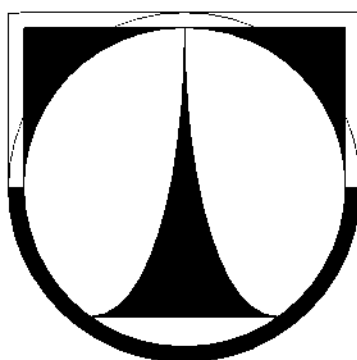


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra strojů průmyslové dopravy



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2006

PETR SAXL

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní

Studijní program: 2301R022 - Stroje a zařízení

Studijní obor: Dopravní stroje a zařízení

ELEKTRICKÉ ZDROJOVÉ SOUSTROJÍ
S PLYNOVÝM MOTOREM ŠA 1,2 HTP

Electrical Power Source Machinery powered by
Gas Engine ŠA 1,2 HTP
KSD-103

PETR SAXL

Vedoucí práce: doc. Ing. Josef Laurin, CSc.

Konzultant: Ing. Jan Procházka, Škoda Auto a. s.

Počet stran: 34

Počet obrázků: 6

Počet tabulek: 6

Počet příloh: 6

Počet výkresů: 12

Datum odevzdání: 26. 5. 2006

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci dne 25. května 2006

.....
Petr Saxl

ANOTACE

Tato bakalářská práce v první části shrnuje informace o chemických a fyzikálních vlastnostech zemního plynu a jeho využití a chování v pístových spalovacích motorech. Dále jsou zde popsány obecné zásady pro přestavbu pístových spalovacích motorů na zemní plyn.

V další části jsou zpřehledněny parametry původně benzinového motoru ŠA 1,2 HTP. Zároveň jsou zde uvedeny úpravy tohoto motoru potřebné k přestavbě a důležité výpočty, popř. naměřené hodnoty.

Třetí část obsahuje návrh a výkonové parametry elektrického zdrojového soustrojí, ve kterém by mohl tento již plynový motor nalézt uplatnění.

Součástí této práce je potřebná výkresová dokumentace pro výrobu a sestavení.

ANNOTATION

The first part of this Thesis deals with information about the chemical and physical properties of natural gas and its use and behaviour in piston combustion engines. Further are discussed general principles for the conversion of primary piston combustion engines for natural gas.

In the next part the parameters of the petrol engine kind ŠA 1,2 HTP are described. In addition renewals of this engine are stated as well as important calculations as per the measured figures.

The third part contains proposals and the power parameters of the electrical power source machinery in which this gas engine could be used.

Attached is useful drawing documentation for the production of new parts as well as the the drawing of assembly.

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat především svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Josefu Laurinovi , CSc. za jeho čas, odbornou pomoc a připomínky.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Františku Malečkovi a Ing. Karlu Pávovi, Ph.D. ze společnosti Škoda Auto a.s. za ochotu, se kterou se mi věnovali, a za poskytnutí podkladů a informací o původním motoru.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	7
1. ÚVOD	8
2. SPALOVACÍ MOTORY PROVOZOVANÉ NA ZEMNÍ PLYN	10
2.1 Zemní plyn jako palivo, jeho složení, vlastnosti a použití v PSM	10
2.2 Výhody a nevýhody plyných paliv oproti kapalným palivům	11
2.2.1 Výhody při tvorbě směsi	11
2.2.2 Ekologické výhody	12
2.2.3 Ekonomické výhody	13
2.2.4 Nevýhody	13
2.3 Spalovací motory na zemní plyn	14
2.4 Konstrukční úpravy PSM při přestavbě na CNG (obecně)	14
2.4.1 Úprava spalovacího prostoru	14
2.4.2 Změny v sacím traktu	15
2.4.3 Výfukové potrubí	15
2.4.4 Ověření funkce chladicího systému	16
3. MOTOR ŠKODA 1,2 HTP (40 kW)	18
3.1 Hlavní konstrukční a provozní parametry motoru ŠA 1,2 HTP	18
3.2 Požadavky na motor k pohonu elektrického generátoru a jeho rekonstrukci	20
3.3 Konstrukční úpravy motoru ŠA 1,2 HTP	20
3.3.1 Úprava spalovacího prostoru	20
3.3.2 Změny v palivovém příslušenství a řídicím systému motoru	21
3.3.3 Ověření funkce chladicí soustavy	28
3.3.4 Návrh výfukového potrubí	30
3.3.5 Tlumení vibrací	30
3.3.6 Výkonové parametry plynového motoru	30
3.3.7 Požadavky na řídicí jednotku motoru s potřebnými snímači a akčními členy	31
4. ELEKTRICKÁ ZDROJOVÁ SOUSTROJÍ SE SPALOVACÍMI MOTORY	33
4.1 Typy soustrojí a jejich použití	35
5. SOUSTROJÍ MOTOR ŠA 1,2 HTP – SYNCHRONNÍ GENERÁTOR	37
5.1 Volba vhodného generátoru	37
5.2 Návrh spojení motoru s generátorem	38
5.2.1 Typ spojky	38
5.2.2 Určení velikosti spojky	38
5.2.3 Kontrola namáhání hřídele v krutu	39
5.3 Uložení soustrojí	39
5.4 Očekávaný elektrický výkon soustrojí	40
6. ZÁVĚR	41
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	42

Seznam použitých zkratk

BA-95	bezolovnatý benzin s oktanovým číslem 95
CNG	stlačený zemní plyn (compressed natural gas)
CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
HC	uhlovodíky
KSD	Katedra strojů průmyslové dopravy
LNG	zkapalněný zemní plyn (liquified natural gas)
LPG	zkapalněný ropný plyn (liquified petroleum gas)
NG	zemní plyn (natural gas)
NO _x	oxidy dusíku
PSM	pístový spalovací motor
ŠA 1,2 HTP	automobilový benzinový motor určený pro pohon osobních vozů Škoda a Volkswagen

1. Úvod

Rozmach spalovacích motorů, zejména v dopravě, vyvolává naléhavý požadavek na průzkum jejich vlivu na život člověka jak z hledisek sociálních, tak zdravotních. Naléhavost tohoto průzkumu úzce souvisí s narůstajícím počtem obyvatel na Zemi a s jejich neustále rostoucími požadavky na životní úroveň, mezi nimiž zaujímá například i automobil jedno z předních míst.

Pístový spalovací motor je v dnešní době nejvýznamnějším zdrojem mechanické energie. Je využíván především v dopravě, ale také například k pohonu generátorů a kogeneračních jednotek. V současnosti jsou nejpožívanějšími palivy kapalná paliva, zejména benzin a nafta. Tato paliva přestávají vyhovovat požadavkům dnešní doby, což vede k hledání nových možností.

Záměna paliva pro spalovací motor přináší velké množství různých problémů, se kterými je nutno se vypořádat. K problému konstrukčního řešení se přidávají i hlediska ekologická a ekonomická. Najít alternativní palivo, které by vyhovovalo těmto požadavkům, se jeví jako velmi nesnadný úkol. Jako jedna z možných variant, jak nahradit klasická paliva, se nabízí použití plyných paliv, zejména zemního plynu a propan-butanu. Obě tato paliva sice také patří do skupiny neobnovitelných zdrojů jako benzin a nafta, ale průzkumy ukazují na jejich větší zásobu, navíc propan-butan vzniká jako odpad při rafinaci ropy. Prokázané zásoby zemního plynu, které jsou ekonomicky těžitelné při současné technické úrovni, dosahují $164 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ a vydrží při současném tempu těžby do roku 2060.

Spalováním plyných paliv můžeme podstatně snížit hodnotu emisí škodlivých látek do ovzduší. Výfukové plyny mají nižší dráždivost a méně zapáchají, také hlučnost plynového zážehového motoru bývá obvykle nižší. Nezanedbatelná je i finanční výhodnost provozu takto upraveného motoru.

Snaha o snížení škodlivých látek ve výfukových plynech spalovacích motorů podpořila rozvoj výzkumu spalování ve spalovacích prostorech a podnítila výrobce motorů k vývoji zařízení a metod seřizování motorů k soustavnému

omezování škodlivých exhalací. Zákonné normy, které předepisují limity škodlivých látek emitovaných spalovacími motory, trvale udržují velmi silný tlak na výrobce, pracovníky výzkumu a vývoje v oboru motorů i v oboru paliv.

Výše zmíněná fakta jsou podnětem k tomu, abychom se zabývali alternativními palivy, která jsou nám k dispozici a využívali tak jejich výhod. Proto se tato práce zabývá rekonstrukcí původně benzinového spalovacího motoru na motor plynový.

Ve druhé části se tato práce zabývá elektrickým zdrojovým soustrojím poháněným pístovým spalovacím motorem na zemní plyn. V dnešní době začínají tyto plynové motory postupně vytlačovat dieselagregáty nejen z hlediska ekologického, ale i z hlediska ekonomického.

Elektrická zdrojová soustrojí je možno využít jako primární zdroj elektrické energie v místech, kde je veřejná elektrická síť nedostupná, nebo jako automatické zdroje elektrické energie sloužící k zálohování veřejné elektrické sítě, a to ve všech odvětvích našeho hospodářství.

2. Spalovací motory provozované na zemní plyn

2.1 Zemní plyn jako palivo, jeho složení, vlastnosti a použití v PSM

Zemní plyn se jako palivo používá ve dvou skupenstvích, a to v plynném stavu pod označením CNG – compressed natural gas, tedy stlačený zemní plyn, a v kapalném stavu jako LNG – liquified natural gas, tedy zkapalněný zemní plyn. Patří do skupiny fosilních paliv, ale na rozdíl od ostatních paliv této skupiny obsahuje menší množství nežádoucích příměsí jako jsou síra, fosfor, olovo atd. Hlavní složkou zemního plynu je metan, který tvoří cca 98% celého objemu. V zemním plynu v plynofikační soustavě ČR, který je původem z Ruska, je ho přibližně 98,4%. Další prvky a jejich procentuální podíl obsahu v zemním plynu ukazuje tabulka 1:

Název složky	Metan	Etan	Propan	Butan	Dusík	Oxid uhličitý	Síra
Chemický vzorec	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	N ₂	CO ₂	S
Obsah	98,40%	0,40%	0,20%	0,10%	0,80%	0,10%	0,2mg.m ⁻³

Tabulka 1 Chemické složení zemního plynu

Uhlovodíková plynná paliva mají relativně široké rozmezí zápalnosti s ohledem na bohatost směsi, vysokou výhřevnost a vysokou antidetonační schopnost. Zmíněné vlastnosti umožňují realizovat pracovní oběh motoru s relativně vysokým kompresním poměrem a tedy s předpokladem vysoké účinnosti motoru. Porovnání antidetonační schopnosti paliv (vyjádřené oktanovým číslem) a jejich výhřevnost znázorňuje tabulka 2:

<i>Palivo</i>	<i>Oktanové (cetanové) číslo</i>	<i>Výhřevnost</i>
Benzin Natural 95	95	42,7 MJ . kg ⁻¹
Nafta	(40 – 55)	42,5 MJ . kg ⁻¹
Metan	>120	49,4 MJ . kg ⁻¹
Propan	100	46,3 MJ . kg ⁻¹
Butan	93	45,7 MJ . kg ⁻¹
Vodík	?	118 MJ . kg ⁻¹
Zemní plyn CNG	128	49 MJ . kg ⁻¹

Tabulka 2 Oktanové (cetanové) číslo a hodnota výhřevnosti některých paliv

Zemní plyn jako pohonná hmota se v České republice začal uplatňovat od roku 1981, kdy byla provedena první přestavba vozidla na zemní plyn. V roce 1985 byla vypracována komplexní studie řešící náhradu kapalných paliv zemním plynem, avšak individuální přestavby se v praxi neosvědčily. To byl hlavní důvod, proč se dobře rozvíjející program plynofikace zpomalil až zastavil.

Plynofikace dopravních prostředků bude vždy limitována problémem uskladnění zásoby paliva ve vozidle a omezenou sítí čerpacích stanic. Použití plynného paliva je tedy efektivní zejména u stacionárních motorů instalovaných v blízkosti zdroje nebo rozvodu plynu.

2.2 Výhody a nevýhody plynných paliv oproti kapalným palivům

2.2.1 Výhody při tvorbě směsi

Plynná uhlovodíková paliva se proti klasickým kapalným palivům odlišují ve fyzikálních i chemických vlastnostech. Pro použití v pístových spalovacích motorech je významná jejich schopnost snadno tvořit kvalitní směs vně i uvnitř válce motoru. Při tvorbě palivové směsi dochází ke směšování dvou látek a to paliva se vzduchem. V případě plynného paliva se směšují látky stejného skupenství a právě díky tomu vzniká kvalitní homogenní směs.

Vzduch i plyn mají přibližně stejnou měrnou hmotnost, a proto při

proudění palivové směsi sacím potrubím motoru nedochází vlivem odstředivých sil k odlučování paliva, jako je tomu u kapalných paliv.

Vzhledem k tomu, že plynná paliva mají velmi nízký bod varu (většinou pod bodem mrazu), není potřeba zvláštního zařízení k obohacování směsi při „studeném“ startu motoru pro zvýšení objemového podílu lehce odpařitelných složek, jako je tomu u kapalných paliv.

Další výhodou zemního plynu jako paliva je jeho čistota. Dříve než se zavede zemní plyn do rozvodné sítě ke spotřebitelům, zbaví se některých těžších plynů, jako např. pentanu a hexanu. Navíc se ještě odloučí případně přítomná síra, a tím se zemní plyn ve srovnání s jinými palivy stává velice čistým. Díky tomu se zvýší životnost motorového oleje i samotného motoru a nevytvářejí se karbonové usazeniny jako je tomu u benzínu nebo nafty.

2.2.2 Ekologické výhody

Plynná uhlovodíková paliva mají proti klasickým palivům velmi dobré předpoklady k nižší produkci výfukových škodlivin. Jsou to nejen oxidy dusíku, oxid uhelnatý, oxid uhličitý, pevné částice, ale také karcinogenní látky jako polyaromatické uhlovodíky, aldehydy, aromáty včetně benzenu. Jednodušší molekuly plynných uhlovodíkových paliv, nízký obsah síry a spalování prakticky homogenní směsi jsou velkou předností plynných paliv při řešení ekologického spalování směsi ve válci motoru.

Rovněž vliv na skleníkový efekt je u plynových motorů menší v porovnání s motory provozovanými na klasická kapalná paliva. Významnou ekologickou vlastností zemního plynu proti klasickým uhlovodíkovým palivům je menší hmotnostní podíl uhlíku v jednom kilogramu paliva, který vytváří předpoklady k poklesu produkce CO₂. Tato vlastnost se projevuje zejména při náhradě benzínu plynným palivem.

Motory na plyn tedy zpravidla s rezervou splňují platné emisní hodnoty. Pro názornost je v příloze 6 uvedeno porovnání hodnot emisí motoru ŠA 1,2 HTP na BA-95 a CNG.

2.2.3 Ekonomické výhody

Pořizovací náklady zemního plynu jsou nižší než pořizovací náklady běžně používaných kapalných paliv, provoz motorů na zemní plyn je tedy levnější. Srovnání orientačních cen paliv a výhřevností na příslušnou kupovanou jednotku objemu je uvedeno v tabulce 3 (ceny k datu 02.04.2006, zdroj [9]), kde pro CNG platí: $1\text{m}^3 = 1\text{ l}$ benzínu.

	<i>Natural 95</i>	<i>Nafta</i>	<i>LPG</i>	<i>CNG</i>
Průměrná cena v ČR	28,95 Kč/l	28,60 Kč/l	16,58 Kč/l	15,49 Kč/m ³
Výhřevnost	31 MJ/l	35,8 MJ/l	25 MJ/l	35,7 MJ/m ³

Tabulka 3 Porovnání průměrných cen pohonných hmot v ČR a jejich výhřevností

Také náklady na údržbu motoru, jako je výměna oleje a zapalovacích svíček se sníží díky již zmiňované čistotě paliva, která nám zajistí jejich delší životnost.

2.2.4 Nevýhody

Přestavba motorů na zemní plyn má také své nevýhody, jako je např. snížení účinnosti motoru nebo zvýšení měrné spotřeby paliva při přestavbě naftového motoru na zemní plyn. Vyšší spotřeba paliva však není tak významným faktem, neboť cena zemního plynu je výrazně nižší než cena nafty.

Dalším negativním jevem je nedostatečný zájem výrobců automobilů o sériovou výrobu motorů na zemní plyn. Např. Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav, vyrábějící v České republice nejvíce zastoupené automobily, sériové modely na zemní plyn nebo LPG v současné době nevyrábí.

2.3 Spalovací motory na zemní plyn

Spalovací motory na NG se zpravidla nevyrábějí jako motory speciální konstrukce. Využívá se sériově vyráběných naftových nebo benzinových motorů, u kterých se provedou potřebné úpravy a vybaví se potřebným plynovým palivovým příslušenstvím. Plynové motory mohou být nepřepřínované i přepřínované, buď se vznětovým pracovním oběhem, kdy se palivová směs ve válci zapaluje zapalovací dávkou nafty, nebo se zážehovým pracovním oběhem s elektrickým zapalováním.

2.4 Konstrukční úpravy PSM při přestavbě na CNG (obecně)

Realizace přestavby benzinového motoru na motor plynový vyžaduje konstrukční úpravy vyplývající zejména z rozdílu chemických a fyzikálních vlastností těchto dvou paliv, na které bylo poukázáno v předchozích kapitolách.

2.4.1 Úprava spalovacího prostoru

Vzhledem k tomu, že zemní plyn má podstatně vyšší antidetonační schopnost než benzin, je výhodné (pokud to konstrukční provedení motoru umožní) provést zvýšení kompresního poměru, čímž se zvýší účinnost motoru. Změna kompresního poměru má rovněž vliv na měrnou spotřebu paliva, množství škodlivých emisí a mechanické namáhání celého mechanismu. Je třeba mít na zřeteli zvýšení okolní teploty, která ovlivňuje teplotní poměry uvnitř motoru a vystavuje ho nebezpečí detonačního spalování. Není tedy vhodné volit kompresní poměr v blízkosti horních limitních hodnot. Vysoké hodnoty kompresního poměru rovněž negativně ovlivňují tvorbu oxidů dusíku.

