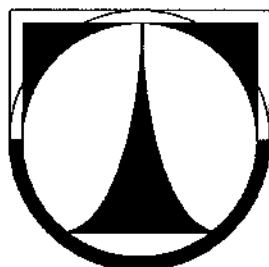


**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
FAKULTA STROJNÍ  
Katedra vozidel a motorů



## **LABORATOŘE PÍSTOVÝCH SPALOVACÍCH MOTORŮ**

**Laboratories of piston combustion engines**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Petr Diviš**

Červen 2009

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**FAKULTA STROJNÍ**  
Katedra vozidel a motorů



Obor 23 – 17 – 8

Stroje a zařízení

Zaměření

Dopravní stroje a zařízení

## **LABORATOŘE PÍSTOVÝCH SPALOVACÍCH MOTORŮ**

### **Laboratories of piston combustion engines**

Bakalářská práce

KVM – BP – 146

Petr Diviš

Vedoucí bakalářské práce: Doc. Ing. Celestýn Scholz, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Ing. László, MSc. Vojtíšek - KVM

Počet stran: 55

Počet obrázků: 27

Počet tabulek: 15

Počet příloh: 7

Počet výkresů: 0

Červen 2009

**Místo pro vložení originálního zadání DP (BP)**

## **Laboratoře pístových spalovacích motorů**

### **Anotace**

Tato bakalářská práce popisuje současný stav laboratoře spalovacích motorů katedry vozidel a motorů při Technické univerzitě v Liberci. Porovnává úroveň vybavenosti laboratoře s vybranými pracovišti. Jejím úkolem je její využití k propagaci při získávání nových zakázek a projektů vědy a výzkumu. Předkládá také několik návrhů na zlepšení stavu a modernizaci.

Klíčová slova: dynamometr, brzdové stanoviště, laboratoř motorů

## **Laboratories of piston combustion engines**

### **Annotation**

This bachelor thesis describes the current situation of the gas engine laboratory at Department of Transport Machines at Technical University of Liberec. It compares the level of endowment of the laboratory with chosen workplaces. The aim is to use the thesis for promotion during the process of gaining new science and research contracts. It also proposes several suggestions for improvement and modernisation.

Key words: dynamometer, brake station, laboratory of engines

Zpracovatel:  
Dokončeno :  
Archivní označení zprávy:

TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra vozidel a motorů  
2009



## Prohlášení k využívání výsledků bakalářské práce

Byl(a) jsem seznámen(a) 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(a) 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(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V ..... dne .....

.....  
podpis

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat Doc. Ing. Celestýnu Scholzovi, Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce se kterým jsem bakalářskou práci konzultoval. Chtěl bych také poděkovat všem pracovníkům laboratoře motorů za cenné rady. Dále bych rád poděkoval Prof. Ing. Michalu Takátsovi CSc. a Ing. Jiřímu Vávrovi Ph.D. za provedení laboratoří motorů na ČVUT v Praze. Také bych chtěl poděkovat Ing. Karlu Pávovi, Ph.D. za provedení laboratoří motorů ve Škoda auto a.s.

## Seznam symbolů a jednotek

|          |                 |          |
|----------|-----------------|----------|
| P        | výkon           | [kW]     |
| M        | kroutící moment | [Nm]     |
| F        | síla            | [N]      |
| n        | otáčky          | [ot/min] |
| $\omega$ | úhlová rychlost | [rad/s]  |
| a        | délka ramene    | [m]      |

## Obsah

|        |                                                                   |    |
|--------|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1      | Úvod .....                                                        | 9  |
| 2      | Obecná problematika brzdových stanovišť motorů.....               | 10 |
| 2.1    | Výkonové brzdy .....                                              | 10 |
| 2.1.1  | Hydraulické brzdy.....                                            | 10 |
| 2.1.2  | Elektromagnetické vířivé brzdy.....                               | 12 |
| 2.1.3  | Elektrické brzdy .....                                            | 13 |
| 2.1.4  | Porovnání vlastností brzd .....                                   | 14 |
| 2.2    | Sběr dat.....                                                     | 15 |
| 2.3    | Kalibrace .....                                                   | 15 |
| 3      | Popis uspořádání a vybavení laboratoře motorů KVM .....           | 15 |
| 3.1    | Infrastruktura .....                                              | 16 |
| 3.2    | Brzdové stanoviště č. 2 .....                                     | 18 |
| 3.3    | Brzdové stanoviště č. 3 .....                                     | 21 |
| 3.4    | Brzdové stanoviště č. 4 .....                                     | 24 |
| 3.5    | Brzdové stanoviště č. 5 .....                                     | 28 |
| 3.6    | Brzdové stanoviště č. 6 .....                                     | 30 |
| 3.7    | Brzdové stanoviště č. 7 .....                                     | 33 |
| 3.8    | Brzdové stanoviště č. 8 .....                                     | 34 |
| 3.9    | Brzdové stanoviště č. 9 .....                                     | 35 |
| 3.10   | Brzdové stanoviště č. 10 .....                                    | 39 |
| 3.11   | Společné mobilní příslušenství.....                               | 41 |
| 3.11.1 | Měření plyných emisí .....                                        | 41 |
| 3.11.2 | Měření pevných částic.....                                        | 44 |
| 3.11.3 | Měření kapalných paliv.....                                       | 45 |
| 3.11.4 | Měření koncentrace vodíku .....                                   | 45 |
| 3.11.5 | Indikace tlaku ve válci spalovacího motoru .....                  | 46 |
| 3.11.6 | Vizualizace .....                                                 | 46 |
| 4      | Popis a uspořádání cizích laboratoří motorů .....                 | 48 |
| 4.1    | Popis uspořádání a vybavení laboratoře motorů ČVUT .....          | 48 |
| 4.2    | Popis uspořádání a vybavení laboratoře motorů ŠKODA AUTO a.s..... | 50 |
| 5      | Porovnání laboratoří .....                                        | 51 |
| 6      | Návrhy na zlepšení stavu a modernizace.....                       | 51 |
| 7      | Závěr .....                                                       | 54 |

# 1 Úvod

Spalovací motor je nejrozšířenější energetický prostředek ve světě, který přeměňuje chemickou energii paliva na mechanickou energii. Slouží jako zdroj energie ve všech hospodářských odvětvích, především v dopravě, zemědělství, stavebnictví a mnoha dalších.

Na spalovací motory jsou kladeny vysoké nároky, především vysoký výkon při nízké spotřebě a zároveň musí splňovat náročné emisní limity výfukových plynů. Vývoj motoru musí proto probíhat ve zkušebním provozu napodobujícím skutečné provozní podmínky daného vozidla. Výsledky zkoušek zpětně zasahují do konstrukce vozidla až do stádia celkového projektu, protože moderní měřicí zařízení spolu s výpočetní technikou umožňují věrně simulovat provozní podmínky.

Cílem bakalářské práce je vytvoření souhrnné dokumentace současného stavu laboratoře spalovacích motorů katedry vozidel a motorů při Technické univerzitě v Liberci, která by mohla být využita k propagaci nabídek pro získávání projektů vědy a výzkumu. Součástí bakalářské práce je i průzkum uspořádání a vybavenosti brzdových stanovišť v laboratořích univerzit a pracovišť automobilového průmyslu a výsledky porovnat s laboratoří katedry vozidel a motorů.

## 2 Obecná problematika brzdových stanovišť motorů

Základem každého brzdového stanoviště motorů je výkonová brzda pro nastavení požadovaného režimu motoru. Tento režim závislosti točivého momentu na otáčkách může být stacionární ( bod po bodu s ustálením parametrů ) nebo nestacionární ( plynule dynamický ) v závislosti na druhu brzdy a jejího řídicího ovládání.

Brzdové stanoviště je dále vybaveno sběrem dat z nejrůznějších měřících čidel. Tato data slouží k víceparametrové optimalizaci vyvíjených motorů.

### 2.1 Výkonové brzdy

Pro měření velikosti výkonu ve zkušebnách se používají výkonové brzdy. Výkon motoru se zjišťuje zprostředkovaně ze základní rovnice

$$P = M \cdot \omega \dots\dots\dots(1)$$

pomocí měření otáček a výpočtu úhlové rychlosti

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \dots\dots\dots(2)$$

a momentu

$$M = F \cdot a \dots\dots\dots(3)$$

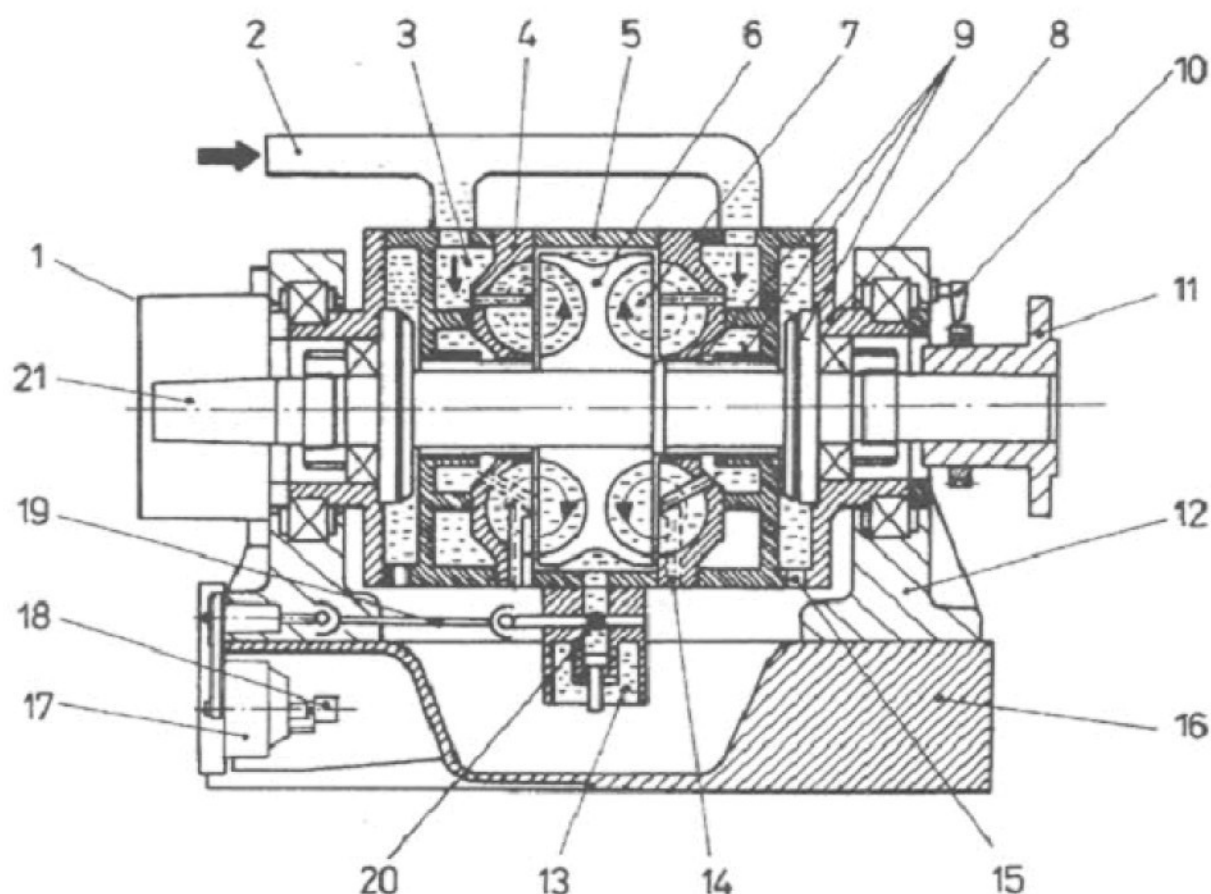
měříme reakční sílu  $F$  zjištěnou siloměrem na rameni  $a$  statoru brzdy.

#### 2.1.1 Hydraulické brzdy

Tekutinové brzdy se vyznačují tím, že pohybová energie dodávaná hnacím strojem se mění v teplo vnitřním třením částic kapaliny (brzdy hydraulické) nebo plynu (brzdy vzduchové). Točivý moment je úměrný druhé mocnině otáček rotoru brzdy, protože síly vyvolané vnitřním třením představují v podstatě aerodynamický odpor, který je přibližně úměrný druhé mocnině rychlosti víření kapaliny. Příklad hydraulické brzdy s elektrickým ovládáním je znázorněn na obr. 1.

Jako kapaliny se používá voda, která v brzdě slouží současně jako pracovní médium i jako chladicí prostředek. Přes přívod (2) se voda rovnoměrně rozděluje do kruhových komor (3) a otvory ve statorových lopatkách protéká do vířivých komor (7). Otáčející se rotor víří vodu v těchto komorách a tím přeměňuje odbržděný výkon zkoušeného zařízení v tepelnou energii. Točivý moment, který brzda odebírá, je při konstantních otáčkách závislý na stupni naplnění vířivých komor. Plnění komor je závislé na poloze servoventilu (13), který je umístěn na tělese brzdy a ovládán motorkem. Po zmaření energie vytéká ohřátá voda z vířivých komor přes obě

kruhové mezery mezi statorem (4) a dvojitým rotorem (6). Přes servoventil (13) pak voda odtéká do odpadu.



Obr. 1 Schématické znázornění hydraulické brzdy s elektrickým ovládáním [ 1 ]

1 – kryt; 2 – přívod vzduchu; 3 – kruhová komora; 4 – stator; 5 – těleso; 6 – dvojitý rotor; 7 – vířivá komora; 8 – příruba mezilehlého ložiska; 9 – labyrintové těsnění; 10 – snímač otáčkoměru; 11 – spojovací příruba; 12 – ložiskový stojan; 13 – řídicí ventil; 14 – odvzdušňovací otvor; 15 – otvor pro odvod prosakující vody; 16 – rám stroje; 17 – pohon řídicího ventilu; 18 – potenciometr pro nastavení skutečné hodnoty; 19 – kloubový hřídel; 20 – škrťací klapka; 21 – konec hřídele pro nasazení spojovací příruby na opačnou stranu

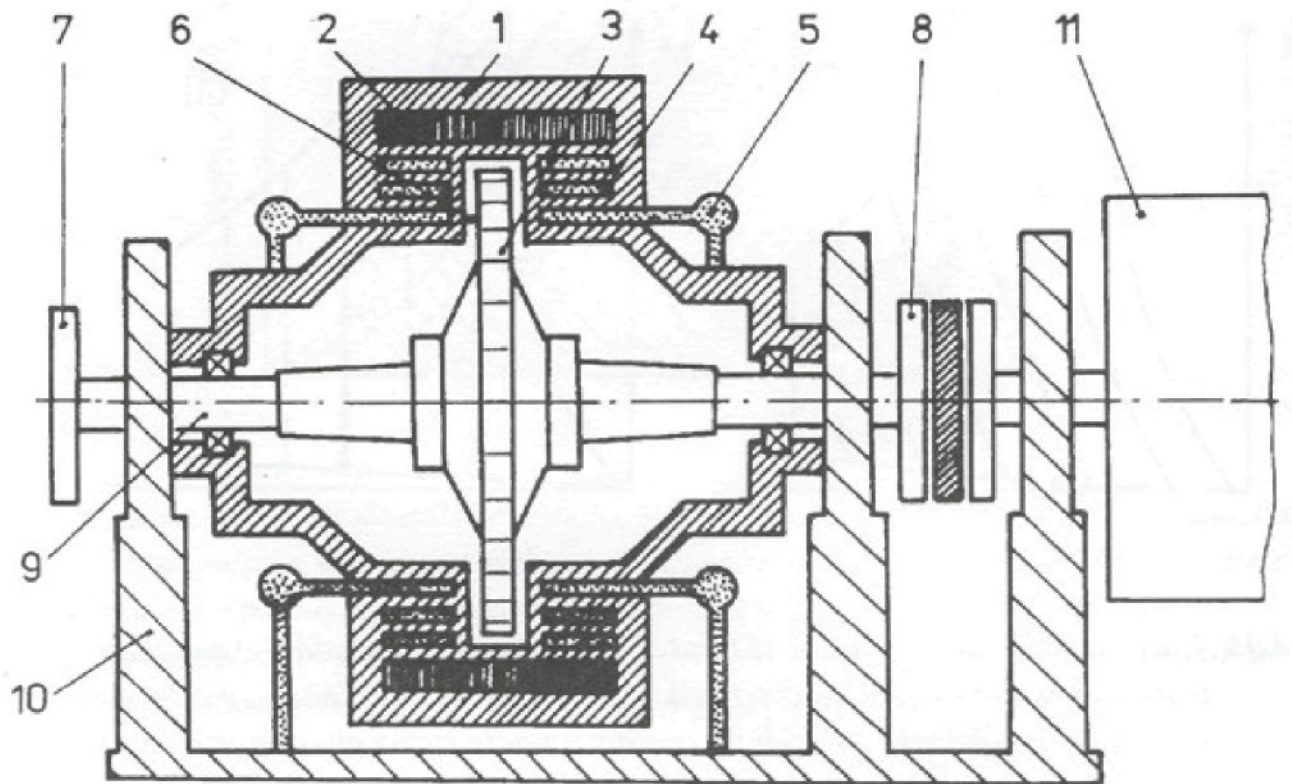
V průběhu přeměny energie přenáší voda točivý moment z dvojitého rotoru na oba statory, které jsou upevněny ve výkyvném tělese brzdy. Toto těleso se pákou opírá o siloměrné zařízení (mechanické váhy, pneumatický nebo elektrický siloměr). Rychlost otáčení se měří bezdotykovým otáčkoměrem. Při použití elektrického měřicího zařízení může být točivý moment a počet otáček indikován analogovým nebo číslicovým ukazovacím přístrojem.

### 2.1.2 Elektromagnetické vířivé brzdy

Elektromagnetické vířivé brzdy mají širší využitelný rozsah otáček než hydraulické brzdy stejného výkonu.

U moderních vířivých brzd se točivý moment a otáčky nastavují elektricky. Proto jsou tyto brzdy velmi vhodné pro řešení úloh v automatizovaném zkušebnictví. Pro automatické nastavování zkušebního programu zkoušeného zařízení lze volit řízení podle časového plánu, pomocí počítače.

Výkyvně uložené těleso (1) obsahuje ozubený pólůvý kotouč (3). Dále těleso obsahuje budící vinutí (2) a chladicí komory (4), kterými protéká voda. Při přítoku stejnosměrného proudu budícím vinutím vzniká magnetické pole. Toto pole je v zubech pólůvého kotouče statické, tzn. obíhá spolu s pólůvým kotoučem. Ve stěnách chladicích komor přivrácených ke kotouči však toto pole pulsuje s frekvencí, která odpovídá frekvenci otáčejících se zubů. Tím vznikají ve stěnách komor vířivé proudy, které vytvářejí vstřícné pole a brzdí rotor. Odbřžděná energie se odvádí do chladicích komor ve formě tepla. Magnetické siločáry procházejí zuby pouze v axiálním směru. Proto může být pólůvý kotouč poměrně úzký, čímž se v porovnání s jinými konstrukcemi získá malý moment setrvačnosti. Konstrukce vířivé brzdy je symetrická a brzda se může proto otáčet oběma směry.



