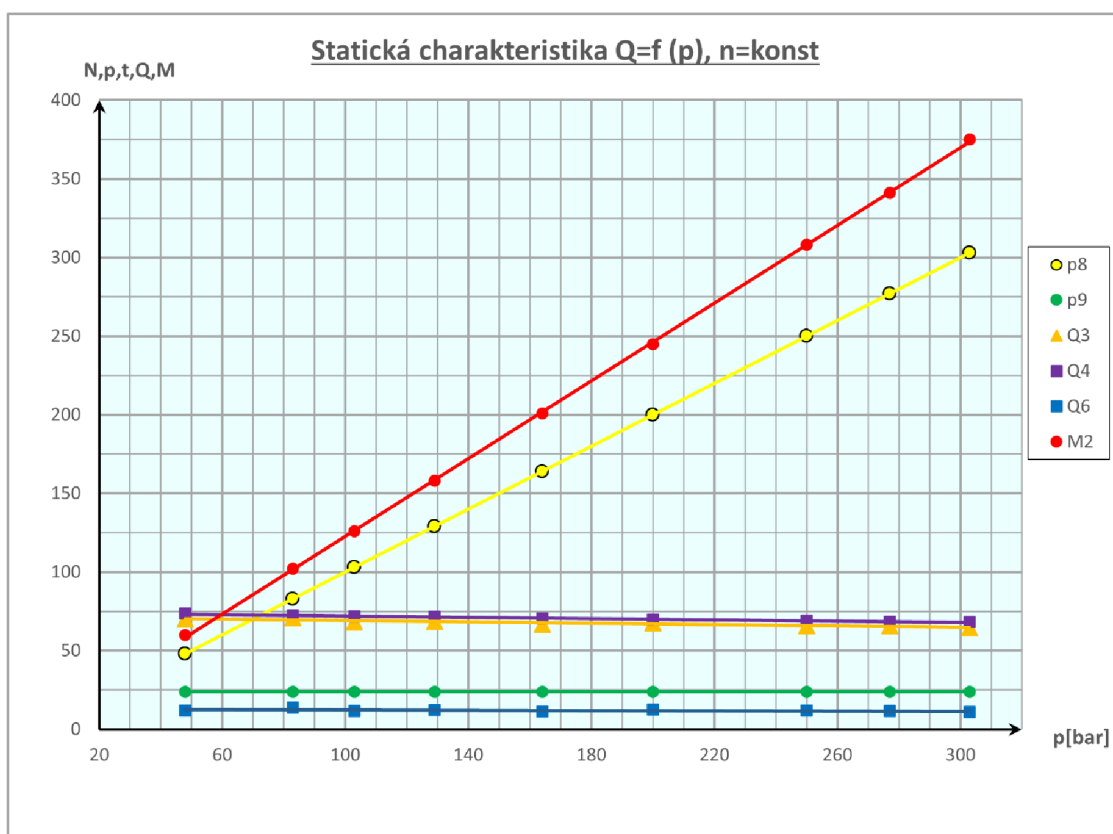
Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 8 Naměřené hodnoty pro S90R075

Tabulka naměřených hodnot při $Q = f(p)$, $n = 1500$ [n/min]								Chod:	pravý
p6[bar]	48	83	103	129	164	200	250	277	303
n2	1003	1003	1003	1003	1001	1001	1001	1002	1003
p7									
p8	48	83	103	129	164	200	250	277	303
p9	24	24	24	24	24	24	24	24	24
p10									
t3									
t4									
Q3	69,90	70,90	68,30	68,40	66,70	67,70	65,90	65,60	64,40
Q4	73,60	72,60	71,80	71,50	70,50	69,80	69,00	68,40	68,10
Q6	12,00	13,70	11,70	12,30	11,40	12,70	11,90	11,70	11,00
M2	60	102	126	158	201	245	308	341	375
Typ	90R075KA2NN60P3T6D03GBA424224				VÝR.Č	DU-1528-R16752			
Nastavení regulace:	Tlaková výstup A Plnicí tlak 24 bar								

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 26 Graf naměřených hodnot pro S90R075

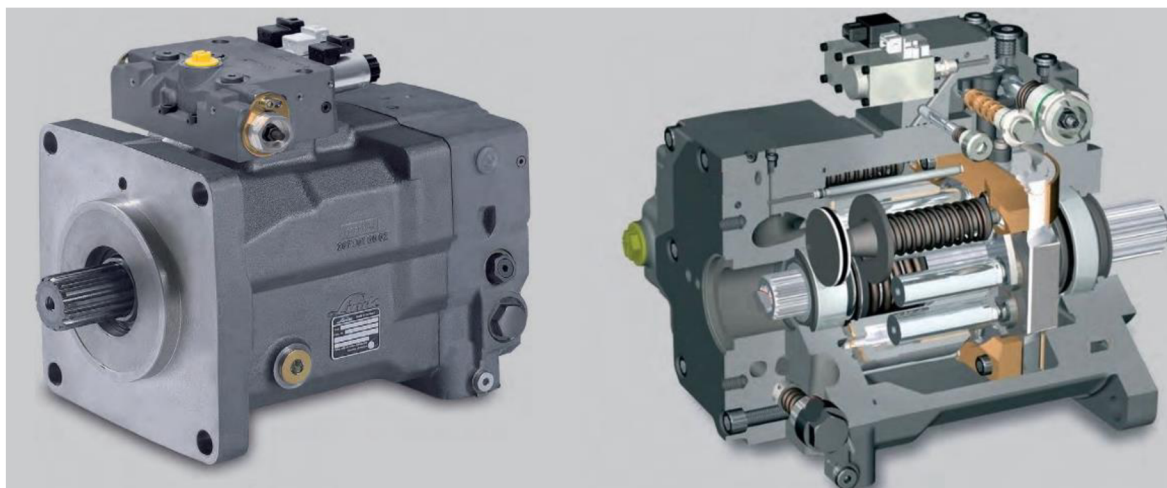


Zdroj: vlastní zpracování

Axiální pístový hydrogenerátor HPV-02 (Linde hydraulics)

Vysokotlaký přestavitelný axiální pístový hydrogenerátor se šikmou deskou pro uzavřené obvody s geometrickým objemem 280 cm³.

Obr. 27 Pístový hydrogenerátor [22]



Jmenovitá velikost				280
Jmenovitý tlak		MPa		45
Maximální tlak		MPa		50
Geometrický objem	Vg max	cm ³		280
Počet otáček	n nom	min ⁻¹		2400
	n max	min ⁻¹		2550
Průtok	při n max	q V max	dm ³ .min ⁻¹	450
Výkon	Δp = 43 MPa	P max	kW	485
Kroutící moment	Δp = 43 MPa	T max	Nm	1929

Postup měření v případě hydrostatického převodníků s vyšším geometrickým objemem a pracovním tlakem, než je navržena zkušebna.

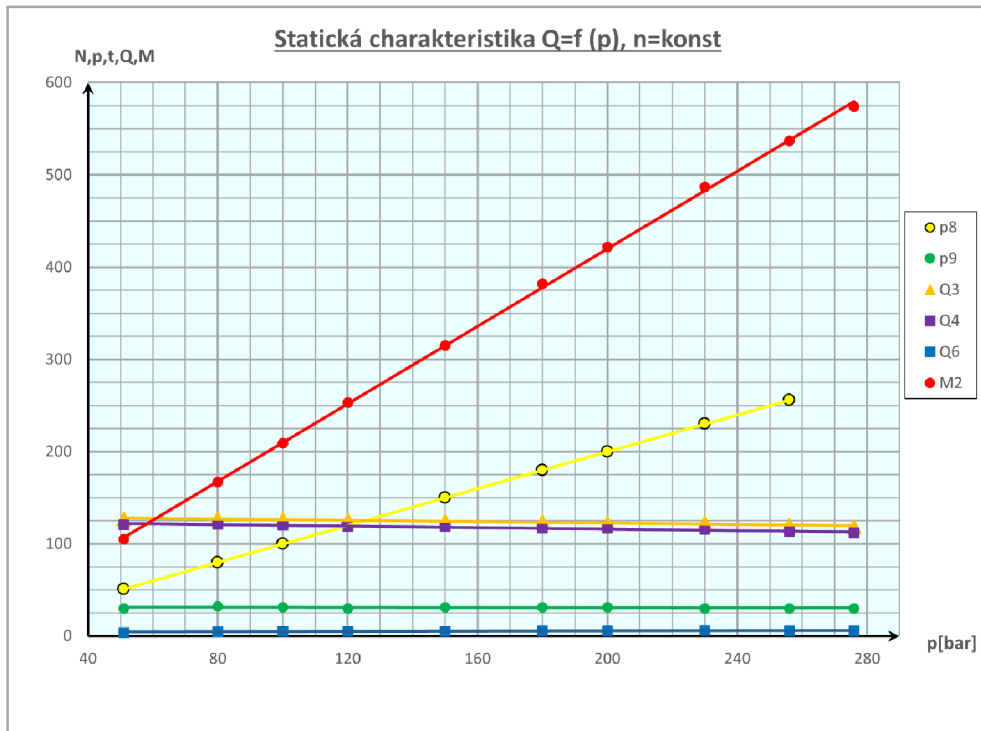
V případě zkoušení Linde HPV-02 280 nemůžeme provádět standardní metody měření, ale můžeme měřit hodnoty na regulaci. V tomto případě jsme přivedli proud na proporcionální magnet a zvedali postupně výstupní tlak (p8 – pracovní tlak) a sledovali výstupní průtok (Q4) v případě levotočivého chodu. S pomocí RZP A4VSO 40 bychom měli dokázat hydrogenerátor zatížit až na maximální zkoušený pracovní tlak zkušebny (31,5 MPa). Při zkoušení regulace budeme testovat do tlaku ± 30 MPa, kde je pro RGH A4VSG 180 pracovní průtok ± 120 dm³ min⁻¹.