2.4.2 Změny v sacím traktu

Dalším zásahem do motoru, nebo spíše jeho příslušenství, je úprava sacího traktu. Jedná se především o výměnu vstřikovací jednotky za směšovací zařízení plynného paliva se vzduchem, přidání odměrného orgánu k zajištění dávkování paliva aj. U motorů, které nejsou vybaveny řídicí jednotkou je to nulový regulátor, který na základě změny tlaku v sacím potrubí zajistí potřebné množství plynu vstupujícího do směšovače. Modernější řešení k odměření (dávkování) plynu vstupujícího do směšovače využívané u motorů s řídicí jednotkou je použití šoupátka s krokovým motorem.

2.4.3 Výfukové potrubí

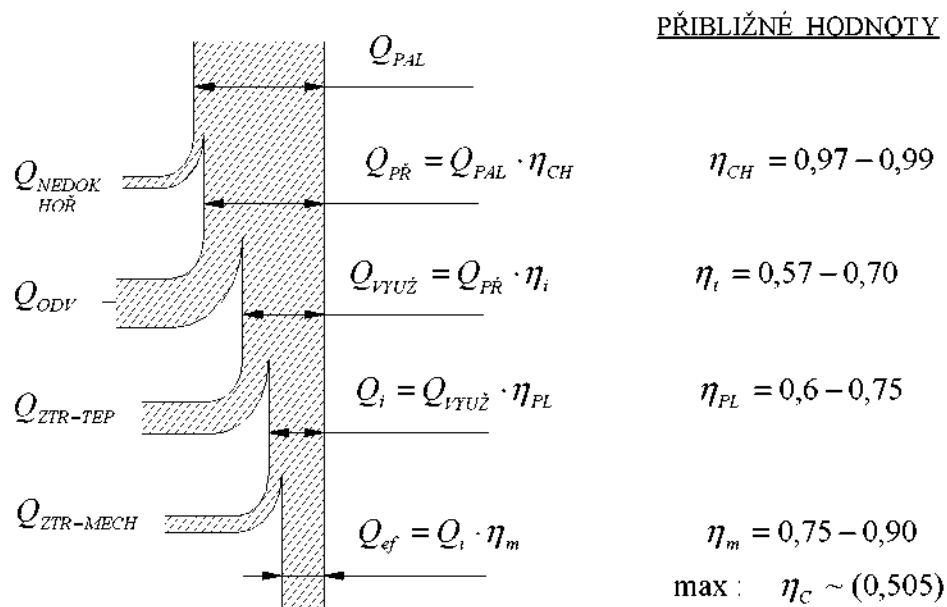
Neméně důležitým úkolem je snížení emisí výfukových škodlivin, a to zařazením výfukového katalyzátoru. Jedna z možností je použití 3-složkového řízeného katalyzátoru, který je vhodný pro součinitel přebytku vzduchu $\lambda = 0,99 - 1,00$. Ve skutečnosti však vyžaduje ještě užší rozsah, čehož lze docílit pouze použitím uzavřeného regulačního okruhu s řízením směšovacího poměru pomocí λ -sondy. Třísložkový katalyzátor správně pracuje pouze v určitém teplotním rozmezí. Až do ohřátí nad teplotu 250°C nedochází k žádné reakci a katalyzátor je neúčinný. Pracovní rozsah je v rozmezí teplot $(250 \div 800)^{\circ}\text{C}$. V rozsahu $(800 \div 1000)^{\circ}\text{C}$ se snižuje zanášení katalyzátoru, ale zvyšuje se termické stárnutí. Při teplotách okolo 1200°C katalyzátor rychle termicky stárne a v extrémním případě může dojít až k jeho propálení. Snižuje obsah škodlivých emisí redukčně oxidační chemickou reakcí, a sice redukcí NO_x a oxidací CO a HC .

Druhá možnost je použití oxidačního katalyzátoru (vhodný pro součinitel přebytku vzduchu $\lambda = 1,4 - 1,5$), tedy dvousložkového. Dvousložkový katalyzátor snižuje ve výfukových plynech koncentrace nespálených uhlovodíků HC a oxidu uhelnatého CO , nesnižuje však koncentraci NO_x . K oxidaci dochází, je-li ve výfukových plynech dost kyslíku, což je zajištěno spalováním chudé směsi. Při spalování bohaté směsi musíme přivádět vzdušný kyslík před katalyzátor.

2.4.4 Ověření funkce chladicího systému

Výsledky měření motoru ŠA 1,2 HTP na zemní plyn v laboratořích KSD (viz. příloha 6) ukazují vyšší hodnotu teploty výfukových plynů než je tomu při použití benzínu. U stacionárních motorů nelze využít náporového chlazení jako u automobilů, je tedy nutné zvolit variantu nuceného chlazení pomocí ventilátoru, poháněného elektromotorem. Proto je vhodné ověřit dostatečnou dimenzaci chladicího systému, případně zvolit jeho úpravu.

Základní energetickou bilanci pístového spalovacího motoru, sestavenou s využitím údajů o provozních vlastnostech široké škály motorů, ukazuje Senkeyův diagram na obrázku 1 (zdroj [8]). Tok energie obsažené v palivu (Q_{PAL}) se postupně větví na položky ztrát a položky účelové a v konečném výsledku zůstává energie využitá pro efektivní práci (Q_{ef}).



$Q_{NEDOK. HOŘ.}$	ztráty chemické energie z paliva vlivem neúplné (částečné) oxidace
Q_{ODV}	odvod tepla z ideálního pracovního oběhu
$Q_{ZTR-TEP}$	ztráty tepelné energie z využitelného tepla v ideálním pracovním oběhu
$Q_{ZTR-MECH}$	ztráty mechanické energie v motoru, spojené s funkcí motoru a jeho systémů
Q_{PR}	energie přivedená do ideálního pracovního oběhu snižená o chemickou účinnost
$Q_{VYUŽ}$	využitá energie je rovna energii přivedené do ideálního pracovního oběhu snižené o hodnotu teoretické účinnosti příslušného ideálního oběhu
Q_t	využitá energie snižená o součinitel plnosti diagramu
η_{CH}	chemická účinnost (účinnost hoření), vyjadřuje dokonalost využití chemického potenc. paliva a oxidačního procesu ve válci motoru
η_t	teoretická účinnost příslušného ideálního (porovnávacího) oběhu
η_{PL}	součinitel plnosti diagramu, tj. poměr mezi indikovanou prací oběhu a teoretickou prací ideálního oběhu
η_m	mechanická účinnost motoru, mechanické třecí ztráty v motoru, výměna náplně válců motoru

Obrázek 1 Senkeyův diagram základní energetické bilance PSM

3. Motor ŠKODA 1,2 HTP (40 kW)

3.1 Hlavní konstrukční a provozní parametry motoru ŠA 1,2 HTP

Motor ŠA 1,2 HTP je automobilový benzinový motor určený pro osobní automobily Škoda a Volkswagen. Je to řadový tříválcový kapalinou chlazený motor s:

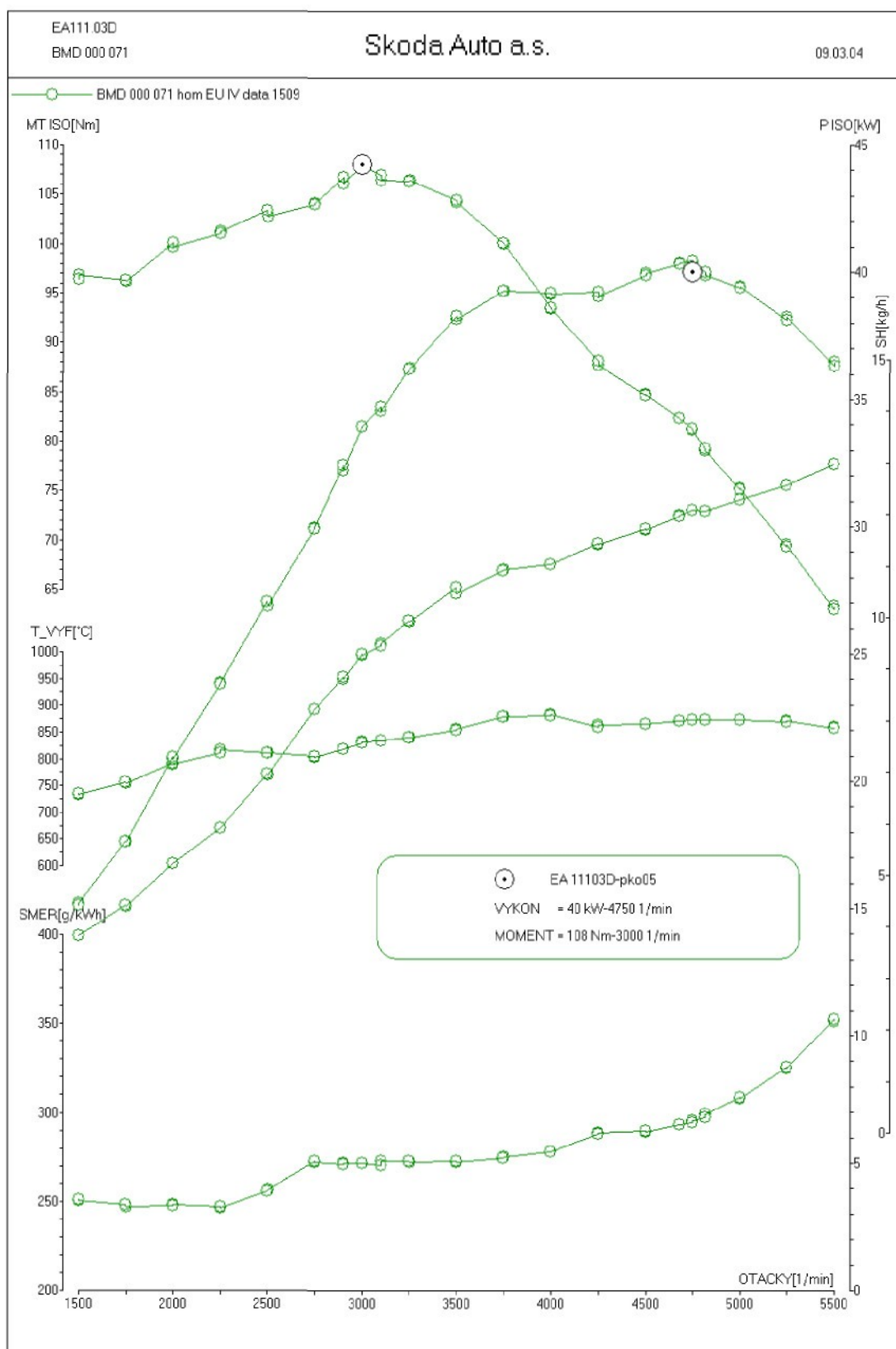
- ✓ uložením klikového hřídele ve čtyřech ložiskách,
- ✓ vyvažovacím hřídelem,
- ✓ pohonem vačkového hřídele a olejového čerpadla od klikového hřídele řetězem,
- ✓ dvěma ventily na válec,
- ✓ vstřikováním benzínu před sací ventily,
- ✓ odvětráním klikové skříně přes regulační ventil PCV,
- ✓ třísložkovým katalyzátorem a dvěma λ -sondami.

Elektronická řídicí jednotka SIMOS 3PG ovládá:

- ✓ palivové čerpadlo,
- ✓ vstřikování paliva,
- ✓ elektrické zapalování,
- ✓ škrticí klapku v sání motoru,
- ✓ elektromagnetický ventil odvětrání palivové nádrže.

Parametr	Hodnota
Vrtání válců	76,5 mm
Zdvih pístů	86,9 mm
Objem válců	1198 cm ³
Kompresní poměr	10,3
Max. výkon	40 kW při 4 750 min ⁻¹
Max. točivý moment	106 Nm při 3000 min ⁻¹
Palivo	bezolov. benzin OČ 95
Výfukové emise	EURO 4
Hmotnost motoru se setrvačником, alternátorem, katalyzátorem, spojkou, kabelovým svazkem, s náplní oleje a chladicí kapaliny	89 kg

Tabulka 4 Hlavní parametry motoru ŠA 1,2 HTP



Obrázek 2 Otáčková charakteristika motoru ŠA 1,2 HTP

3.2 Požadavky na motor k pohonu elektrického generátoru a jeho rekonstrukci

Podle zadání této práce jde o rekonstrukci výše popsaného pístového spalovacího motoru na zemní plyn určeného k pohonu synchronního generátoru elektrického zdrojového soustrojí. Takový motor pracuje zpravidla v režimu jmenovitého výkonu a musí mít otáčky odpovídající počtu pólů generátoru a požadovanému síťovému kmitočtu. Jmenovité otáčky generátoru budou 3000 min^{-1} pro síťový kmitočet 50 Hz. Motor bude napojen na nízkotlakou rozvodnou síť zemního plynu.

Přestavba motoru by měla splňovat požadavek na co nejmenší zásahy do konstrukce motoru a využít tak co nejvíce stávajících sériově vyráběných dílů. Tím se minimalizuje výrobní náročnost i náklady. Motor by měl mít vysokou životnost.

3.3 Konstrukční úpravy motoru ŠA 1,2 HTP

3.3.1 Úprava spalovacího prostoru

Úprava spalovacího prostoru se provádí z důvodu změny kompresního poměru. Kompresní poměr má zásadní vliv na celkovou účinnost a z ní vyplývající měrnou spotřebu paliva, množství výfukových emisí a mechanické namáhání celého mechanismu. Volba kompresního poměru vychází z antidetonační schopnosti paliva a podmínek zápalnosti palivové směsi.

Zvýšení kompresního poměru však musí umožnit i konstrukce daného motoru, přesněji řečeno, jeho spalovacího prostoru. Spalovací prostor motoru ŠA 1,2 HTP (40 kW) je převážně tvořen komůrkou v pístu. Vzhledem k nutnosti použití stávajících sériových pístů nelze zvýšit kompresní poměr, neboť komůrka je v pístu předlitá načisto. Není tak možnost ji zmenšit.

Hodnota stávajícího kompresního poměru je $\varepsilon = 10,3$.

3.3.2 Změny v palivovém příslušenství a řídicím systému motoru

Vzhledem k tomu, že motor bude připojen na nízkotlakou rozvodnou síť zemního plynu, můžeme odstranit některé prvky příslušenství jako jsou vstřikovací ventily, palivové čerpadlo s relé, elektroventil nádrže s aktivním uhlím a elektroventil EGR se snímačem. Jelikož motor nebude pohánět automobil, nebude spojen s převodovou skříní, nemusí tedy mít snímač pedálu spojky ani snímač pedálu brzdy. Zároveň můžeme odstranit i snímač klepání a λ -sondu za katalyzátorem, neboť motor bude pracovat ve stálém režimu při konstantních otáčkách.

Z nízkotlaké rozvodné sítě bude přiváděn zemní plyn o přetlaku 1,5 kPa. Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.2.1, zemní plyn v nízkotlaké rozvodné síti je velice čistý, tudíž není nutné zařadit do plynové části sacího traktu plynový filtr. Počátečním prvkem sacího traktu je **nízkotlaký regulátor tlaku**, který zajistí potřebnou hodnotu tlaku plynu. Regulátor tuto hodnotu sníží přibližně na 0 kPa přetlaku. Vhodným regulátorem tlaku je například regulátor od firmy Kromschroder s typovým označením J78 R 15, jehož hodnota výstupního přetlaku je $6 \div 9$ mbar.

Následuje **směšovač**, který vytvoří směs plynu a vzduchu. Plynová tryska bude vsunuta do difuzoru tak, aby se její střed průřezu nacházel 8 mm pod středem průřezu difuzoru. Tato poloha je zajištěna osazením na vnějším průměru trysky. Při výpočtu rozměru difuzoru je využito zjednodušených předpokladů, což znamená zanedbání změny polohové energie, stlačitelnost vzduchu a plynu, ztráty třením. Rozměry difuzoru a plynové trysky lze za těchto předpokladů určit následujícím postupem:

$$\underline{m_v = \mu_D \cdot (S_D - S_s) \cdot v_D \cdot \rho_v} \quad (1)$$

m_v ... množství nasávaného vzduchu, $m_v = 111,8 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$

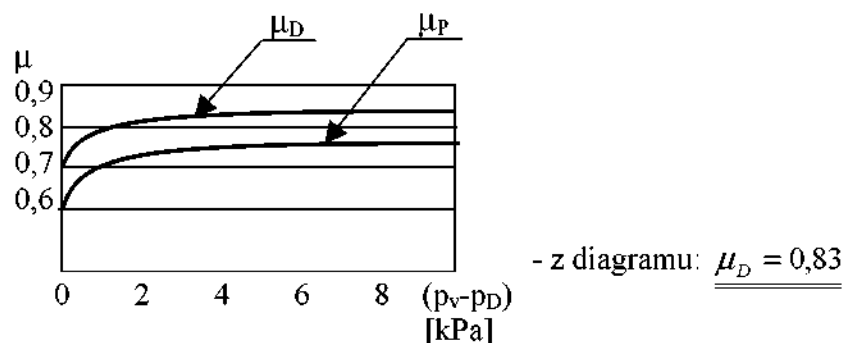
(hodnota naměřená v laboratořích KSD) viz. příloha 6

μ_D ... průtokový součinitel difuzoru směšovače [-]

- z Bernoulliho rovnice vypočteme rozdíl tlaků vzduchu před a

v difuzoru $p_V - p_D$. - podle rozdílu tlaků pak z diagramu, který je znázorněn na obrázku 3 určíme hodnotu průtokového součinitele:

$$\frac{p_V}{\rho_V} = \frac{p_D}{\rho_V} + \frac{v_D^2}{2} \Rightarrow p_V - p_D = \rho_V \cdot \frac{v_D^2}{2} = 1,2 \cdot \frac{85^2}{2} \cdot 10^{-3} = \underline{\underline{4,3 \text{ kPa}}}, \quad (2)$$



Obrázek 3 Průtokové součinitele difuzoru a trysky

S_D ... průřez difuzoru směšovače [m^2]

$S_{\dot{s}}$... škodlivý průřez difuzoru směšovače; je to průmět trysky kolmý na její osu, který odhaduji na $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

v_D ... průtočná rychlost vzduchu

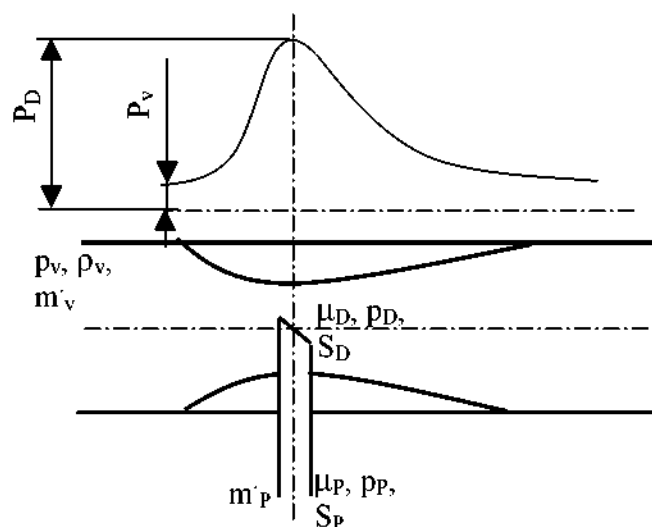
(hodnota rychlosti proudění vzduchu difuzorem by se měla pohybovat v rozmezí $80 \div 90 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), volím $85 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

ρ_V ... hustota vzduchu, kterou vypočteme pomocí stavové rovnice.

$$\rho_V = \frac{p_V}{r_V \cdot T} = \frac{101,3}{287 \cdot 293,15} = \underline{\underline{1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}}}, \quad (3)$$

kde p_V je barometrický tlak vzduchu, r_V je měrná plynová konstanta vzduchu a T je teplota vzduchu.