Obr. 2 Elektromagnetická vířivá brzda [ 1 ]



1 – těleso brzdy; 2 – budicí ventil; 3 – pólový kotouč; 4 – chladicí komory; 5 – vodní chlazení; 6 – vzduchová mezera; 7 – levá příruba; 8 – pravá příruba; 9 – hřídel brzdy; 10 – rám; 11 – připojené měřené zařízení

### **2.1.3 Elektrické brzdy**

Elektrické brzdy (často označované jako dynamometry) jsou v podstatě elektrické stroje, které pracují jako elektrické generátory nebo elektromotory s výkyvně uloženým statorem. Výkyvné uložení může být (podobně jako u hydraulických a vířivých brzd) dvojího druhu. Buď je stator zavěšen v ložiskách hřídele rotoru a hřídel rotoru v pevných ložiskách, nebo je stator výkyvně uložen v pevných ložiskách, uložených v statoru.

Dynamometr může pracovat při chodu generátorickém i motorickém a v obou směrech točení.

Při chodu generátorickém se používá jako brzda k zatěžování poháněcích strojů ( motorů všech druhů ), při chodu motorickém k určování ztrátového výkonu protáčením strojů poháněných, případně k jejich startování.

Použití dynamometru k brzdění poháněcích strojů je zvláště výhodné, neboť energie vznikající brzděním se rekuperuje do sítě.

### **Stejnoseměrné**

Každý stejnosměrný stroj může pracovat jako generátor nebo motor. Stator se skládá z ocelového prstence, na kterém jsou uloženy póly s budicím vinutím. Rotor se skládá ze svazku elektrotechnických plechů, v nichž je umístěno vinutí. Začátky a konce cívek rotorového vinutí jsou zapájeny do lamel komutátoru. Po lamelách komutátoru kloužou sběrné uhlíkové kartáče.

Statorové vinutí napájené ze stejnosměrného zdroje vytváří magnetické pole. Magnetický tok prostupuje vinutím otáčeného rotoru, v rotorovém vinutí se indukuje střídavé napětí, které je usměrněno pomocí komutátoru.

### **Střídavé**

#### **- asynchronní**

Asynchronní stroje se používají nejčastěji jako motory. Jsou nejrozšířenějšími elektromotory vůbec a používají se proto, že jsou nejjednodušší, nejlacinější, jsou také provozně nejspolehlivější a vyžadují malou údržbu.

Otáčeli-li se asynchronní stroj, připojený k síti rychlostí větší než synchronní, pak v takovém stavu pracuje stroj jako generátor, tj. přeměňuje mechanickou energii na elektrickou. Asynchronní stroj odebírá vždycky (v režimu motorickém i generátorickém) magnetizační příkon ze sítě, napájené synchronními generátory. Pokud chceme asynchronní stroj provozovat v režimu samostatně pracujícího generátoru, musí mít na svorkách statoru připojen trojfázový kondenzátor o jalovém výkonu rovném alespoň magnetizační spotřebě generátoru.

Kmitočtový (frekvenční) měnič je nutný ke změně kmitočtu, která je potřeba k plynulé a hospodárné regulaci otáček asynchronního stroje. Výstupní napětí měniče není sinusové (obsahuje harmonické složky), proto ve stroji vznikají vyšší přídatné ztráty. Tímto napětím je namáhána i izolace vinutí.

#### **- synchronní**

Synchronní stroje jsou dodnes nejdůležitější elektrické generátory pro výrobu elektrické energie, které se také nazývají alternátory a jsou nejčastěji v trojfázovém provedení. Později se synchronní stroje začaly používat také jako motory, jednak jako synchronní kompenzátory (pro zlepšení účinníku v elektrické síti), jednak pro pohony velkých čerpadel, ventilátorů a kompresorů.

Stator synchronního stroje se příliš neliší od statoru asynchronního stroje a obsahuje trojfázové vinutí, které je umístěno v drážkách. Na rotoru je pak umístěno budící vynutí napájené stejnosměrným proudem přes sběrací kroužky a kartáče.

Otáčí-li poháněcí stroj, nabuzeným rotorem indukují se v jednotlivých cívkách statoru střídavá napětí, sinusového průběhu, která jsou v jednotlivých cívkách vzájemně časově posunutá.

Prochází-li vinutím statoru střídavý trojfázový proud, vzniká stejně jako u asynchronního stroje točivé magnetické pole s otáčkami  $n$ , které má stejnou rychlost otáčení jako rotor a jeho magnetické pole, skluz (rozdíl otáček) stroje je tedy nulový. Proto se nazývá synchronní. Rotor stroje vychýlen oproti magnetickému poli o určitý kladný úhel (předbíhá).

### **2.1.4 Porovnání vlastností brzd**

Hydraulické brzdy jsou vhodné pro stacionární testy, jejich točivý moment roste s druhou mocninou otáček.

Vířivé dynamometry mají díky malému rotoru nízký moment setrvačnosti. Mají také širší využitelný rozsah otáček.

Elektrické brzdy mohou pracovat v generátorickém i motorickém chodu, při brždění motorů se vznikající energie rekuperuje do sítě, nevyžadují vodní chlazení. Jsou vhodné pro nestacionární testy, simulaci různých druhů zatížení, včetně dynamického zatěžování od setrvačných hmot.

## **2.2 Sběr dat**

Napětové nebo proudové údaje čidel umístěných na zkoušeném motoru se zpracovávají a převádějí na data parametrů v příslušných jednotkách ( Pa, °C, ppm, apod. ). Toto zpracování více dat současně zabezpečují nejrůznější elektronické sestavy se softwarovým zpracováním na PC.

## **2.3 Kalibrace**

Přesnost měřící jednotky momentu dynamometru se kontroluje pomocí kalibrační jednotky, sestávající se ze dvou kalibračních ramen a dvou závěsných misek na závaží.

Měřící jednotka momentu se musí kontrolovat po každé změně montáže snímače síly nebo upevnění výkyvného tělesa vířivého dynamometru. Za upevnění výkyvného tělesa se považují pružné podpory a ložiskové stojany.

K výkyvnému tělesu se přišroubují kalibrační ramena a do misek je vloženo závaží, jak se žádá pro příslušný dynamometr. Závaží jsou přidávána až se dosáhne plného rozsahu stupnice měřidla momentu, následně jsou závaží ve stejných krocích odebírána. Odchytky naměřených hodnot musí být uvnitř tolerančního pole.

## **3 Popis uspořádání a vybavení laboratoře motorů KVM**

Laboratoř pístových spalovacích motorů (obr. 3) katedry vozidel a motorů ( KVM ) se nachází v hale budovy E Technické Univerzity v Liberci. Je zde umístěno devět brzdových stanovišť pro měření motorů. Čtyři z nich jsou elektrické (stanoviště 6, 8, 9, 10), dvě hydraulické (4, 5) a tři vířivé (2, 3, 7) jejich rozmístění je znázorněno v příloze 1. Brzdová stanoviště jsou umístěna v jedné velké hale, to přináší výhody snazší manipulace s instalovanými motory a menších nároků na odvětrání velké místnosti. Velikou nevýhodou je hluchost, která při měření na jednom stanovišti obtěžuje jeho obsluhu i ostatní pracovníky.



Obr. 3 Celkový pohled na laboratoř motorů KVM

### **3.1 Infrastruktura**

Elektrické brzdy jsou spojeny silovými rozvody o napětí  $3 \times 380 \text{ V}$  a maximálním proudu  $900 \text{ A}$  s trafostanicí. Při protáčení motorů se energie ze sítě odebírá a při brzdění je možno ji do sítě dodávat. Dimenzování rozvodů neumožňuje současný provoz více elektrických brzd současně.

Chladicí systém vodních a vířivých brzd je napojen na vodní z bazén, který se nachází pod částí podlahy laboratoře KEZ. Voda je do systému dodávána podávacím čerpadlem a odsávací čerpadlem odvedena zpět do bazénu.

Rozměry bazénu:

Délka bazénu  $16,5 \text{ m}$

Výška bazénu  $2,1 \text{ m}$

Šířka bazénu  $2,625 \text{ m}$

Množství vody v bazénu  $65 \text{ m}^3$

Laboratoř je odvětrávána čtyřmi ventilátory. Vzhledem k halovému uspořádání laboratoře je často využíváno větrání otevřenými dveřmi, které je velice účinné, ale je možné použít pouze s ohledem na počasí. Pro odsávání výfukových plynů od

měřených motorů je centrální sběrné potrubí. Toto potrubí je vyvedeno nad střechu budovy a výfukové plyny jsou odsávány rotačním dmychadlem.

Laboratoř je vybavena jeřábem o nosnosti 3000 kg, určeným k manipulaci s instalovanými motory a brzdami.

### **Rozvod plynů:**

Laboratoř má vlastní sklad plynů umístěný na dvoře sousedící s laboratoří.

Ze svazku dvanácti lahví o celkovém objemu 145 litrů je vodík dodáván do rozvodu. Z 20 MPa v lahvích je tlak plynu regulován na 4 MPa do středotlakého rozvodu a je přiveden ke stanovištím číslo 3, 8 a 10. Vysokotlakým rozvodem 20 MPa je přiveden ke stanovišti číslo 3.

Zemní plyn je přiveden jako vysokotlaký (11,5 MPa) ke stanovištím číslo 2, 3, 4, 5, 6, 9 a 10. Jako nízkotlaký (2,2 MPa) je přiveden ke stanovištím číslo 2, 4, 6, 8 a 10. Zdrojem zemního plynu je soustava patnácti tlakových lahví. Každá láhev má objem 95 litrů. Lahve jsou konstruovány na maximální tlak 30 MPa. Zemní plyn je do této soustavy dodáván z běžného rozvodu a na provozní tlak 11,5 MPa je stlačen třístupňovým kompresorem.

Propan-butan je přiveden ke stanovištím číslo 3, 9 a 10.

Zdrojem propan-butanu jsou tři sudy, každý o hmotnosti náplně 200 kg. Ze sudů se odebírá kapalná fáze propan-butanu (LPG). Tato kapalná fáze se potrubím vede až k pracovišti, kde se ve výparníku získává plyn dodávaný do motoru. Tlak plynu není regulován.

U stanoviště číslo 10 je umístěn směšovač vodíku a zemního plynu, tato směs je přivedena ke stanovišti číslo 9.

U schodiště ke skladu náhradních dílů je rozvod cejchovných plynů pro měření emisí u válcové brzdy. V budoucnu by se mohl rozšířit i do laboratoře motorů, ale s ohledem na délku potrubí by se jednalo jen o některá stanoviště.

### **Bezpečnostní ochrana:**

Vzhledem halovému uspořádání laboratoře a umístění ovládní některých stanovišť v bezprostřední blízkosti brzdy je nutné používat sluchátka pro ochranu sluchu. Ta jsou umístěna u vchodu do laboratoře.

Pro případ nebezpečí utržení rotující části motoru se doporučuje postavit k boku motoru zástěnu. Obsluha se nesmí za provozu motoru pohybovat v místech kolmých na jeho osu.

Pro případ úniku plynů jsou nad stanovišti umístěny senzory zjišťující únik plynů lehčích než vzduch. Pod podlahou jsou umístěny senzory zjišťující únik plynů těžších než vzduch. Tím by se mělo předejít nebezpečí výbuchu nebo nadýchání obsluhy zdraví nebezpečných plynů.

### 3.2 Brzdové stanoviště č. 2

Toto stanoviště je složeno z vířivého dynamometru Schenck WT 150, jehož základní údaje jsou v tab. 1 a charakteristika v příloze 2. Napájecího rozvaděče R1 připraveného pro řízení z PLC a ovládací skříňky s měřicími přístroji a ovladači pro ruční ovládání. Dynamometr je vybaven tenzometrickým snímačem momentu s převodníkem a inkrementálním snímačem otáčivé rychlosti. Regulaci otáček a momentu provádí přímo digitální regulační obvody měniče SIEMENS 6RA70. Stanoviště je na obr. 4 a ovládací pult, který je v oddělené místnosti od laboratoře je společný pro brzdové stanoviště č. 2 a 3 je na obr. 5.

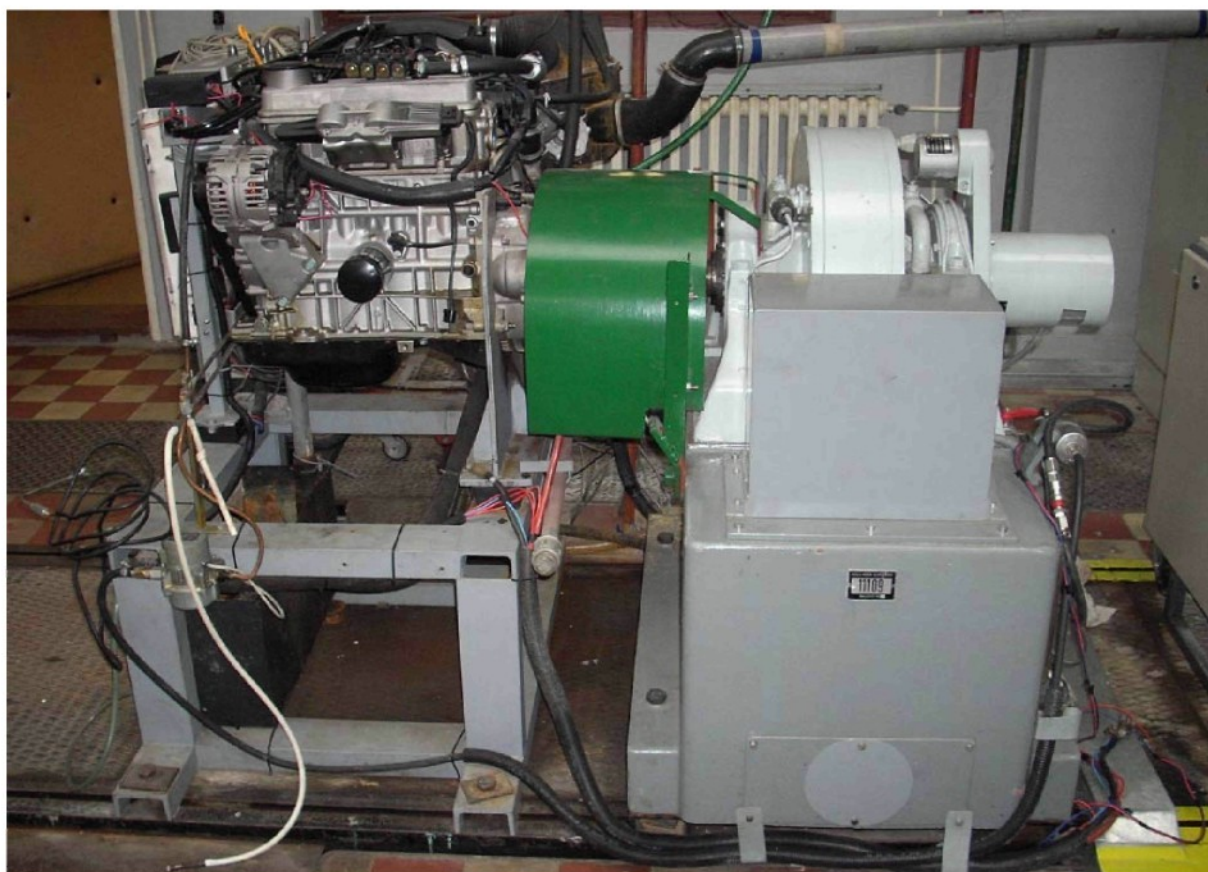
Pro sběr dat je připraveno 16 kanálů s analogovými vstupy (napětové/proudové) a 8 kanálů s analogovými výstupy (napětové). Čtyři kanály jsou určeny pro termočlánky. Sběr dat se provádí pomocí programu Coramsys 3.15, jehož grafické prostředí je na obr. 6. Aktuálně použitá čidla, která je v případě potřeby možné vyměnit, případně doplnit jsou v tab. 2.

U tohoto stanoviště je umístěn chladič PIKAZ – VDZ typ 0 NP 0532 pro chlazení a teplotní stabilizaci paliva (benzín, nafta), oleje a vody z připojeného motoru. Chladicí výkon pro vodní okruh je 190 kW, pro olejový okruh 65 kW a palivový okruh 1 kW.

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Maximální výkon [kW]                  | 132    |
| Maximální moment [Nm]                 | 400    |
| Maximální otáčky [min <sup>-1</sup> ] | 10 000 |

Tab. 1 Technické údaje stanoviště číslo 2 - Schenck WT





Obr. 4 Brzdové stanoviště číslo 2 - Schenck WT 150



Obr. 5 Ovládací pult pro stanoviště 2 a 3





|                               |        |            |
|-------------------------------|--------|------------|
| Tlak na clonce [kPa]          | JSP    | 0 ÷ 3      |
| Tlak výfukových plynů [bar]   |        | 0 ÷ 4      |
| Tlak v sání [kPa]             |        | -100 ÷ 250 |
| Tlak oleje [bar]              |        | 0 ÷ 6      |
| Atmosférický tlak [kPa]       |        |            |
| Teplota okolního vzduchu [°C] | Pt 100 |            |
| Vlhkost [%]                   |        |            |

Tab. 2 Použité snímače na stanovišti číslo 2 - Schenck WT 150

### 3.3 Brzdové stanoviště č. 3

Na stanovišti číslo 3 je umístěn vířivý dynamometr Schenck WT 190 skládající se ze dvou chladících komor se soustřednými kanály, které dohromady jsou namontovány na dvou podporách. Uvnitř tělesa je rotor diskového tvaru, složený z více částí a uložený v kuličkových ložiskách s drážkou, která mají životnostní tukovou náplň.

Těleso dynamometru také obsahuje budící cívku se soustředným vinutím. Pólové kolo rotoru se otáčí ve středu budící cívky.

Výkyvné uložení tělesa vířivého dynamometru a jeho působení na snímač síly pomocí páky umožňuje měření a zobrazení brzdného momentu jako síly působící na rameno dané délky. Výkon se stanoví měřením rychlosti a momentu. Šedesáti zubový pólový disk na spojovací přírubě vířivého dynamometru dává 60 impulsů na otáčku pro rychlostní převodník. Brzdové stanoviště číslo 3 je na obr. 7, jeho ovládací stanoviště společné se stanovištěm číslo 2 je na obr. 5. Základní technické údaje jsou v tab. 3 a charakteristika v příloze 3.

Chlazení brzdy má samostatný vodní okruh s upravenou chladicí kapalinou a regulací teploty pomocí tepelného výměníku PIKAZ – VDZ Lume IP65, který je napojen na vnější chladicí okruh s bazénem.

Pro sběr dat je připraveno 32 kanálů na čtyřech měřicích kartách. Pro ovládání brzdy a sběr dat je použit program Coramsys 2.0, jehož grafické prostředí je na obr. 8. U tohoto stanoviště se používá sběr dat a ovládání řídicí jednotky motoru pomocí programu Monitor 3.0.

U tohoto stanoviště je umístěn chladič PIKAZ – VDZ typ 0 NP 0532 pro chlazení a teplotní stabilizaci paliva (benzín, nafta), oleje a vody z připojeného motoru. Chladicí výkon pro vodní okruh je 190 kW, pro olejový okruh 65 kW a palivový okruh 1 kW.