Tab. 9 Naměřené hodnoty pro HPV-02 280

Tabulka naměřených hodnot při Q = f(p), n = 1500 [n/min]								Chod: levý		
p6[bar]	51	80	100	120	150	180	200	230	256	276
n2	1001	999	999	999	1001	999	999	999	996	990
p7										
p8	51	80	100	120	150	180	200	230	256	276
p9	30	32	31	30	31	31	31	30	30	30
p10										
t3										
t4										
Q3	127,10	127,40	126,50	125,60	124,70	123,80	122,90	122,70	120,20	118,40
Q4	120,80	120,90	120,20	118,90	118,80	117,10	116,80	115,70	113,10	111,80
Q6	3,90	4,80	5,30	5,00	5,00	5,50	5,50	5,80	5,60	5,60
M2	105	167	209	253	315	382	422	487	537	574,00
Typ	HPV280-02 2500				VÝR.Č	H2X222B00124				
Nastavení regulace:	Zapnutý elektromagnet MS=24V Na proporcionální elektromagnet MY přiveden proud 390 mA 10,2V									
Pozn:	přívod plnicího tlaku 20 bar do vstupu F									

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 28 Graf naměřených hodnot pro HPV-02 280



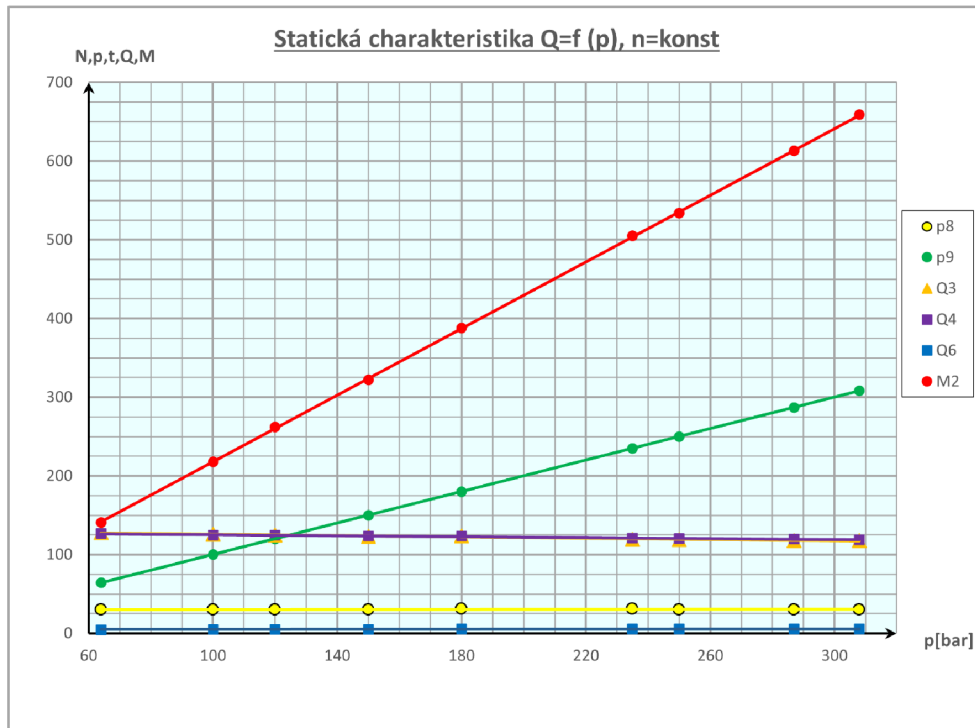
Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 10 Naměřené hodnoty pro HPV-02 280

Tabulka naměřených hodnot při $Q = f(p)$, $n = 1500$ [n/min]								Chod:	levý
p6[bar]	64	100	120	150	180	235	250	287	308
n2	1001	1001	1001	1001	999	999	999	1002	1002
p7									
p8	30	30	30	30	31	31	30	30	30
p9	64	100	120	150	180	235	250	287	308
p10									
t3									
t4									
Q3	128,00	126,00	124,70	123,10	123,40	119,50	119,00	117,60	117,90
Q4	127,00	124,80	124,60	123,40	123,60	120,90	120,50	119,80	119,00
Q6	4,60	4,70	4,90	4,80	5,60	5,50	5,50	5,40	5,40
M2	141	218	262	322	388	505	534	613	659
Typ	HPV280-02 2500			VÝR.Č H2X222B00124					
nastavení regulace:	Zapnutý elektromagnet MS=24V na proporcionální elektromagnet MZ přiveden proud 390 mA 10,2V								

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 29 Graf naměřených hodnot pro HPV-02 280



Zdroj: vlastní zpracování

Axiální pístový hydromotor A6VE (Bosch Rexroth)

Vysokotlaký axiální pístový rychloběžný hydromotor pro integraci do mechanické převodovky jako motory navijáku a pojistné motory, které se používají pro konstrukční stroje o geometrickém objemu 80. Vhodný pro hydrostatické pohony v otevřeném nebo uzavřeném obvodu. Otáčky hydromotorů jsou přímo závislé na velikosti vstupního průtoku.

Obr. 30 Hydromotor A6VE [23]



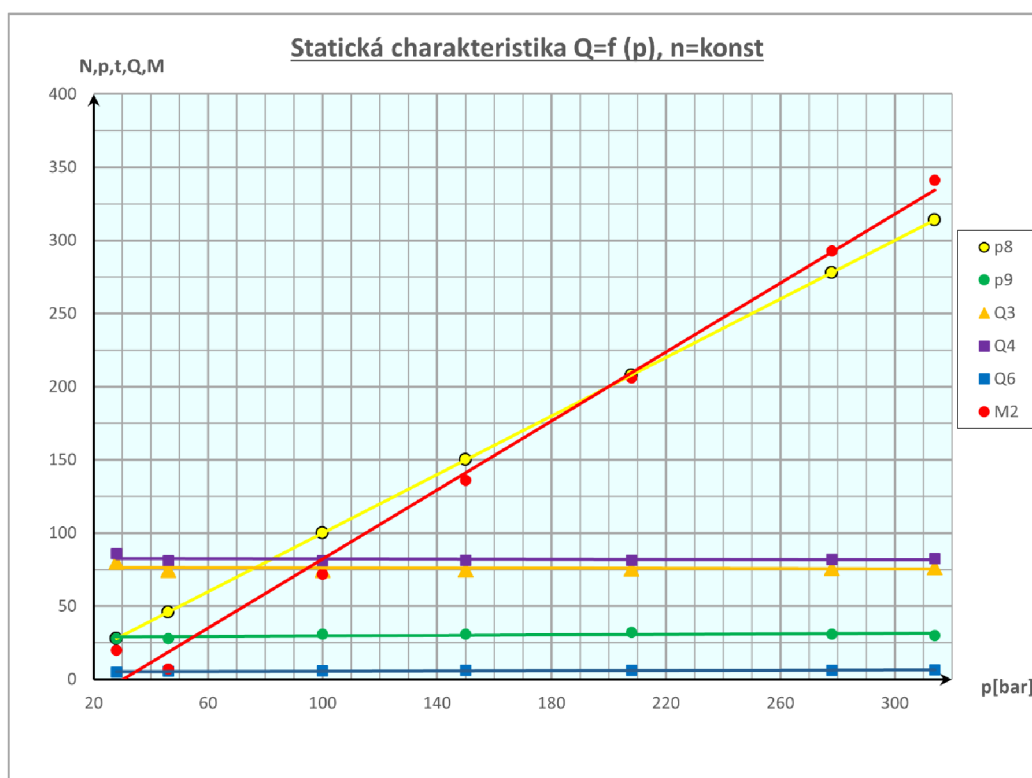
Jmenovitá velikost		80
Jmenovitý tlak		MPa 40
Maximální tlak		MPa 45
Geometrický objem	Vg max	cm ³ 80
Počet otáček	n nom	min ⁻¹ 3900
	n max	min ⁻¹ 6150
Krouticí moment	Δp = 40 MPa	T max Nm 509

Tab. 11 Naměřené hodnoty pro A6VE80

Tabulka naměřených hodnot při Q = f(p), n = 1500 [n/min]						Chod: levý	
p6[bar]	28	46	100	150	208	278	314
n2	1005	1004	1004	1002	1002	1001	1003
p7							
p8	28	46	100	150	208	278	314
p9	28	28	31	31	32	31	30
p10							
t3							
t4							
Q3	80,00	74,50	74,70	74,90	75,40	75,80	76,50
Q4	85,90	81,00	81,00	81,30	81,40	81,90	82,50
Q6	4,90	5,50	5,90	6,00	6,10	6,30	6,40
M2	20	7	72	136	206	293	341,00
Typ	A6VE80HA2T/63W-VHL017A			VÝR.Č	4925759		
Nastavení regulace:	do vstupu X je připojen konstatí tlak 20bar HM je naklopený do Vgmax						

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 31 Graf naměřených hodnot pro A6VE80



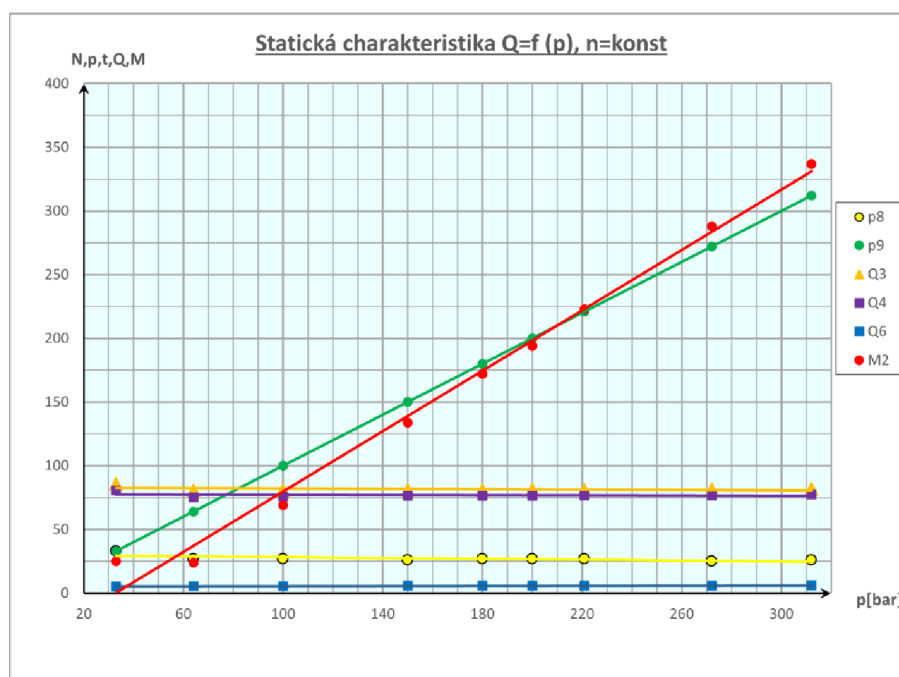
Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 12 Naměřené hodnoty pro A6VE80

Tabulka naměřených hodnot při $Q = f(p)$, $n = 1500$ [n/min]								Chod: pravý	
p6[bar]	33	64	100	150	180	200	221	272	312
n2	1004	1005	1004	1002	1002	1002	1001	1001	1001
p7									
p8	33	27	27	26	27	27	27	25	26
p9	33	64	100	150	180	200	221	272	312
p10									
t3									
t4									
Q3	85,80	80,70	80,60	81,00	81,00	81,20	81,10	81,50	81,80
Q4	80,70	75,30	75,70	76,30	76,30	76,60	76,70	76,80	77,40
Q6	5,20	5,50	5,60	5,70	5,70	5,70	5,80	5,80	6,00
M2	25	24	69	134	172	194	223	288	337
Typ	A6VE80HA2T/63W-VHL017A				VÝR.Č	4925759			
Nastavení regulace:			do vstupu X je připojen konstantní tlak 20bar HM je nakloněný do V_{gmax}						

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 32 Graf naměřených hodnot pro A6VE80