Všechny tyto veličiny můžeme zakreslit do výpočtového modelu difuzoru na obrázku 4:



Obrázek 4 Výpočtový model difuzoru včetně výše uvedených veličin

Ze vzorce (1) vyplývá:

$$S_D = \frac{m'_v}{\mu_D \cdot v_D \cdot \rho_v} + S_s = \frac{0,0311}{0,83 \cdot 85 \cdot 1,2} + 1,6 \cdot 10^{-4} = \underline{\underline{5,268 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}} \quad (4)$$

$$\text{Zároveň platí: } S_D = \frac{\pi \cdot d_D^2}{4} \quad (5)$$

Ze vztahu (5) pak dostaneme průměr difuzoru:

$$d_D = \sqrt{\frac{4S_D}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5,268 \cdot 10^{-4}}{\pi}} = 0,0259 \text{ m} = \underline{\underline{25,9 \text{ mm}}} \quad (6)$$

Výpočet difuzoru je pouze přibližný. S přihlédnutím k měření v laboratořích KSD, kde byl použit difuzor osvědčený u firmy TEDOM, vychází výhodně průměr difuzoru $d_D = 30,5 \text{ mm}$.

Rovněž se osvědčila hodnota poměru průřezů difuzoru a plynové trysky 1:10 – 1:8. S ohledem na tento fakt volím průměr plynové trysky $d_p = 9,5 \text{ mm}$, s průřezem $S_p = 7,088 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$.

Tryska bude nalisována do tělesa směšovače a bude spojena s dávkovačem plynu pomocí palivové hadice.

- rychlost plynu v trysce pak bude rovna:

$$\underline{m_p = \mu_p \cdot S_p \cdot v_p \cdot \rho_p} \Rightarrow v_p = \frac{m_p}{\mu_p \cdot S_p \cdot \rho_p} \quad (7)$$

$$v_p = \frac{1,806 \cdot 10^{-3}}{0,7 \cdot 7,088 \cdot 10^{-5} \cdot 0,72} = \underline{\underline{50,54 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}} \quad (8)$$

Dávkování potřebného množství plynu do nasávaného vzduchu, tak aby byl zachován stechiometrický poměr, zajistí **šoupátko**, jehož polohu nastavuje **krokový motor**. Použito bude šoupátko od firmy BRC s označením tělesa PL015942. Maximální hodnota vnitřního průměru, tj. při plně otevřeném šoupátku je 13 mm.

Směšovač bude napojen (napojení je znázorněno ve dvou variantách v příloze 1 a 2) na další prvek sacího traktu, a tím je **škrtková klapka**. V případě motoru ŠA 1,2 HTP s vlastním elektromotorkem, který bude ovládán rovněž řídicí jednotkou na základě hodnoty zatížení motoru. Škrtková klapka je umístěna ještě před rozvětvením sacího potrubí k jednotlivým válcům a je připevněna pomocí čtyř šroubů přímo k tělesu plastového výlisku sacího potrubí. Plastový výlisek sacího potrubí zůstane nezměněn. Drážka na vnějším průměru tělesa škrtkové klapky bude v případě použití varianty 2 rozšířena o 6,5 mm a prohloubena o 1 mm na průměru z důvodu lepšího připevnění hadice páskou. Detail tělesa klapky a drážky je znázorněn v příloze 1. Varianta 2 znázorňuje připevnění difuzoru ke škrtkové klapce pomocí třech stavěcích šroubů, kde utěsnění je zajištěno O-kroužkem.

Rychlost proudění palivové směsi při jmenovitých otáčkách by se měla

v případě škrťací klapky pohybovat v rozmezí $40 \div 70 \text{ m.s}^{-1}$. Při pracovních otáčkách motoru k pohonu generátoru, tj. $3000 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ bude nižší. Průměr škrťací klapky je $d_K = 45,6 \text{ mm}$. Rychlost proudění směsi škrťací klapkou vypočteme pomocí vztahu:

$$\underline{m_{sm} = \mu_K \cdot S_K \cdot v_K \cdot \rho_K} \quad (9)$$

m_{sm} ... hmotnostní průtok směsi plynu se vzduchem

$$m_{sm} = m_V \left(1 + \frac{1}{\lambda \cdot L_{VT}} \right) = 0,0311 \left(1 + \frac{1}{1 \cdot 17,2} \right) = 0,0491 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} = \underline{\underline{176,89 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}}} \quad (10)$$

v_K ... rychlost proudění palivové směsi v místě klapky [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

μ_K ... průtočný součinitel škrťací klapky 0,85 [-]

S_K ... průřez klapky

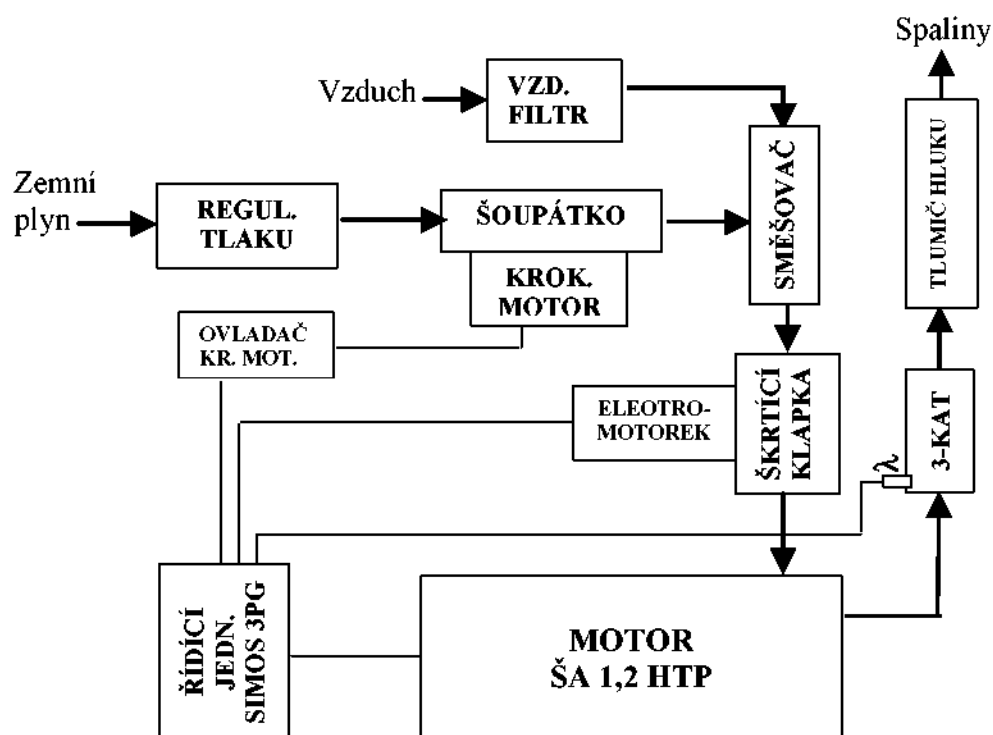
$$S_K = \frac{\pi \cdot d_K^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,0456^2}{4} = \underline{\underline{1,633 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2}} \quad (11)$$

ρ_K ... hustota směsi plynu se vzduchem, určená z procentuálního poměru plynu a vzduchu $1,17 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$$v_K = \frac{m_{sm}}{\mu_K \cdot S_K \cdot \rho_K} = \frac{0,0491}{0,85 \cdot 1,633 \cdot 10^{-3} \cdot 1,17} = \underline{\underline{30,23 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}} \quad (12)$$

V sacích kanálech hlavy válců je třeba zaslepit otvory po vstřikovacích tryskách.

Schéma uspořádání palivového příslušenství se šoupátkem a směřovačem, ze kterého je patrná i funkce jednotlivých komponent příslušenství, ukazuje obrázek 5.



Obrázek 5 Schéma uspořádání plynového motoru s příslušenstvím

Abychom zajistili potřebnou čistotu nasávaného vzduchu, je třeba ještě před difuzor umístit vzduchový filtr, který bude umístěn v jednoduchém sacím boxu, vyrobeném dle výkresu č. KSD-BP-88-210.0.

V následující tabulce je přehled součástí příslušenství sériového motoru ŠA 1,2 HTP a příslušenství tohoto motoru jako plynového pro pohon elektrického zdrojového soustrojí:

	<i>Původní benzinový motor</i>	<i>Plynový motor elektrického zdrojového soustrojí</i>
Řídicí jednotka motoru	SIMOS 3PG	SIMOS 3PG
Dávkořaz zem. plynu	---	Šoupátko s krokovým motorem BRC PL 015942
Regulátor tlaku plynu	---	Nízkotlaký regulátor tlaku Kromschroder J78R 15
Ovladač krokového motoru	---	Ovladač krokového motoru
Zapalovací cívkv	N70, N127, N291	N70, N127, N291
Škrťic klavka s pohonem	J338, G186, 87, 88	J338, G186, 87, 88
Vstřikovací ventily	N30...N32	---
Palivové řerpadlo s relé	G6, J17	---
El. ventil nád. s aktiv. uhlím	N80	---
El. ventil EGR se snímačem	N18	---
Snímač tepl. nasáv. vzduchu	G42	G42
Snímač tlaku nasáv.vzduchu	G71	G71
Snímač otáček motoru	G28	G28
Snímač polohv vačky	G163	G163
Snímače akceler. pedálu	G79, G185	G79, G185
Snímač pedálu spojky	F36	---
Snímač pedálu brzdv	F47	---
Snímač klepání	G61	---
Snímač tepl. chlad. kapaliny	G62	G62
λ -sonda před kat.	G39	G39
λ -sonda za kat.	G230	---

Tabulka 5 Součásti plynového palivového příslušenství a řidicího systému motoru

Hodnota dopravní účinnosti se oproti benzinovému motoru zmenší. V první řadě dojde k tomu, že plyn zaujme větší objem než kapky kapalného paliva, tudíž vytěsni nasávaný vzduch, zároveň se dopravní účinnost sníží vlivem oteplení sacích kanálů v hlavě válců, protože nebude docházet k ochlazování stěn vlivem výparného tepla paliva.

Kromě nejdůležitějšího, a to mechanické energie, jsou výsledkem procesu spalování v PSM ještě další produkty. Jsou to teplo, spaliny, hluk a vibrace, jejichž částečnou eliminaci zajistíme umístěním komponentů popsaných v následujících kapitolách.

3.3.3 Ověření funkce chladicí soustavy

Tepelná energie získaná spalováním paliva ve spalovacím prostoru motoru se jednak využije k vykonání užitečné práce, jednak část tepla odchází výfukovými plyny a zbývající část se přenáší do vzduchu chlazením motoru a sáláním z celého povrchu motoru.

Chladicí soustavou motoru se v tomto případě rozumí chladič, kterým proudí chladicí kapalina. Odvod tepla pak zajistí proudící vzduch hnáný ventilátorem skrze žebra chladiče.

Tepelná energie (tepelný výkon), která je třeba odvést chlazením motoru (Q_{CHL}) můžeme spočítat pomocí přivedené energie obsažené v palivu a účinnosti popsaných v kapitole 2.4.4. Ve výpočtu je uvažováno s odvodem tepla vznikajícího mechanickými ztrátami, které je ve skutečnosti částečně odvedeno přestupem do přiléhajících součástí motoru a následně sáláním tepla z povrchu motoru do okolí.

$$Q_{CHL} = Q_{ZTR-TEP} + Q_{ZTR-MECH} = Q_{PAL} - Q_{NEDOK}^{HOR} - Q_{ODV} - Q_{EF} = Q_{VYUŽ} - Q_{EF} \quad (13)$$

Q_{PAL} ... energie přivedená v palivu, lze ji vyjádřit z měrné spotřeby paliva

$$Q_{PAL} = M_{P/h} \cdot H_u \quad (14)$$

$M_{p/h}$... hodinová spotřeba paliva pro daný režim je $6,5 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ (viz. P6)

H_u ... výhřevnost paliva, pro zemní plyn je $49 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

$$Q_{PAL} = 6,5 \cdot 49 = 318,5 \text{ MJ} \cdot \text{h}^{-1} = 88,47 \text{ kWh} \quad (15)$$

Na základě rozmezí jednotlivých účinností uvedených v kapitole 2.4.4 lze vypočítat maximální a minimální hodnotu tepelné energie, která je třeba odvést.

Maximální hodnota potřebného chladicího výkonu:

$$Q_{VZUŽ_{\max}} = Q_{PAL} \cdot \eta_{CH_{\max}} \cdot \eta_{t_{\max}} = 88,47 \cdot 0,99 \cdot 0,7 = 61,31 \text{ kWh} \quad (16)$$

$\eta_{CH_{\max}}$... chemická účinnost (účinnost hoření)

$\eta_{t_{\max}}$... teoretická účinnost příslušného ideálního oběhu

$$Q_{EF} = Q_{VYUŽ_{\max}} \cdot \eta_{PL_{\min}} \cdot \eta_{m_{\min}} = 61,31 \cdot 0,6 \cdot 0,75 = 27,59 \text{ kWh} \quad (17)$$

η_{PL} ... součinitel plnosti diagramu

η_m ... mechanická účinnost motoru

$$Q_{CHL_{\max}} = Q_{VZUŽ_{\max}} - Q_{EF} = 61,31 - 27,59 = \underline{\underline{33,7 \text{ kWh}}} \quad (18)$$

Minimální hodnota potřebného chladicího výkonu:

$$Q_{VZUŽ_{\min}} = Q_{PAL} \cdot \eta_{CH_{\min}} \cdot \eta_{t_{\min}} = 88,47 \cdot 0,97 \cdot 0,57 = 48,92 \text{ kWh} \quad (19)$$

$$Q_{EF} = Q_{VYUŽ_{\min}} \cdot \eta_{PL_{\max}} \cdot \eta_{m_{\max}} = 48,92 \cdot 0,75 \cdot 0,9 = 33,02 \text{ kWh} \quad (20)$$

$$Q_{CHL_{\min}} = Q_{VZUŽ_{\min}} - Q_{EF} = 48,92 - 33,02 = \underline{\underline{15,9 \text{ kWh}}} \quad (21)$$

Střední hodnota těchto extrémů je přibližnou hodnotou tepelné energie, která je třeba odvést chlazením motoru a je rovna 24,8 kWh.

Pro porovnání uvádí fa. TEDOM pro motor ŠKODA 781.136 G na zemní

plyn o zdvihovém objemu 1300 cm^3 a výkonu 27 kW při $3000 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$, tepelný výkon 25 kW .

Chladič motoru bude použit sériový a bude připevněn k rámu soustrojí. Ventilátor, který je připevněn k chladiči bude použit rovněž sériový. Jedná se o tzv. dvoustupňové chlazení, jehož vinutí ventilátoru má dva stupně, které jsou spínány termospínačem. Při teplotě chladicí kapaliny 95°C ($+2/-3$) $^\circ\text{C}$ spíná první stupeň vinutí elektromotoru ventilátoru s příkonem 60 W , při teplotě 102°C (± 3) $^\circ\text{C}$ sepne druhé vinutí s výsledným příkonem 250 W .

3.3.4 Návrh výfukového potrubí

Odvod spalin, jejich částečné čištění a tlumení hluku zajistí výfukový trakt. K hlavě válců bude připevněno sériové výfukové potrubí, včetně tříložkového katalytického reaktoru, který je vhodný pro motory spalující stechiometrickou palivovou směs. Katalyzátor je opatřen kovovým pláštěm, který je na straně vstupu výfukových plynů vybaven šroubením pro umístění λ -sondy. λ -sonda bude použita shodná jako u benzinové verze. Na katalyzátor bude pomocí přírub připevněno potrubí s tlumičem hluku, rovněž sériovým.

3.3.5 Tlumení vibrací

Spalovací motor je soustava pohybujících se mechanismů. Setrvačné síly, které zde vznikají v důsledku nedokonale vyvážených pohybujících se hmot, jsou zdrojem vibrací. Tlumení vibrací bude zajištěno pružným uložením celého agregátu. Vibrace jsou také zdrojem hluku, který bude tímto částečně eliminován.

3.3.6 Výkonové parametry plynového motoru

Dosažitelný maximální výkon bude z důvodu snížené dopravní účinnosti a vlivem menší výhřevnosti směsi zemního plynu se vzduchem nižší oproti

benzinové verzi. Celková účinnost motoru však nedozná výraznější změny. Sice bude mít tendenci klesnout vlivem vyššího podílu mezi třecími ztrátami motoru a efektivním výkonem, na druhou stranu bude tento pokles kompenzován nižšími ztrátami způsobenými menším přestupem tepla z náplně válce do stěn v průběhu pracovního oběhu motoru vlivem nižších spalovacích teplot. Pokles výkonu plynové verze původně benzinového motoru lze na základě měření v laboratořích KSD předpokládat o 20%.

Hodnota výkonu benzinového motoru při 3000 ot . min⁻¹, jako výsledek měření výzkumu Škoda Auto a.s. je 33,6 kW, hodnota točivého momentu je 107,1 N.m. (viz. příloha č. 4).

Přibližné hodnoty výkonu a točivého momentu plynového motoru jsou:

$$80\% \text{ z } 33,6 \Rightarrow P_e = \underline{\underline{26,9 \text{ kW}}} \quad (22)$$

$$80\% \text{ z } 107,1 \Rightarrow M_T = \underline{\underline{85,7 \text{ Nm}}} \quad (23)$$

Další důležité provozní parametry motoru uvádí tabulka z měření na KSD v příloze 6.