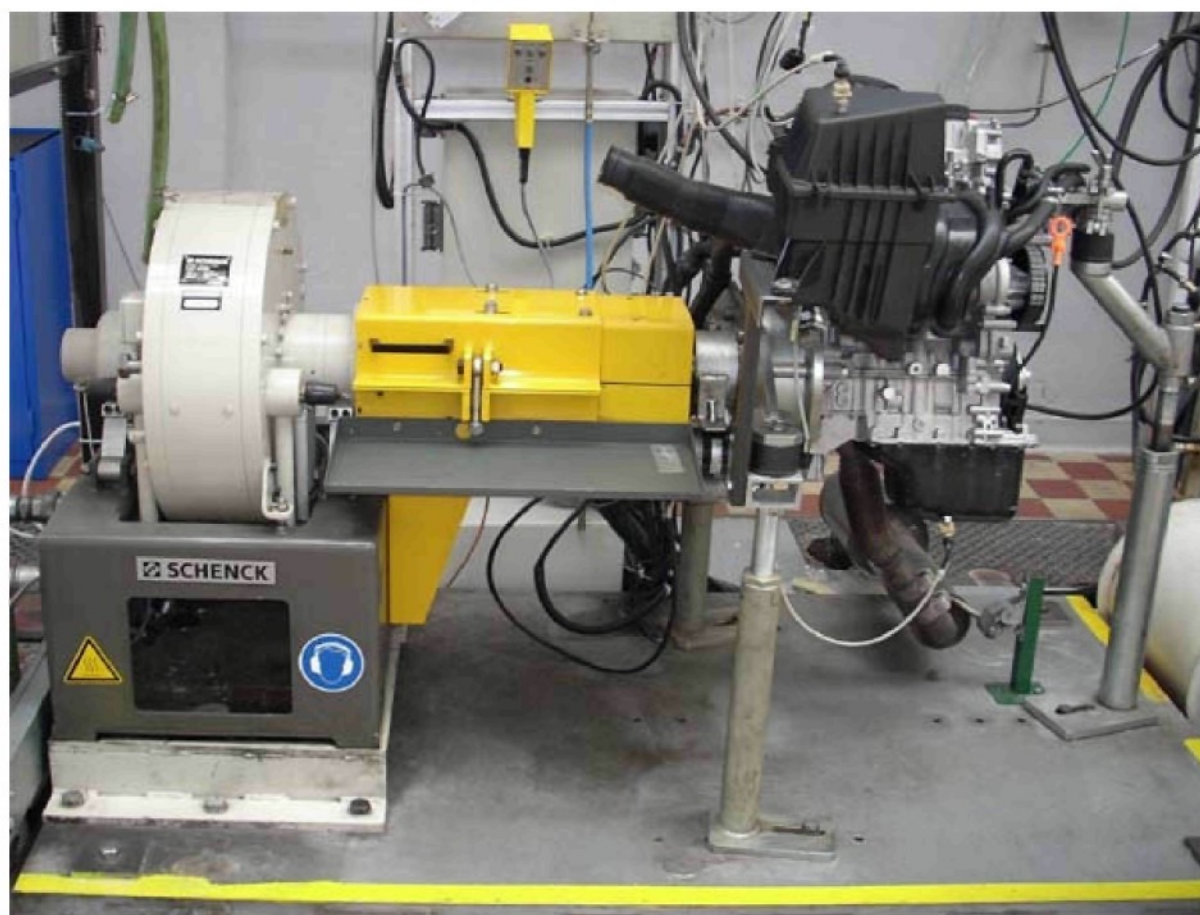
Toto je jediné stanoviště u kterého jsou umístěny dynamické váhy AVL 733 S. Váha umístěná vlevo je určena pro měření nafty a druhá je určena pro měření benzínu. Měřič paliva AVL 733 S pracuje na principu gravimetrického měření. Při tom je palivo dodáváno do motoru z měřicí nádoby, jejíž váha je kontinuálně měřena.

Gravimetrický princip měření umožňuje přímé měření spotřebovaného množství paliva. Není nutné zjišťovat teplotu a hustotu paliva, což u volumetrického postupu je ovlivněno tolerancemi snižujícími přesnost.

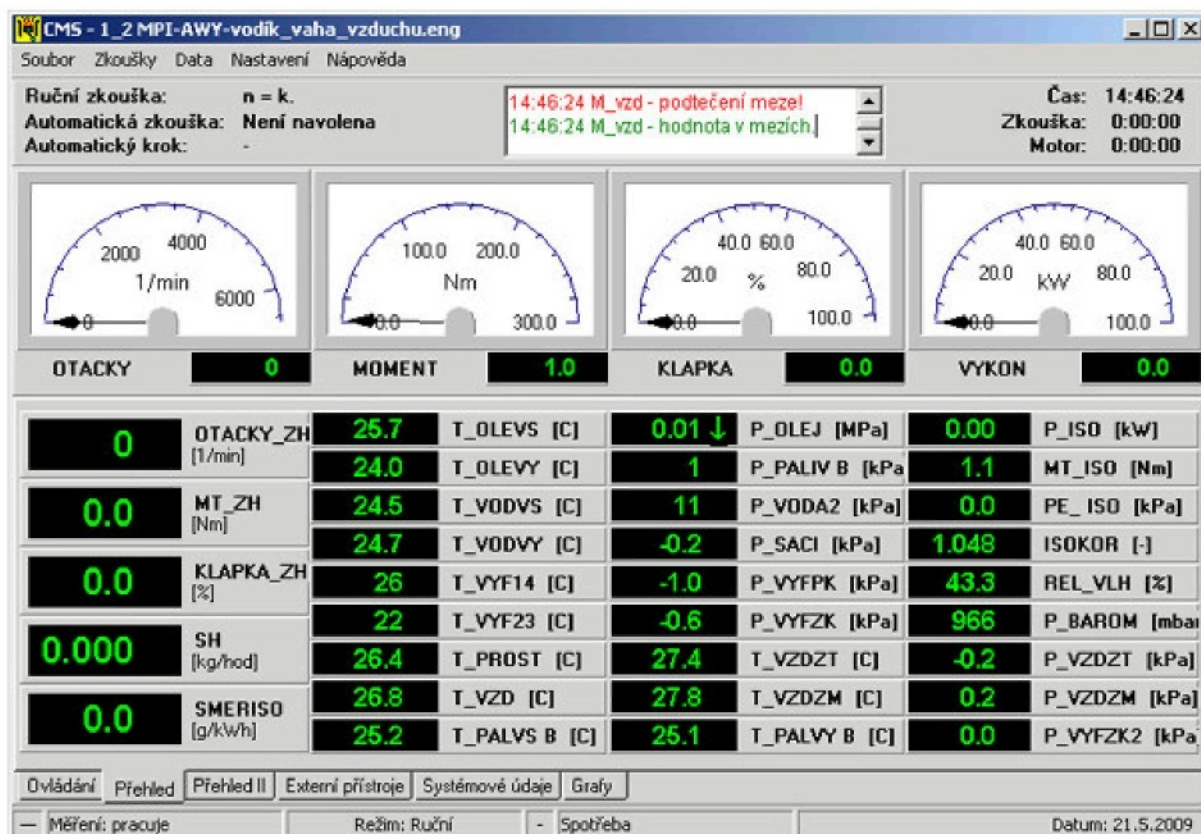
Dynamické váhy AVL 733 S mohou měřit spotřebu v rozsahu 0 – 150 kg/h v případě zvláštního použití až do 400 kg/h.

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Maximální výkon [kW]                  | 190    |
| Maximální moment [Nm]                 | 600    |
| Maximální otáčky [min <sup>-1</sup> ] | 10 000 |

Tab. 3 Technické údaje stanoviště číslo 3 - Schenck WT 190



Obr. 7 Brzdové stanoviště číslo 3 - Schenck WT 190



Obr. 8 Grafické prostředí programu Coramsys 2.0

| Parametr                                         | Snímač – přístroj            | Rozsah  |
|--------------------------------------------------|------------------------------|---------|
| Otáčky motoru [1/min]                            | Měřeno ovládáním dynamometru |         |
| Poloha škrtící klapky [°]                        | Měřeno ovládáním dynamometru |         |
| Točivý moment [Nm]                               | Měřeno ovládáním dynamometru |         |
| Teplota oleje [°C]                               | Pt 100                       |         |
| Teplota vzduchu [°C]                             | Pt 100                       |         |
| Teplota vody před chladičem [°C]                 | Pt 100                       |         |
| Teplota vody za chladičem [°C]                   | Pt 100                       |         |
| Teplota výfukových plynů před katalyzátorem [°C] | Termočlánek                  |         |
| Teplota výfukových plynů za katalyzátorem [°C]   | Termočlánek                  |         |
| Tlak v sání za škrtící klapkou [bar]             | Snímač DMP BD 331            | -1 ÷ 0  |
| Tlak výfukových plynů před katalyzátorem [bar]   | Snímač DMP BD 331            | 0 ÷ 0,6 |
| Tlak výfukových plynů za katalyzátorem [bar]     | Snímač DMP BD 331            | 0 ÷ 0,6 |
| Tlak oleje [bar]                                 | Snímač DMP BD 331            | 0 ÷ 10  |

|                                    |                   |            |
|------------------------------------|-------------------|------------|
| Tlak – nezapojený [bar]            |                   |            |
| Tlak v sání za mezichladičem [bar] |                   | 0 ÷ 2,5    |
| Tlak paliva – benzín [bar]         | Snímač DMP BD 331 | 0 ÷ 6      |
| Tlak paliva – nafta [bar]          | Snímač DMP BD 331 | 0 ÷ 10     |
| Teplota paliva – benzín [°C]       | Pt 100            |            |
| Teplota paliva – nafta [°C]        | Pt 100            |            |
| Teplota paliva [°C]                | Nezapojen         |            |
| Teplota paliva [°C]                | Nezapojen         |            |
| Atmosférický tlak [bar]            | Snímač DMP BD 111 | 900 ÷ 1100 |
| Teplota okolního vzduchu [°C]      |                   |            |
| Vlhkost [%]                        |                   |            |

Tab. 4 Použité snímače na stanovišti číslo 3 - Schenck WT 190

### 3.4 Brzdové stanoviště č. 4

Na tomto stanovišti je umístěna hydraulická brzda Schenck D 630 – 1 (obr. 9). Voda v brzdě se při otáčení rotoru víří v kruhových komorách a vytváří tím brzdný moment. Zároveň slouží jako chlazení a odvádí zmařenou energii v podobě ohřáté vody. Technické údaje jsou v tabulce 5 a charakteristika brzdy v příloze 4. Tato brzda může měřit jen ustálené stavy a to v jednom smyslu otáčení, ale je možné připojit motor z obou stran a tím změnit smysl brzdného momentu. Charakteristika brzdy je v příloze 4.

Pro sběr dat je zde 32 kanálů, ale měřicí karty jsou společné se stanovištěm číslo 5, proto se musí přepojovat. Společné je i ovládací stanoviště (obr. 10), z toho důvodu není možné pracovat na obou stanovištích současně. Ovládání brzdy je řízeno programem Controlweb, ten slouží i pro sběr dat. Aplikace pro ovládání a sběr dat byla vytvořena na TUL. Grafické prostředí programu Controlweb je na obr. 11.

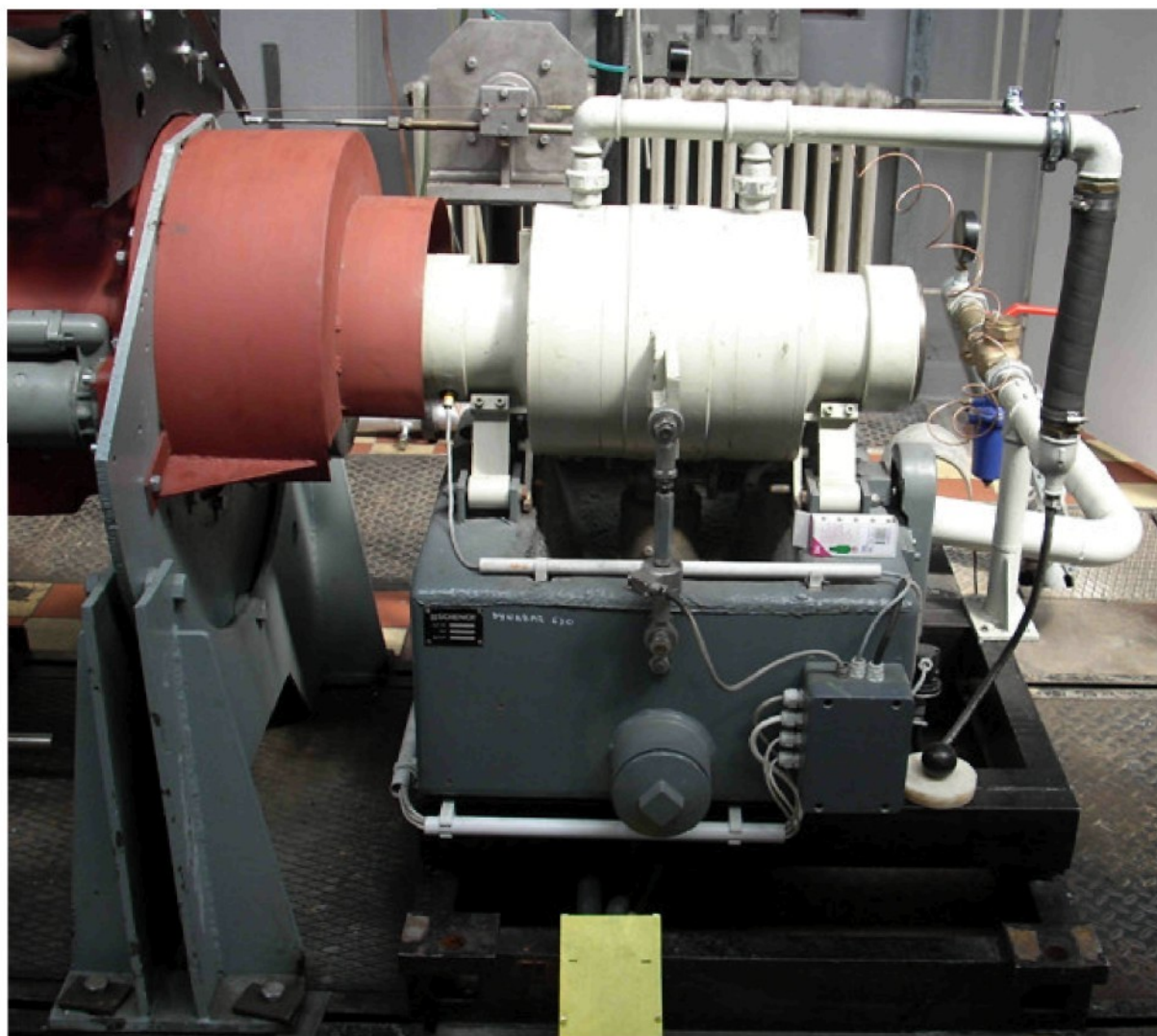
Stanoviště je osazeno traktorovým motorem s vlastním chladícím systémem, odpadní teplo je odváděno do laboratoře.

Aktuálně použité snímače jsou v tabulce 6.

|                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| Maximální výkon [kW]                  | 630  |
| Maximální moment [Nm]                 | 3000 |
| Maximální otáčky [min <sup>-1</sup> ] | 5500 |

Tab. 5 Technické údaje stanoviště číslo 4 - Schenck D 630 – 1

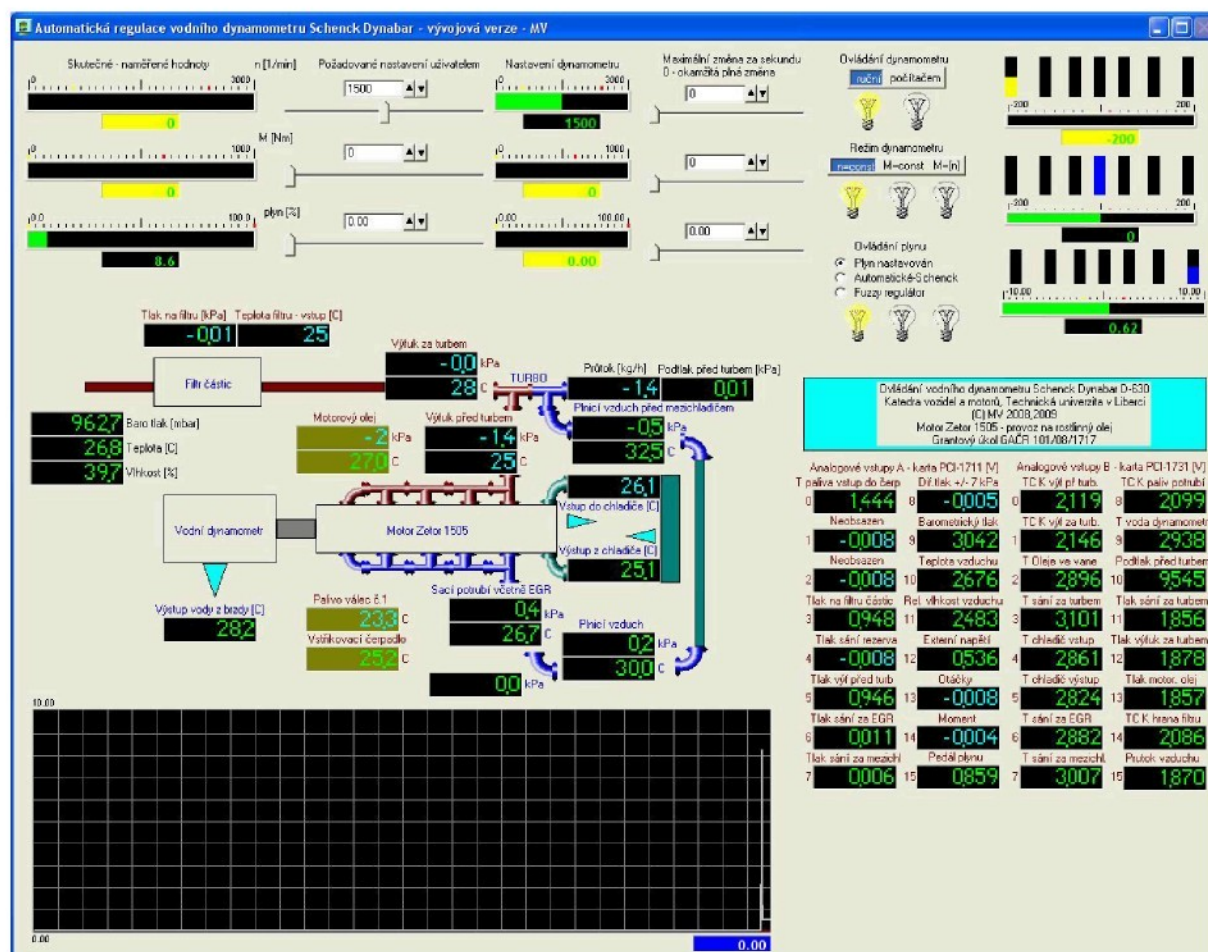




Obr. 9 Brzdové stanoviště číslo 4 - Schenck D 630 – 1



Obr. 10 Ovládací pult pro stanoviště 4 a 5



Obr. 11 Grafické prostředí programu Controlweb pro stanoviště č. 4 – aplikace vytvořená na TUL