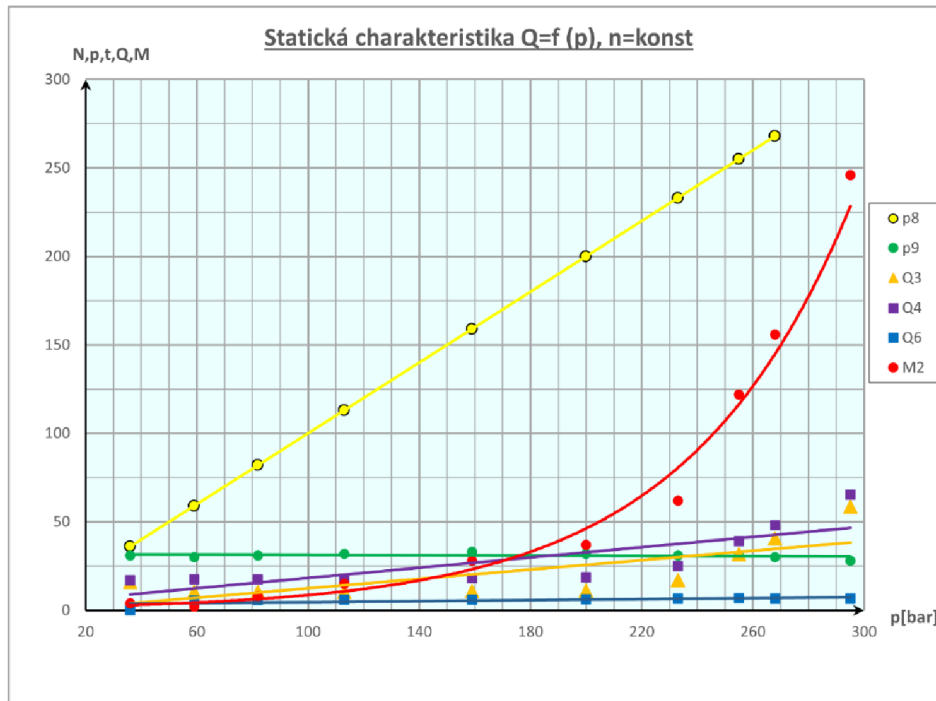
Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 13 Naměřené hodnoty pro A6VE80

Tabulka naměřených hodnot při $Q = f(p)$, $n = 1500$ [n/min]									Chod:	levý
p6[bar]	36	59	82	113	159	200	233	255	268	295
n2	1007	1006	1006	1006	1005	1004	1002	102	1003	1005
p7										
p8	36	59	82	113	159	200	233	255	268	295
p9	31	30	31	32	33	32	31	31	30	28
p10										
t3										
t4										
Q3	15,90	10,40	10,40	10,40	10,70	11,00	17,10	31,60	40,70	58,50
Q4	17,10	17,40	17,40	17,80	18,20	18,70	24,90	39,10	48,20	65,40
Q6	0,10	5,50	5,70	5,90	6,10	6,20	6,60	6,80	6,70	6,70
M2	4	2	8	15	28	37	62	122	156	246,00
Typ	A6VE80HA2T/63W-VHL017A				VÝR.Č	4925759				
Nastavení regulace:		vstup X je volný HM je naklopený do V_{gmin} a při tlaku cca 200bar se začíná naklápět do V_{gmax}								

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 33 Graf naměřených hodnot pro A6VE80



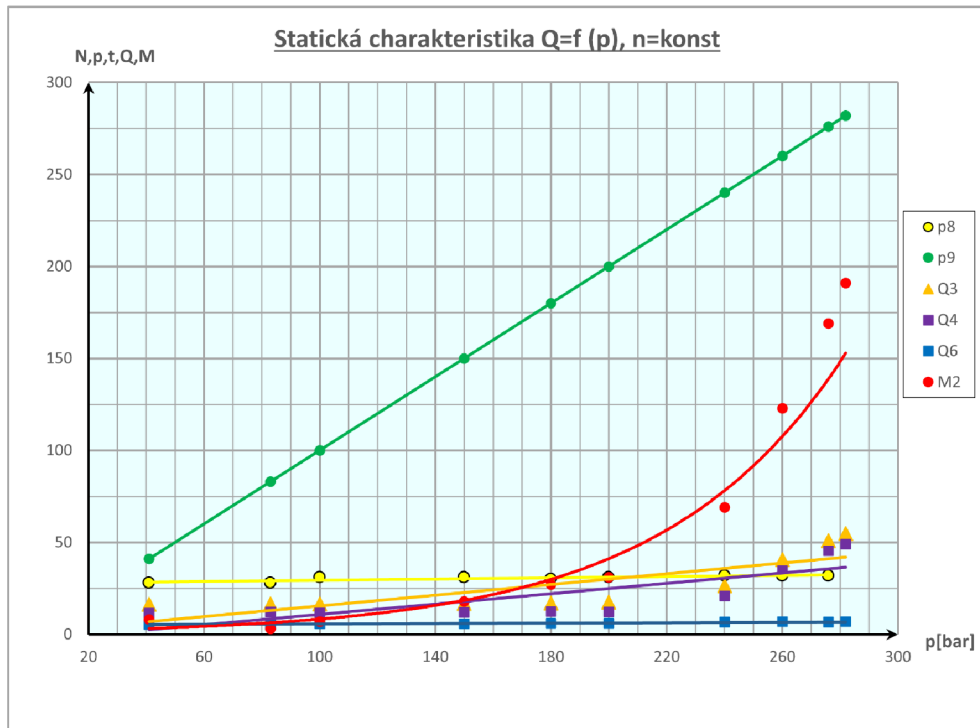
Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 14 Naměřené hodnoty pro A6VE80

Tabulka naměřených hodnot při $Q = f(p)$, $n = 1500$ [n/min]									Chod:	pravý
p6[bar]	41	83	100	150	180	200	240	260	276	282
n2	1006	1006	1006	1006	1006	1005	1007	1007	1006	1005
p7										
p8	28	28	31	31	30	31	32	32	32	31
p9	41	83	100	150	180	200	240	260	276	282
p10										
t3										
t4										
Q3	16,20	16,60	16,60	16,80	17,10	17,50	26,40	40,50	50,90	54,90
Q4	11,60	12,10	11,70	12,00	12,30	12,20	20,90	34,70	45,40	49,10
Q6	5,30	5,40	5,70	5,80	5,90	6,10	6,60	6,80	6,70	6,80
M2	8	3	7	18	27	31	69	123	169	191,00
Typ	A6VE80HA2T/63W-VHL017A				VÝR.Č	4925759				
Nastavení regulace:		vstup X je volný HM je naklopený do V_{gmin} a při tlaku cca 200bar se začíná naklápět do V_{gmax}								

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 34 Graf naměřených hodnot pro A6VE80



Zdroj: vlastní zpracování

Axiální pístový hydromotor S90 (Sauer-Danfoss)

Regulační a konstantní hydromotory série 90 jsou axiální pístové převodníky vysokého výkonu pro tlaky do 48 MPa. Tyto hydromotory jsou primárně navrženy pro uzavřené okruhy.

Obr. 35 Hydromotor 90M075 [21]



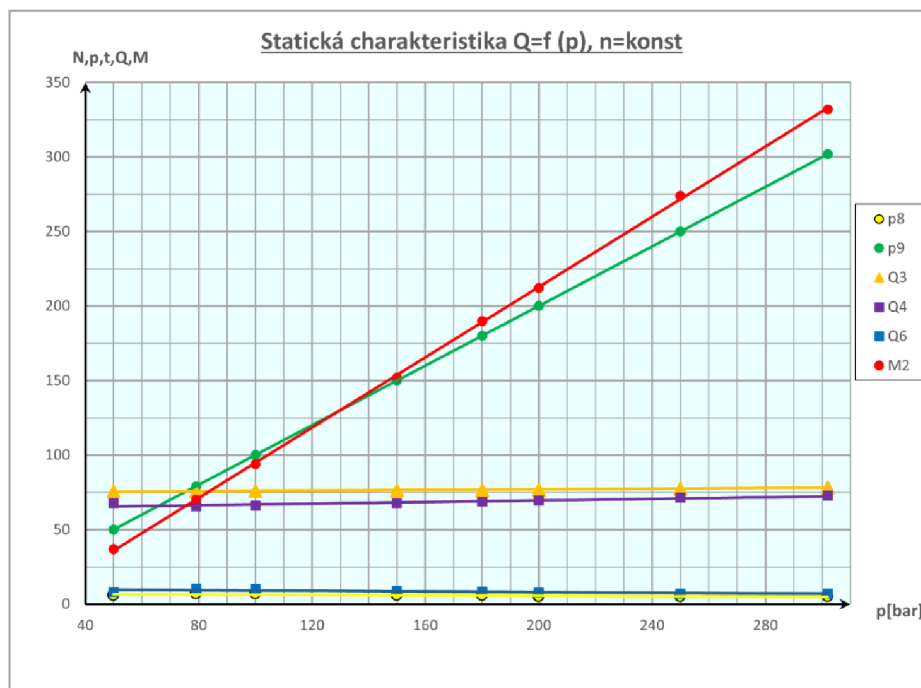
Jmenovitá velikost			75
Jmenovitý tlak		MPa	42
Maximální tlak		Mpa	48
Geometrický objem		Vg max	cm ³ 75
Počet otáček		n nom	min ⁻¹ 3600
		n max	min ⁻¹ 3950
Krouticí moment	$\Delta p = 40 \text{ MPa}$	T max	Nm 499

Tab. 15 Naměřené hodnoty pro 90M075

Tabulka naměřených hodnot při $Q = f(p)$, $n = 1500 \text{ [n/min]}$							Chod:	pravý
p6[bar]	50	79	100	150	180	200	250	302
n2	1004	1004	1003	1002	1001	1001	999	1001
p7								
p8	6	7	7	6	6	5	5	5
p9	50	79	100	150	180	200	250	302
p10								
t3								
t4								
Q3	75,70	75,80	76,00	76,30	76,50	76,80	77,60	78,30
Q4	67,60	65,60	66,00	67,80	68,70	69,60	71,50	72,70
Q6	8,10	10,40	10,10	8,80	8,30	7,80	7,10	6,90
M2	37	70	94	152	190	212	274	332
Typ	90M075NC0N7N0D4W00NNN0000XE014					VÝR.Č	N960234762N	
Nastavení regulace:	Neregulační hydromotor							
Pozn:	Dle TPG 3-05							

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 36 Graf naměřených hodnot pro 90M075



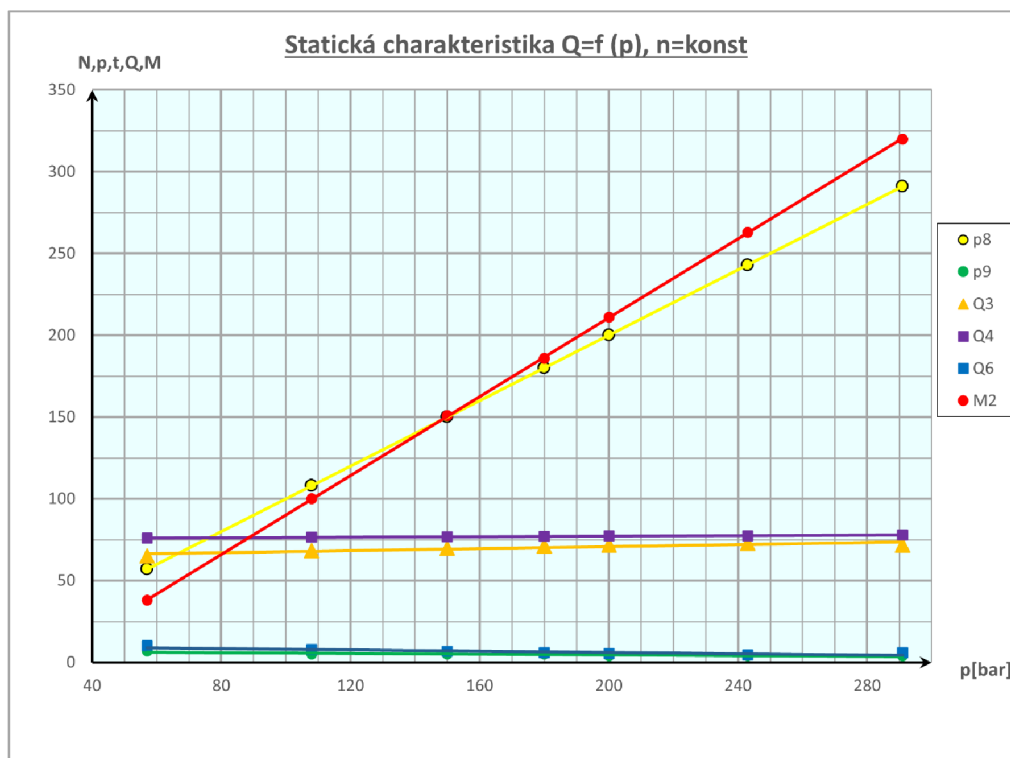
Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 16 Naměřené hodnoty pro 90M075