3.3.7 Požadavky na řídicí jednotku motoru s potřebnými snímači a akčními členy

Motor ŠA 1,2 HTP pro pohon generátoru bude vybaven původní řídicí jednotkou SIMOS 3PG (viz. Tabulka č.5). Na řídicí jednotku budou napojeny snímače teploty a tlaku nasávaného vzduchu, snímač otáček, snímač polohy vačkového hřídele a λ -sonda před katalyzátorem a zároveň bude ovládat tyto komponenty:

- ✓ elektrické zapalování
- ✓ polohu škrtící klapky – v závislosti na zatížení motoru
- ✓ polohu dávkovače plynu (jednotka bude napojena na ovladač krokového motoru šoupátka) – v závislosti na zatížení motoru (zatížení motoru se bude zvyšovat s odběrem elektrické energie z generátoru) a na základě

vyhodnocení spalin λ -sondou

Řízení krokového motoru šoupátka odměřujícího množství plynu umožňuje ovladač připojený na výstup řídicí jednotky. Ovladač, převádějící signál určený původně k ovládání vstřikovačů benzínu na signál pro ovládání krokového motoru, by bylo nutné navrhnout a vyrábět. Software řídicí jednotky bude přizpůsoben potřebám plynového motoru, který bude spalovat stechiometrickou palivovou směs ($\lambda = 1$).

4. Elektrická zdrojová soustrojí se spalovacími motory

Elektrické zdrojové soustrojí se spalovacím motorem se skládá z těchto čtyřech základních celků:

- spalovací motor,
- spojka,
- generátor,
- rozváděč.

Spalovací motor je zdrojem mechanické energie. Z pravidla se používají spalovací motory *naftové* nebo *plynové zážehové*. Spojením spalovacího motoru s generátorem docílíme přeměny mechanické energie na energii elektrickou.

Přenos točivého momentu z motoru na generátor zajišťuje **spojka**. Spojení hřídelí lze uskutečnit dvěma způsoby:

- *spojkou nepružnou*

→ je třeba zajistit souosost výstupních hřídelí motoru a generátoru

- *spojkou pružnou*

→ dovoluje mírnou nesouosost výstupních hřídelí motoru a generátoru, zároveň je šetrnější z hlediska mechanického namáhání hřídelí a jejich uložení. Umožňuje mírné vzájemné natočení hřídelí při případné nepravidelnosti chodu motoru a hlavně při jeho rozběhu.

Generátory volíme s ohledem na způsoby využívání soustrojí, a to:

- *asynchronní*, které mohou pracovat pouze v paralelním režimu se sítí (ze sítě si odebírají jalovou složku proudu nutnou pro vytvoření magnetického pole)

- *synchronní*, mohou pracovat nezávisle na sítí a jeho využití je tedy širší. Jednotky pak mohou pracovat například jako nouzové zdroje, které zabezpečují dodávku elektřiny při ztrátě napájení normální pracovní cestou. Při paralelní spolupráci agregátu se sítí je možno změnou velikosti budícího napětí regulovat účinník ($\cos\Phi$). Požadovaná hodnota účinníku se zadává většinou pomocí potenciometru umístěného na rozváděči.

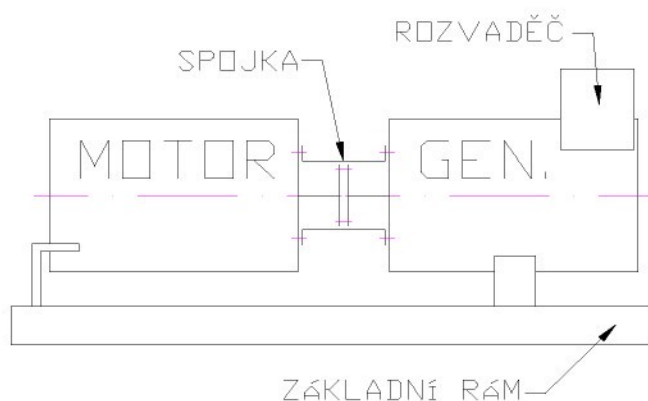
Rozváděč slouží k rozvodu a měření elektrické energie. Základem je rozváděčová skříň, ve které jsou zabudována veškerá elektrická zařízení potřebná pro provoz a kontrolu elektrického zdrojového soustrojí. Zpravidla obsahuje tyto kontrolní přístroje:

- voltmetr – s možností přepínání do všech fází,
- ampérmetr – v každé fázi,
- kmitoměr,
- otáčkoměr,
- počítadlo motohodin.

Některé typy rozváděčů obsahují ještě další měřicí přístroje, jako jsou například wattmetr, elektroměr apod. Dále jsou rozváděče vybaveny tzv. silovou částí, která je tvořena:

- zařízením pro ochranu před přetížením a zkraty generátoru (vypínačem, pojistkami, stykačem, tepelným relé),
- zařízením pro nastavení provozního napětí,
- svorkovnicí,
- vhodnými zásuvkami pro odběr elektrické energie (u mobilních soustrojí).

Celé soustrojí je pak pružně připevněno na základový rám, což zajišťuje tlumení vibrací vznikajících spalovacím procesem v pístovém spalovacím motoru a rotací nevyvážených hmot. Schéma uspořádání elektrického zdrojového soustrojí je znázorněno na obrázku 6:



Obrázek 6 Schéma uspořádání elektrického zdrojového soustrojí

4.1 Typy soustrojí a jejich použití

✓ *Stacionární provedení, ručně ovládaná*

- jsou to elektrická zdrojová soustrojí určená pro provoz ve strojovně. Mohou sloužit jako základní zdroj elektrické energie pro samostatné napájení elektrických rozvodů a spotřebičů, které nespolupracují s centrální elektrizační soustavou. Mohou být též použita jako náhradní (nouzová), zajišťující buď úplné nebo částečné napájení elektrických rozvodů a spotřebičů při přerušení dodávky elektrické energie z celostátní elektrizační soustavy.

✓ *Stacionární provedení ručně ovládaná s automatickou kontrolou provozu*

- význam použití těchto druhů soustrojí je obdobný jako u předchozích. Soustrojí mají však tu výhodu, že je automaticky provozována kontrola provozu, to znamená, že jsou automaticky hlídány základní veličiny pro provoz soustrojí (teplota vody, oleje a tlak oleje). Nastane-li při provozu závada na některé z těchto veličin, ozve se automaticky signál, eventuálně dojde k automatickému zastavení soustrojí.

✓ *Stacionární provedení s automatickým ovládáním a kontrolou*

- tato elektrická zdrojová soustrojí jsou určena pro provoz ve strojovně s regulovanou klimatizací. Používají se jako náhradní (nouzové) zdroje pro zajištění napájení elektrických rozvodů a spotřebičů při přerušení dodávky elektrické energie z celostátní elektrizační soustavy. Přerušením dodávky z celostátní elektrizační soustavy dojde k automatickému startu elektrického zdrojového soustrojí a po několika sekundách jsou obvody a spotřebiče automaticky napájeny ze soustrojí. Provoz tohoto soustrojí je sledován

automaticky. Při obnově dodávky z celostátní elektrizační soustavy je soustrojí automaticky zastaveno a při praveno k dalšímu případnému startu.

✓ *Mobilní provedení*

- mobilní provedení elektrického zdrojového soustrojí jsou určena pro provoz ve venkovním prostředí, zejména jsou vhodná pro sezónní práce. Pro připojení různých spotřebičů jsou vybavena vhodnými zásuvkami. Mívají též jedno odběrové místo, odkud je možno odebírat seřazený výkon.

5. Soustrojí motor ŠA 1,2 HTP – synchronní generátor

5.1 Volba vhodného generátoru

Volba vhodného generátoru závisí především na požadavcích daného soustrojí, z nichž plyne i výkon motoru, který jej bude pohánět. Dalšími neméně důležitými kritérii jsou pracovní otáčky soustrojí v závislosti na požadované frekvenci, požadovaný elektrický výkon, aj.

Dle zadání je požadován synchronní generátor s pracovními otáčkami 3000 ot · min⁻¹ pro frekvenci 50 Hz. Výkon spalovacího motoru, který jej bude pohánět, je cca. 26,9 kW. Generátor odpovídající těmto požadavkům je např. synchronní generátor od firmy **Leroy Somer**, jehož základní parametry jsou uvedeny v tabulce 6:

Leroy Somer LSA 42,2M6	
počet pólů	2
fáze	3
příkon	33kW
zapojení	Y
napětí	400/230 V
účinnost	85,1 %

Tabulka 6 Základní parametry synchronního generátoru od firmy Leroy Somer

Výstup generátoru je ukončený hřídelí o průměru $d = 42$ mm s drážkou pro pero o rozměrech 12 x 8 mm, viz příloha 5.

5.2 Návrh spojení motoru s generátorem

5.2.1 Typ spojky

Vhodné hřídelové spojení nabízí pružná zubová spojka od firmy Kovo, výrobní družstvo, která zabezpečuje přenos kroutícího momentu mezi hnacím a hnaným strojem. Při spojení vyrovnává radiální a úhlové odchylky. Spojka snižuje vibrace a rázy přenášené od hnacího stroje. Skládá se ze dvou stejných těles, která zapadají do sebe a jsou spojena pružným elementem ve tvaru hvězdice, který zabezpečuje pružné spojení. Pružný element snáší velké tlaky, čímž je schopný pojmout velkou sílu při pracovním zatížení. Konstrukce spojky neumožňuje přenos axiálních sil, spolehlivě pracuje při teplotách $(-25 \div 80)^{\circ}\text{C}$. Parametry spojky dané výrobcem jsou uvedeny v příloze 3.

5.2.2 Určení velikosti spojky

$$\underline{M_{SP} = M_T \cdot C_1 \cdot C_2} \quad (24)$$

M_{SP} ... kroutící moment přenášený hřídelovou spojkou [N.m]

M_T ... točivý moment motoru (85,7 Nm, viz. kap. 3.3.6)

C_1 ... dynamický součinitel hnacího stroje, 1,25 [-] viz. literatura [7]

C_2 ... dynamický součinitel hnaného stroje, 1,25 [-] viz. literatura [7]

$$M_{SP} = 85,7 \cdot 1,25 \cdot 1,25 = 133,9 \text{ Nm} \quad (25)$$

Volím spojku s nejbližším vyšším maximálním kroutícím momentem, typ 48 (190 Nm).

Protože na výstupním konci klikové hřídele je umístěn setrvačnický, je třeba zhotovit hřídel s přípojovací přírubou a čepem pro vystředění. Tato příruba se jednou stranou připevní k setrvačnicku (čep pro vystředění se zasune do otvoru pro

ložisko hřídele převodovky v přírubě klikové hřídele) a na druhé straně bude čep s drážkou pro pero, na který se nasune pružná spojka.

5.2.3 Kontrola namáhání hřídele v krutu

Z konstrukčních důvodů je navržen nejmenší průměr hřídele $d_{\min} = 42 \text{ mm}$

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_{Dk} \quad (26)$$

τ_k ... napětí v krutu [Mpa]

M_k ... krouticí moment hřídele je roven točivému momentu motoru (85,7 Nm, viz. kap. 3.3.6)

W_k ... modul průřezu v krutu, pro kruhový průřez platí:

$$W_k = \frac{\pi d^3}{16} = \frac{\pi \cdot 42^3}{16} = \underline{\underline{14547 \text{ mm}^3}} \quad (27)$$

$$\tau_k = \frac{85,7 \cdot 10^3}{14547} = \underline{\underline{5,89 \text{ MPa}}} \quad (28)$$

Dovolené napětí v krutu pro materiál 11 500 a míjivé namáhání je $\tau_{kD} = 66 + 98 \text{ Mpa}$

$\tau_k \leq \tau_{Dk}$ - hřídel vyhovuje.

5.3 Uložení soustrojí

Soustrojí bude uloženo v ocelovém rámu z U-profilů. Závěs motoru je použit sériový s pružným elementem. Generátor je připevněn na pryžových pružinách (silentblocích):

Výrobce RUBENA a.s., Typ1, 50/40-M12x20 / M12x20

5.4 Očekávaný elektrický výkon soustrojí

Maximální výkon spalovacího motoru, vypočtený v kapitole 3.3.6 je 26,9 kW.

Výrobce udává hodnotu účinnosti generátoru pro plný výkon 85,1%. Elektrický výkon soustrojí, který lze očekávat je tedy:

$$\underline{P_{EL} = P_e \cdot \eta} \quad (29)$$

P_{EL} ... elektrický výkon soustrojí [kW]

P_e ... efektivní výkon spalovacího motoru [kW]

η ... účinnost generátoru pro plný výkon [-]

$$P_{EL} = 26,9 \cdot 0,851 = \underline{\underline{22,89 \text{ kW}}} \quad (30)$$

6. Závěr

Cílem této práce je návrh rekonstrukce původně benzinového motoru na motor plynový a návrh elektrického zdrojového soustrojí typu motor – synchronní generátor, kde jako hnací stroj je použit právě tento rekonstruovaný motor.

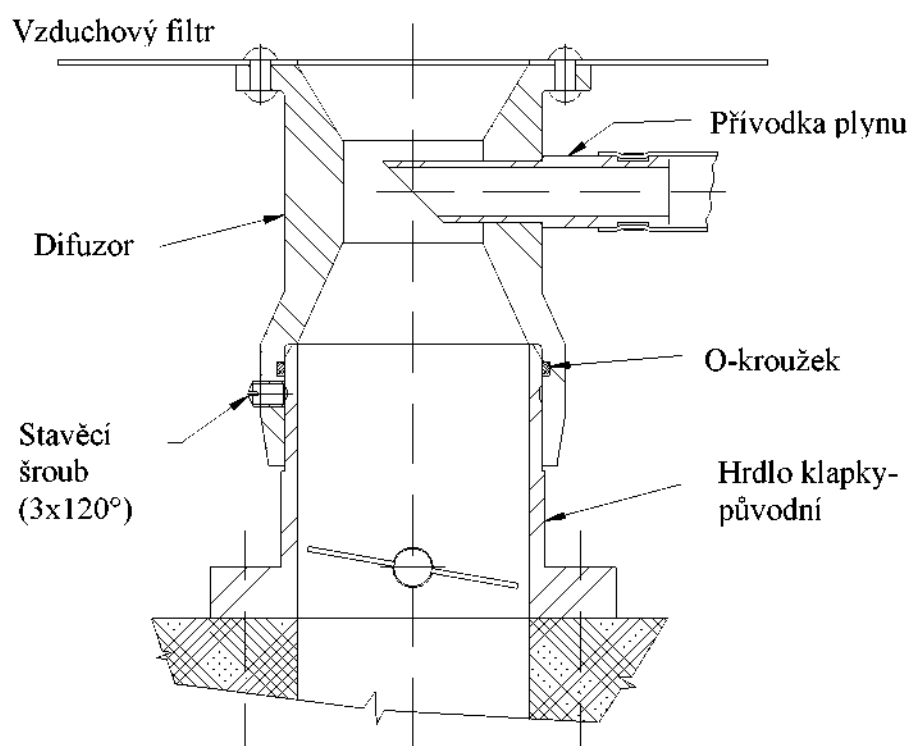
Při rekonstrukci spalovacího motoru je použito standardních změn a prvků, které se v dnešní době k těmto účelům používají. Bohužel u tohoto motoru (ŠA 1,2 HTP) za předpokladu použití sériových pístů nelze zvýšit kompresní poměr. Příslušenství motoru by mělo být nastaveno k provozu na stechiometrickou palivovou směs s řízením množství směsi v závislosti na zatížení motoru. Záměna paliva, benzínu za zemní plyn, se jeví jako poměrně výhodná z hlediska nízkého poklesu výkonu motoru s předpokladem ekonomičtějšího a ekologičtějšího provozu. Vzhledem k těmto vlastnostem je motor ŠA 1,2 HTP po přestavbě na zemní plyn vhodný pro pohon generátoru elektrického zdrojového soustrojí. Rovněž jeho menší rozměry díky tříválcovému provedení a nízká hmotnost jsou kritérii nasvědčující k tomuto použití. Emisní limity dle nařízení vlády 352/2002 Sb. platné pro motory s jmenovitým přivedeným příkonem vyšším než 0,2 MW se vzhledem k této podmínce na motor ŠA 1,2 HTP nevztahují.

Druhá část je věnována návrhu konstrukčního řešení a uspořádání již zmíněného elektrického zdrojového soustrojí. Soustrojí typu motor – synchronní generátor je navrženo jako stacionární soustrojí, které je pružně uložené na ocelovém rámu z U-profilů a spojeno pružnou hřídelovou spojkou umožňující mírnou nesouosost či mimoběžnost spojovaných hřídelí. Pro možnost využití soustrojí jako samostatného náhradního zdroje elektřiny v případě výpadku proudu v elektrické síti, nebo pro použití v místech, kde není možnost připojení k el. síti, je spalovacímu motoru ponechán spouštěč, který napájený akumulátorem zajistí rozběh soustrojí.

Práce je doplněna výkresovou dokumentací pro výrobu jednotlivých dílů a sestav, které jsou k rekonstrukci motoru a stavbě soustrojí nezbytně nutné.