| Parametr                                     | Výrobce            | Rozsah         |
|----------------------------------------------|--------------------|----------------|
| Měřicí karta PCI-1711                        | Advantech          | 16 x AI 0-10V  |
| (měřicí karty společné pro stanoviště 4 a 5) |                    | 16 DI, 16 DO   |
|                                              |                    | 2 x AO 0-10V   |
| Měřicí karta PCI-1731                        | Advantech          | 16 x AI 0-10V  |
|                                              |                    | 16 DI, 16 DO   |
| Aplikace Control Web                         | Moravské přístroje |                |
| Tlak v sání za turbodmychadlem               | JSP                | 0-160 kPa rel. |
| Tlak v sání za turbodmychadlem               | JSP                | 0-400 kPa abs. |
| Tlak v sání za mezichladičem                 | JSP                | 0-160 kPa rel. |
| Tlak v sání za mezichladičem                 | JSP                | 0-400 kPa abs. |
| Tlak v sání za vstupem EGR                   | JSP                | 0-160 kPa rel. |
| Tlak v sání za vstupem EGR                   | JSP                | 0-400 kPa abs. |
| Tlak v sání (rezerva)                        | JSP                | 0-260 kPa abs. |
| Tlak oleje                                   | JSP                | 0-600 kPa rel. |
| Tlak výfuku před turbem                      | JSP                | 0-400 kPa rel. |



|                                                       |                         |                |
|-------------------------------------------------------|-------------------------|----------------|
| Tlak výfuku za turbem                                 | JSP                     | 0-25 kPa rel.  |
| Tlak nasávaného vzduchu                               | neuveden                | +/- 7 kPa rel. |
| Tlak v sání (rezerva)                                 | JSP                     | 0-400 kPa abs. |
| Tlak na clonce nasávaného vzduchu                     | JSP                     | -10 kPa rel.   |
| Relativní vlhkost nasávaného vzduchu                  | Sensorika               | 0-100%         |
| Teplota nasávaného vzduchu                            | Sensorika               | 0-60 °C        |
| Teplota výfukových plynů v zachycovači pevných částic | JSP TK                  | T/CK           |
| Teplota vody v dynamometru                            |                         |                |
| Hmotnostní tok nasávaného vzduchu                     | Sierra Instruments 620S | 0-90 nmps      |
|                                                       |                         |                |
| Teplota výfuku před turbem                            | JSP                     | T/C K          |
| Teplota výfuku za turbem                              | JSP                     | T/C K          |
| Teplota vzduchu za turbem                             | Jumo Vibrotemp          | Pt 100         |
| Teplota vzduchu za mezichladičem                      | Jumo Vibrotemp          | Pt 100         |
| Teplota vzduchu za vstupem EGR                        | Jumo Vibrotemp          | Pt 100         |
| Teplota oleje ve vaně                                 | Sensit                  | Pt 100         |
| Teplota chladicí kapaliny – vstup                     | Jumo Vibrotemp          | Pt 100         |
| Teplota chladicí kapaliny – výstup                    | Jumo Vibrotemp          | Pt 100         |
| Teplota paliva na vstupu do vstřikovacího čerpadla    | Jumo Vibrotemp          | Pt 100         |
| Převodníky T/C na 4-20 mA, 2 x                        | JSP 2x Pt040            |                |
| Převodníky T/C nebo Pt-100 na 4-20 mA, 6 x            | JSP 8x P5311            |                |
| Převodníky T/C nebo Pt-100 na 4-20 mA, 2 x            | JSP 2x P5311            |                |

Tab. 6 Použité snímače na stanovišti číslo 4 - Schenck D 630 – 1

### 3.5 Brzdové stanoviště č. 5

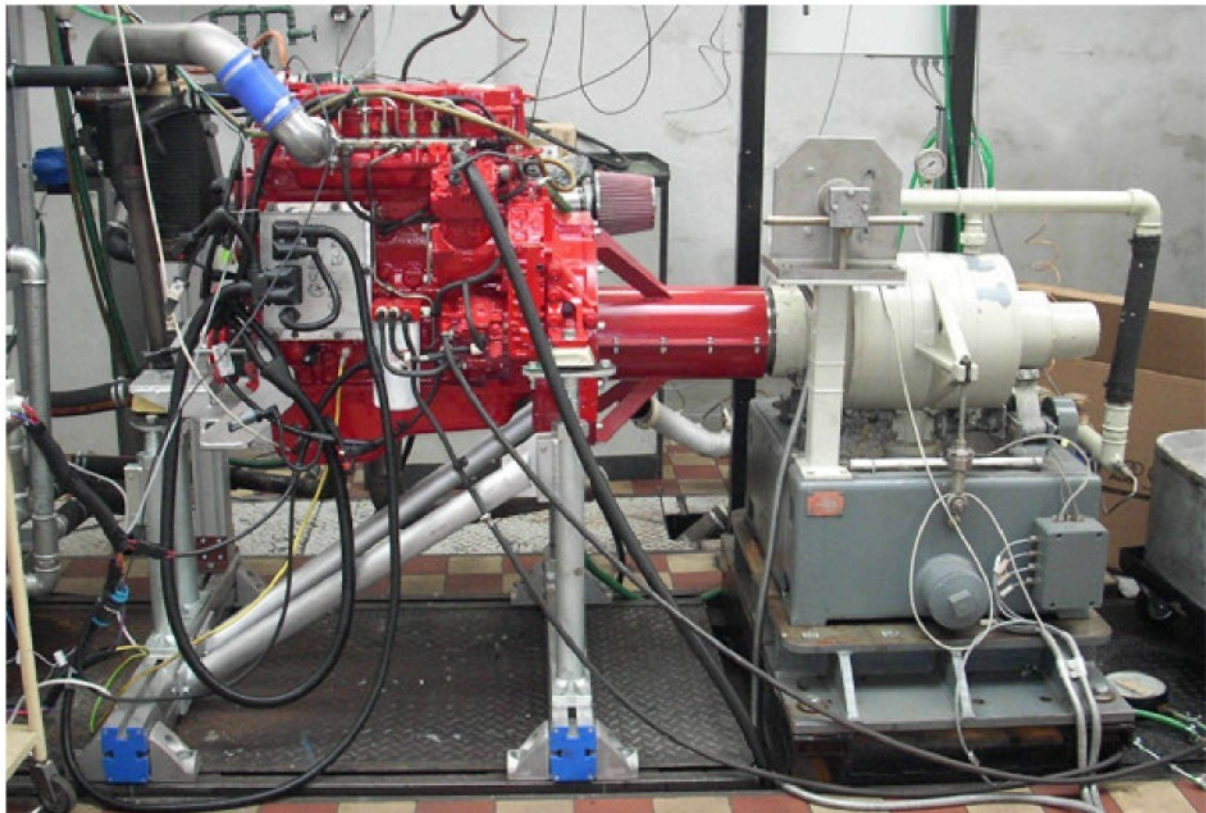
Na obr. 12 je brzdové stanoviště číslo 5 s hydraulickou brzdou Schenck D 700 – 1e. Jedná se o hydraulickou brzdu s elektrickým ovládáním. Voda slouží k přeměně odbrzděného výkonu na tepelnou energii ve vířivých komorách. Charakteristika brzdy je v příloze 5 a technické údaje v tabulce 7. Chlazení motoru a mezichladiče stlačeného vzduchu je napojeno na tepelný výměník, do kterého je přivedena voda z bazénu pro chlazení dynamometrů.

Ovládací stanoviště je společné se stanovištěm č. 4. Pro sběr dat je použito grafické prostředí programu Controlweb – aplikace vytvořená na TUL, prozatím je ve stádiu vývoje a testování. Vývojová verze grafického rozhraní je na obr. 13. Aktuálně použité snímače jsou v tabulce 8.

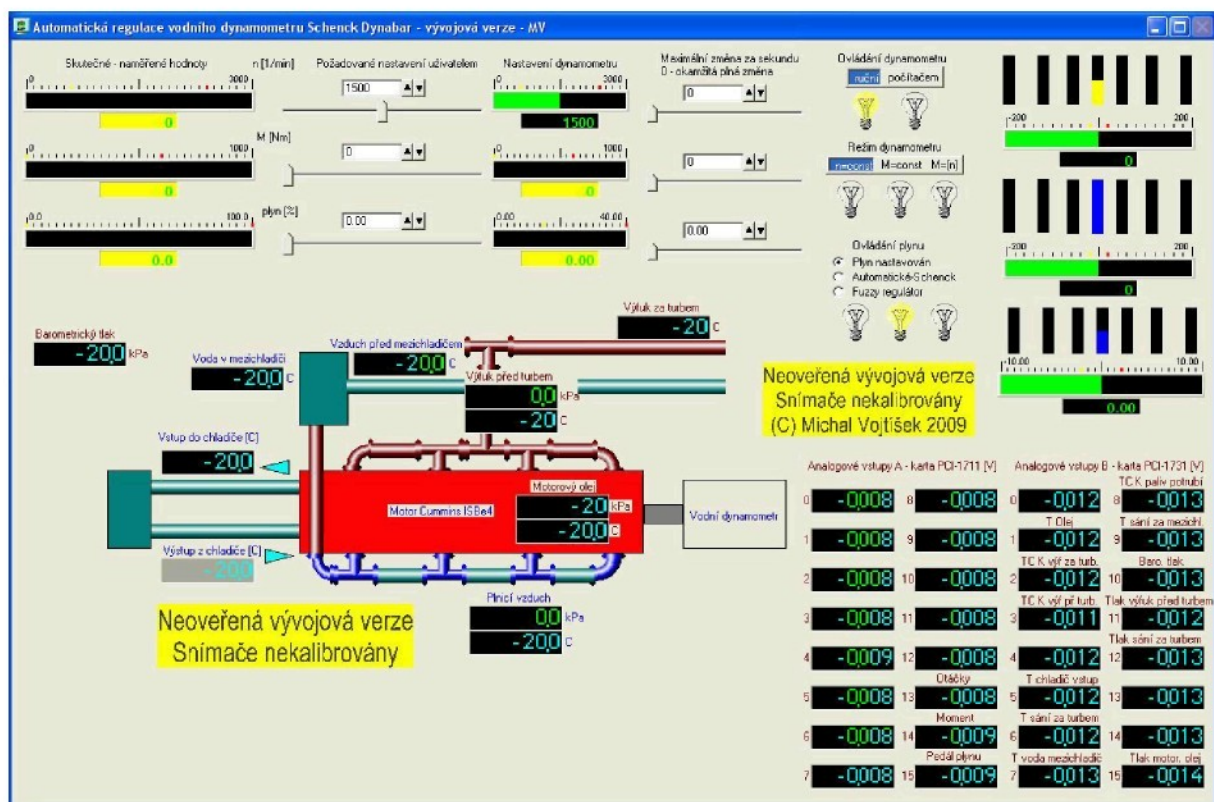
|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| Maximální výkon [kW]                  | 700   |
| Maximální moment [Nm]                 | 3 000 |
| Maximální otáčky [min <sup>-1</sup> ] | 7 500 |

Tab. 7 Technické údaje stanoviště číslo 5 - Schenck D 700 – 1e





Obr. 12 Brzdové stanoviště číslo 5 - Schenck D 700 – 1e



Obr. 13 Grafické prostředí programu Controlweb pro stanoviště č. 5 – aplikace vytvořená na TUL (vývojová verze)

| Parametr                                     | Výrobce            | Rozsah         |
|----------------------------------------------|--------------------|----------------|
| Měřicí karta PCI-1711                        | Adventech          | 16 x AI 0-10V  |
| (měřicí karty společné pro stanoviště 4 a 5) |                    | 16 DI, 16 DO   |
|                                              |                    | 2 x AO 0-10V   |
| Měřicí karta PCI-1731                        | Adventech          | 16 x AI 0-10V  |
|                                              |                    | 16 DI, 16 DO   |
| Aplikace Control Web                         | Moravské přístroje |                |
| Tlak v sání za turbodmychadlem               | JSP/BD Senzore     | 0-400 kPa abs. |
| Tlak v sání za mezichladičem                 | JSP/BD senzore     | 0-400 kPa abs. |
| Tlak v sání                                  |                    | -100 kPa rel.  |
| Tlak v sání (rezerva)                        | Jumo               | 0-100 kPa abs. |
| Tlak oleje                                   | Jumo               | 0-10 bar rel.  |
| Tlak výfuku před turbem                      | Jumo               | 0-5 bar rel.   |
| Tlak výfuku za turbem                        | JSP                | -25 +25 kPa    |
| Tlak výfuku za turbem (rezerva)              | Jumo               | 0-40 kPa rel.  |
| Hmotnostní tok nasávaného vzduchu            | Clonka             |                |
| Teplota výfuku před turbem                   | JSP                | T/C K          |
| Teplota výfuku za turbem                     | JSP                | T/C K          |
| Teplota nasávaného vzduchu                   | Jumo Vibrotemp     | Pt 100         |
| Teplota vzduchu za turbem                    | Jumo Vibrotemp     | Pt 100         |
| Teplota vzduchu za mezichladičem             | Jumo Vibrotemp     | Pt 100         |
| Teplota oleje                                | Jumo Vibrotemp     | Pt 100         |
| Teplota chladicí kapaliny - vstup            | Jumo Vibrotemp     | Pt 100         |
| Teplota chladicí kapaliny - výstup           | Jumo Vibrotemp     | Pt 100         |
| Teplota paliva - nezapojen                   | Jumo Vibrotemp     | Pt 100         |
| Teplota vody v mezichladiči                  | Jumo Vibrotemp     | Pt 100         |
| Převodníky T/C nebo Pt-100 na 4-20 mA        | JSP P5311 2x       |                |
| Převodníky Pt-100 na 4-20 mA                 | JSP 8x             |                |

Tab. 8 Použité snímače na stanovišti číslo 5 - Schenck D 700 – 1e

### 3.6 Brzdové stanoviště č. 6

Na stanovišti číslo 6 je umístěn asynchronní dynamometr ASD 235 M250, který je na obr. 14. Dynamometry řady ASD jsou konstruovány na bázi vysokootáčkového asynchronního stroje, vybaveného tenzometrickou měřicí přírubou a inkrementálním snímačem otáčivé rychlosti. Toto uspořádání umožňuje měření a regulaci poháněných a zatěžovacích kroutících momentů včetně momentů vznikajících při dynamickém zatěžování od setrvačných hmot a tím simulovat a měřit průběhy dynamických testů. Technické údaje dynamometru jsou v tab. 9.

Regulaci otáček a momentu provádí přímo digitální regulační obvody měřiče SIMOVERT SIEMENS, který je spojený přes komunikační linku PROFIBUS-DP (1.5 Mbaud) s PLC SIMATIC S7-300. Naměřená data jsou předána na obrazovku operátorského panelu OP27 nebo na obrazovku řídicího počítače (option – měřicí



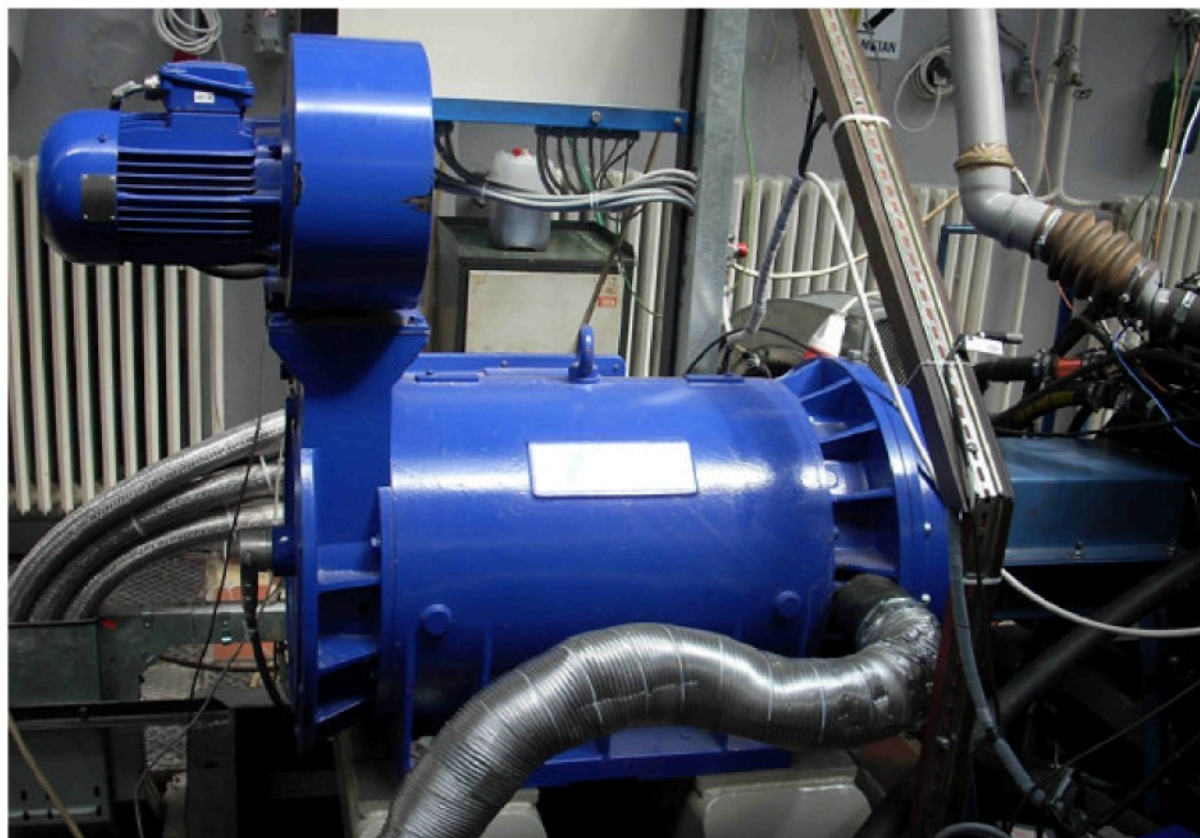
systém CMSW). Zadávání režimů a žádaných hodnot z klávesnice operátorského panelu, případně prostřednictvím komunikace PROFIBUS z řídicího počítače.

Jako ovládací software je použit program CMS, který zajišťuje sběr naměřených dat, jejich archivaci a vyhodnocení buď formou tištěného protokolu nebo na pevném disku počítače. Dále umožňuje automatizovat opakující se měření na brzdovém stanovišti pomocí tzv. automatických zkoušek. CMS zajišťuje také nepřetržitou kontrolu všech měřených veličin a při správné konfiguraci zaručí okamžitou a správnou reakci na překročení kterékoliv z měřených veličin, čímž se předejde poškození testovaného motoru. CMS je určen pro operační systémy Windows NT 4.0 nebo Windows 2000 Pro. Kromě řídicí jednotky brzdového stanoviště ovládá i další přístroje nutné pro testování motoru, např. měření profuku, analýzu výfukových plynů atd. Kromě toho je zajištěn i sběr dat z analogových kanálů, které jsou obvykle využity pro snímání teplot a tlaků v důležitých bodech testovaného motoru, aktuálně použité snímače jsou v tab. 10. Grafické prostředí programu CMS je na obr. 15.