Tabulka naměřených hodnot při $Q = f(p)$, $n = 1500$ [n/min]						Chod:	pravý
p6[bar]	57	108	150	180	200	243	291
n2	1003	1001	1002	1003	1001	999	991
p7							
p8	57	108	150	180	200	243	291
p9	7	5	5	5	4	4	4
p10							
t3							
t4							
Q3	64,90	68,20	69,80	71,10	71,80	72,70	71,70
Q4	76,10	76,40	76,70	77,00	77,30	77,20	77,80
Q6	10,10	7,80	6,60	5,80	5,40	4,60	6,00
M2	38	100	151	186	211	263	320
Typ	90M075NC0N7N0D4W00NNN0000XE014			VÝR.Č	N960234762N		
nastavení regulace:	Neregulační hydromotor						
Pozn:	Dle TPG 3-05						

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 37 Graf naměřených hodnot pro 90M075



Zdroj: vlastní zpracování

7.5 Analýza naměřených hodnot

Jak je patrné z předchozí kapitoly, pro analýzu naměřených hodnot jsem si vytipoval různé výrobce hydrostatických převodníků o různých velikostech. Cílem zkoušení převodníků je zjistit, zda je daný převodník provozuschopný a zdali je v souladu s technickými parametry výrobce. Všechny naměřené hodnoty v protokolech vyhovovaly, a pokud by během měření byly některé hodnoty nesprávné, provede se kontrola, zda je vše správně zapojené a nedochází k úniku kapaliny. V případě nevyhovujícího protokolu dochází k odpojení převodníku a následuje proces demontáže a hledání možné chyby.

U hydrogenerátorů sledujeme závislost výkonu na tlaku při Q_{\max} (změnou naklopení desky) a Q_{\min} (změnou naklopení desky). V případě většího geometrického objemu nebo tlaku, než je zkušebna schopná změřit, dochází k úpravě měření a dochází ke zkoušení regulací daného převodníku. V naměřených hodnotách tedy nenajdeme hodnoty vyšší, než jsou parametry zkušebního stendu. U hydromotorů sledujeme závislost průtoku Q při zvedajícím se tlaku.

Základní myšlenou bylo vybrat 2x hydrostatický převodník (hydrogenerátor a hydromotor), který bude v rozmezí zkušebních parametrů stendu 1 nebo 2. Následně vybrat 2x hydrostatický převodník, který by byl nad rámec zkušebních parametrů stendu 2. V roce 2021 nebyl přítomen na opravu žádný hydromotor o velikosti 180 cm³ nebo více.

Pro zkoušení byl vybrán hydromotor A6VE80 od firmy Bosch Rexroth s geometrickým objemem 80 cm³ a hydromotor 90M075 od firmy Danfoss s geometrickým objemem 75 cm³. Oba hydromotory se vešly do parametrů zkušebny a vyhověly.

Pro zkoušení hydrogenerátorů bylo možné vybírat z velké řady velikostí a typů. Vybral jsem hydrogenerátor HPV-02 od společnosti Linde Hydraulics s geometrickým objemem 280 cm³, pro který je firma Glentor s.r.o. výhradním zástupcem pro ČR a SK. Dále byl vybrán hydrogenerátor 90R075 od firmy Danfoss s geometrickým objemem 75 cm³.

Technické parametry všech zkoušených převodníků, byly zapsány ke každému protokolu a následně byla vytvořena tabulka se základními hodnotami. Z tabulky je patrné, že jeden ze čtyř zkoušených převodníků byl nedostatečný v rámci geometrického objemu stendu 2, ale u všech čtyř převodníků byl nedostatečný jmenovitý tlak.

Tab. 17 Technické parametry zkoušených převodníků

Typ převodníků	Název	Geometrický objem [cm ³]	Jmenovitý tlak [MPa]	Maximální tlak [MPa]
Hydrogenerátor	S90R075	75	45	48
Hydrogenerátor	HPV-02 280	280	45	50
Hydromotor	A6VE 80	80	40	45
Hydromotor	90M075	75	42	48

Zdroj: vlastní zpracování

Z výše zmíněné tabulky a z praxe je v současnosti vidět, že v hydraulice došlo ke značnému posunu od roku 2004, kdy byla zkušebna Dyntest poprvé spuštěna. Nový standart pro hydrostatické převodníky se zvednul u jmenovitých tlaků na hodnotu 40-45 MPa. Hodnoty geometrických objemů se u převodníků také změnilly a standartně se objevují velikosti nad 180 cm³.

V návaznosti na tyto poznatky si mohu dovolit vypracovat zadávací podmínky pro novou zkušebnu hydrostatických převodníků. Nové technické parametry pro zkušebnu je možné využít jak pro návrh celé nové zkušebny, tak i pro modernizaci stávající zkušebny Dyntest. Návrhem modernizace hydraulické zkušebny se budu věnovat v následující kapitole.

8 MODERNIZACE ZKUŠEBNÍHO ZAŘÍZENÍ

Nové zadávací podmínky pro modernizaci zkušebny

Typy zkoušených hydrogenerátorů a hydromotorů:

Linde, Eaton, Vickers, Hydrokraft, Rexroth, Danfoss, Parker, Kawasaki, Komatsu, Poclain, Moog

Typy regulací hydrogenerátorů

- tlaková regulace;
- výkonová regulace;
- otáčková regulace.

Typy hydraulických okruhů

- otevřený;
- uzavřený.

Požadované parametry

Maximální tlak zkoušeného prvku	p_{\max}	= 50 MPa
Maximální objem zkoušeného prvku	V_g	= 280 cm ³
Zkušební otáčky	n	= 500 až 2900 min ⁻¹
Maximální průtok	Q_{\max}	= 300 dm ³ min ⁻¹

8.1 Modernizace stendu 2

Jak bylo popsáno v kapitole 6. u zkušebny Dyntest je využíván energeticky úsporný režim, který hodlám zachovat a nahradit pouze takové prvky, aby byla modernizace jednoduchá a investičně nenáročná.

Stend 1 s převodníkem $\leq 56 \text{ cm}^3$

Jak vyplývá ze zadání, stend 1 (10-56 cm³) vyhovuje funkčním požadavkům a není potřeba modernizace.

Nové technické parametry stendu 2 s převodníkem $\leq 280 \text{ cm}^3$

RHG hydrogenerátor HPV-02 280 $V_{og} = 280 \text{ cm}^3$ $p = 40,5 \text{ MPa}$

VPB hydrogenerátor A4VSO 40 $Q = 40 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ $p = 3,5 \text{ MPa}$

RZP hydrogenerátor HPR-02 55 $Q = 30 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ $p = 50 \text{ MPa}$

Q zubový průtokoměr $Q_{\max} = 300 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

Úpravy výplachového a plnicího bloku (VPB) a regulačního zdroje průtoku (RZP)

Na stendu 2 využijeme nepotřebný hydrogenerátor A4VSO 40, který byl používán pro RZP a nahradíme ho za A4VSO u VPB.

Nový VPB musí mít minimálně stejné nebo vyšší tlakové parametry, než má RHG. Pro účely vysokotlakého plnění a rekuperace stendu 1 a 2, použijeme hydrogenerátor Linde HPR-02 55 cm^3 , který nahradí stávající A4VSO 40 a zvýší maximální tlak zkoušeného prvku na $p = 50 \text{ MPa}$. Pro pohon využijeme elektromotor s příkonem 15 kW, kterým byl poháněn RHG A4VSO 180.

Výpočet potřebného výkonu pro RHG HPV-02 280

Svodová propustnost ΔQ [$\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$]

Pro další výpočty budeme pracovat se vzorci (26-36) [24]

Hydrogenerátor $Q_{\max} = 300 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

$$\Delta Q = (1 - \eta_{vg}) \cdot Q_{\max} \quad (44)$$

$$\Delta Q = (1 - 0,95) \cdot 300 = 15 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$

Hydromotor

$$\Delta Q = (1 - \eta_{vm}) \cdot Q_{\max} \quad (45)$$

$$\Delta Q = (1 - 0,95) \cdot 300 = 15 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$

Tento průtok pokrývá plnicí a výplachový blok VPB

Průtok přes tlakový ventil

$$Q_R = 0,05 \cdot Q_{max} \quad (46)$$

$$Q_R = 0,05 \cdot 300 = 15 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$$

Potřebný průtok pro daný rozdíl geometrických objemů bude

$$\Sigma \Delta Q = \Delta Q_g + \Delta Q_m \quad (47)$$

$$\Sigma \Delta Q = 15 + 15 = 30 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$$

Pokryto VPB, dále pro další výpočty budeme brát $\Sigma \Delta Q = 10 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$

Celkový potřebný průtok

$$Q_0 = (Q_R + \Sigma \Delta Q) \frac{1}{\eta_{vg}} \quad (48)$$

$$Q_0 = (15 + 10) \frac{1}{0,95} = 26 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$$

Příkon pro $p = 40,5 \text{ MPa}$

$$P = \frac{Q_0 \cdot p}{612 \eta_{pg}} \quad (49)$$

$$P = \frac{26 \cdot 40,5}{612 \cdot 0,95} = 18 \text{ kW} \quad \text{volíme instalovaný příkon } P = 30 \text{ kW}$$

Výpočet kroutícího momentu motoru

$$P = \frac{2\pi Mf}{60} \quad (50)$$

$$M = \frac{P \cdot 60}{2\pi f} = \frac{30000 \cdot 60}{2\pi \cdot 1475} = 194 \text{ Nm}$$

Krytí mechanicko-hydraulických odporů za předpokladu nepřesnosti nastavení převodníků $\pm 5 \text{ cm}^3$, $n = 2000 \text{ min}^{-1}$

Dosadíme do vzorce za $V_{og} = 240 \text{ cm}^3$ a $V_{om} = 235 \text{ cm}^3$

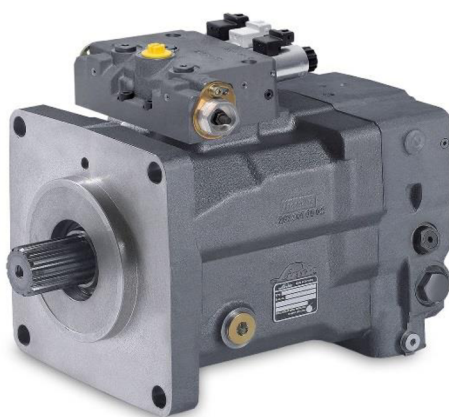
Typ použitého hydrogenerátoru RHG:

HPV-02 280 E10000AH299-42029FS-MSOS50

Typ použitého elektromotoru:

Elektromotor SIEMENS 30kW,1475ot, 30kW (1LE1003-2AB53-4JA4-Z)

Obr. 38 Hydrogenerátor HPV-02 [22]



Obr. 39 Technické údaje HPV-02 [22]

Přehled technických dat

			55	75	105	135	165	210	280
Jmenovitá velikost									
	maximální geometrický objem	cm ³	54,8	75,9	105	135,6	165,5	210	281,9
Otáčky	maximální otáčky trvalé	min ⁻¹	3300	3100	2900	2700	2500	2300	2000
	maximální otáčky přerušované	min ⁻¹	3700	3500	3200	2900	2700	2500	2200
	minimální otáčky trvalé	min ⁻¹	500						
Tlak	maximální provozní tlak	MPa	42						
	maximální tlak přerušovaný	MPa	50						
	trvalý tlak (Δp)	MPa	25						
	dovolený tlak v tělese (absolutní)	MPa	0,25						
Moment	trvalý vstupní moment (při trvalém tlaku)	Nm	220	305	420	540	660	840	1115
	maximální vstupní moment (při maximálním provozním tlaku a tlaku plnění 1,9 MPa)	Nm	350	485	670	870	1055	1340	1785
Příkon	trvalý příkon (při max. trvalých otáčkách a trvalém tlaku)	kW	75	98	127	153	173	201	235
	maximální příkon (při max. trvalých otáčkách a max. provozním tlaku a tlaku plnění 1,9 MPa)	kW	122	159	206	247	279	326	381

Regulace

HPV-02 E1 má dva proporcionální elektromagnety a spojuje díky obvodu zpětné vazby pružnost elektronického řídicího systému stroje se spolehlivostí stále pohotového řídicího zařízení hydrogenerátoru. Přesné a jednoduché. Proto stejný řídicí signál vyvolá vždy stejnou odezvu stroje, takže nejsou třeba žádné opravné zásahy technika nebo elektronického systému.

Typ použitého hydrogenerátoru VPB:

HPR-02 55 E1L0000H2-SM-S0S32-S0000-000-R00-034/1000/20/999/999-N

Obr. 40 Hydrogenerátor HPR-02 [22]



Obr. 41 Technické údaje HPR-02 [22]

Přehled technických údajů

			55	75	105	135	165	210	105D	280	165D
Jmenovitá velikost	maximální geometrický objem	cm ³	55	75,9	105	135,7	165,6	210,1	2x 105	280,9	2x 165,6
	Otáčky	max. provozní otáčky bez tlakování nádrže*	min ⁻¹	2700	2500	2350	2300	2100	2000	2350	1800
Průtok**	maximální průtok	dm ³ min ⁻¹	148,5	189,8	246,8	312,1	347,8	420,2	493,5	507,4	695,5
Tlak	trvalý tlak	MPa	25								
	jmenovitý tlak	MPa	42								
	špičkový tlak	MPa	50								
	dovolený tlak v tělese	MPa	0,25 (absolutní)								
Moment**	trvalý vstupní moment při trvalém tlaku	Nm	219	302	418	540	659	836	836	1122	1318
	maximální vstupní moment při jmenovitém tlaku	Nm	368	507	702	907	1107	1404	1245	1884	1964
Příkon**	trvalý příkon	kW	61,9	79,1	102,8	130,0	144,9	175,1	205,6	211,4	289,8
	maximální příkon	kW	104,0	132,8	172,7	218,5	243,4	294,1	306,7	355,2	431,8

Load sensing s regulací EL1

System Load sensing (LS) (Load – zátěž, sensing – snímající) znamená řízení průtoku nastavením proporcionálního rozvaděče nebo regulačního hydrogenerátoru nezávisle na pracovním tlaku. Regulator EL1 umožňuje tzv. řízení pracovního režimu pro volbu různých pracovních bodů nebo umožňuje regulaci omezení výkonu. Tyto funkce využijeme při zkoušení rozvaděčů. Integrace všech funkcí do regulatoru hydrogenerátoru umožňuje přímý přenos signálu bez zpoždění. Specifické vlastnosti regulatoru jsou nezávislé na velikosti hydrogenerátoru.

Výpočet elektromotoru

$$P_o = \frac{p \cdot V_g \cdot n}{\eta_t} \text{ [W]}$$

(54)

$$p = 50\,000\,000 \text{ [Pa]}$$

$$V_g = 0,000020 \text{ [m}^3\text{/ot}^{-1}\text{]}$$

$$n = 24 \text{ [ot/s}^{-1}\text{]}$$

$$\eta_t = 0,94 \text{ [-]}$$

$$P_o = \frac{50\,000\,000 \cdot 0,000020 \cdot 24}{0,94}$$

$$P_o = 25\,531,9 \text{ W} = 25,5 \text{ kW}$$

Zvolíme elektrický motor s výkonem 30 kW.

Typ použitého elektromotoru:

Elektrický motor Siemens 30kW (1LE1503-2BC23-4JA4)

Po změně hydrogenerátorů a elektromotorů musíme navrhnout vhodný držáky, spojky a tlumicí lišty. Pro tento návrh jsem využil firmu HBE a jejich konfigurátor.

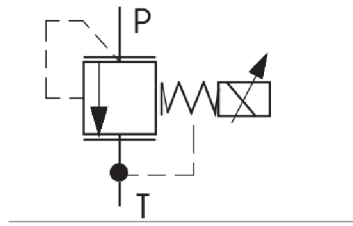
Pro HPV-02 280 využijeme typ: PRST 400/256/961/2 + Softex 75/90

Pro HPR-02 55 využijeme typ: PR 450/262/747/1 + Softex 48/60

Proporcionální tlakový ventil

V okruhu jsou instalovány proporcionální ventily, které se změnou tlaku bylo potřeba též nahradit.

Obr. 42 Symbol proporciónálního tlakového ventilu [18]



Obr. 43 Proporcionální tlakový ventil [18]



Typ použitého proporciónálního ventilu: PVMP65 od firmy HAWE

Technické parametry:

- malý exemplární rozptyl charakteristiky žádané hodnoty tlaku;
- samostatně nezávisle na sobě nastavitelné rampy náběhové (zrychlení) a doběhové (dobrzďování);
- Maximální provozní tlak: 70 MPa;
- Napájecí napětí řídicí elektroniky 24 V DC;
- Maximální průtok: 60 dm³ min⁻¹.

Po vytipování PVMP65 bude potřeba vyrobit novou kostku, pro funkční zapojení. Výrobu provede firma Glentor.

Snímač tlaku

Pro účely snímání tlaku oleje na vstupu a výstupu zkoušeného převodníku navrhuji umístit snímače tlaku PM 3160 od firmy IFN. Snímače tlaku detekují systémový tlak a převádí jej na analogový výstupní signál. Snímače jsou dodávány jak s proudovým, tak i s napěťovým výstupním signálem

Technické parametry:

Procesní připojení: G $\frac{1}{4}$

Měřicí rozsah: 0 ÷ 60 MPa

Provozní napětí: 18 ÷ 30 V DC

Analogový výstup: 4 ÷ 20 mA nebo 0 ÷ 10 V

Přesnost / odchylky: $\pm 0,5\%$

Opakovací přesnost: <math>< 0,1\%</math>

Rozsah teplot: - 25 ÷ + 90 °C

Třída krytí: IP 68

Obr. 44 Snímač tlaku [19]



Tlakový spínač

Tlakový spínač zajišťuje automatické spínání a vypínání hydrogenerátoru v závislosti na tlaku kapaliny v systému. Tlakové spínače mají přednastavený spínací a vypínací tlak, navrhnul jsem tedy tlakový spínač PN7160 od firmy IFM. Technické parametry jsou shodné s PN 3160.

Tlakový (pojistný) ventil

Hydrogenerátor HPV-02 55 je třeba jistit proti přetížení pojistným ventilem. Pro daný hydrogenerátor navrhuji použít pojistný ventil typ ARE firmy ATOS.

Typ použitého pojistného ventilu: ARE-06/500/RS

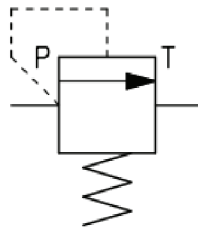
Technické parametry:

- Maximální provozní tlak: 50 MPa
- Maximální průtok: $60 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$
- Typy: ARE

Obr. 45 Pojistný ventil [20]



Obr. 46 Symbol pojistného ventilu [20]



Zpětný jednosměrný ventil

Jednosměrné ventily používáme k uzavření průtoku kapaliny v jednom směru, zatímco ve směru druhém je kapalině umožněn volný průtok. V našem případě využíváme zpětný ventil k uzavření pracovního okruhu pod tlakem. Navrhují zpětný ventil typ B od firmy HAWE.

Typ použitého zpětného ventilu: B2-4

Technické parametry:

- Maximální provozní tlak: 50 MPa;
- Maximální průtok: $160 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$.

8.3 Soupis a cena prvků pro modernizaci zkušebny

Pro modernizaci zkušebny jsem vytypoval 15 nových prvků, které jsou nejvhodnější pro modernizaci zkušebny. Zbylé prvky z hydraulického obvodu mohou být nadále využívány pro provoz stentu a zajištění chodu zkušebního zařízení. Prvky byly vytypovány, dle zastoupení firmy Glentor s.r.o. a dále dle zkušeností z praxe a vyhovujících parametrů. Nově nastavené parametry zkušebny ztížili hledání prvků, především prvky schopných maximálního tlaku 50 MPa. Se všemi dodavateli jsme v minulosti pracovali a plně vyhovují požadavkům firmy. Hadice a potrubí je dostačující pro stend 2 a není potřeba výměny. Ceny prvků byly poptány a zjištěny od našich dodavatelů, z internetových stránek anebo přímo z interního systému výrobce (extranet).

Tab. 18 Soupis prvků

Pos.	Poč. Kusů	Název	Typ, objednáč. číslo	Dodavatel, výrobce	Cena (Kč bez DPH)
201	1	Hydrogenerátor	HPV-02 280 E1	LINDE	162.344,-
202	1	Elektromotor	1LE1003-2AB53-4JA4-Z, 30kw	SIEMENS	54.448,-
203	1	Držák	PRST 400/256/961/2	HBE	9.992,-
204	1	Spojka	Softex 75/90.55	HBE	13.984,-
205	2	Tlumicí lišty	MDS 200L	HBE	2.496,-
206	1	Hydrogenerátor	HPR-02 55 E1L	LINDE	25.687,-
207	1	Držák	PR 450/262/747/1	HBE	4.975,-
209	1	Spojka	Softex 48/60	HBE	11.517,-
210	1	Elektromotor	1LE1503-2BC23-4JA4, 30kW	SIEMENS	80.014,-
211	1	Proporcionální talkový ventil	PVMP65	HAWE	35.376,-
212	1	Kostka		GLENTOR	6.120,-
213	1	Snímač tlaku	PN 3160	IFN	10.414,-
214	1	Tlakový spínač	PN 7160	IFN	9.050,-
215	1	Tlakový ventil	ARE-06/500/RS	ATOS	4.334,-
216	1	Zpětný ventil	B2-4	HAWE	2.146,-

Zdroj: vlastní zpracování

8.4 Řídící systém

Při modernizaci hydrostatické zkušebny, využijí současnou technologii v rámci softwaru a hardwaru, aby nedocházelo pouze k zápisu dat, ale i k ukládání a s možností další práce.