Varianta 1:

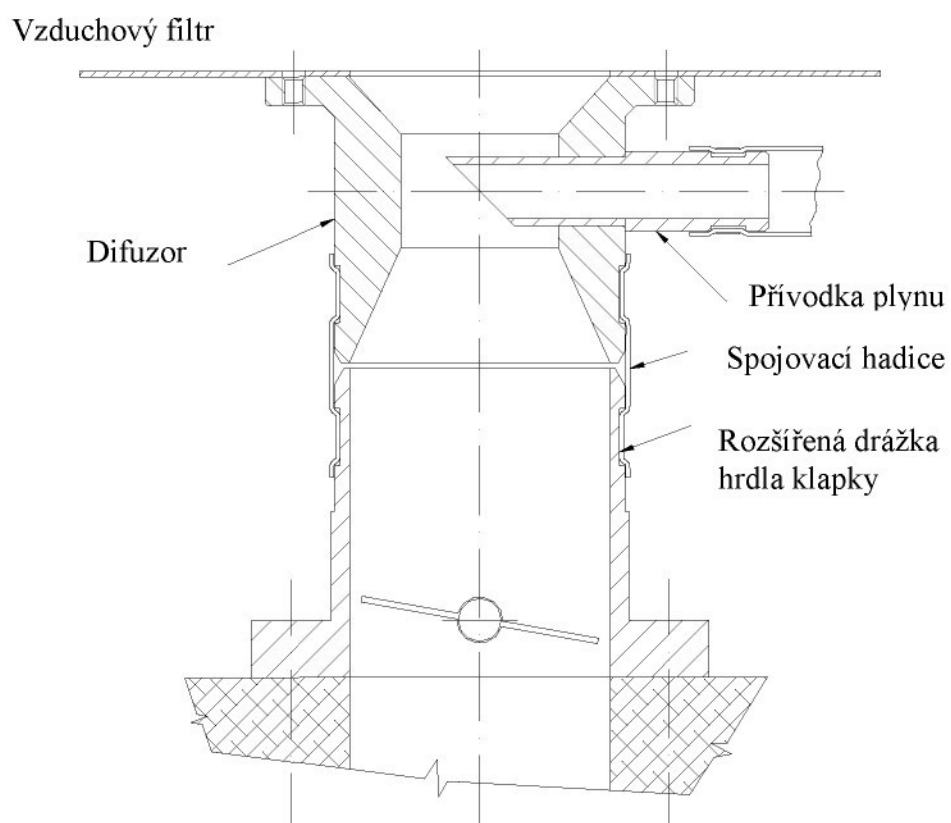
Spojení difuzoru a nezměnného hrdla klapky, utěsněné O-kroužkem a zajištěné třemi stavěcími šrouby



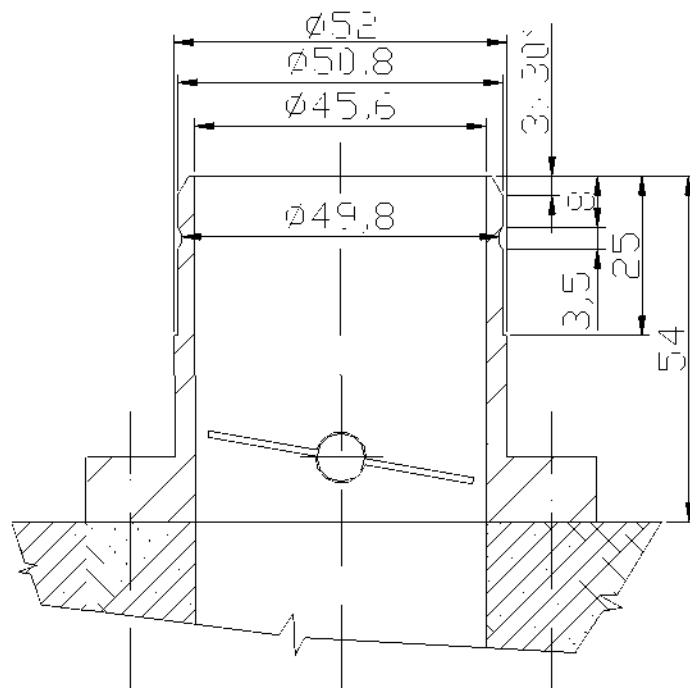
Příloha 2

Varianta 2:

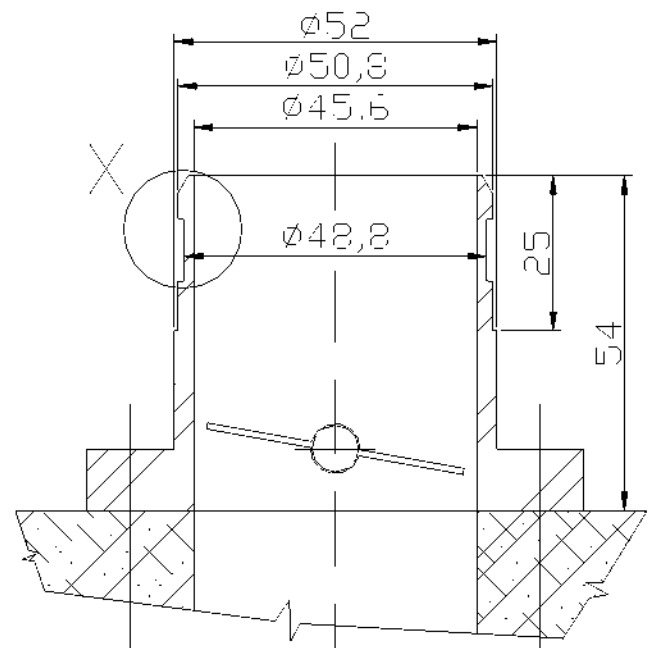
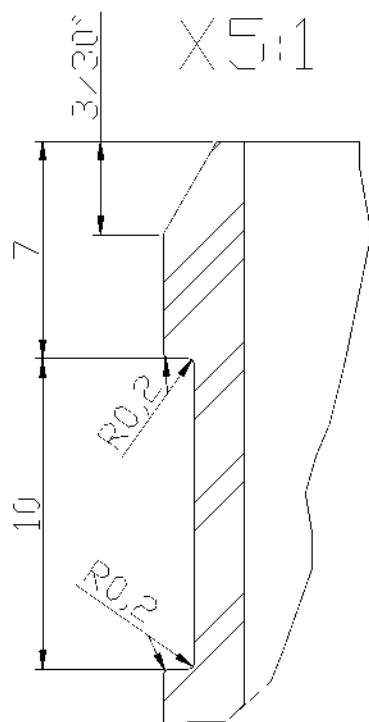
Spojení difuzoru a hrdla klapky s upravenou drážkou, pomocí hadice a dvou páskových spon



Původní hrdlo klapky:



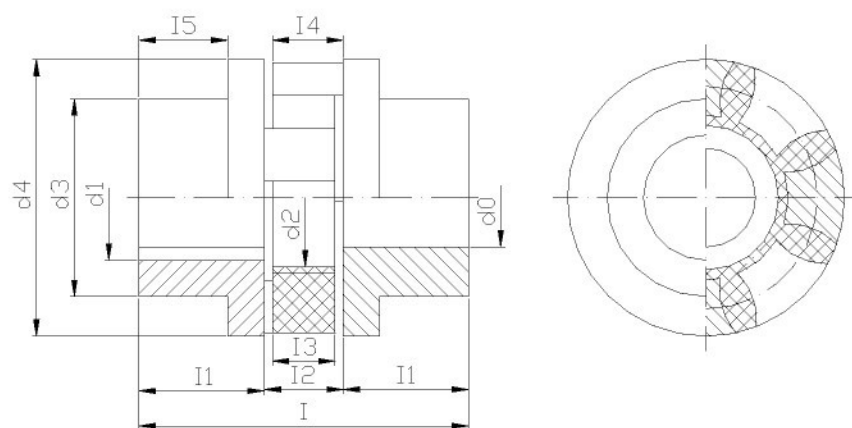
Upravené hrdlo klapky:



Příloha 3

Výrobce: Kovo, výrobní družstvo, Brno

Pružná zubová spojka



Základní charakteristika :

Typ	d_0	d_1	d_2	d_3	d_4	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I	M_t	N_{max}
rozměr	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[Nm]	[ot/min]
24	9	24	25	40	55	24	18	14	16	14	66	30	8600
38	16	38	39	60	84	38	24	19	21,5	27	100	100	5600
48	19	48	49	76	105	48	28	23	25,5	36	124	190	4500

Příloha 4

Objekt : Protokoll Daten
Versuchsname : EA111_03 Vn 1500
Versuchstyp : Versuch
Datum / Zeit : 28.06.2005 09:15:26
PST - Name : Skoda_RLS
Versuchs - ID : 1937

28.07.2005 10:10:19

x-one

ZEILKEN	ZEILNR	DATUM	LFZEIT	OnI_Druck	OTACKY	KLAPKA	M_ACT	MT
	Nr		sec	---	1/min	%	Nm	Nm
AV	1	28.06.05 09:26:33	648,6		2 1500	99,9	90,8	90,8
AV	2	28.06.05 09:27:43	718,6		2 1749	99,9	91,3	91,1
AV	3	28.06.05 09:28:53	788,6		2 1999	99,9	95,5	95,4
AV	4	28.06.05 09:30:03	858,6		2 2249	99,9	96,6	96,5
AV	5	28.06.05 09:31:13	928,6		2 2500	99,9	99,6	99,7
AV	6	28.06.05 09:32:23	998,6		2 2749	99,9	104,9	104,9
AV	7	28.06.05 09:33:33	1068,6		2 3000	99,9	107,1	107,1
AV	8	28.06.05 09:34:43	1138,6		2 3250	99,9	104,5	104,5
AV	9	28.06.05 09:35:53	1208,6		2 3499	99,9	100,5	100,6
AV	10	28.06.05 09:37:03	1278,6		2 3750	99,9	96,6	96,6
AV	11	28.06.05 09:38:13	1348,6		2 4000	99,9	92,3	92,3
AV	12	28.06.05 09:39:23	1418,6		2 4249	99,9	88,5	88,5
AV	13	28.06.05 09:40:33	1488,6		2 4499	99,9	84,5	84,5
AV	14	28.06.05 09:41:43	1558,6		2 4749	99,9	81,4	81,4
AV	15	28.06.05 09:42:53	1628,6		2 4999	99,9	77,1	77,1
AV	16	28.06.05 09:44:03	1698,6		2 5249	99,9	73,1	73,2
AV	17	28.06.05 09:45:13	1768,6		2 5499	99,9	68,5	68,6

MT_ISO	SILA	P	P_ISO	PE	PE_ISO	SH	SMER	SMERISO	S_100	ISOKOR	CELKPRE
Nm	N	kW	kW	kPa	kPa	kg/h	g/kWh	g/kWh	l/100_k	---	---
92,1	95,1	14,3	14,5	953	966	3,78	265	261,3	105,54	1,014	31125
92,4	95,4	16,7	16,9	956	969	4,33	259,4	255,8	103,68	1,014	31125
96,7	99,9	20	20,3	1000	1014	5,15	257,9	254,4	107,9	1,014	31125
97,9	101	22,7	23,1	1012	1027	5,84	256,8	253,2	108,72	1,014	31125
101,1	104,4	26,1	26,5	1046	1061	6,82	261,2	257,4	114,23	1,015	31125
106,3	109,8	30,2	30,6	1100	1115	8,19	271,3	267,7	124,82	1,013	31125
108,4	112,1	33,6	34	1123	1137	9,21	273,8	270,5	128,64	1,012	31125
105,8	109,4	35,5	36	1096	1110	9,89	278,2	274,7	127,51	1,013	31125
101,9	105,3	36,8	37,3	1055	1069	10,42	282,7	279	124,73	1,013	31125
97,9	101,2	37,9	38,5	1014	1027	10,75	283,4	279,6	120,3	1,014	31125
93,5	96,6	38,6	39,2	968	981	10,85	280,8	277	113,82	1,014	31125
89,8	92,7	39,4	40	929	942	11,36	288,5	284,3	112,17	1,015	31125
85,7	88,5	39,8	40,4	886	899	11,75	295,2	290,9	109,53	1,015	31125
82,7	85,3	40,5	41,1	854	867	12,16	300,3	295,8	107,38	1,015	31125
78,3	80,7	40,3	41	809	821	12,45	308,5	303,9	104,46	1,015	31125
74,3	76,7	40,3	40,9	768	780	12,9	320,5	315,7	103,11	1,015	31125
69,7	71,8	39,5	40,1	719	731	13,46	340,8	335,4	102,64	1,016	31125

Q_VODA	Q_VODMA	Q_OLEJ	Q_VZD_V	Q_VZD_M	Q_VYF_V	Q_VYF_M	QVZ_LSM	TURFOLE
l/min	l/min	kg/min	m ³ /h	kg/h	m ³ /h	kg/h	kg/h	Hz
14,55	-25	-4,5			15,7	16,8	55,49	0
16,53	-25	-4,5			16	17	63,59	0
19,54	-25	-4,5			16,1	17,2	75,7	0
22,49	-25	-4,5			16,2	17,3	85,61	0
25,86	-25	-4,5			16,4	17,5	99,16	0
28,64	-25	-4,5			16,5	17,5	115,32	0
30,68	-25	-4,5			16,5	17,7	128,3	0
33,56	-25	-4,5			16,6	17,7	133,63	0
37,11	-25	-4,5			16,7	17,7	139,46	0
39,96	-25	-4,5			16,8	18	146,18	0
42,59	-25	-4,5			17	18,1	151,4	0
45,58	-25	-4,5			17	18,1	154,14	0
48,42	-25	-4,5			17,1	18,2	157,42	0
51,05	-25	-4,5			17,2	18,2	163,42	0
53,71	-25	-4,5			17,2	18,4	167,05	0
56,17	-25	-4,5			17,4	18,5	171,14	0
58,25	-25	-4,5			17,5	18,5	174,05	0

TURQOLE	BLOWBY	UCOBLSM	UCOBQVT	UCOBVYF	ETA_M_C	LAMBDA	DBZ_1V	DBZ_2V
l/min	l/min	%	%	%	%	---	Grad	Grad
	0	89,2		20,9	32	0,996	0	0
	0	87,6		17,4	32,7	0,996	0	0
	0	91,3		14,6	32,8	0,997	0	0
	0	91,8		12,3	33	0,995	0	0
	0	95,6		10,3	32,4	0,987	0	0
	0	101,1		8,1	31,2	0,956	0	0
	0	103,1		6,8	30,9	0,946	0	0
	0	99,1		5,8	30,4	0,917	0	0
	0	96,1		5	30	0,909	0	0
	0	94		4,6	29,9	0,923	0	0
	0	91,3		4,4	30,2	0,947	0	0
	0	87,5		3,8	29,4	0,92	0	0
	0	84,4		3,5	28,7	0,909	0	0
	0	83		3,1	28,2	0,912	0	0
	0	80,6		2,8	27,5	0,91	0	0
	0	78,7		2,6	26,4	0,9	0	0
	0	76,4		2,2	24,9	0,877	0	0

Důležité (zvýrazněné) veličiny nesou následující označení:

MT	točivý moment motoru
P	výkon motoru
PE	střední efektivní tlak motoru
SH	hodinová spotřeba paliva
SMER	měrná spotřeba paliva
QVZ_LSM	množství nasávaného vzduchu
UCOBLSM	objemová účinnost motoru
ETA_M_C	celková účinnost motoru
LAMBDA	součinitel přebytku vzduchu

PARTNER[®] ALTERNATORS

LSA 42.2 - 2P

ELECTRICAL DATA 50 Hz 3000 min⁻¹

TYPICAL DATA

Insulation class	H	Excitation system	Shunt
Winding pitch - Code	2/3 - (N° 6)	A.V.R. model	R 230
Leads	12	Voltage regulation (steady state)	± 0,5 %
Drip proof	IP 23	Sustained short-circuit current	-
Altitude	≤ 1000 m	Total harmonic (*) TGH / THC	< 4 %
Overspeed	4500 min ⁻¹	Wave form : NEMA = TIF - (*)	< 50
Air flow	0,22 m³/s	Wave form : I.E.C. = THF - (*)	< 2 %

(*) Total harmonic content line to line, at no load or full rated linear and balanced load

RATINGS : kVA / kW - Power factor = 0,8

Duty/Ambiant T°		Continuous / 40°C				Stand-by / 40°C				Stand-by / 27°C			
Class/T° rise		H / 125° K				F / 105° K				H / 150° K			
Phase		3 ph.		1 ph.		3 ph.		1 ph.		3 ph.		1 ph.	
Y		380V	400V	415V	Δ Δ	380V	400V	415V	Δ Δ	380V	400V	415V	Δ Δ
Δ		220V	230V	240V	230V	220V	230V	240V	230V	220V	230V	240V	230V
42.2 M5	kVA	27		16,5		25		15,5		29		17	
	kW	22		13		20		12,5		23,5		14	
42.2 M6	kVA	33		20		30,5		19		35		21	
	kW	26,5		16		24,5		15		28		17	
42.2 L7	kVA	40		24,5		38,5		22,5		45		26	
	kW	32		20		31		18		36		21	
42.2 VL8	kVA	50		31		46		29		54		33	
	kW	40		25		37		23,5		43		26,5	

EFFICIENCIES (%) - Class H / 40° C

	Three phase : 400 V										Single phase : 230 V									
	P.F. = 0,8					P.F. = 1					P.F. = 0,8					P.F. = 1				
	1/4	2/4	3/4	4/4	St.by	1/4	2/4	3/4	4/4	St.by	1/4	2/4	3/4	4/4	St.by	1/4	2/4	3/4	4/4	St.by
42.2 M5	78,7	85	86,1	85,9	85,5	80,1	87,2	89,2	89,6	89,5	69,4	77,1	78,2	77,2	76,6	71	80,2	82,6	82,9	82,7
42.2 M6	81,1	85,8	86	85,1	84,5	82,7	88,4	89,5	89,4	89,2	72,2	77,9	77,7	75,7	74,8	74,2	81,7	82,9	82,4	82
42.2 L7	83,3	87,6	87,8	87	86,5	84,6	89,8	90,8	90,7	90,5	75,2	80,3	80	78,2	77,4	76,9	83,6	84,6	84	83,6
42.2 VL8	84,4	88,8	89,3	88,7	88,4	85,6	90,7	91,8	91,8	91,7	76,8	82	82	80,5	79,8	78,3	84,9	86	85,7	85,3