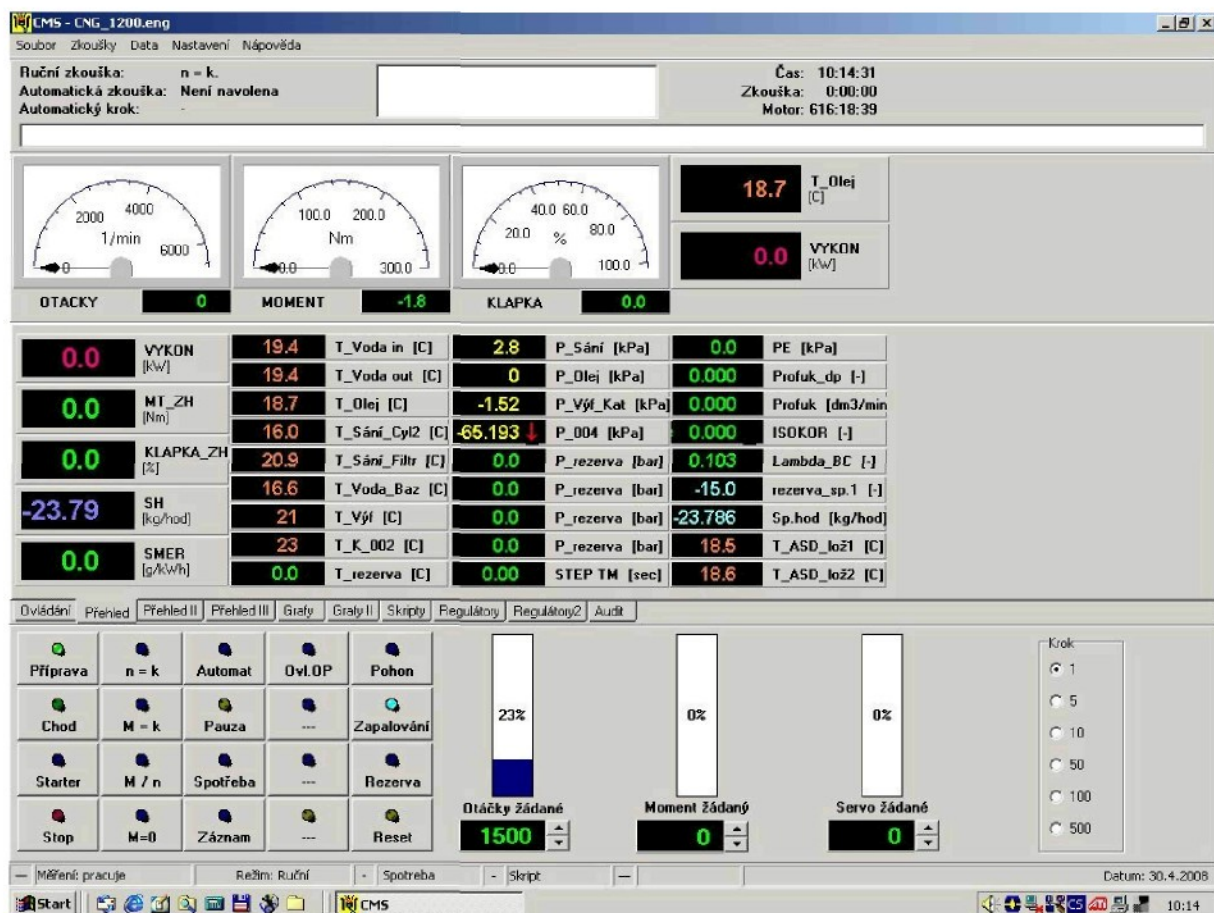
Chlazení motoru je velmi zjednodušené a provizorní. Klasický motorový chladič je uložen do otevřené plechové nádoby. Do té přitéká studená voda z vodovodního řádu a po ohřátí odtéká do kanalizace. Toto řešení je vzhledem k velké ztrátě vody nevhodné a neekonomické.

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| Maximální výkon (mot./ gen.) [kW]     | 235 / 250 |
| Maximální moment (mot./ gen.) [Nm]    | 460 / 480 |
| Maximální otáčky [min <sup>-1</sup> ] | 10 000    |

Tab. 9 Technické údaje stanoviště číslo 6 - ASD 235 M250



Obr. 14 Brzdové stanoviště číslo 6 - ASD 235 M250



Obr. 15 Grafické prostředí programu CMS pro brzdové stanoviště číslo 6

| Parametr                                         | Snímač – přístroj                      | Rozsah     |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------|------------|
| Otáčky motoru [1/min]                            | Snímač dynamometru ASD 235             |            |
| Poloha škrtící klapky [°]                        | Snímač dynamometru ASD 235             |            |
| Točivý moment [Nm]                               | Snímač dynamometru ASD 235             |            |
| Množství vzduchu                                 | Výpočet ze spotřeby paliva a $\lambda$ |            |
| $\lambda$ palivové směsi [-]                     | $\lambda$ sonda: VAG COM-ETAS          |            |
| Předstih zážehu [°KH]                            |                                        |            |
| Teplota nasávaného vzduchu [°C]                  | Teploměr Pt 100                        | -50 ÷ 300  |
| Teplota za škrtící klapkou [°C]                  | Pt100 – JUMO Vibrotemp                 | -50 ÷ 300  |
| Tlak za škrtící klapkou [kPa]                    | Snímač DMP BD 331                      | -100 ÷ 250 |
| Teplota oleje [°C]                               | Pt 100                                 | -50 ÷ 300  |
| Tlak oleje [kPa]                                 | Snímač DMP BD 331                      | 0 ÷ 600    |
| Teplota chladicí kapaliny – výstup z motoru [°C] | Pt 100                                 | -50 ÷ 300  |



|                                                       |                        |             |
|-------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| Teplota výfukových plynů před a za katalyzátorem [°C] | Termočlánek 3mm JUMO K | -200 ÷ 1150 |
| Relativní vlhkost vzduchu [%]                         | Vaisala                |             |
| Barometrický tlak [kPa]                               | HYDRARGRIC B1          | 80 ÷ 106    |
| Tlak výfukových plynů před katalyzátorem [kPa]        | Snímač DMP BD 331      | 0 ÷ 250     |
| Snímač tlaku - nezapojen [kPa]                        | Snímač DMP BD 331      | -80 ÷ 250   |
| Snímač tlaku - nezapojen [kPa]                        |                        | 0 ÷ 250     |

Tab. 10 Použité snímače na stanovišti číslo 6 – ASD 235 M250

### 3.7 Brzdové stanoviště č. 7

Na tomto stanovišti je umístěn vířivý dynamometr MEZ Brno 2VD110/6 o maximálním výkonu 220 kW (obr. 16). V současnosti je na toto stanoviště instalován vířivý dynamometr Schenck WT 150. Jeho výkonové parametry jsou v tab. 1 a jsou stejné jako u stanoviště č. 2.



Obr. 16 Brzdové stanoviště číslo 7 - MEZ Brno 2VD110/6

### **3.8 Brzdové stanoviště č. 8**

Toto zařízení (obr. 17) se skládá z jednoválcového spalovacího motoru uloženého na společné základové desce s elektrickým motorgenerátorem a skříňovým rozvaděčem. Spalovací motor prošel úpravami, díky kterým byl zvětšen rozsah kompresního poměru na 4:1 až 16:1, který je možné měnit plynule za chodu. Motor je upraven pro spalování vodíku, který je vefukován do sacího potrubí nebo přímo do válce motoru. Motor je také upraven pro měření tlaku ve válci.

Pro simulaci přeplňování je stanoviště vybaveno vzduchovým kompresorem 3 DSK-100-EKO od ČKD Praha. Ten dosahuje tlaku 1,1 MPa a výkonnosti 100 m<sup>3</sup>/h. Kompresor je vybaven vestavěným mezichladičem, dochlazovačem a tlumičem sání. Vzduch je z kompresoru přiveden do tlakové nádoby odkud je přiveden k motoru s tlakem regulovaným na požadovanou hodnotu.

Otáčky motoru jsou udržovány na stálé hodnotě 1500 ot/min spojením spalovacího motoru klínovými řemeny s elektrickým synchronním motorgenerátorem, který spalovací motor brzdí. Aby mohl tento motorgenerátor nastartovat, spalovací motor je konstruován pro asynchronní rozběh.

Na konsole nad elektrickým motorgenerátorem je uložen skříňový rozvaděč, ve kterém jsou umístěny elektrické měřicí přístroje.

Elektronická řídicí jednotka EVIS-L 102 byla vyvinuta pro potřebu Technické univerzity v Liberci, katedry strojů průmyslové dopravy pro experimentální práce s jednoválcovým spalovacím motorem na plynné palivo (propan-butan, zemní plyn) nebo tekuté (benzín).

Elektronická řídicí jednotka EVIS-L 102 je mikropočítačový řídicí systém, který ovládá okamžik a délku otevření vstřikovacího ventilu paliva pro přesné dávkování pro pohonnou směs a okamžik zážehu jiskrou, včetně možnosti nastavení velikosti akumulované energie v zapalovací cívce. EVIS-L pracuje zcela autonomně, jednotlivé provozní parametry motoru se nastavují pomocí deseti potenciometrů na čelním panelu jednotky. Jejich hodnoty jsou vysílány po sériové lince RS 232C společně s okamžitými otáčkami a napětím snímaným z lambda sondy.

Po připojení počítače je možno v reálném čase zobrazovat výše uvedené parametry a ukládat do databáze s následným zpracováním pomocí speciálního software.

Toto stanoviště se již delší dobu nepoužívá.





Obr. 17 Brzdové stanoviště číslo 8 – OKC - Oktan

### **3.9 Brzdové stanoviště č. 9**

Na tomto stanovišti je umístěn komutátorový dynamometr KS 56B – 4. Je to v podstatě komutátorový derivační stroj napájený do statoru. Rotor je uložen na valivých ložiskách a tvoří se státorem mechanický celek, který je výkyvně uložen na ložiskových stojanech. Kroutící moment rotoru, vznikající při zatěžovací ať při chodu generátorickém nebo motorickém, působí na stator v souhlasném nebo opačném smyslu než na rotor.

Protože stator je výkyvně uložen, je možno zjistit přímo velikost momentu, vahou přes rameno upevněné ke statoru. Stator dynamometru je napájen přímo ze sítě, rotor přes indukční regulátor. Změnou regulačního napětí připojeného na rotor mění se otáčky dynamometru. Brzdové stanoviště je na obr. 18.

S běžně dodávaným příslušenstvím nedovoluje se plynulý přechod z chodu generátorického na motorický a naopak.

Volba způsobu práce provádí se před zapnutím dynamometru.

K dynamometru je připojen šestiválcový motor LIAZ. Ten je upraven tak, že pět válců pracuje jako kompresor pro simulaci přeplňování 1. válce. Jeden válec neutáhne celý motor, proto musí být protáčen dynamometrem.

Motor je upraven pro výzkum spalování zemního plynu a vodíku na 1. válci. Ze vstupního tlaku 2,2 MPa je redukován na 0,8 MPa. Je použit přímý vefuk do válce.

Dynamometr je ovládán ručně, ovládání motoru je pomocí průmyslového počítače, který řídí zapalování a vefuky. Ten je společný pro brzdová stanoviště 9 a 10.

Sběr dat se provádí přes National instruments NI cDAQ-9172, pomocí programu Labview 4 v aplikaci vlastní tvorby, grafické rozhraní je na obr. 19. Je možné připojit až osm různých modulů (proudové, napěťové, moduly pro termočlánky).

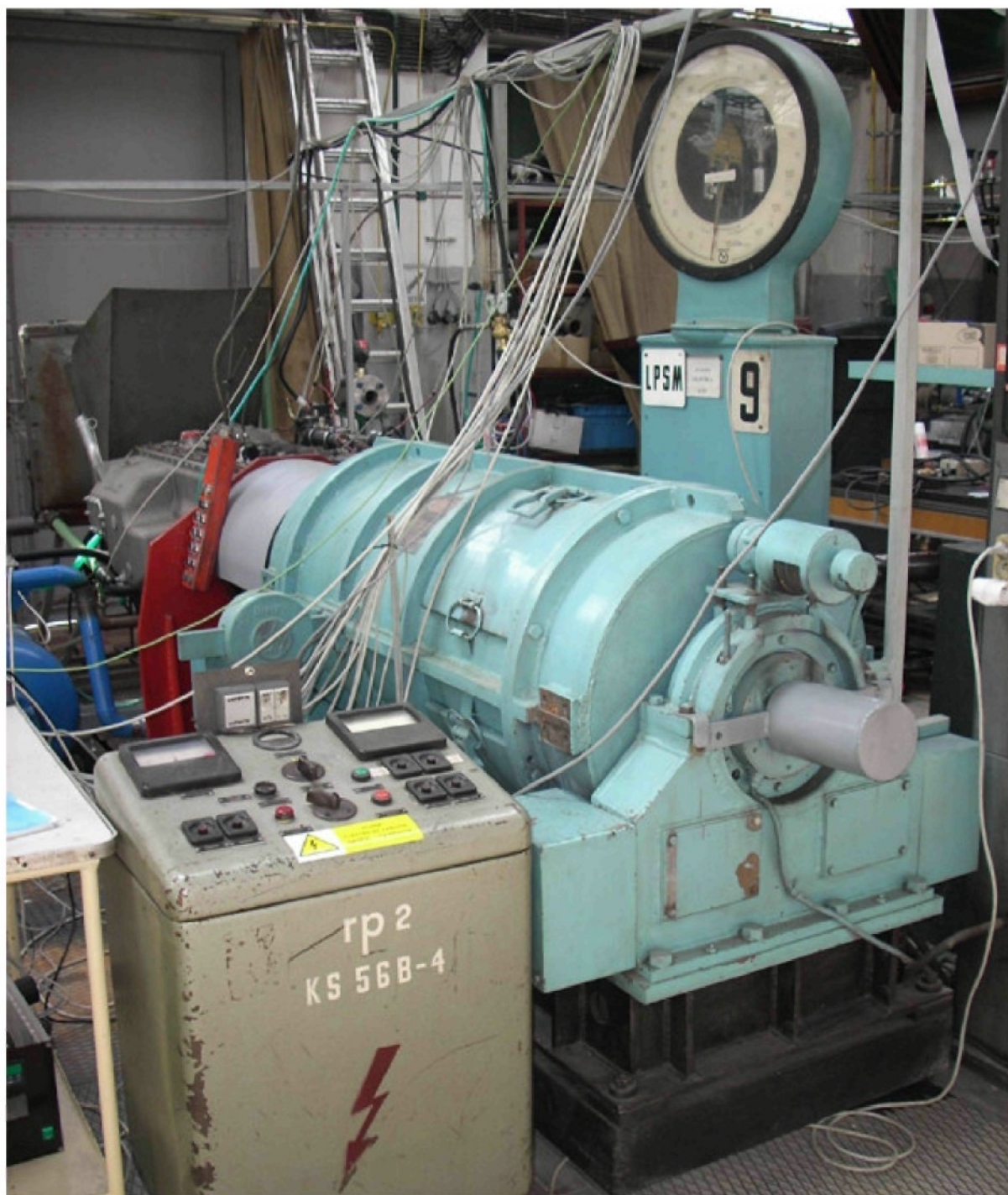
Přenos dat je proveden přes USB do počítače.

Aktuálně připojené snímače jsou v tabulce 12.

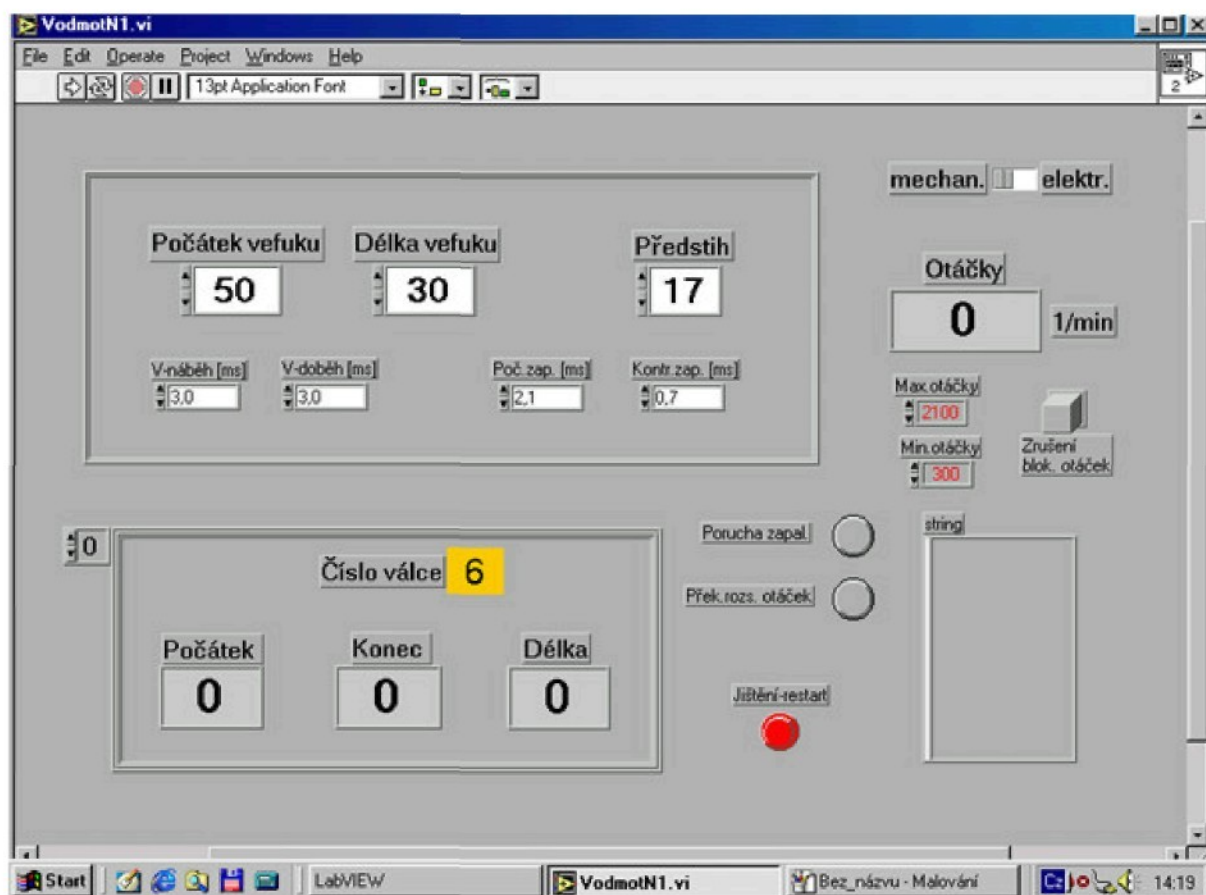
|                                        |      |
|----------------------------------------|------|
| Maximální výkon [kW]                   | 280  |
| Maximální moment [Nm]                  | 950  |
| Maximální otáčky [ $\text{min}^{-1}$ ] | 2800 |