Virtuální program

Virtual instrumentation – VI = „virtuální programy“ jsou vývojová prostřední, která vznikly díky možnosti definovat systém nahrazující hardwarové prostředky, který provádí měření

a řízení pomocí softwarových nástrojů, které dovolují uživateli definovat možnosti systému pomocí tohoto softwaru. Virtuální měřicí přístroje jsou velmi progresivní, protože umožňují při zachování výkonnostních parametrů klasické měřicí techniky vytvářet přístroje, které mají funkce přesně odpovídající požadavkům uživatele, neboť jsou realizované softwarově. Tato koncepce umožňuje rozšiřovat další funkce podle měnících se potřeb koncového uživatele. Navíc je možné kdykoliv změnou programu vytvořit jiný měřicí přístroj nebo upravit vlastnosti původního. Při spojení měřicího přístroje a počítače přes rozhraní nebo při vytváření virtuálních měřicích přístrojů už nehraje velkou úlohu jaké hardwarové prostředí v počítači máte. V dnešní době, jsou základní parametry pro chod operačního systému totožné pro využívání vývojového softwaru. V současnosti je mnoho společností zabývajících se virtuálními přístroji a umožňují jednoduché použití, přizpůsobení a řízení viz LabVIEW.

Procesy měření

- 1) Pro sběr dat a řízení technologického procesu se většinou používají následující typické způsoby sběru dat:
 - Zásuvné multifunkční karty;
 - PLC (programovatelné logické automaty);
 - Přístroje vybavené rozhraním LAN/RS;
 - Přístroje vybavené rozhraním GPIB;
 - VXI měřicí systémy;
 - Průmyslové I/O systémy.

V první fázi procesu měření se jedná o získávání surových dat – jedná se o převod naměřených veličin na číselnou hodnotu, který se zobrazí na displeji a uloží do paměti.

- 2) Fáze analýzy naměřených dat:
 - Digitální zpracování signálu;
 - Statistika;
 - Filtrace;
 - Další operace.

V druhé fázi procesu měření obvykle nastává potřeba odstranění nežádoucích částí měřených signálů (odstranění rušení), statistické vyhodnocování (např. výpočet střední nebo efektivní hodnoty) a výpočet dalších veličin z veličin měřených.

- 3) Prezentace naměřených a analyzovaných dat:
 - Grafické rozhraní k uživateli;
 - Síťování;
 - Tisk;
 - Archivace souborů.

V poslední fázi jsou naměřené a analyzované hodnoty zobrazeny v určitém tvaru, např. protokoly, grafy a tabulky, které jsou uloženy do datových souborů. Pro virtuální měřicí systém použijeme hardware (měřicí přístroj s rozhraním, počítač se zásuvnou měřicí kartou, VXI měřicí systém) a dále je třeba zvolit vhodný software, proto jsem vybral LabVIEW.

LabVIEW

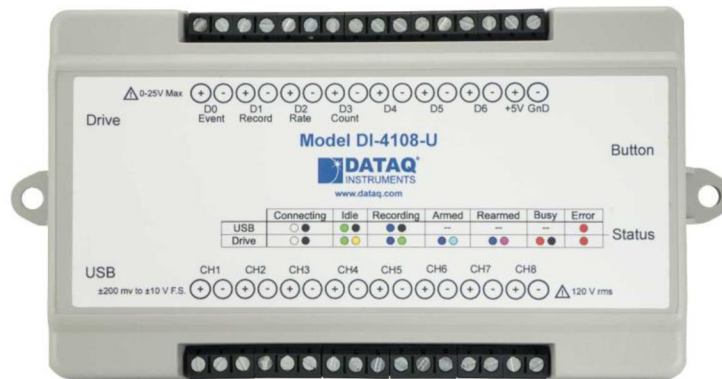
Programový systém LabVIEW byl vytvořen firmou National Instruments v roce 1983. LabVIEW lze charakterizovat jako vývojový systém pro programování měřících (resp. řídicích) systémů na bázi IEEE 488, VXI, RS-232 nebo zásuvných měřících desek, sběr dat a jejich následné zpracování a prezentaci. Jedná se o nejpoužívanější a nejpropracovanější systém, který se stal průmyslovým standardem a inspiroval i tvůrce jiných vývojových prostředků. Program vychází z úvahy, že tím, kdo obvykle ví, co měřit, jak analyzovat a jak prezentovat data, je specializovaný technik, který však není programátorem. Svoje představy proto předá programátorovi obvykle v podobě blokových schémat. Programátor toto schéma potom převádí do zvoleného programovacího jazyka. Cílem vývojového prostředí LabVIEW tedy je, aby předané schéma bylo koncovým tvarem aplikace, která se dále nebude převádět do jiné podoby. Aktuálně je možno zakoupit nejnovější verzi LabVIEW 2021. V případě potřeby využití starší verze, musíte být stávající zákazník.

Měřicí a řídicí karta

Pro výše potřebné účely jsem zvolil měřicí a řídicí kartu DAQ. Přesněji model DI-4108-U pro 8 kanálů. Tyto karty jsou běžnou možností pro aplikace, které vyžadují vysokorychlostní přenos dat a jednoduché ovládání.

- Generování nebo získávání dat z více kanálů;
- Měření nejrůznějších typů dat (v závislosti na software a senzorech);
- Připojení přes USB, PCI (PCMCIA) slot k počítači nebo PXI zařízení;
- Zaznamenávání na flashdisk;
- Ke kartě přísluší konektorový blok a software WinDaq.

Obr. 47 Měřicí a řídicí karta [17]



NI-DAQ řadiče (drivers) = soubor VIs pro konfiguraci zařízení, získávání dat a ovládání zařízení

Aplikace je určena pro:

- Připojení převodníků a snímačů;
- Měření stejnosměrných napětí (proudů s příslušnou redukcí);
- Monitorování a řízení procesů;
- Snímání a analýza průběhu;
- Vícekanálový sběr dat;
- Simulace v reálném čase.

Zpracování signálů

Po propojení hardwaru a naprogramování softwaru jsou naměřená data ukládána na firemní síť nebo přímo do počítače. V aplikaci LabVIEW 2021 bude stačit několik kliknutí k rychlému měření, zápisu dat na disk případně USB disk a exportu do tabulkového programu Microsoft Excel. Systém samozřejmě bude disponovat dalšími potřebnými funkcemi, např. monitorování a zaznamenávání provozních stavů jako je teplota a stav oleje.

Obr. 48 Průběh získávání dat



Zdroj: vlastní zpracování

9 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Investice jsou v širším podnikovém pojetí v současnosti obětované prostředky na pořízení majetku, který bude dlouhodobě pomáhat firmě přinášet vyšší užitky a v důsledku umožní získat i vyšší finanční efekty. Řešení investiční problematiky je nezbytné ve všech firmách, jelikož jednou pořízené výrobní prostředky zastarávají fyzicky i morálně, a je nezbytné je obnovovat. Cílem firmy by navíc kromě maximalizace zisku měl být také její růst a rozvoj, k čemuž jsou většinou zapotřebí investice do rozšíření (výrobních) kapacit či modernizace stávajících zařízení. Před realizací investice by měla nastat předinvestiční fáze zahrnující identifikaci potenciálního investičního cíle, dále výběr vhodné varianty cíle investice s odhady dopadů na budoucí hospodaření společnosti, a určení podmínek úspěšné realizace dané investice.[26]

9.1 Financování investice

Důležitou součástí předinvestiční fáze je sestavení finančního plánu projektu na základě očekávaných výdajů (nákladů) a příjmů (výnosů) z investice, a dále určení původu, struktury a ceny kapitálu použitého k financování investice. To, která varianta financování investice bude pro firmu výhodnější, záleží na strategii firmy a jejích finančních možnostech. Obecná zásada říká, že oběžný majetek by měl být financován krátkodobým kapitálem, zatímco dlouhodobý majetek dlouhodobým kapitálem. Tím se předchází riziku možné neschopnosti firmy splácet své závazky.

Výhodnost jednotlivých variant financování je možné posoudit například podle výše daňové úspory. Ta je založena na skutečnosti, že určitá část výdajů tvoří daňově uznatelné náklady podnikatele, které snižují základ pro výpočet daně z příjmů. Tím je ovlivněna výše zisku před zdaněním, a tedy i výše daňové povinnosti. Netto výdaj je pak částkou skutečných výdajů sníženou o daňovou úsporu. [28]

$$\text{Netto výdaj} = \text{částka skutečných výdajů} - \text{daňová úspora} \text{ [Kč]} \quad (55)$$

$$\text{Daňová úspora} = \text{daňově uznatelné výdaje} \times \frac{\text{sazba daně z příjmu}}{100} \text{ [Kč]} \quad (56)$$

Financování vlastními zdroji klade vysoké nároky na vlastní kapitál firmy. Odčerpáním přílišného množství finančních prostředků společnosti může být narušena její okamžitá likvidita – tedy schopnost splácet své závazky. Tento fakt je nutné mít na paměti a objektivně posuzovat finanční situaci firmy. Při financování investic z vlastních zdrojů, takzvaně za hotové, jsou odpisy pořízeného majetku daňově uznatelnými náklady. Netto výdaj a daňová úspora se pak vypočte podle vzorců níže. [26]

$$\text{Netto výdaj} = \text{částka skutečných výdajů} - \text{daňová úspora [Kč]} \quad (57)$$

$$\text{Daňová úspora} = \text{suma odpisů} \times \frac{\text{sazba daně z příjmu}}{100} \text{ [Kč]} \quad (58)$$

Financování úvěrem spojuje výhody plného vlastnictví financovaného majetku (libovolné nakládání s majetkem, odpisy majetku jako daňově uznatelný náklad) s výhodami financování cizími zdroji v případě, že firma nedisponuje dostatkem hotovosti. Nevýhodou bankovních úvěrů je jejich administrativní náročnost či účtování poplatku za poskytnutí úvěru. Při výpočtu daňové úspory se počítá s celým obdobím odepisování majetku, nikoliv pouze s dobou splácení úvěru. Daňově uznatelným nákladem jsou kromě odpisů majetku také placené úroky z úvěru, ty je nutné pro účely kalkulace odlišit od úmoru úvěru. [29]

$$\text{Netto výdaj} = \text{částka skutečných výdajů} - \text{daňová úspora [Kč]} \quad (59)$$

$$\text{Daňová úspora} = (\text{suma odpisů} + \text{úroky úvěru}) \times \frac{\text{sazba daně z příjmu}}{100} \text{ [Kč]} \quad (60)$$

9.2 Technické zhodnocení

V rámci modernizace zkušebny v podniku Glentor byly vybrány komponenty, které je potřeba obnovit pro modernizaci zkušebny. Společnost Glentor je vlastníkem zkušebního zařízení Dyntest. Pro účely modernizace zkušebny se budeme řídit výkladem definovaným v ustanovení § 33 zákona o daních z příjmů. Zákonem o daních z příjmů je technické zhodnocení definované jako „výdaje na dokončené nástavby, přístavby a stavební úpravy, rekonstrukce a modernizace majetku, pokud převýšily u jednotlivého majetku v úhrnu 80 000 Kč.“ Konkrétně se bude jednat o zhodnocení hmotného majetku dle § 33 (3) *Modernizací se pro účely tohoto zákona rozumí rozšíření vybavenosti nebo použitelnosti majetku.*“

Podmínku pro technické zhodnocení splňujeme, a proto nám nastává povinnost, technické zhodnocení zařadit jako majetek, a to prostřednictvím zvýšení vstupní ceny.