REACTANCES (%) - TIME CONSTANTS (ms) - CLASS H / 400 V

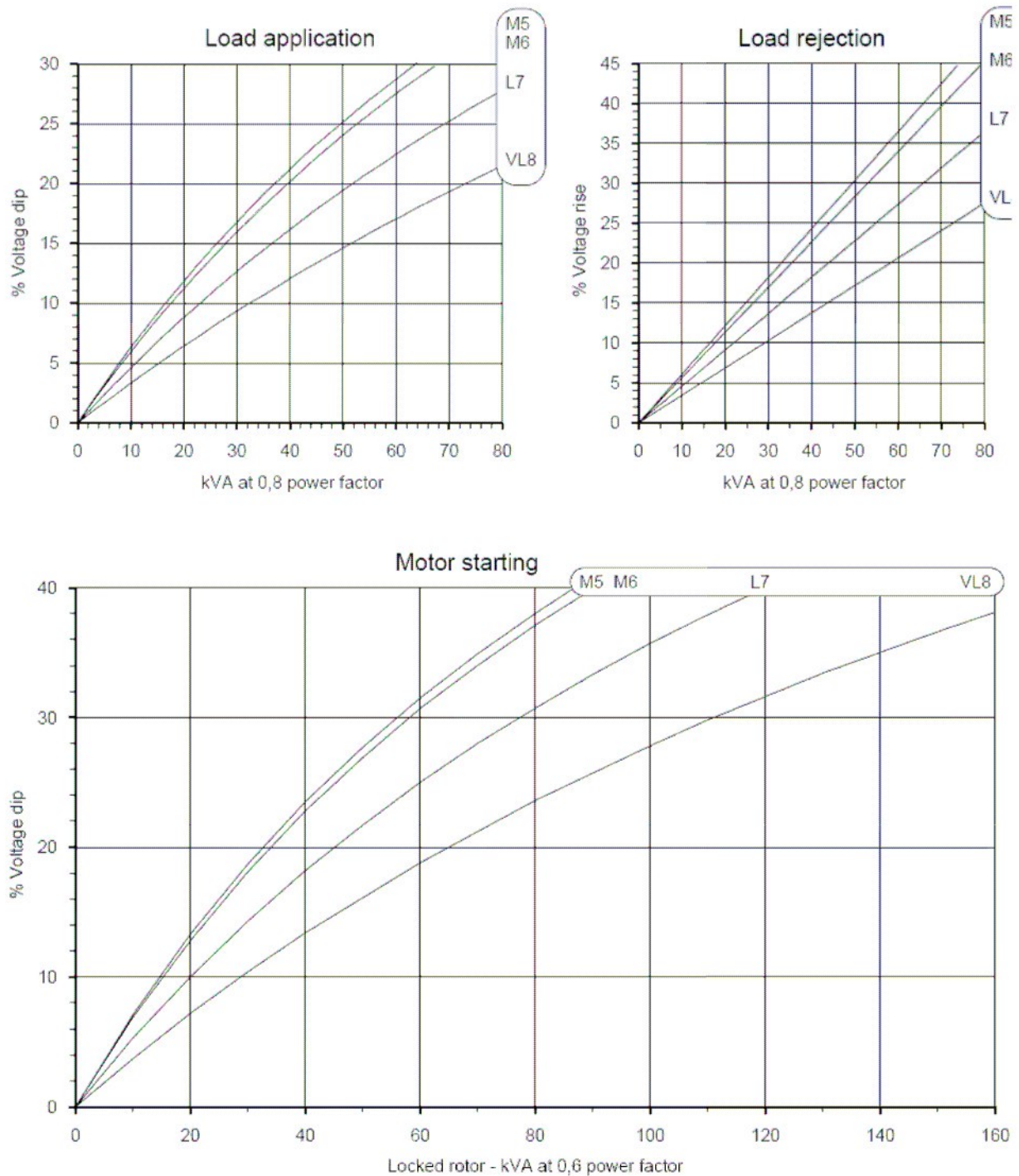
		42.2 M5	42.2 M6	42.2 L7	42.2 VL8
Kcc	Short-circuit ratio	0,41	0,33	0,3	0,33
Xd	Direct axis synchronous reactance unsaturated	340	410	420	390
Xq	Quadrature axis synchronous reactance unsaturated	170	205	210	195
T'do	Open circuit time constant	1480	1480	1700	1920
X'd	Direct axis transient reactance saturated	8,7	10,7	9,4	7,7
T'd	Short circuit transient time constant	40	40	40	40
X''d	Direct axis subtransient reactance saturated	4,4	5,3	4,7	3,9
T''d	Subtransient time constant	4	4	4	4
X''q	Quadrature axis subtransient reactance saturated	6,4	7,8	6,8	5,4
Xo	Zero sequence reactance unsaturated	0,3	0,9	0,9	0,4
X2	Negative sequence reactance saturated	5,4	6,6	5,7	4,7
Ta	Armature time constant	6	6	6	6

OTHER DATA - CLASS H / 400 V

io	No load excitation current (A)	0,4	0,4	0,4	0,4
ic	Full load excitation current (A)	1,5	1,8	1,7	1,6
uc	Full load excitation voltage (V)	39	47	43	42
ms	Recovery time(ΔU = 20 % trans.)	500	500	500	500
kVA	Motor start. (ΔU = 20% sust.) or (ΔU = 50% Transient)	60	72	90	118
%	Transient dip (rated step load) - PF : 0,8 LAG	15,4	17,3	16,2	14,6
W	No load losses	1320	1320	1390	1630
W	Heat rejection	3600	4600	4800	5100

According to : I.E.C. 34.1/34.2 - U.T.E. : NF C 51.111 - V.D.E. 0530 - B.S. 4999 & 5000 - NEMA : MG 1.22 - ISO 8528 . 3 - CSA (upon request)
Products and materials shown in this catalogue may, at any time, be modified in order to follow the latest technological developments, improve the design or change conditions of utilization.
Their description cannot, in any case, engage Leroy-Somer liability. The values indicated are typical values .

TRANSIENT VOLTAGE VARIATION - 400V



- 1) For a starting P.F. differing from 0,6 the starting kVA have to be multiplied by $(\text{Sine } \phi / 0,8)$
- 2) If voltage is not 400V(Y) , 230V(Δ) at 50 Hz then kVA must be multiplied by $(400/U)^2$ or $(230/U)^2$.

Products and materials shown in this catalogue may, at any time, be modified in order to follow the latest technological developments, improve the design or change conditions of utilization. Their description cannot, in any case, engage Leroy-Somer liability. The values indicated are typical values .

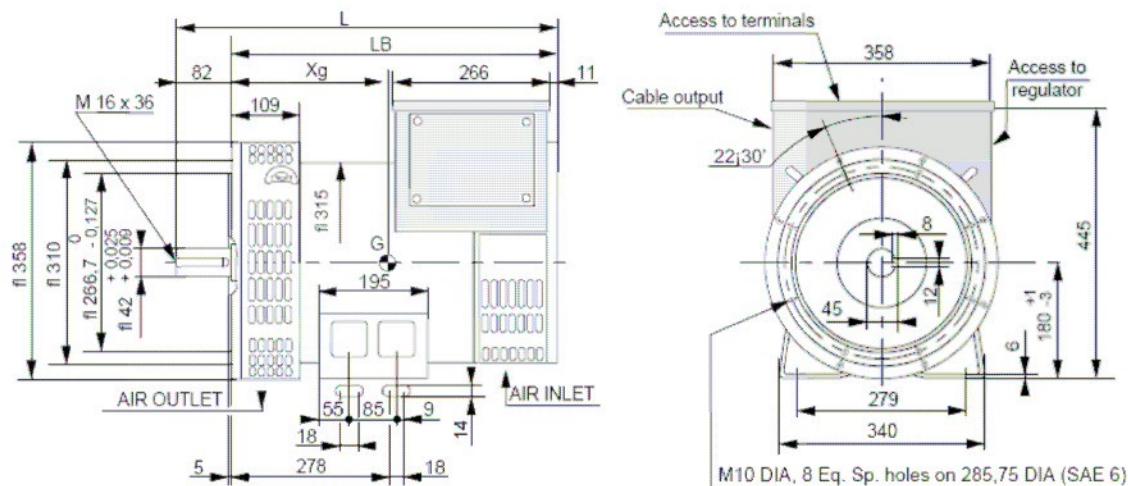
PARTNER

ALTERNATORS

LSA 42.2 - 2P

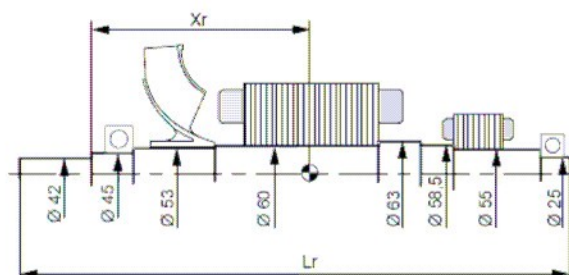
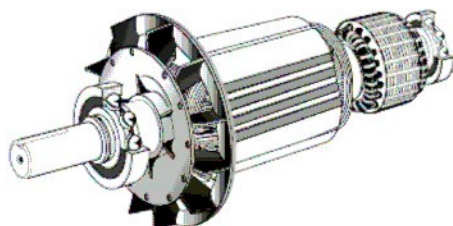
TWO BEARINGS DIMENSIONS

DIMENSIONS



FRAME DIMENSIONS (mm)				Mass (kg)
TYPE	L maxi	LB	Xg	M
LSA 42.2 M5	548	466	240	120
LSA 42.2 M6	548	466	240	120
LSA 42.2 L7	593	511	265	140
LSA 42.2 VL8	653	571	295	160

TORSIONAL ANALYSIS DATA



CENTRE OF GRAVITY : Xr (mm) - ROTOR LENGTH : Lr (mm) - MASS : M (kg) - MOMENT OF INERTIA : J (kgm²) : (4J = MD²)

TYPE	Xr	Lr	M	J
LSA 42.2 M5	250,5	539	34	0,0856
LSA 42.2 M6	250,5	539	34	0,0856
LSA 42.2 L7	271	584	41	0,1036
LSA 42.2 VL8	300,5	644	41	0,1298

Products and materials shown in this catalogue may, at any time, be modified in order to follow the latest technological developments, improve the design or change conditions of utilization. Their description cannot, in any case, engage Leroy-Somer liability. The values indicated are typical values.

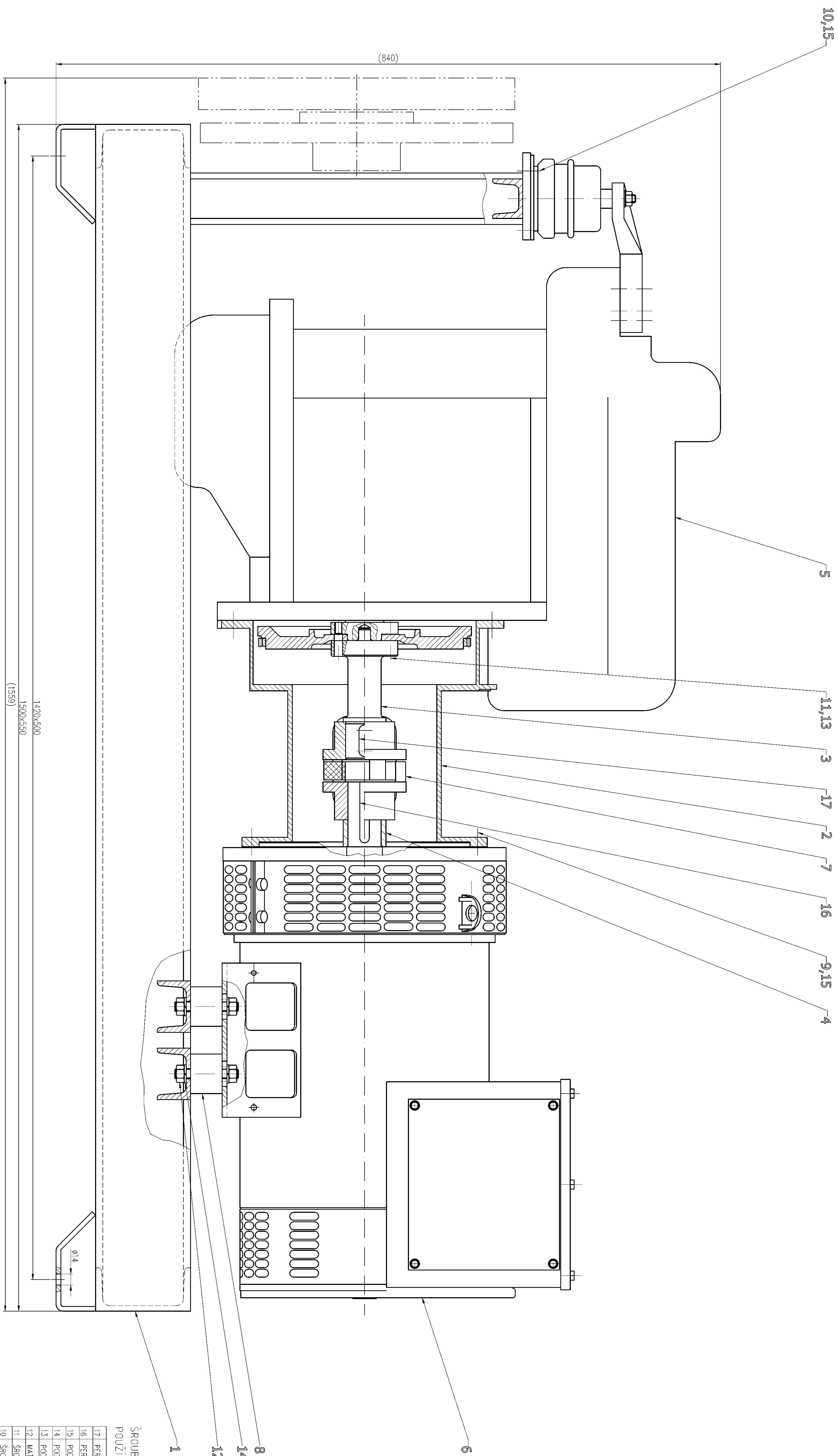
Příloha 6

Porovnání provozních parametrů motoru ŠA 1,2 HTP na benzin BA-95 a CNG, při otáčkách 3000 min⁻¹ (výsledky měření v laboratořích KSD na TU v Liberci)

	Otáčky 3000 min ⁻¹		
	BA-95	CNG	
			Porovnání s BA-95
Mt [Nm]	100	78	78%
Tvýf [°C]	835	884	+ 49 °C
Q _{pe} [MJ.kWh ⁻¹]	12,0	11,8	98,3 %
Emise před katalyzátorem			
	BA-95	CNG	
	[ppm]	[ppm]	Porovnání s BA-95
CO	>5000	4350	
THC	2030	830	40,9 %
NO _x	1840	2044	111%
Emise za katalyzátorem			
	BA-95	CNG	
	[ppm]	[ppm]	Porovnání s BA-95
CO	>5000	1520	
THC	330	93	28,2 %
NO _x	190	154	81 %
Účinnost katalyzátoru			
	BA-95	CNG	
	[%]	[%]	Porovnání s BA-95
CO		65	
THC	83,7	88,8	106 %
NO _x	89,7	92,6	103,2 %

Skutečné parametry motoru ŠA 1,2 HTP, které byly po přechodu z benzínu na CNG naměřeny při 3000 ot . min⁻¹ v laboratořích KSD:

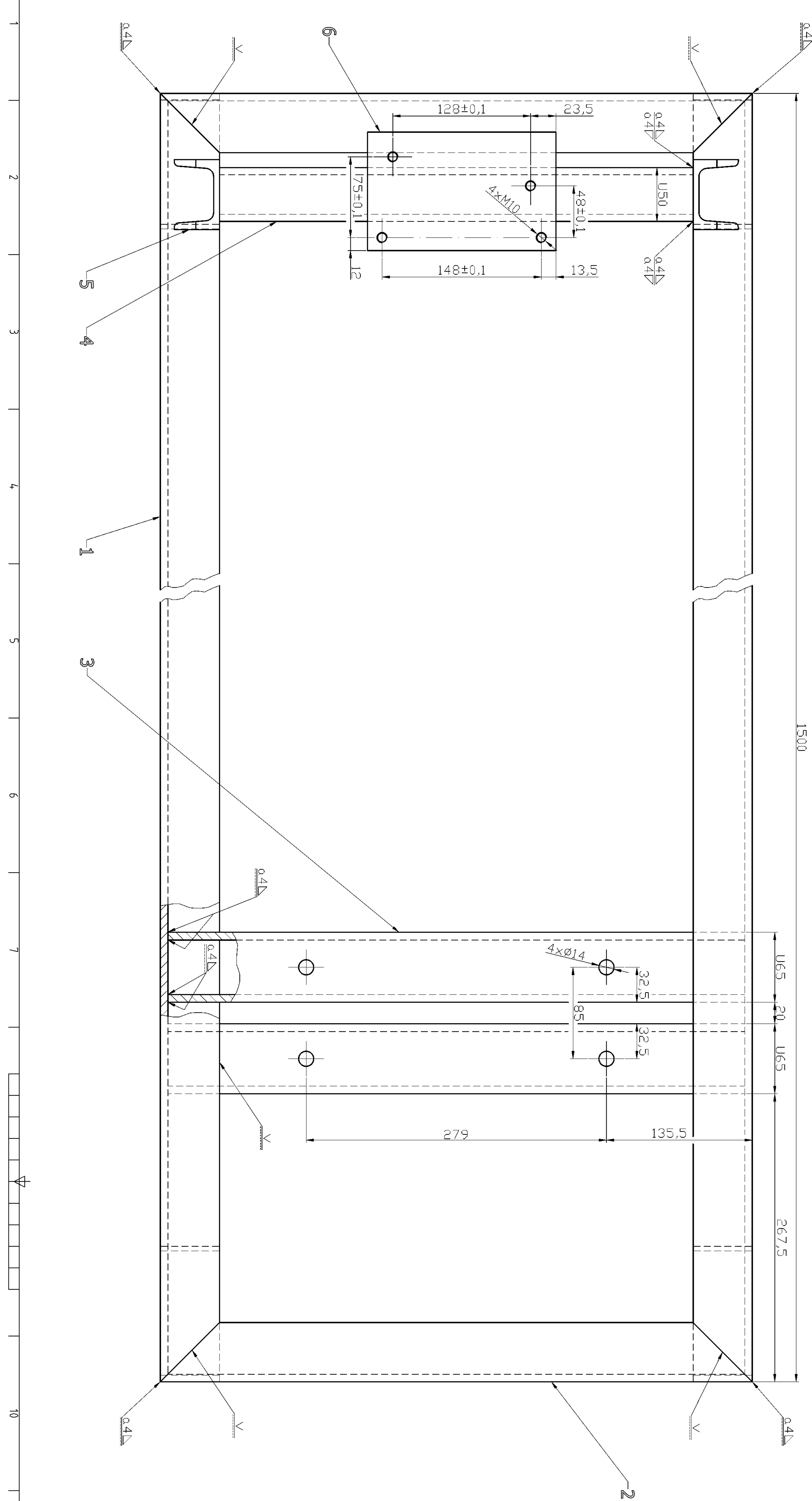
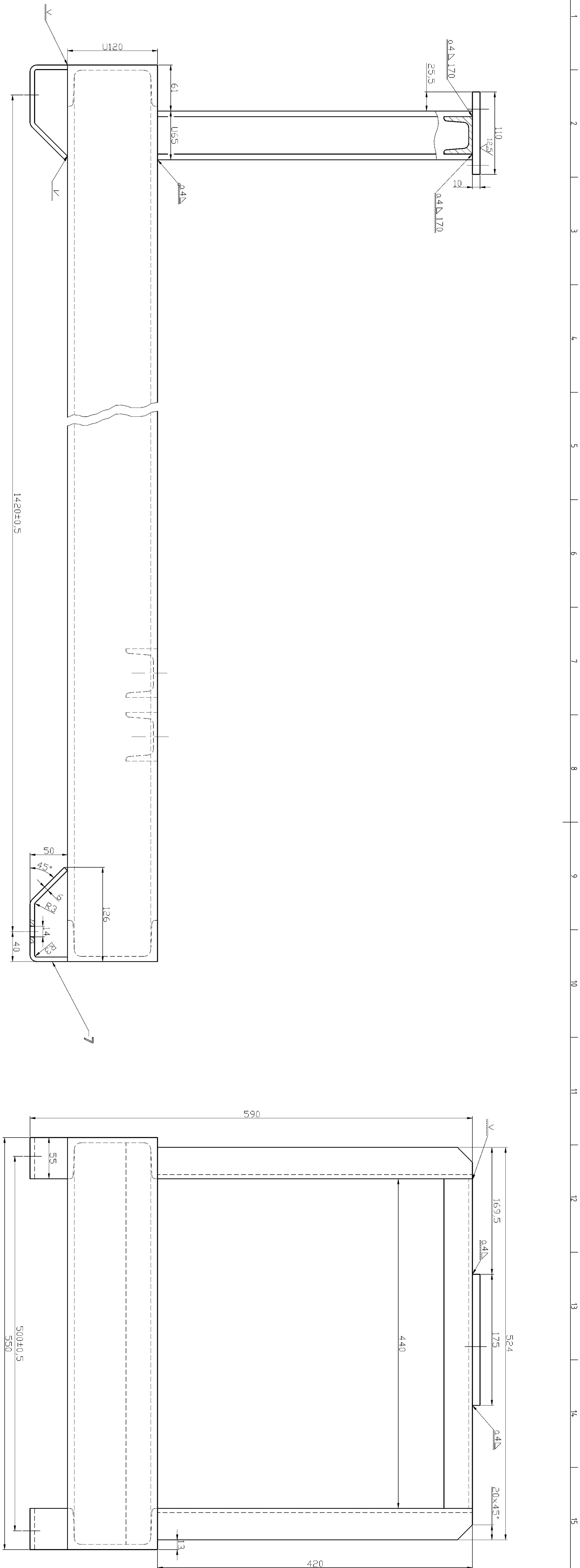
<i>Měřená veličina</i>	<i>Hodnota</i>
Točivý moment	84,8 Nm
Výkon	26,6 kW
Měrná spotřeba energie	12 MJ.kWh ⁻¹
Hodinová spotřeba energie	319,2 MJ.h ⁻¹
Hodinová spotřeba paliva (CNG)	6,5 kg.h ⁻¹
Měrná spotřeba paliva (CNG)	244,8 g.kWh ⁻¹
Množství nasávaného vzduchu	111,8 kg.h ⁻¹