Tab. 11 Technické údaje stanoviště číslo 9 – Komutátorový dynamometr KS 56B – 4





Obr. 18 Brzdové stanoviště číslo 9 - Komutátorový dynamometr KS 56B – 4



Obr. 19 Grafické prostředí programu Labview 4 pro brzdové stanoviště číslo 9 a 10

| Parametr                                                         | Snímač – přístroj           | Rozsah   |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------|
| Množství vzduchu – v současné době nefunkční [m <sup>3</sup> /h] | Průtokoměr Fischer & Porter | 30 ÷ 300 |
| Tlak oleje [bar]                                                 | BD senzor DMP 331           | 0 ÷ 6    |
| Tlak ve výfuku [bar]                                             | BD senzor DMP 331           | 0 ÷ 4    |
| Tlak v sání [bar]                                                | BD senzor DMP 331           | -1 ÷ 4   |
| Tlak plynu [bar]                                                 | BD sensor DMP 331           | 0 ÷ 25   |
| Teplota nasávaného vzduchu [°C]                                  | Pt 100                      |          |
| Teplota plynu [°C]                                               | Pt 100                      |          |
| Teplota oleje [°C]                                               | Pt 100                      |          |
| Teplota vody [°C]                                                | Pt 100                      |          |
| Teplota výfukových plynů [°C]                                    | T/C K                       |          |

Tab. 12 Použité snímače na stanovišti číslo 9 - Komutátorový dynamometr KS 56B- 4

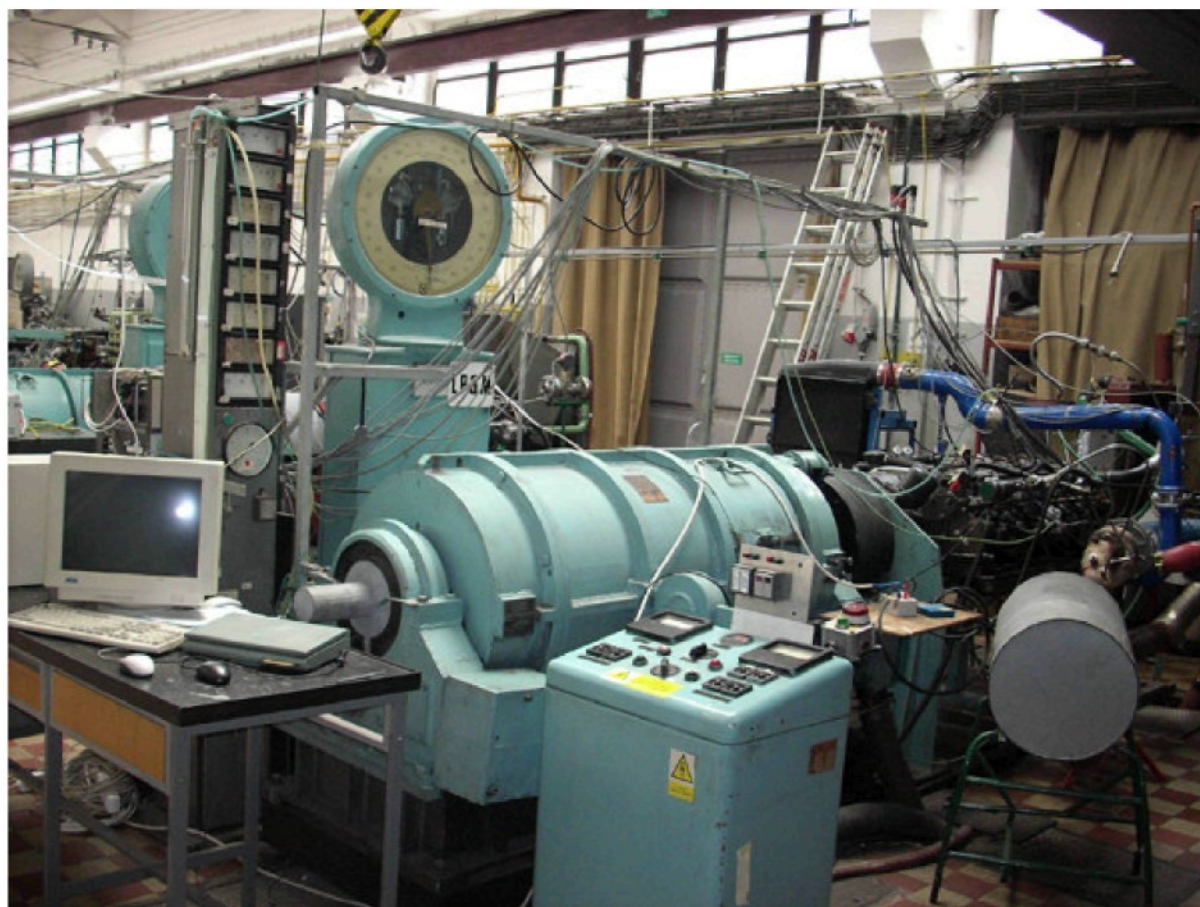


### **3.10 Brzdové stanoviště č. 10**

Na tomto stanovišti (obr. 20) je umístěn stejný komutátorový dynamometr KS 56B – 4 jako na stanovišti číslo 9. Jeho technické parametry jsou v tabulce 11 a charakteristika v příloze 7. Ovládání motoru je pomocí průmyslového počítače, který řídí zapalování a vefuky. Ten je společný pro brzdová stanoviště 9 a 10. Škrtkový klapku řídí druhý počítač programem Controlweb 2000.

Sběr dat se provádí pomocí programu Controlweb 2000, jeho grafické prostředí je na obr. 21.

Ovládání motoru se provádí pomocí programu napsaném pro Labview 4, kde se nastavuje počátek vefuku, délka vefuku a předstih, grafické prostředí je na obr. 19.



Obr. 20 Brzdové stanoviště číslo 10 - Komutátorový dynamometr KS 56B – 4





Obr. 21 Grafické prostředí programu Controlweb 2000 pro brzdové stanoviště č. 10

| Parametr                                | Snímač – přístroj                | Rozsah                     |
|-----------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Množství vzduchu [m <sup>3</sup> /h]    | Průtokoměr Fischer & Porter D10S | 30 ÷ 300 m <sup>3</sup> /h |
| Tlak oleje [bar]                        | Huba Control 501                 | 0 ÷ 6                      |
| Tlak plynu [bar]                        | BD senzor DMP 331                | 0 ÷ 25                     |
| Tlak vzduchu za turbem [bar]            | Huba Control 501                 | 0 ÷ 4                      |
| Tlak výfukových plynů před turbem [bar] | Huba Control 501                 | 0 ÷ 4                      |
| Teplota vzduchu za turbem [°C]          | Pt 100                           |                            |
| Teplota plynů před turbem [°C]          | Termočlánek KP/X K               | -50 ÷ 700                  |
| Teplota plynů za turbem [°C]            | Termočlánek KP/X K               | -50 ÷ 700                  |
| Tlak vzduchu v sacím potrubí [bar]      | BD senzor JSP                    | 0 ÷ 400                    |
| Teplota chladicí kapaliny [°C]          | Pt 100                           |                            |
| Teplota vzduchu před turbem [°C]        | Pt 100                           |                            |
| Teplota oleje - vana [°C]               | Pt 100                           |                            |

Tab. 13 Použité snímače na stanovišti číslo 10 - Komutátorový dynamometr KS 56B - 4

### **3.11 Společné mobilní příslušenství**

Jedná se o speciální měřicí přístroje a techniku umístěnou na přídatných stojanech. Tyto přístroje je možné používat u kteréhokoli stanoviště. Protože současný stav laboratoře neumožňuje současné měření na dvou stanovištích současně, je možné tyto přístroje umístit k aktuálně používanému stanovišti.

#### **3.11.1 Měření plynných emisí**

Vliv existence administrativních limitů emise škodlivin na konstrukci současných spalovacích motorů je značný. Nové typy jsou vyvíjeny cíleně na splnění požadavků emisních předpisů, které budou platit v období sériové výroby příslušného typu. S průběžným zpřísněním požadavků ekologické legislativy se postupně vyčerpaly možnosti zlepšování emisních parametrů v oblastech, které by se daly charakterizovat jako odstraňování dřívějších konstrukčních chyb. Seřízení v současnosti vyráběných motorů je prakticky vždy kompromisem mezi jejich ekologickými parametry (kromě emise škodlivin je nutné brát také ohled na emisi hluku) a energetickými vlastnostmi (měrný výkon, účinnost).

#### **Složení výfukových plynů spalovacího motoru:**

Při spalování uhlovodíkového paliva se vzduchem vzniká dokonalou oxidací uhlíku a vodíku obsaženého v palivu oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) a voda ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Při nedokonalé oxidaci těchto prvků jsou ve spalínách přítomny oxid uhelnatý ( $\text{CO}$ ) a vodík ( $\text{H}_2$ ). Při použití vzduchu jako okysličovadla je vždy nejvýznamnější složkou spalin dusík ( $\text{N}_2$ ). Kyslík ( $\text{O}_2$ ) se objevuje ve výfukových plynech, když se celé jeho množství nepoužije k oxidaci paliva, protože byl v čerstvé směsi v přebytku, anebo se nevyužil z jiných důvodů. Za vysokých teplot ve spalovacím prostoru vznikají oxidací vzdušného dusíku oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ) skládající se zejména z oxidu dusnatého ( $\text{NO}$ ) a menšího množství oxidu dusičitého ( $\text{NO}_2$ ). Při velmi nepříznivých globálních, či lokálních podmínkách pro oxidaci paliva obsahují výfukové plyny nespálené uhlovodíky ( $\text{HC}$ ) různého složení (co do obsahu individuálních uhlovodíků). U motorů s vnější tvorbou směsi se tato složka objevuje jako součást spalin i z důvodu úniku části čerstvé směsi přímo do výfukového potrubí zkratovým vyplachováním. Za totálního nepřístupu vzduchu (uvnitř kapičky kapalného paliva) nastává při vysoké teplotě dekompozice molekul uhlovodíků, jejímž výsledkem je přítomnost pevného uhlíku (sazí) ve spalínách. S výfukovými plyny odchází z motoru též jisté (velmi malé) množství dalších (pevných) částic (vysokomolekulové produkty tepelné degradace mazacího oleje, prach, popel, částičky rzi atd.).

Síra obsažená v některých uhlovodíkových palivech vytváří při spalování v motoru oxidy síry, které se následně objevují ve spalínách.

Produkce oxidů síry je sledována nepřímo limitováním obsahu síry v palivu.

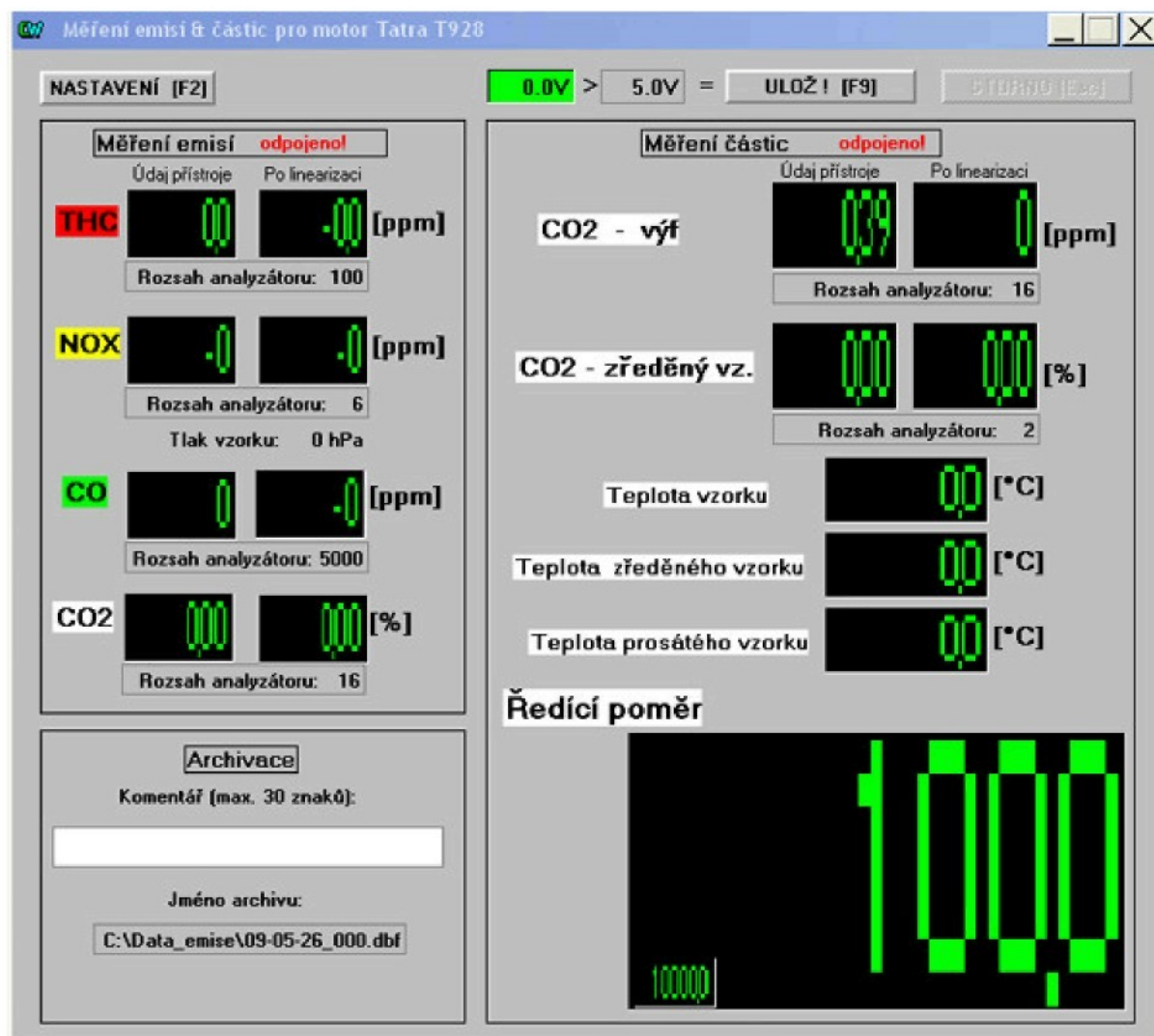


Obr. 22 Analyzátory spalin

Analyzátory spalin jsou umístěny na pojízdných stojanech obr. 22. Při měření je nutno připojit tlakové lahve s pracovními plyny, které jsou umístěny na pojízdném vozíku. Seřízení analyzátorů před měřením se provádí kalibračními plyny.

Sběr dat může být napojen k jednotlivým stanovištím nebo je možno vyhodnocovat nezávisle. Pro nezávislý sběr dat slouží program Controlweb 2000, ten je možné spustit samostatně jen pro měření emisí nebo pro měření emisí a pevných částic, jeho grafické prostředí je na obr. 23. Seznam analyzátorů je v tabulce 14.





Obr. 23 Grafické prostředí programu Controlweb 2000 pro měření emisí a pevných částic

| Měřená veličina                                                                 | Analyzátor         | Rozsah     |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------|
| Koncentrace CO před a za katalyzátorem [%]                                      | HB URAS 2T         | 0 ÷ 9      |
| Koncentrace CO za katalyzátorem (pro naftové motory i před katalyzátorem) [ppm] | Horiba VIA 150     | 0 ÷ 5000   |
| Koncentrace CO <sub>2</sub> před a za katalyzátorem [%]                         | URAS 3E            | 0 ÷ 17     |
| Koncentrace NO <sub>x</sub> před a za katalyzátorem [ppm]                       | Rosemount NGA 2000 | 0 ÷ 5000   |
| Koncentrace NO <sub>x</sub> před a za katalyzátorem [ppm]                       | Horiba             | 0 ÷ 2500   |
| Koncentrace THC před a za katalyzátorem [ppm]                                   | Amluk              | 0 ÷ 10 000 |
| Koncentrace THC před a za katalyzátorem [ppm]                                   | Fidas              | 0 ÷ 1000   |

|                                                        |                    |            |
|--------------------------------------------------------|--------------------|------------|
| Koncentrace THC před a za katalyzátorem [ppm]          | Fidas              | 0 ÷ 10 000 |
| Koncentrace THC před a za katalyzátorem [ppm]          | HORIBA             | 0 ÷ 6000   |
| Koncentrace O <sub>2</sub> před a za katalyzátorem [%] | Rosemount NGA 2000 | 0 ÷ 30     |

Tab. 14 Analyzátory spalín v laboratoři motorů

### 3.11.2 Měření pevných částic

#### Způsoby měření pevných částic:

##### 1.) Měření kouřivosti filtrační metodou

Jedná se o metodu jednorázového odběru vzorku s jeho pozdějším vyhodnocením. Před měřením se vsune čistý filtrační papírek a píst se stlačí a zajistí. Poté se nátrubek sondy vsune do výfukového potrubí a odblokuje píst, čímž dojde k nasátí vzorku. Kontaminovaný papírek se vyfotí fotometrem, na základě rozdílu množství světla odraženého od čistého a použitého papírku se určuje tzv. stupeň zčernání.

Na tomto principu pracuje přístroj AVL 415.

##### 2.) Měření opacimetrem

Princip tohoto měření spočívá v prosvěcování sloupce spalín, jejichž průhlednost je snížena díky obsaženým částicím.

Další možností měření je využití absorpce infračerveného záření.

Hartridge smokemeter MK3 používá k určení kouřivosti prosvěcování sloupce spalín.

##### 3.) Hmotnostní měření koncentrace částic

Při tomto měření je velmi důležité napodobit podmínky, při nichž dochází k ulpívání a kondenzaci škodlivých látek na povrchu pevných částíček, tedy míšení spalín se vzduchem. Z tohoto důvodu se výfukové plyny ředí vzduchem dodávaným zvláštním dmychadlem. Takto ředěné výfukové plyny se filtrují přes filtrační element ze skelných vláken potažených teflonem (Pallflex). Zjišťuje se hmotnost částic usazených na filtru pomocí přesných vah.

Pro hmotnostní měření pomocí ředícího tunelu je nutné znát ředící poměr, který je dán podílem koncentrace CO<sub>2</sub> ve výfukovém plynu a ředěném vzorku.

| Měřená veličina                                         | Analyzátor | Rozsah  |
|---------------------------------------------------------|------------|---------|
| Koncentrace CO <sub>2</sub> neředěné výfukové plyny [%] | HB URAS 2T | 0 ÷ 16  |
| Koncentrace CO <sub>2</sub> ředěné výfukové plyny [%]   | HB URAS 2T | 0 ÷ 2,5 |

Tab. 15 Analyzátory z pojízdného stojanu pro měření koncentrace CO<sub>2</sub>



### **3.11.3 Měření kapalných paliv**

#### **Způsoby měření spotřeby paliva**

##### **a) odměrné nádoby (volumetrický způsob)**

Jsou nejjednodušším měřidlem. Pomocí třicestného kohoutu se baňky naplní z hlavní nádrže. Poté se kohout přesměruje tak, aby palivo protékalo jenom z baňky, na které jsou rysky, určující přesně objem. Zjišťuje se čas, za který klesající hladina protne rysky.

##### **b) hmotnostní měřiče spotřeby (gravimetrický způsob)**

Na vahách je umístěna nádoba s palivem. Z této je dopravním čerpadlem zásobován palivový systém. Při sledovaném režimu je spotřeba odečtena z ukazatele vah za určitý čas.

##### **c) měřiče spotřeby průtokové**

Zpravidla pracují na principu přímé úměry průtoku a otáček zubového čerpadla. Další možností je objemové čerpadlo s obráceným chodem. Průtok paliva uvádí do pohybu písty čerpadla a tím roztáčí klikový hřídel. Otáčky jsou převedeny na signál a kontrolní přístroj ukazuje okamžitou spotřebu.