9.3 Odpisy

Prvky pro modernizaci jsou zařazen do první odpisové skupiny dle zákona č. 586/1992 Sb. O daních z příjmů. Odepisování bude počítáno lineárně (rovnoměrně) dle sazby pro zvýšení vstupní ceny, aby došlo k jejich rovnoměrnému rozložení do nákladů. Pořizovací cena prvků je 432 897 Kč bez DPH, tedy 523 805 s DPH.

U softwaru je nutné odlišovat „update“, který není technickým zhodnocením ale opravou, a „upgrade“, který je technickým zhodnocením. Update znamená „vedení do současného stavu“. Nejedná se tedy o zdokonalení ani změnu účelu, ale o takovou úpravu, která je v souladu se současným stavem. Upgrade je zdokonalení současného programového

vybavení, vyšší verze programu, rozšíření o další moduly, které ale fungují pouze s hlavním modulem. Při modernizaci dochází tedy k upgradu a pořizovací cena softwaru je 181 500 Kč.

Pořizovací cena hardwaru je 20 000 Kč bez DPH, tedy 24 200 Kč s DPH.

Vstupní cena zkušebního zařízení je zanedbatelná, jelikož dlouhodobý hmotný majetek (DHM) byl zakoupen v roce 2004.

Pro odpisy technického zhodnocení sečteme celkové pořizovací náklady – 602 897 Kč bez DPH.

Předpokladem pro výpočet je, pořízení všech prvků začátkem roku 2023. Výpočet bude prováděn dle vztahu:

$$O_n = \frac{(PC \cdot k)}{100} [\text{Kč}] \quad (61)$$

Kde:

- O – roční odpis;
- Pc – pořizovací cena;
- k – sazba odpisů (33,3 pro zvýšenou vstupní cenu);
- n – počet let odepisování.

Tab. 19 Odpisy

Rok	Výše zvýšené vstupní ceny [Kč]	Roční odpis [Kč]	Oprávky [Kč]
2023	401 931	200 966	200 966
2024	200 966	200 966	401 932
2025	0	200 965	602 897

Zdroj: vlastní zpracování

Technické zhodnocení provedené od 1.1.2021 na dlouhodobém nehmotném majetku zařazeném do užívání do konce roku 2020 bude i nadále dle bodu 10 přechodných ustanovení zákona č. 609/2020 Sb. daňově odpisováno dle § 32a odst. 6 ZDP, ve znění účinném do 31.12.2020.

9.4 Zhodnocení investice

Glentor získal statutu akreditované zkušebny od Českého akreditačního institutu v roce 2005 a modernizace představuje jeden z cílů jakosti pro rok 2023 v rámci dalšího rozvíjení systému managementu jakosti v s.r.o. Glentor. Služby akreditované zkušebny využívají tuzemské pobočky, popř. dceřiné společnosti známých zahraničních výrobců hydraulických prvků a převodníků pro přezkušování a seřizování svých prvků.

Společnost Glentor v letech 2001 až 2004 vynaložila na zajištění projektu zkušebny Dyntest z vlastních zdrojů více než dvojnásobné finanční prostředky proti původnímu záměru. Již uzavřené smlouvy o využití výsledků řešení stejně jako předběžné dohody o využívání služeb akreditované zkušebny byly dobrými předpoklady pro návratnost finančních prostředků vynaložených řešitelem v průběhu řešení projektu.

Analýza měřených prvků (kap. 8) ukázala, že zkušebna vyžaduje po 17 letech provozu modernizaci. Pro modernizaci zkušebního stendu 2, jsou zapotřebí finanční prostředky v minimálně hodnotě 433 000 Kč bez DPH. Celkové předpokládané náklady za hydraulické prvky, software a hardware bez práce jsou spočítány na 603.000 Kč bez DPH. Náklady za práci můžeme opomenout, jelikož by se pro zapojení vytypovaných prvků využili zaměstnanci ze společnosti Glentor.

Pro výpočet doby návratnosti investice, cash-flow a rentability investice nemáme dostatek potřebných dat. Investice do modernizace zkušebny zaručí, že zkušebna bude znovu na nejvyšší technické úrovni. Ulehčí práci zkušebním technikům, umožní zvýšit rozsah zkoušených převodníků a práci s výstupními daty a nabídne stávajícím či novým zákazníkům moderní pracoviště.

Největším faktorem pro realizaci návrhu modernizace zkušebny bude analýza trhu a zjištění aktivních možností využití zkušebny mezi zákazníky. Další faktor bude vymezený rozpočet pro investice v příštích letech. Peněžní prostředky potřebné pro investici do nové zkušebny by se pohybovaly v řádů dvou až pěti milionů korun, dle zvolených dodavatelů. Jelikož společnost aktuálně nedisponuje dostatečným množstvím volných peněžních prostředků a financování pomocí úvěru není aktuálně pro společnost výhodné řešení. Při využití vlastních finančních prostředků je varianta modernizace zkušebny ekonomicky nejvýhodnější řešením.

10 ZÁVĚR

V této diplomové práci byla provedena úprava stávající zkušebny hydrostatických převodníků (hydrogenerátorů a hydromotorů) v současné době umístěné ve firmě Glentor s.r.o. v Praze. Vzhledem k rozsáhlosti daného tématu bylo nutné rozdělit diplomovou práci na tři části.

- 1) popis a funkce stávající zkušebny;
- 2) měření na zkušebně s analýzou naměřených hodnot;
- 3) návrh řešení modernizace zkušebny.

Pro zajištění prvního částí bylo nutné se seznámit se současným hydraulickým obvodem včetně jeho zdokumentování, s typy zkoušených převodníků včetně prostudování jejich parametrů, funkce a požadavků na zkoušení a v neposlední řadě zjištění způsobu současného zkoušení a jeho nedostatků a potřeb přezkoušení převodníků. Z výsledku této části bylo možné přejít na druhou část a provádět zkušební měření pod dohledem odporného technika.

K zajištění druhé a třetí části bylo nutné se seznámit s průběhem opravy hydraulických převodníků na pracovišti, tj. od příjmu převodníků k opravě, přes demontáž, opravu dílů převodníků na jednoúčelových strojích až po zpětnou montáž, přezkoušení s vyhodnocením vyhovění. Z analýzy výsledků druhé části vyplynuly body úpravy hydraulického obvodu a bylo přistoupeno k třetí části, a to ke zpracování návrhu nového hydraulického obvodu včetně časově náročného zjišťování použitelných prvků do obvodu s ohledem na jejich parametry, které patří už k nadstandardním, obzvláště v případě prvků pro tlak 50MPa. Výsledkem třetí části je v této diplomové práci návrh nového zmodernizovaného hydraulického obvodu pro stend 2, včetně seznamu potřebných prvků viz. příloha.

Samotná práce na návrhu modernizace zkušebny se potkávala s řadou překážek. Několikrát docházelo k úpravám prvků při vytváření optimálního návrhu. Prvky samotné vytvářeli překážky, i když byly vytypovány správně, ale v průběhu návrhu hydraulického obvodu se museli změnit.

Nově navržený hydraulický obvod plně vyhovuje potřebám pro zkoušení daných typů hydrostatických převodníků v Glentor s.r.o. Navrhované řešení modernizace zkušebny převodníků bylo vytvořeno s ohledem na stávající zařízení. Pro výrobní i opravárenské firmy je zajištění jakostních výrobků, bezpečnosti práce, splnění přísných ekologických požadavků a minimalizace energetické náročnosti výrobních provozů základním předpokladem trvalé prosperity firmy.

Tato práce ukázala návrh zkušebny, která by byla z finančního hlediska akceptovatelná, tedy střední cesta – modernizace. Výsledkem práce je potvrzení, že zkušebnu je možné zmodernizovat. Samostatná hydraulická část by přišla na přibližně 433 000 Kč bez DPH. Dále musíme započítat částku za dodání elektrického vybavení zkušebny (hardware) v hodnotě 20 000 Kč bez DPH a řídicího systému (software) v hodnotě 150 000 Kč bez DPH.

Dle návrhu této diplomové práce je možné provést modernizaci zkušebny pro hydrogenerátory a hydromotory ve firmě Glentor s.r.o, která zajistí zkoušení převodníků po opravě v potřebném technickém rozsahu.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ŠKOPÁN, M. *Hydraulické pohony strojů*. Elektronická verze, VUT, Brno, 2004
- [2] VAŘURA, Jaroslav. *Hydraulické a pneumatické mechanismy*. Vyd. 2. Brno: Ediční středisko VUT, 1987, 171 s. : il., grafy, schémata
- [3] KOPÁČEK, Jaroslav. *Hydraulické pohony hornických a hutnických strojů a zařízení*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1964. Učební texty vysokých škol / Vysoká škola báňská.
- [4] PIVOŇKA, Josef. *Tekutinové mechanismy*. Praha: SNTL, 1987, 623 s. ISBN 04-225-87
- [5] *Principy průmyslových čerpadel – 1.díl – zubová čerpadla* [online]. 2011 [cit.2021-12-19]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/principy-prumyslovyhcerpadel-1dil-zubova-cerpadla>
- [6] *Zubová čerpadla* [online]. [cit. 2021-12-19]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=58511
- [7] *Katalog hutního materiálu* [online]. 2011 [cit. 2021-12-19]. Dostupné z: http://www.hydraulics.cz/katalog_hutniho_materialu.pdf
- [8] KLIMEŠ, Josef. *Tekutinové Mechanizmy učební texty* [pdf]. 2009 [cit. 2021-12-19]
- [9] BLÁHA, J., BRADA, K., *Hydraulické stroje*. SNTL, 1992, ISBN 800-30-0665-1
- [10] PROKEŠ, Josef. *Hydraulické pohony*. 1. vydání. 1957. 275 s
- [11] *Západočeská univerzita v Plzni* [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://otik.zcu.cz/bitstream/11025/20256/1/BP%20-%20Habrman.pdf>
- [12] SEDLÁČEK, Jiří. *Přímočarý hydromotor* [online]. 2012 [cit. 2021-12-19]. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=52524.
- [13] *KOOMIO* [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://koomio.com/geschaeft/jetschke-hydraulik-gmbh-schlenzigstrasse-hamburg>
- [14] *PTL Prüfstandstechnik Leipzig GmbH* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://ptl-hydraulik.de/>
- [15] *Hydraulik-Technik Kh. Hauck GmbH* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://hydraulik-hauck.de/reparatur-montage/pruefstaende/>
- [16] *MH Hydraulics* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://mhhydraulics.com/>

- [17] *Dataq Instruments Inc.* [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.dataq.com/resources/images/di-4108-usb-daq.jpg>
- [18] *HAWE Hydraulik SE* [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.hawe.com/products/product-search-by-category/hydraulic-valves/pressure-control-valves/pressure-limiting-valves-pre-load-valves/pmv/>
- [19] *Ifm electronic, spol. s r.o.* [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.ifm.com/cz/>
- [20] *Atos group* [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: https://www.atos.com/en-it/Products/Industrial/On-off-valves/Pressure-valves/c/2_IN_C003
- [21] *Danfoss A/S* [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.danfoss.com/>
- [22] *Linde Hydraulics GmbH & Co. KG.* [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: https://www.linde-hydraulics.com/wp-content/uploads/HPV_02_VariablePump_en.pdf
- [23] *Bosch Rexroth AG* [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/mobile-hydraulics/motors/axial-piston-motors/variable-motors/a6ve-6x#>
- [24] SIVÁK, Václav, *externí konzultant* [ústní sdělení] Praha, 12.1.2022
- [25] PŘIKRYL, Ivo, bývalý zaměstnanec a externí konzultant firmy Glentor [ústní sdělení] Praha, 1.2.2022