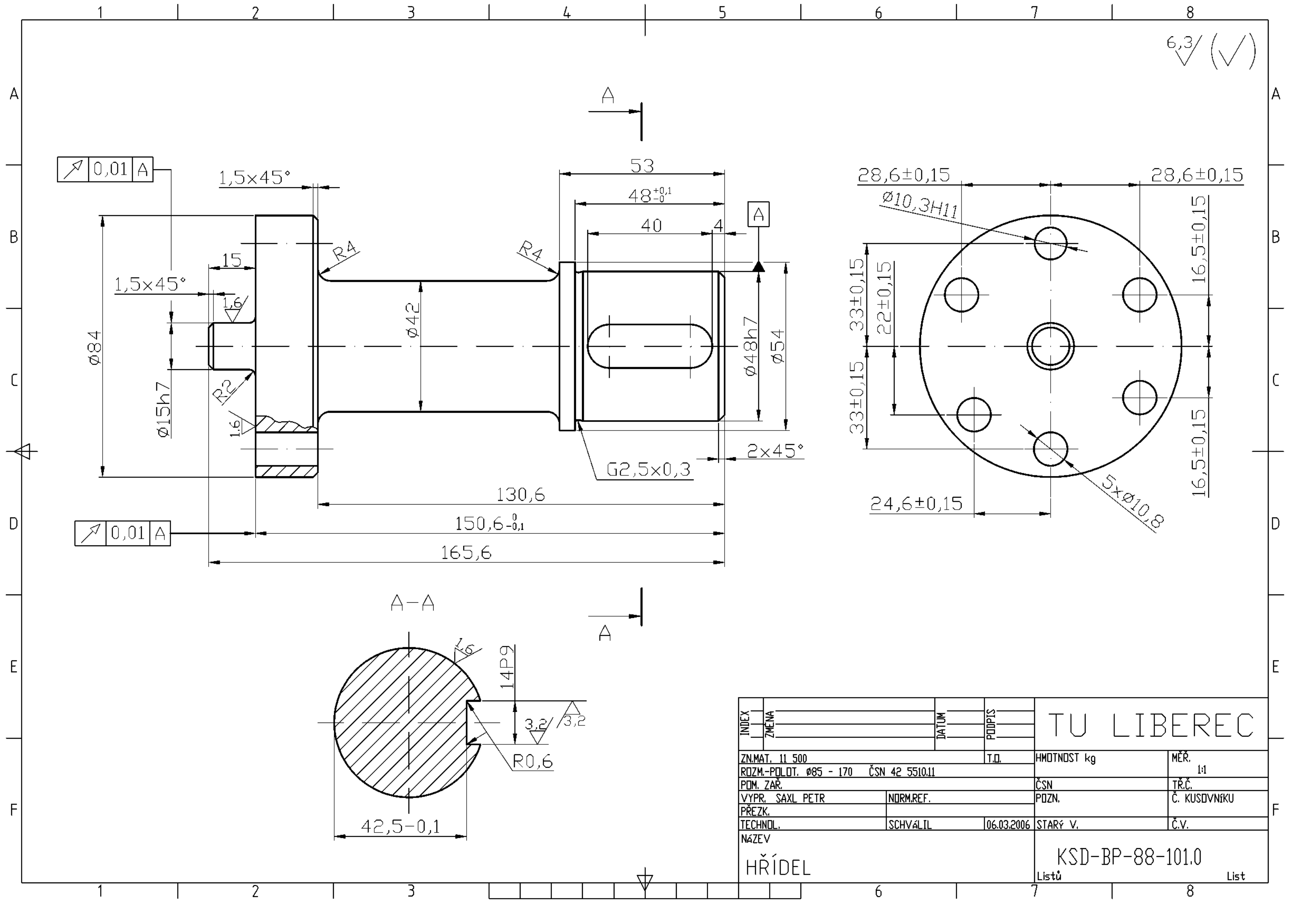
ŠROUBY SPOJUJÍCÍ MOTOR SE SPOJOVACÍ PŘÍRUBOU
POUŽÍT SÉRIOVÉ, PŘÍPADNĚ UPRAVIT DÉLKU

17	PERO 14673940	CSN 07 2562	1
16	PERO 1267870	CSN 02 2562	12
15	PODOLZA 10	CSN 02 17411	1
14	PODOLZA 12	CSN 07 17411	8
13	PODOLZA 10	CSN 07 17411	1
12	MATICE 17	CSN 07 140125	8
11	\$SOLB 100645	CSN 02 114152	6
10	\$SOLB 100645	CSN 02 110151	4
9	\$SOLB 100625	CSN 07 110151	8

[illegible]



7	NOHA	16x16x355	11 373	4
6	DESKA	PL10x175x10	11 373	1
5	SLOPEK	U65-420	11 373	2
4	NOSNA PRICKA HORNÍ	U50-440	11 373	1
3	NOSNA PRICKA DOLNÍ	U65-556	11 373	2
2	U-P-ová ZAKLADNÍ 2	U120-550	11 373	2
1	U-P-ová ZAKLADNÍ 1	U120-1500	11 373	2
Poz. Názov - Rozměr			Materiál	
Výřez - Norma			Materiál	
TU LIBEREC			Materiál	
ZAKLADNÍ RÁM			Materiál	
KSD-BP-88-1100			Materiál	



6,3/ (✓)

0,01 A

A

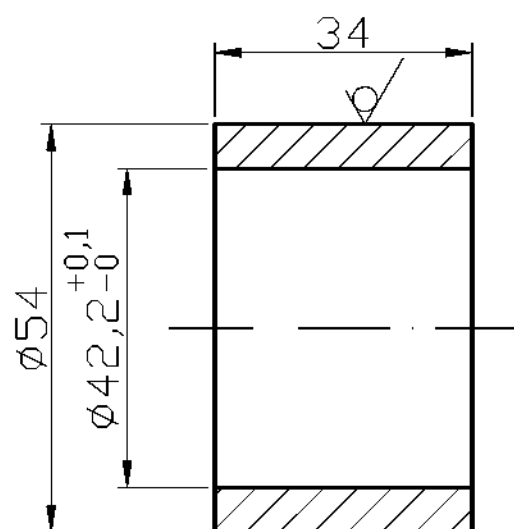
0,01 A

A-A

A

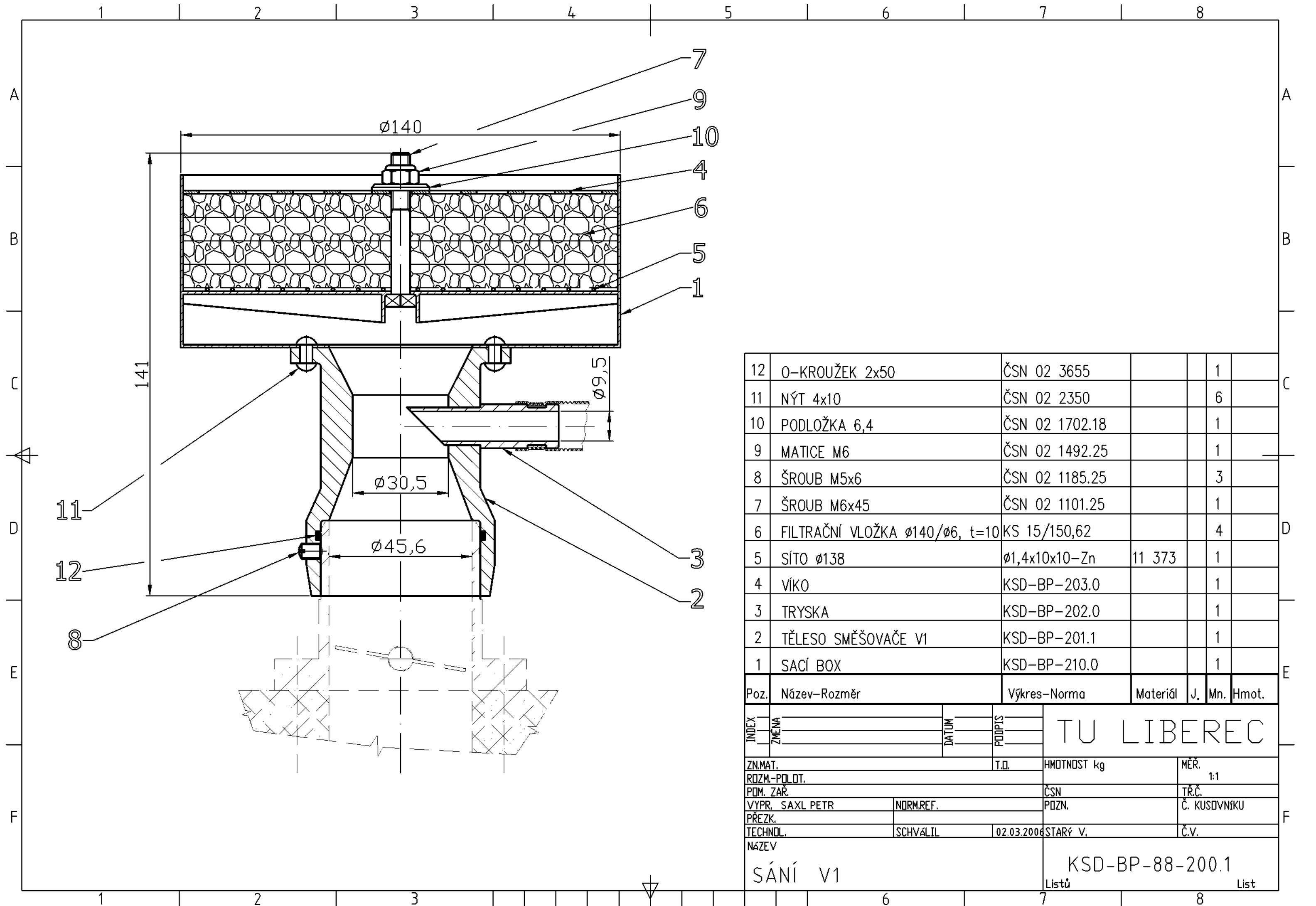
INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS	TU LIBEREC	
ZN.MAT. 11 500		T.O.		HMODNOST kg	MÉR. 1:1
ROZM.-POLOD. Ø85 - 170		ČSN 42 5510.11		ČSN	TR.Č.
POM. ZAR.		VYPR. SAXL PETR		POZN.	Č. KUSOVNÍKU
PŘEZK.		NORM.REF.		STARÝ V.	Č.V.
TECHNOL.		SCHVÁLIL		06.03.2006	
NÁZEV		HŘÍDEL		KSD-BP-88-101.0	
				Listů	List

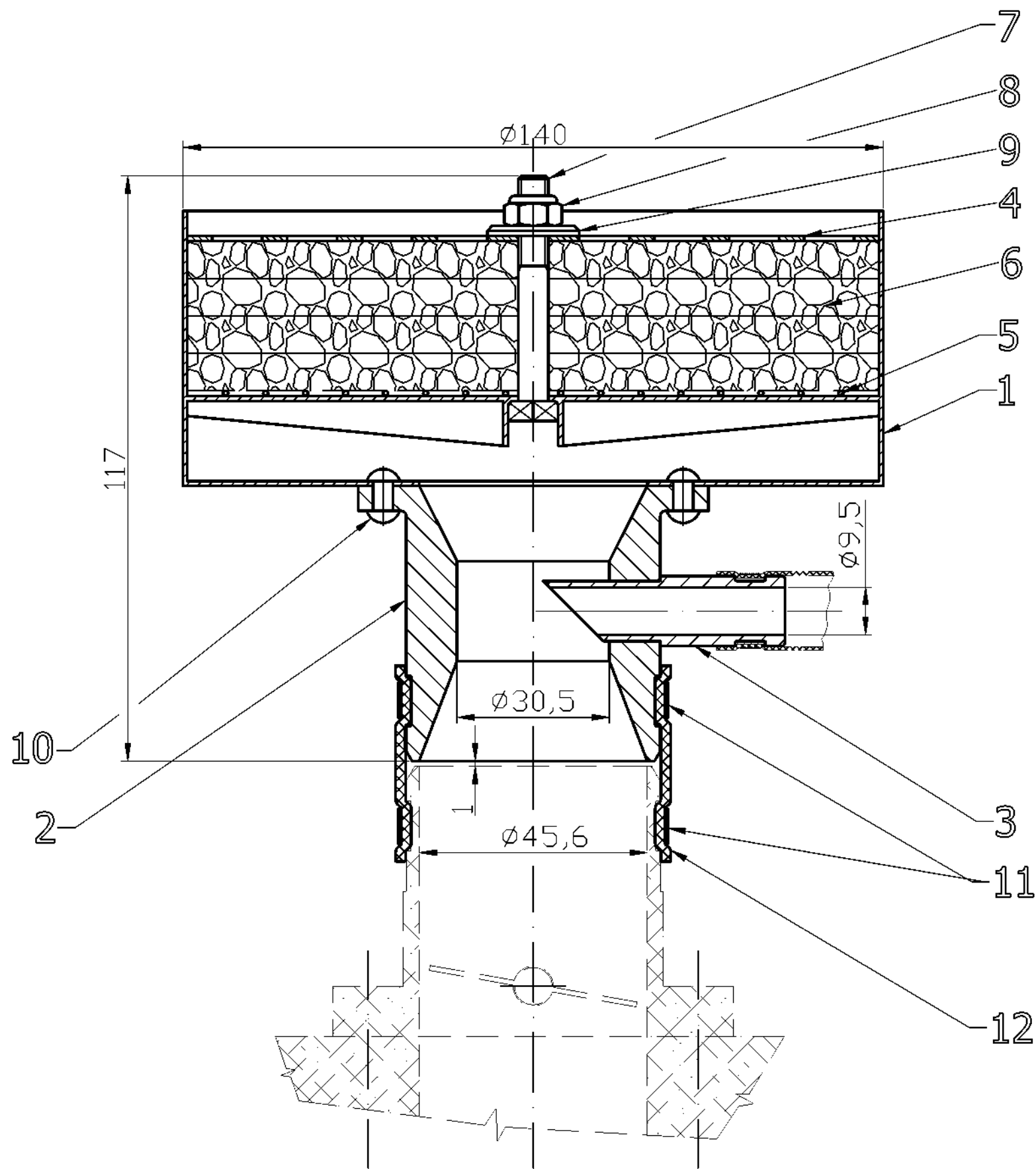
3.2/ (✓)



INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS	TU LIBEREC	
ZN.MAT. 11 373		T.O.		HMDTNOST kg	MĚŘ. 1:1
ROZM.-POLOD. TR Ø54x6,3-38 ČSN 42 5715.01				ČSN	TRČ.
POM. ZAR.				POZN.	Č. KUSOVNÍKU
VYPR. SAXL PETR		NORM.REF.		28.04.2006	Č.V.
PŘEZK.		SCHVÁLIL		STARÝ V.	
TECHNOL.					
NÁZEV				KSD-BP-88-102.0	
DISTANČNÍ KROUŽEK				Listů	List