##### **- přídatná zařízení**

U palivových systémů, kde je přebytečné palivo vraceno do systému (přepad od vstřiku), nebo kde z důvodu přehřívání paliva toto cirkuluje, je nezbytné měřiče doplnit zařízením, které eliminuje takto vznikající chyby. Měřiče spotřeby nelze zařadit do vysokotlaké větve vstřikování. Z této větve je však přebytečné palivo vraceno do nádrže. Tak vzniká chyba, kterou odstraní přídatné zařízení.

#### **Váha Sartorius IC 64**

Slouží k měření spotřeby paliva při měření váhovou metodou u všech stanovišť. Zjišťuje se úbytek paliva z nádoby umístěné na misce váhy. K odvodu, případně i přívodu paliva do nádoby na váze slouží trubka upevněná mimo váhu a zasahující pod hladinu paliva v nádobce. Měří se úbytek hmotnostního množství paliva za čas běhu motoru.

#### **Průtokový měřič spotřeby paliva PLU 401-108**

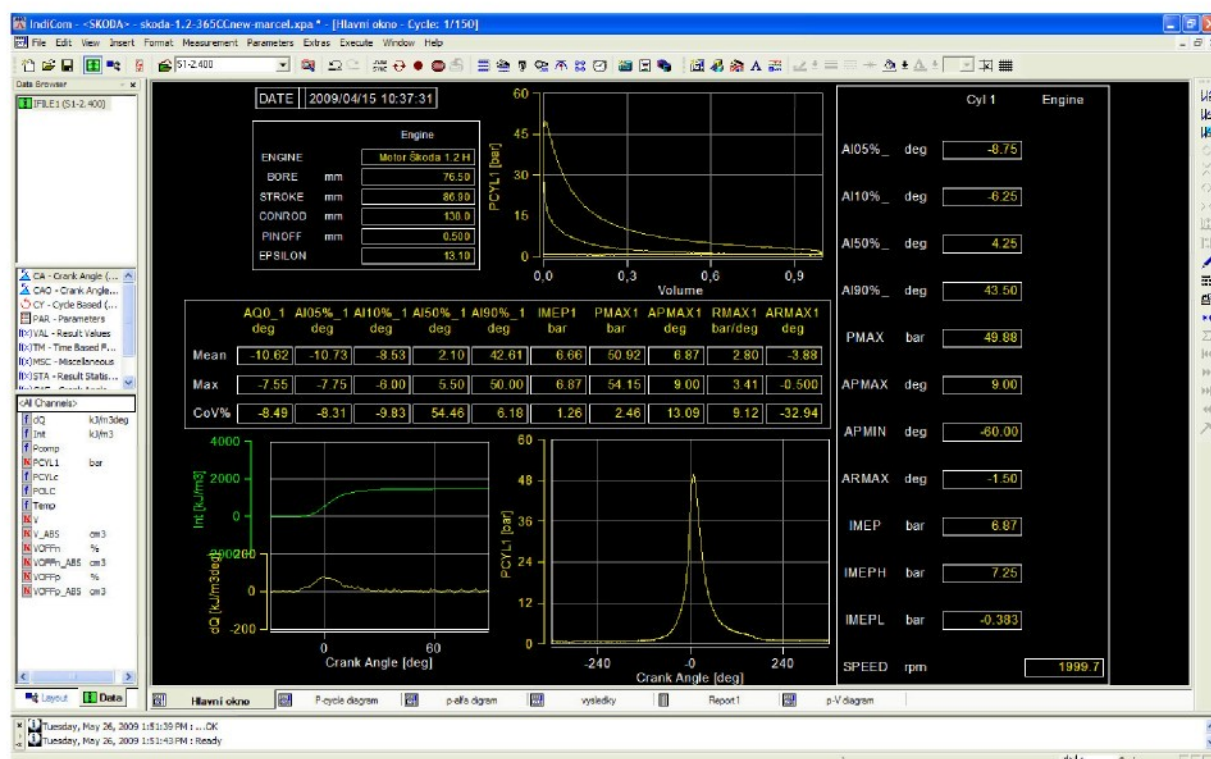
Používá se k měření spotřeby kapalných paliv. Jeho maximální průtok je 60 l/h. Je vybaven měřením teploty protékajícího paliva. Zpětné vedení je připraveno pro případ měření motoru s vrácením přebytečného paliva do nádrže (např. motor se vstřikováním). Je možné jej použít u všech stanovišť.

### **3.11.4 Měření koncentrace vodíku**

Analyzátor H – Sense je určen k měření koncentrace vodíku od 0 – 100%, používá se např. ke zjišťování zbytkového vodíku ve výfukových plynech, ke zjištění úniku vodíku přes pístní kroužky do karteru motoru, atd.

### 3.11.5 Indikace tlaku ve válci spalovacího motoru

K indikaci tlaku ve válci spalovacího motoru se používá Indimetr AVL 619 se sběrem dat pomocí softwaru IndiCom, jeho grafické prostředí je na obr. 24. V hlavě válce spalovacího motoru je umístěn snímač tlaku a na řemenici klikového hřídele je umístěn inkrementální snímač otáček. V grafickém prostředí programu IndiCom můžeme odečítat následující hodnoty: střední indikovaný tlak, maximální tlak, poloha maximálního tlaku vůči horní úvratí, gradient nárůstu tlaku, poloha gradientu vůči horní úvratí, teoretický počátek hoření, úhel natočení kliky při vyhoření paliva 5%, 10%, 50%, 90% a další parametry.



Obr. 24 Grafické prostředí programu IndiCom pro měření tlaku ve válci spalovacího motoru

### 3.11.6 Vizualizace

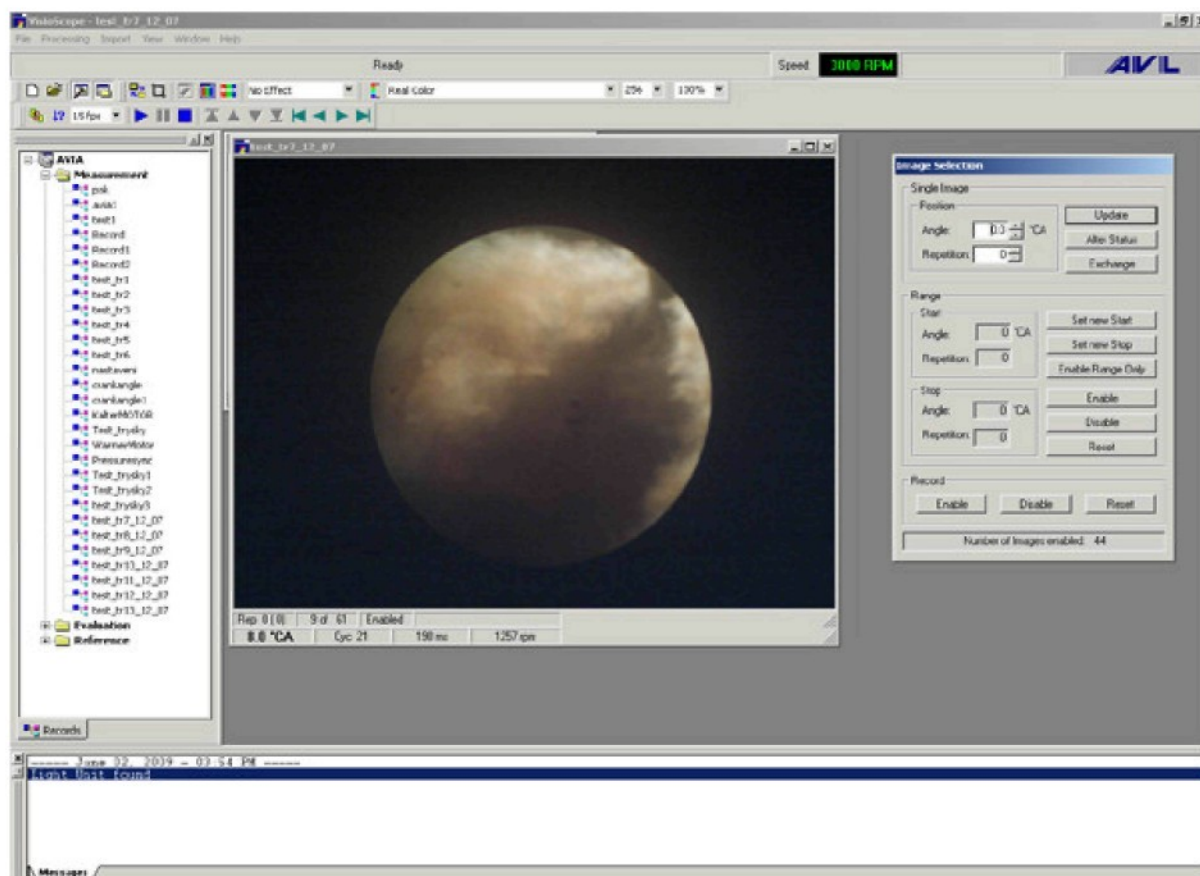
Laboratoř motorů TUL je jako jediná v České republice vybavena Visioscopem AVL. Tímto přístrojem je možné sledovat průběh hoření ve válci spalovacího motoru, průběh vstřikování do sacího kanálu, dění v převodovce a mnoho dalších běžným způsobem nepozorovatelných dějů. Ke sledování se používají endoskopy, které tvoří optická čočka opatřená skleněným krytem a optické vedení. Pro sledování dějů za vysokých teplot se používá endoskop chlazený stlačeným vzduchem o tlaku 6 barů. Nechlazený endoskop a přívodem světla se používá ke sledování dějů kde nejsou vysoké teploty. K endoskopu se připojí kamera, kterou se zaznamenávají probíhající děje do počítače. K dispozici je barevná VGA kamera PixelFly a černobílá vysoce citlivá kamera DicamPro. Visioscop AVL s chlazeným a nechlazeným endoskopem je

na obr. 25. Grafické prostředí programu AVL Visioscope 1.1 s ukázkou záznamu hoření je na obr. 26.



Obr. 25 Visioscop AVL s chlazeným a nechlazeným endoskopem





Obr. 26 Grafické prostředí programu AVL Visioscope 1.1 – zobrazení hoření ve válci motoru

## 4 Popis a uspořádání cizích laboratoří motorů

V rámci bakalářské práce jsem navštívil laboratoř motorů ČVUT v Praze a laboratoř motorů Škoda auto a.s. v Mladé Boleslavi.

### 4.1 Popis uspořádání a vybavení laboratoře motorů ČVUT

V jedné části laboratoře je umístěn válcový dynamometr do 200 kW a 200 km/h. Je zde také uzavřený stav na zkoušení převodovek.

V druhé části jsou čtyři oddělené boxy s brzdovými stanovišti. Ovládací stanoviště jsou oddělené v tzv. velíně. Pro sběr dat je použit software Labview a Testpoint.

Ve všech boxech jsou jeřáby o nosnosti 3 tuny, určené k manipulaci s motory a brzdami. Klimatizace pro odvětrání případných úniků plynů. Chladící voda z dynamometrů a motorů je svedena do jímky o objemu asi 3 m<sup>3</sup>. Kdyby se voda v jímce nestačila chladit, je k vodnímu okruhu připojena chladicí mikrověž. Celá budova má svojí vlastní trafostanici 22kV/400V a může dodávat elektrický proud vyrobený na brzdových stanovištích zpět do elektrické sítě.



## Box 1

Zde je umístěn asynchronní dynamometr VUES Brno ASD 440K-04. Je určen pro motory o výkonu do 440 kW a 6000 ot./min<sup>-1</sup>.

Druhý dynamometr v tomto boxu je MS 171 z roku 1966. Je to stejnosměrný dynamometr využívající Ward-Leonardovo soustrojí. To bylo předvedeno roku 1891 a brzy se stalo nejrozšířenějším způsobem plynulého řízení otáček elektrických motorů. V současné době se pro regulaci otáček a výkonu používá spíše asynchronní motor s frekvenčním měničem.

## Box 2

Zde je komutátorový dynamometr KS56B4 o výkonu 280 kW.

Druhým dynamometrem je v tomto boxu je SDG 225 KM5 od firmy Mezservis. Tento dynamometr je určen pro motory o výkonu do 247 kW a do 2900 ot./min<sup>-1</sup>.

## Box 3

Ve třetím boxu je stejnosměrný dynamometr 2DS 1036KV od firmy Mezservis. Je určen pro motory o výkonu do 315 kW při 3000 ot./min., jeho maximální otáčky jsou 4500 ot./min.

Jako druhá je zde vodní vířivá brzda WD 110 pracující na principu vířivých proudů. Je složena ze dvou stejných částí o výkonu 2 x 110 kW. Tato brzda se může používat jako jedna o výkonu 220 kW nebo dvě oddělené. Spojení se provádí sešroubováním dvou přírub. Její maximální otáčky jsou 6000 ot./min.

K měření paliva jsou zde dynamické váhy AVL 733. V tomto boxu se používají pro měření nafty.

Pro měření emisí je zde umístěn analyzátor spalin, který je složen z několika jednotlivých analyzátorů. URAS 14 pro měření NO<sub>x</sub>. URAS 10 pro měření CO<sub>2</sub> a CH<sub>4</sub>. URAS 3 pro měření CO. MAGNOS pro měření O<sub>2</sub>.

K měření viditelného kouře je zde Opacimetr AVL 4390, ten měří opticky množství světla pohlcené kouřem.

## Box 4

V tomto boxu je dynamometr 1DS 736-V od firmy Mezservis.

K zapojení se připravuje vířivá brzda Heenan&Froude pro měření motorů do 6000 ot./min.

K laboratoři motorů patří i elektrodílna a dvě dílny pro zámečnické práce. Poslední částí je aerodynamická trať pro měření vírových vlastností sacích kanálů. K vytváření podtlaku slouží křídlový kompresor.

Laboratoř je velmi dobře vybavena, je možné měřit více motorů současně. Není zde problém s hlučností. Nevýhodou boxového uspořádání jsou poměrně malé průchody mezi jednotlivými boxy, což může ztěžovat manipulaci s nově umísťovanými motory.

## **4.2 Popis uspořádání a vybavení laboratoře motorů ŠKODA AUTO**

### **a.s.**

Brzdová stanoviště jsou rozmístěna v boxech, mezi nimi jsou v chodbě umístěna ovládací stanoviště.

Všechny boxy jsou vybaveny rozvodem pěti kapalných paliv. Přívodem vzduchu s úpravou vlhkosti a teploty. Cirkulace vzduchu udržuje stálou teplotu 25°C. Požadovanou teplotu vody, oleje a paliva udržují výměníky. Pro chlazení vířivých brzd je voda upravována proti zanášení vodním kamenem. Všechna stanoviště jsou vybavena odvodem výfukových plynů.

Z důvodu bezpečnosti jsou u všech stanovišť umístěny snímače CO, teploty a paliva. V případě nebezpečí požáru je uzavřen přívod paliva a jsou přivoláni hasiči.

Jednotlivé brzdy jsou umístěny v boxech, některá stanoviště mají zvláštní vybavení.

1. Schenck 150 kW vířivá

2. Schenck 240 kW vířivá

3. Schenck 130 kW vířivá

4. Schenck 130 kW vířivá

Tato brzda používá ovládací software Venus 3.15 Alpha od firmy Volkswagen, program se upravuje podle požadavků zkoušky. Stanoviště je vybaveno měřením hluku v prostoru.

5. Schenck 130 kW používá ovládání Schenck x-one.

6. Schenck asynchronní

Tato brzda je vybavena frekvenčním měničem. Má rychlé reakce. Dokáže simulovat řazení a může protáčet motor. Je zde umístěno průtokové měření paliva.

7. AVL 240 kW vířivá je ovládána systémem AVL PUMA 5.

8. AVL 130 kW asynchronní

Na stanovištích 5. a 6. je možné měřit emise pomocí spektrometru, který měří úbytek intenzity světla v různých spektrech. Na těchto stanovištích je také možné měřit koncentrace CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O, aromatické uhlovodíky a vodní páru.

K 7. a 8. stanovišti je přiveden rozvod cejchovních plynů.

Analyzátorem spalín Horiba je možné měřit koncentrace CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>. Koncentrace NO<sub>x</sub> a HC se měří infračerveným analyzátozem. THC plameno-ionizačním analyzátozem.

Tato laboratoř je dobře vybavena na dlouhodobé zkoušky, vzhledem k brzdovým stanovištím umístěným v boxech. Jako jediná je vybavena měřením hlučnosti v prostoru.

## **5 Porovnání laboratoří**

Z hlediska stavebního uspořádání vybočuje laboratoř TUL svým halovým uspořádáním, které bylo obvyklé v době výstavby roku 1965. Toto uspořádání má nevýhodu v hlučnosti provozu a nevyhovuje dnešním požadavkům na pracovní prostředí. Technickou výhodou zůstává odvětrání velkého prostoru, což se osvědčuje zejména při experimentech s plynnými palivy.

Z hlediska počtu a typu výkonových brzd. Pro vysoké výkony ( 600 – 700 kW ) vyhovují pouze vodní brzdy Schenck v TUL, jsou ovšem omezeny pro stacionární testy. Vířivé brzdy Schenck jsou ve všech sledovaných laboratořích, poněkud lépe vybavené PC řízením a sběrem dat v TUL a Škoda auto a. s. Nestacionární testy jsou měřeny asynchronními střídavými dynamometry, které jsou v Škoda auto a TUL. Stejnoseměrné dynamometry v ČVUT, mají větší moment setrvačnosti rotoru.

Z hlediska infrastruktury rozvodu paliv. TUL má pevné rozvody na plynná paliva, které jsou přivedené ke všem stanovištím. Jedná se o rozvody středního a vysokého tlaku vodíku, zemního plynu a kapalného propan-butanu. Kapalná paliva (nafta, benzín) jsou v mobilních zásobnících. Škoda auto a.s. i ČVUT má pevné rozvody na kapalná paliva (nafta, benzín). Přívod plynných paliv na ČVUT není na takové úrovni jako v TUL. Škoda auto a. s. plynná paliva nepoužívá.

Z hlediska vybavenosti měřicí technikou. Indikační technikou pro měření změn tlaku ve válci motoru disponují všechna pracoviště. Optickou vizualizační techniku (Visioscope AVL) a měření vysokých koncentrací vodíku (H-Sence) disponuje jen TUL. Jen laboratoř Škoda auto a.s. je vybavena měřením hlučnosti v prostoru a ČVUT jako jediná disponuje aerodynamickou tratí pro měření vírových vlastností sacích kanálů.

## **6 Návrhy na zlepšení stavu a modernizace**

### **Přesunutí ovládání některých brzd do velína**

Z důvodu hlučnosti běhu motorů mohou pracovat jednotlivá stanoviště pouze samostatně. Stanoviště číslo 2, 3, 4 a 5 mají ovládání v oddělené místnosti. V zadní části laboratoře je nad hlavním rozvaděčem ovládací kabina (obr.27), která dříve sloužila k ovládání stanoviště číslo 10. Byly zde prováděny především dlouhodobé

zkoušky a obsluha tak byla ušetřena hluku motoru. Z důvodu původního účelu této kabiny by bylo vhodné přesunout ovládání brzdových stanovišť číslo 9 a 10 do této kabiny.