12 PŘÍLOHY

Příloha 1 Seznam prvků zkušebního zařízení Dyntest

Přílohy na CD

Příloha 2 Hydraulický obvod zkušebny _RS_1-2

Příloha 3 Hydraulický obvod zkušebny _RS_2-2

Příloha 4 Zmodernizovaný hydraulický obvod zkušebny _DP_1-2

Příloha 5 Zmodernizovaný hydraulický obvod zkušebny Zkusebna_DP_2-2

Příloha 1: Seznam prvků zkušebního zařízení Dyntest

Pos.	Poč. Kusů	Název	Typ, objednací číslo	Dodavatel, výrobce
1	1	Nádrž 1000 l		OCHI
1.I	1	Rám s vanou		OCHI
2	1	Stavoznak	C5.4818-50	ARGO
3	2	Čistící víko+ těsnění	RD 475-V 449-6	RAJA
4	2	Termostat	TH 143 + jímka	AGIDA
5	1	Spínač hladiny	Typ 03 P H1-150 H2-250 zap.E	VDI OBZOR
6	1	Snímač teploty	PTP 50	RAMET
7	1	Snímač hladiny	CLM/36N 10-GE500	DINEL
8	3	Vypouštěcí ventil	BKH 15L 13 1113	PISTER
9	1	Vzduchový filtr	Pi 0126 Sm-L 852 519 Sm-L	MAHLE
10	1	Hydrogenerátor	HPR 28-01R	LINDE
11	1	Držák čerpadla	RV250/124/193	RAJA
12	1	Spojka	SPIDEX A28/38.28 H7-SAE16/32Z13	RAJA
13	1	Elektromotor	SKg 112 M4-PC, U=400V; P=5,5 kW; n=1440 ot.min ⁻¹	BROOK HANSEN
14	1	Základní blok	ZB06A-21	HYTOS
15	1	Pojistný ventil	VPP1-06/SV16	HYTOS
16	1	Elektromotor	SKg 112 M4, U=400V; P=4 kW; n=1440 ot.min ⁻¹	BROOK HANSEN
17	1	Krycí deska	DK1-06/32-2	HYTOS
18	1	Připojovací deska	PD06 A1-AL	HYTOS
19	1	Redukční ventil prop.	RZG0-TER-010/210	ATOS
20				
21	1	Tlakový filtr + filtrační vložka	Pi 40 010-015 + 23 010DN Sm-x10	MAHLE
22	1	Bypass tlakový filtr + filtrační vložka	Pi 21 025-069 + 22 025DN Sm-x6	MAHLE
23	1	Bypass odpadní filtr + filtrační vložka	Pi 51 016-058 + 25 016RN Sm-x25	MAHLE
24	2	Tlakový filtr + filtrační vložka	Pi 40 016-015 + 23 016DN Sm-x10	MAHLE
25	1	Akumulátor	OLM 2-250/90	OLAER
26	1	Hydrogenerátor	3D80	HYDROMA
26.I	1	Příruba	FI 1" x56	HYDROMA
27	1	Spojka	HE48	HYDROMA
28	1	Trager	HL11	HYDROMA
29	1	Elektromotor	SKG 100 L-4A	BROOK HANSEN
30	1	Přepouštěcí ventil	DBDS 20 G 1X / 25	BOSCH REXROTH

Pos.	Poč. Kusů	Název	Typ, objednací číslo	Dodavatel, výrobce
30	1	Přepouštěcí ventil	DBDS 20 G 1X / 25	BOSCH REXROTH
31	3	Uzavírací ventil	BKH 28L 25 1113	PISTER
32	1	Vzduchový chladič	MG AIR 2030K U=400V; P=0,195kW; n=2610 ot.min ⁻¹	EMEGI
33	2	Uzavírací ventil	BKH 42L 251113 + koncový spínač	PISTER
34	2	Hadice	1SN 40x-_/DKOL 52x2/DKOL 90° 52x2	J.S.C.
35				
36	2	Hydrogenerátor	A4VSO 40EO1E/10W- PPB13N00	BOSCH REXROTH
37	2	Proporcionální ventil + elektronická karta	4WRA 6 E15- 2X/G24N9K4/V + VT 5035-1X	BOSCH REXROTH
38	1	Elektromotor	SLg 180 L6-02 U=400V; P=15 kW; n=975 ot.min ⁻¹	BROOK HANSEN
39	1	Trager	PK 350/6/6	KTR
40	2	Tlumicí lišta	DSM 180L	KTR
41	1	Spojka	SPIDEX A42/55.48H7- 32H7 ALU	RAJA
42	1	Elektromotor	SLg 200 L6B U=400V; P=22 kW; n=980 ot.min ⁻¹	BROOK HANSEN
43	1	Trager	PK 400/4/3	KTR
44	1	Spojka	SPIDEX A42/55.55H7- 32H7 ALU	RAJA
45	2	Tlumicí lišta	DSM 200L	KTR
46	2	Pojistný ventil	ARAM 20/10/350/V- 024VDC	ATOS
47	2	Zpětný ventil	P-RVZ 20 SR-WD	WALTERSCHEID
48				
49	1	Dvojitý hydrogenerátor	A 2D 30 + P 2D 25	HYDROMA
49.1	2	Příruba	DFI ¾"x40	HYDROMA
49.2	2	Příruba	FI ½"x40	HYDROMA
50	1	Spojka	HE 19	HYDROMA
51	1	Trager	HL9L	HYDROMA
52	2	Základní blok	DP6-06-VPP1-S/6,3	HYTOS
53	2	Rozváděč	RPE3-062C11/02400E1K1	HYTOS
54	1	Zpětný ventil	P-RV 12 L	WALTERSCHEID
55	1	Zpětný ventil	P-RV 15 L	WALTERSCHEID
56	3	Uzavírací ventil	BKH 12L 10 1113	PISTER
57	1	Uzavírací ventil	BKH 42L 25 1113	PISTER
58	1	Uzavírací ventil	FSKH DN50 PN16 3143 F4	PISTER
59				
60				
61	1	Manometr	0÷60 bar, 63 mm G1/4"	FIMET

Pos.	Poč. Kusů	Název	Typ, objednací číslo	Dodavatel, výrobce
62				
63				
64	3	Tlakový spínač	PN5020 + konektor	IFM
64.1	3	Držák spínače	E 10017	IFM
65	7	Měřící hadice	SMS 20-1500 A	STAUFF
66				
67				
68	1	Hadice	2SN 20x__/DKOL 30x2/DKOL 30x2	J.S.C.
69	4	Hadice	1SN 12x__/DKOL 22x1,5/ DKOL 22x1,5	J.S.C.
70	1	Hadice	1SN 25x__/DKOL 36x2/DKOL 36x2	J.S.C.
71	2	Hadice	1SN 25x__/DKOL 36x2/DKOL 90° 36x2	J.S.C.
72	2	Hadice	1SN 5x__/DKOL 16x1,5/ DKOL 16x1,5	J.S.C.
73	2	Hadice	4SP 16x__/DKOS 30x2/ DKOS 30x2	J.S.C.
74				
75	2	Uzavírací ventil	BKH 15L 13 1113	PISTER
76	4	Elektronický modul	SD1 – I24	KRACHT
77	2	Elektromotor	SSLG160L4 U=400V; P=11 kW; n=1455 ot.min ⁻¹	BROOK HANSEN
78	1	Hydrogenerátor	A4VSG 71 EO1E/10W- PPB10N009N	BOSCH REXROTH
79	1	Trager	PK 350/10/50	KTR
80	1	Spojka	ROTEX 38/45.42x070- 40 GG	KTR
81	8	Silentblok	AB 33-11 / D4-50	BOSCH REXROTH
82				
83	1	Hydrogenerátor	A4VSG 180 EO2E/30W- PPB10N009N	BOSCH REXROTH
84	1	Trager	PK 350/10/12	KTR
85	1	Spojka	ROTEX 42/55.50-42 GG	KTR
86	4	Uzavírací ventil	BKH 42L 25 1113 s koncovým spínačem	PISTER
87	4	Zubový průtokoměr	VC 5 F1PS; 1÷250 l/min	KRACHT
88	2	Základová deska g1 1/4“	4 – OCH – 22 422	OCHI
89	2	Základová deska g1 1/2“	4 – OCH – 22 421	OCHI
90	6	Uzavírací ventil	BKH 30S, 251113 s konc. spínačem	PISTER
91	6	Uzavírací ventil	BKH 38S, 251113 s konc. spínačem	PISTER

Pos.	Poč. Kusů	Název	Typ, objednací číslo	Dodavatel, výrobce
92	2	Rozvaděč	4WE6 G 6X / E G24 N9 K4	BOSCH REXROTH
93	2	Prop. Tlakový ventil	HZ MO – A – 30 / 315 /	ATOS
93.1	2	Karta + držák	E - ME - AC - 01F - RR - 4	ATOS
94	2	Pojistný ventil	DBDS 6 K 1X / 50	BOSCH REXROTH
95	2	Kostka	3 – OCH – 22 441	OCHI
96	1	Proporcionální ventil + elektronická karta	4WRA 2X/G24N9K4/V + 5035-1X/ 6 E15-VT	BOSCH REXROTH
97	1	Proporcionální ventil + elektronická karta	4WRA 2X/G24N9K4/V + 5035-1X/ 6 E30-VT	BOSCH REXROTH
98	2	Snímač momentu	0160 DM 1000 L	ESA MESSTECHNIK
99	1	Hadice		CHARVÁT
100	2	Spojka		RAJA
101	2	Spojka	3 – OCH – 22 462	OCHI
102	1	Hadice		CHARVÁT
103	2	Průtokoměr		INTERFLUID
104	10	Snímač tlaku	PA 3020; 0÷400 bar	IFM
105	4	Snímač teploty	TN 2530	IFM
106	1	Uzavírací ventil	FSKH DN50 PN40 3143 F1	PISTER
107	1	Uzavírací ventil	DN65 PN16	HANSA FLEX
108				
109				
110	2	Hadice	4SH 25x_/DKOS 42x2/DKOS 90° 42x2	JSC
111	2	Hadice	4SH 25x_/DKOS 42x2/DKOS 42x2	JSC
112	2	Hadice	4SH 32x_/DKOS 52x2/DKOS 90° 52x2	JSC
113	2	Hadice	4SH 32x_/DKOS 52x2/DKOS 52x2	JSC
114	7	Hadice	1SN 12x_/DKOL 22x1,5/DKOL 22x1,5	J.S.C.
115	1	Hadice	1SN 16x_/DKOS 30x2/DKOL 90° 22x1,5	J.S.C.
116	1	Hadice	1SN 10x_/DKOL 18x1,5/DKOL 90° 18x1,5	J.S.C.
117	1	Hadice	1SN 10x_/DKOL 18x1,5/DKOL 90° 16x1,5	J.S.C.

Zdroj: Glentor