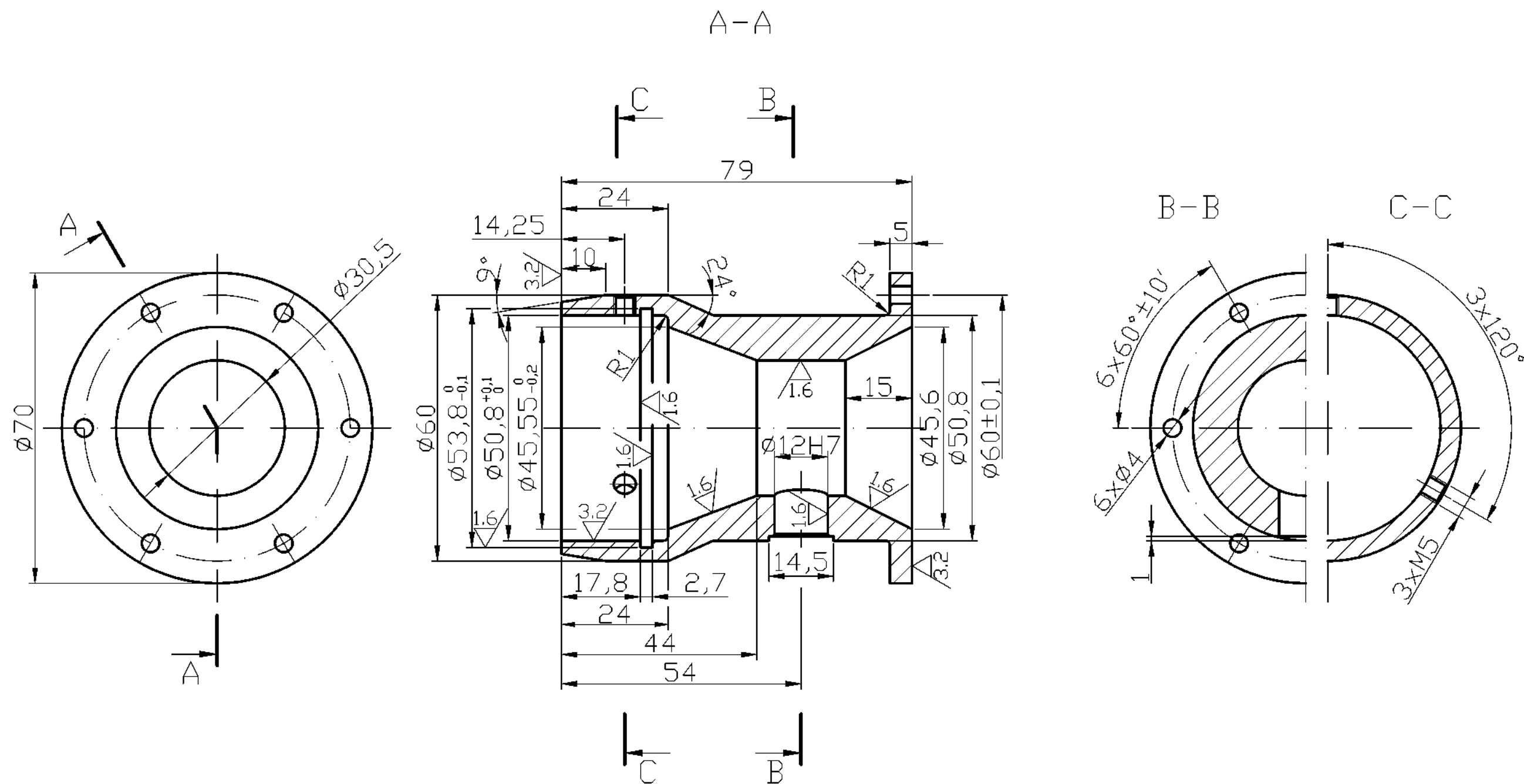




12	HADICE $\varnothing 59 \times 4,5$	EN 590:2004			1	
11	SPONA TORRO 8-12/7,5-C6	DIN 3017			2	
10	NÝT 4x10	ČSN 02 2350			6	
9	PODLOŽKA 6,4	ČSN 02 1702.18			1	
8	MATICE M6	ČSN 02 1492.25			1	
7	ŠROUB M6x45	ČSN 02 1101.25			1	
6	FILTRAČNÍ VLOŽKA $\varnothing 140 / \varnothing 6$, t=10	KS 15/150,62			4	
5	SÍTO $\varnothing 138$	$\varnothing 1,4 \times 10 \times 10 - Zn$	11 373		1	
4	VÍKO	KSD-BP-203.0			1	
3	TRYSKA	KSD-BP-202.0			1	
2	TĚLESO SMĚŠOVAČE V2	KSD-BP-201.2			1	
1	SACÍ BOX	KSD-BP-210.0			1	
Poz.	Název-Rozměr	Výkres-Norma	Materiál	J.	Mn.	Hmot.

INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	TU LIBEREC	
ZN.MAT.		T.O.		HMOTNOST kg	
ROZM.-POLOD.				MĚŘ. 1:1	
POM. ZAŘ.		ČSN		TR.Č.	
VYPR. SAXL PETR		NORM.REF.		Č. KUSOVNÍKU	
PŘEZK.		SCHVÁLIL		Č.V.	
TECHNOL.		02.03.2006		STARÝ V.	
NÁZEV				KSD-BP-88-200.2	
SÁNÍ V2				Listů 8 List	

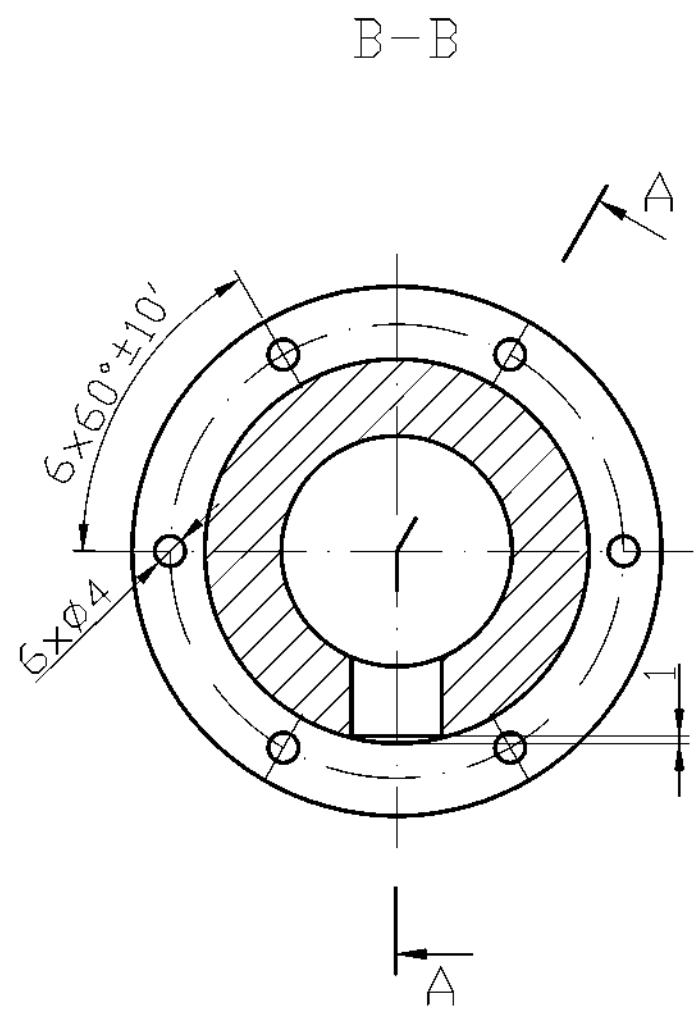
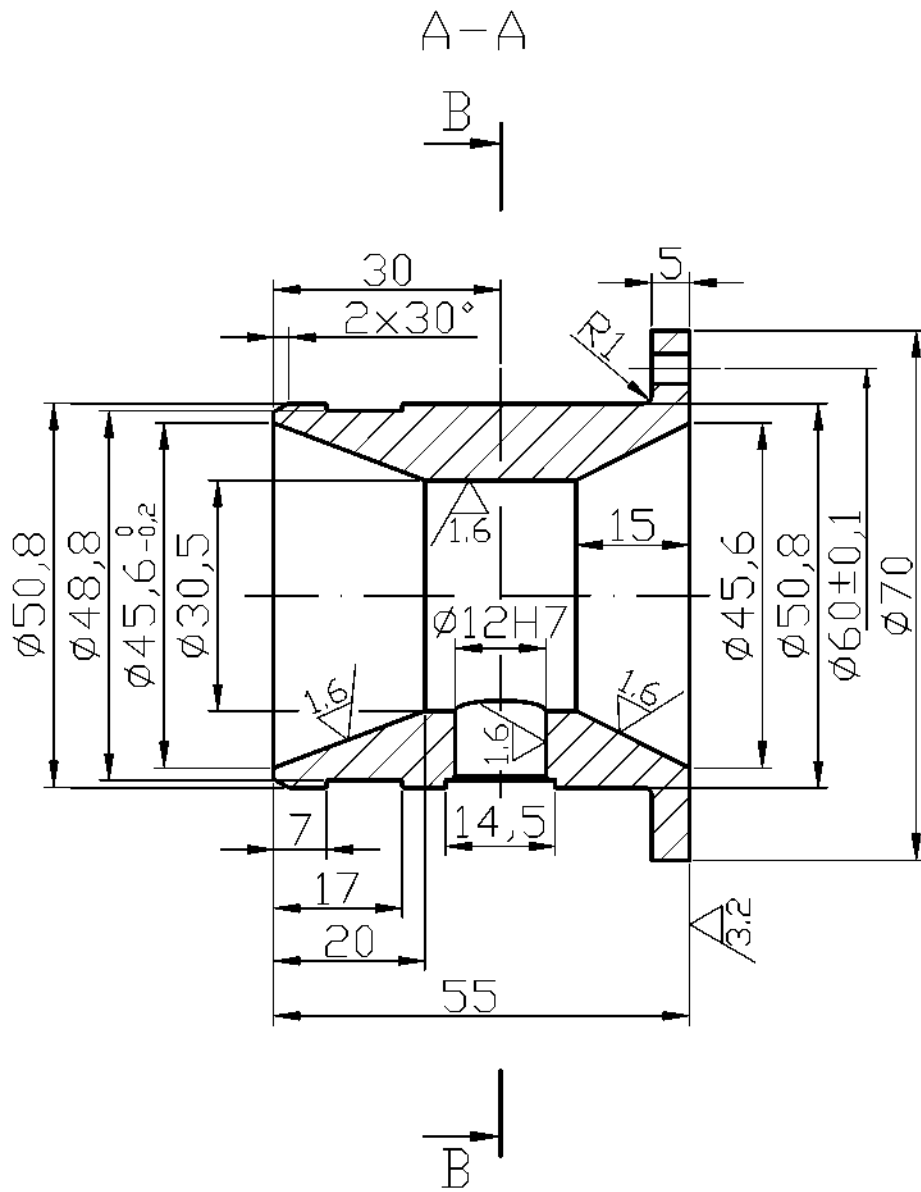
6.3/ (✓)



NEKÓTOVANÁ ZKOSENÍ 0,5x45°

INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	TU LIBEREC	
ZN.MAT. 42 4201		T.O.		HMOTNOST kg	MĚŘ. 1:1
ROZM.-POLOD. Ø70 - 85					
POM. ZAR.				ČSN	TR.Č.
VYPR. SAXL PETR	NORM.REF.			POZN.	Č. KUSOVNÍKU
PŘEZK.					
TECHNOL.	SCHVÁLIL	04.03.2006	STARÝ V.	Č.V.	
NÁZEV				KSD-BP-88-201.1	
TĚLESO SMĚŠOVAČE V1				Listů	List

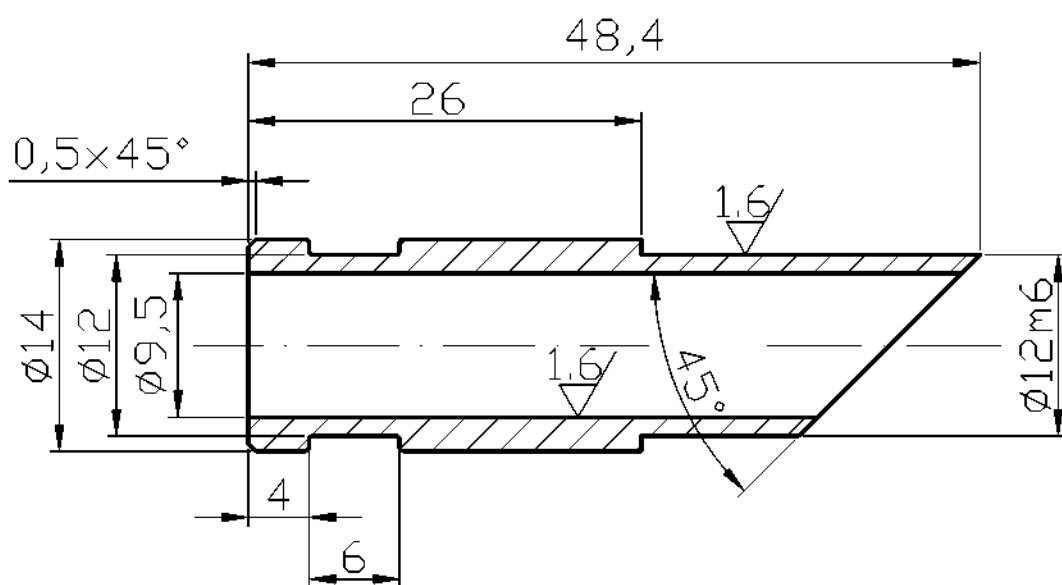
6.3/ (✓)



NEKÓTOVANÁ ZKOSENÍ 0,5x45°

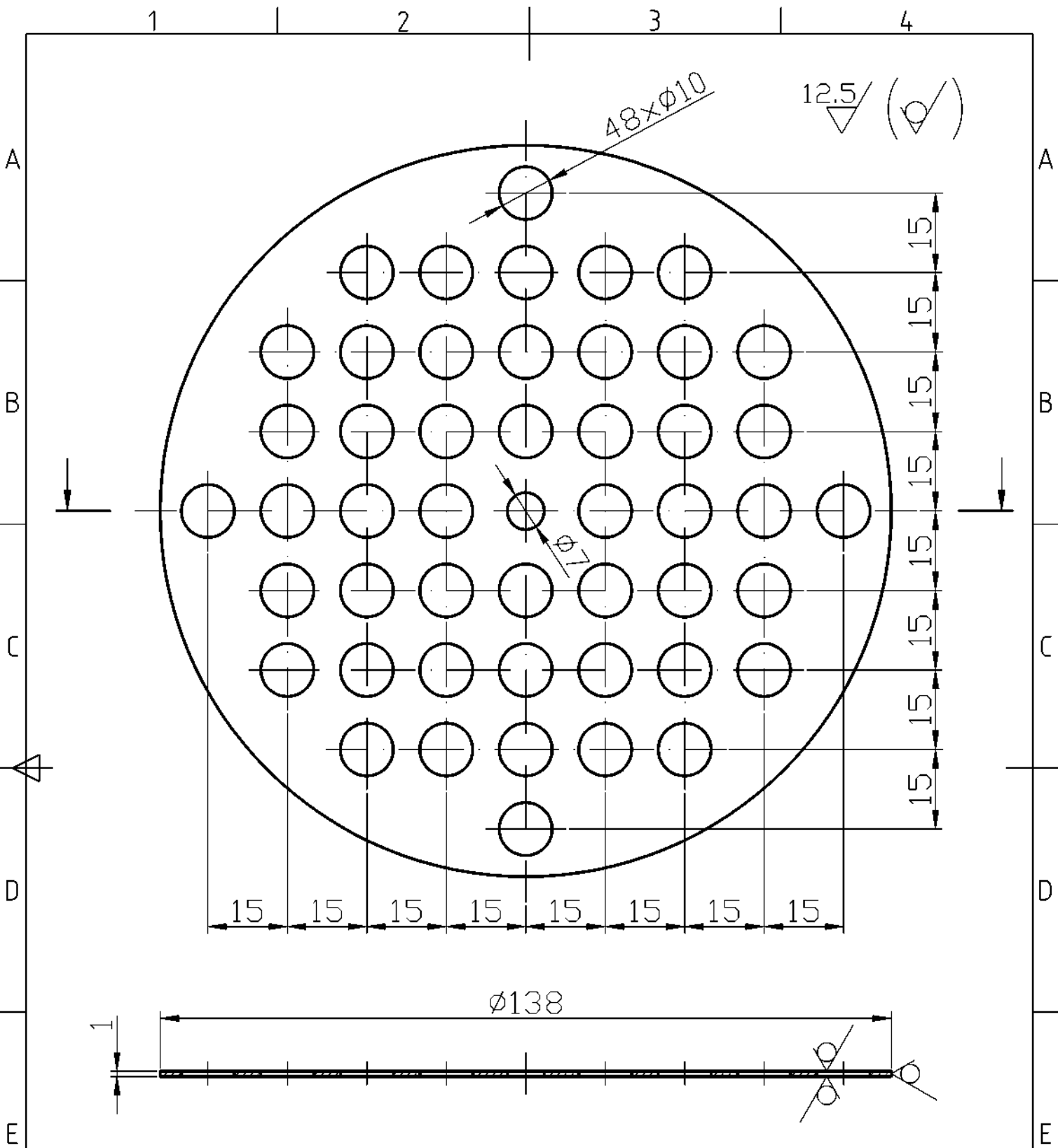
INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS	TU LIBEREC	
ZN.MAT. 42 4201		T.O.		H.MOTNOST kg	MÉR. 1:1
ROZM.-POLOH. Ø70 - 60 ČSN 42 7510.02		ČSN		POZN.	Č. KUSOVNÍKU
POM. ZAŘ.		NORM.REF.		STARÝ V.	Č.V.
VYPR. SAXL PETR		SCHVÁLIL		KSD-BP-88-201.2	
PŘEZK.		05.03.2006		Listů	
TECHNOL.		NÁZEV		List	
TĚLESO SMĚŠOVAČE V2		6		8	

3.2/ (✓)



INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	TU LIBEREC	
ZN.MAT. 42 3212				HMOTNOST kg	MĚŘ. 2:1
ROZM.-POLOH. Ø12 - 52	ČSN 42 8611			ČSN	TRČ.
POM. ZÁR.				POZN.	Č. KUSOVNÍKU
VYPR. SAXL PETR	NORM.REF.			STARÝ V.	Č.V.
PŘEZK.					
TECHNOL.	SCHVÁLIL	04.03.2006			
NÁZEV	PLYNOVÁ TRYSKA			KSD-BP-88-202.0	
				Listů	List





INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS	TU LIBEREC	
ZN.MAT. 11 373		T.O.		HMDTNOST kg	MÉR. 1:1
ROZM.-POLOT. P 1xØ138 ČSN 42 5301.21		ČSN		TRČ.	
POM. ZAR.		POZN.		Č. KUSOVNÍKU	
VYPR. SAXL PETR		SCHVÁLIL		Č.V.	
PŘEZK.		14.03.2006		STARÝ V.	
TECHNOL.					
NÁZEV					
VÍKO				KSD-BP-88-203.0	
				Listů	
				List	