V případě měření na stanovišti číslo 9 nebo 10 by bylo možné současně měřit i na některém ze stanovišť číslo 2, 3, 4, 5, kde je ovládací stanoviště umístěno v odhlučněné místnosti. Zároveň by nevznikl problém s přetížením elektrické sítě, protože tato stanoviště jsou chlazena vodou.

Ztratila by se tím výhoda poslechu motoru a v případě nežádoucích zvuků možnost dřívějšího rozpoznání nebezpečí havárie motoru. Tato výhoda není zanedbatelná, ale dnešní moderní laboratoře používají ovládací stanoviště oddělené a odhlučněné od boxů s brzdovými stanovišti. Jednou z možností je i reprodukováný zvuk motoru o nižší úrovni hlasitosti.



Obr. 27 Ovládací kabina (Velín)

### **Dynamická váha na palivo**

Umístění dynamické váhy na palivo k nejmodernější brzdě na stanovišti číslo 6 by zpřesnilo měření spotřeby paliva. Spotřeba paliva by mohla být při měření zaznamenávána přímo ovládacím softwarem.



## **Chlazení motorů**

Chlazení motorů je řešeno samostatně pro každý motor zvlášť. U stanoviště číslo 6 je použitý klasický motorový chladič. Ten je umístěný v nádrži s vodou. Do té je puštěna voda z vodovodního řadu a po ohřátí je vypouštěna do kanálu, toto řešení je neekonomické a spíše provizorní. V případě použití výměníku by bylo možné chladicí okruh motoru ochlazovat okruhem napojeným na chladicí okruh dynamometrů chlazených vodou využívající vodu z bazénu.

## 7 Závěr

V bakalářské práci je sepsána souhrnná dokumentace současného stavu laboratoře motorů KVM – TUL. Obsahuje popis laboratoře motorů, rozmístění jednotlivých brzdových stanovišť, jejich vybavení a příslušenství. Popis společného mobilního příslušenství využívaného u více stanovišť.

Součástí bakalářské práce jsou také návrhy na úpravy a modernizaci současného stavu laboratoře.

Laboratoř motorů KVM – TUL má odlišnou koncepci halového uspořádání než navštívené laboratoře ČVUT v Praze a Škoda auto a. s. v Mladé Boleslavi, které mají stanoviště oddělena v boxech. I přes nevýhody v hlučnosti a tím omezení použití více brzd současně má toto uspořádání výhody v nižší náchylnosti na odvětrání laboratoře vzhledem k několikanásobně většímu objemu vzduchu v laboratoři. Další velkou výhodou je použití mobilních analyzátorů pro měření emisí výfukových plynů a pevných částic, které je možné používat u všech brzdových stanovišť.

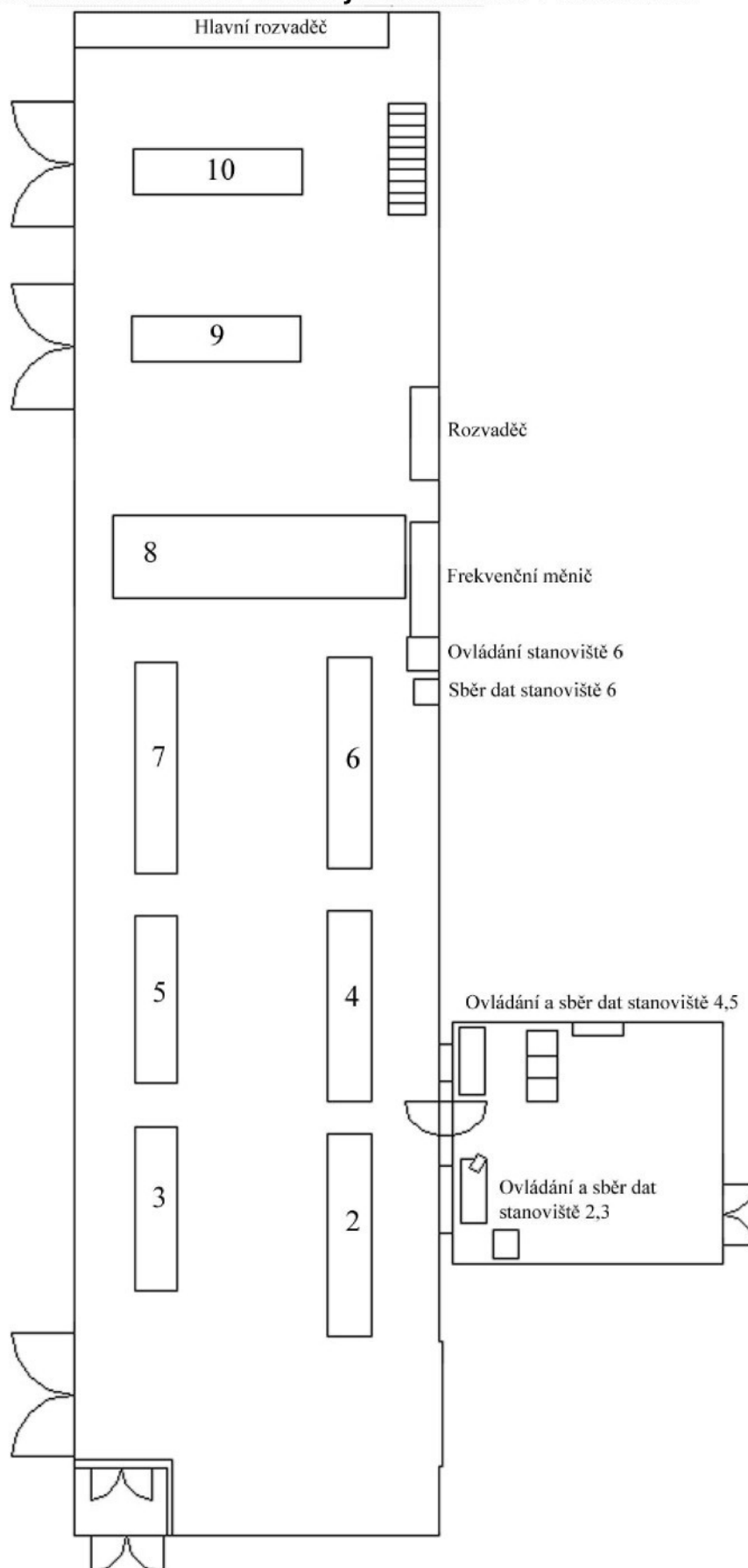
Z hlediska přístrojového vybavení jsou na vysoké úrovni vybavenosti pracoviště zejména Škoda auto a. s. a TUL. TUL má navíc špičkovou techniku pro vizualizaci dějů uvnitř válce nebo sacích a či výfukových traktů. Rovněž jedinečné je i zařízení H – Sence pro měření koncentrací vodíku ve výfukových plynech či v karteru motoru. ČVUT má dlouhodobou tradici v optimalizaci průtokových vlastností kanálů spalovacích motorů a experimentech s vodíkem. TUL má dlouhodobou tradici v optimalizaci plynových motorů na LPG, CNG a vodík a v poslední době se objevují kapalná alternativní paliva.

Cílem je také využití dokumentace katedrou vozidel a motorů k získávání nových zakázek vědy a výzkumu.

## Seznam použité literatury:

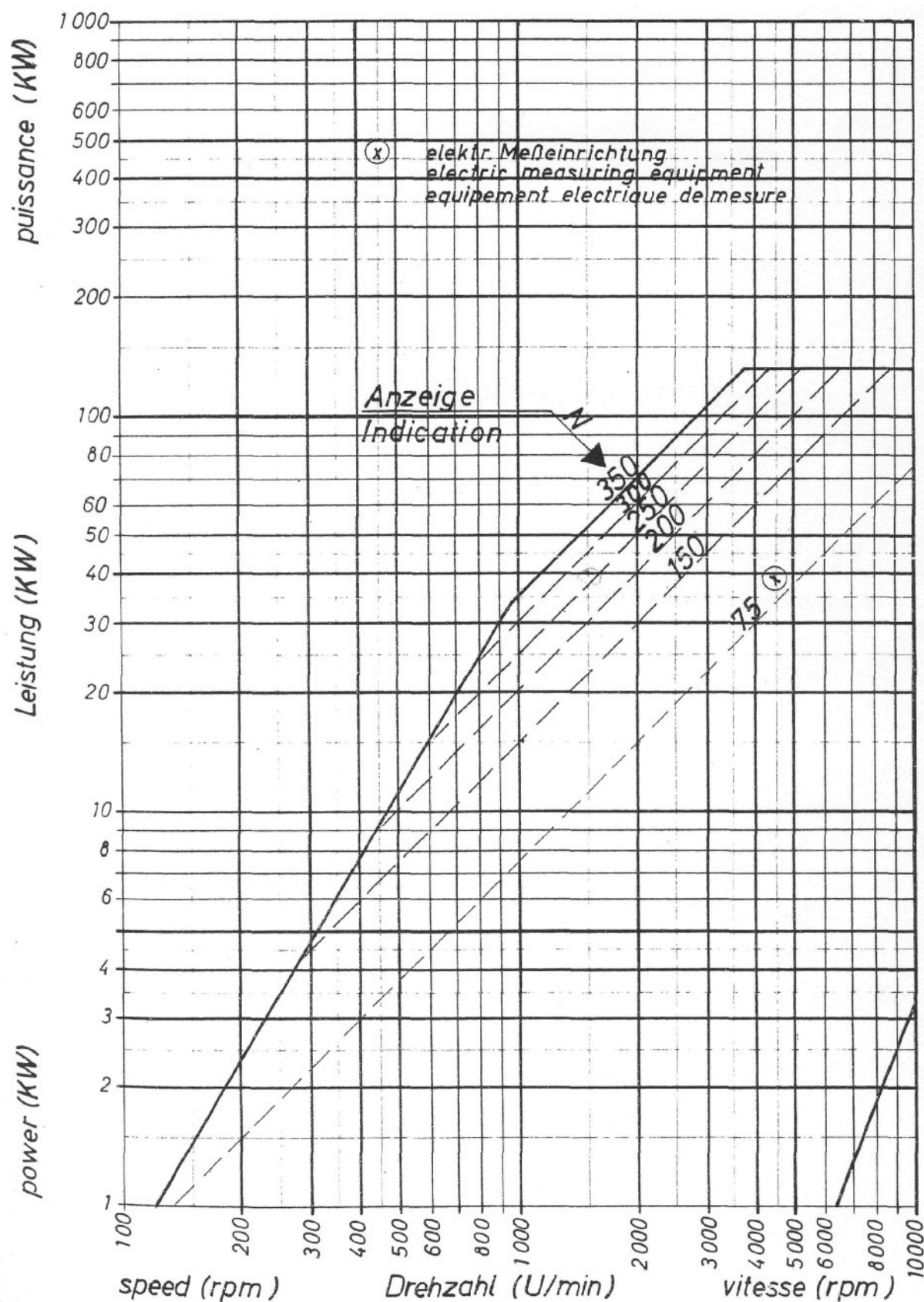
1. Vlk František: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel, 1. vydání, Brno 2001
2. Jiří First a kol.: Zkoušení automobilů a motocyklů Příručka pro konstruktéry, 1. vydání, Praha, 2008
3. Bohumil Ferenc: Spalovací motory Karburátory a vstřikování paliva, 1. vydání, Praha, 2004
4. Michal Takáts: Měření emisí spalovacích motorů, 1. vydání, Praha 1997
5. Václav Bartoš a kol.: Elektrické stroje, 1. vydání, Plzeň, 2006
6. Tomáš Jarošek: Zkušební stanoviště W 150 (Schenck), 2001
7. Pracovní příručka Vířivé dynamometry řady WT, 1999
8. Pracovní příručka AVL 733S Dynamický měřič spotřeby paliva, 1999
9. Zařízení pro teplotní stabilizaci PIKAZ – VDZ, Brno, 2000
10. Wirbelstrom-Leistungsbremsen WT 190, 2000
11. Betriebsanleitung für hydraulische Leistungsbremse DYNABAR D630-1
12. Betriebsanleitung Motorenprüfstand mit Hydraulischer Leistungsbremse D 700-1e, 1989
13. Zkušební stanoviště s asynchronním dynamometrem ASD
14. Návod k obsluze a údržbě zkušebního zařízení OKC na stanovení oktanových čísel motorových paliv, Brno, 1956
15. EVIS – L102 Řídící jednotka zkušebního jednoválce
16. Slavomír Bezouška: DP Zvýšení rychloběžnosti zkušebního pístového motoru, Liberec, 1999
17. Hynek Drozda: DP Přepínání jednoválcového zkušebního motoru OKC-Oktan, Liberec, 2000
18. Komutátorový dynamometr KS 56B-4, 1960

**Příloha 1: Schéma rozmístění brzdových stanovišť v laboratoři:**

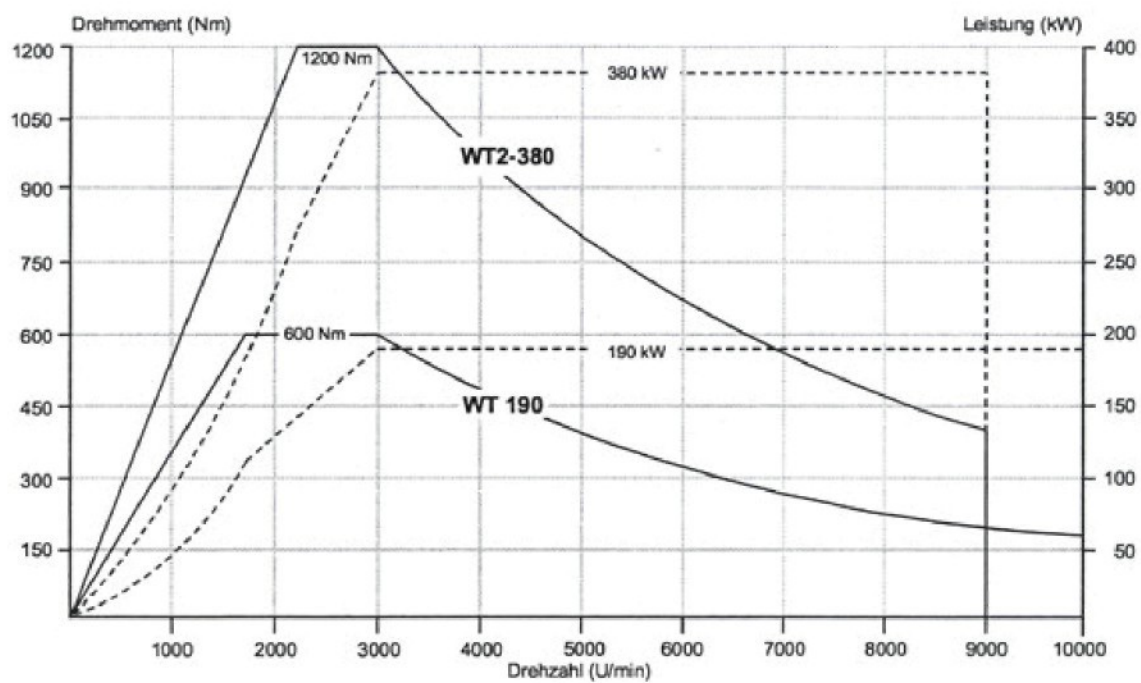




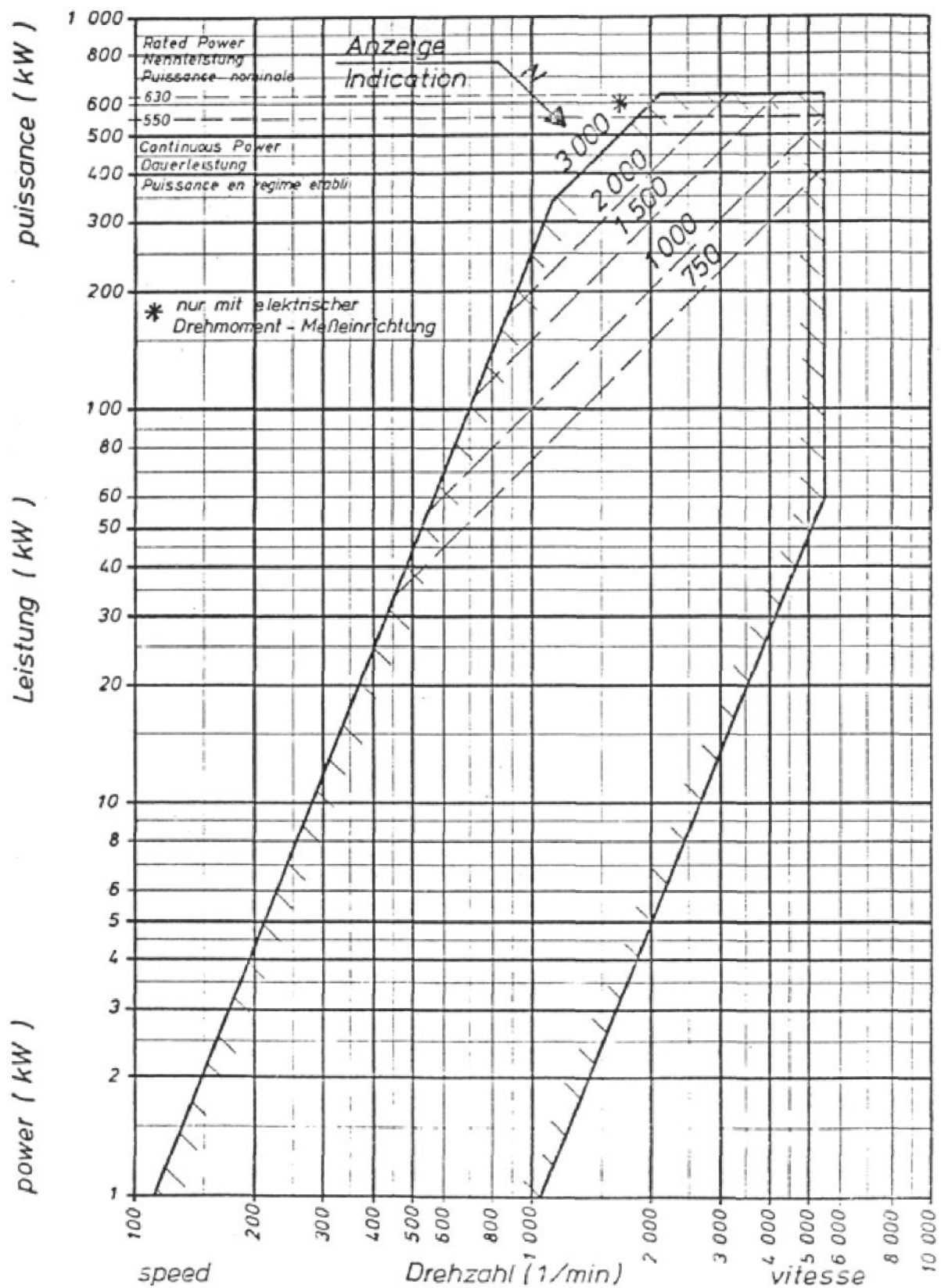
**Příloha 2: Stanoviště 2 charakteristika dynamometru Schenck WT 150:**



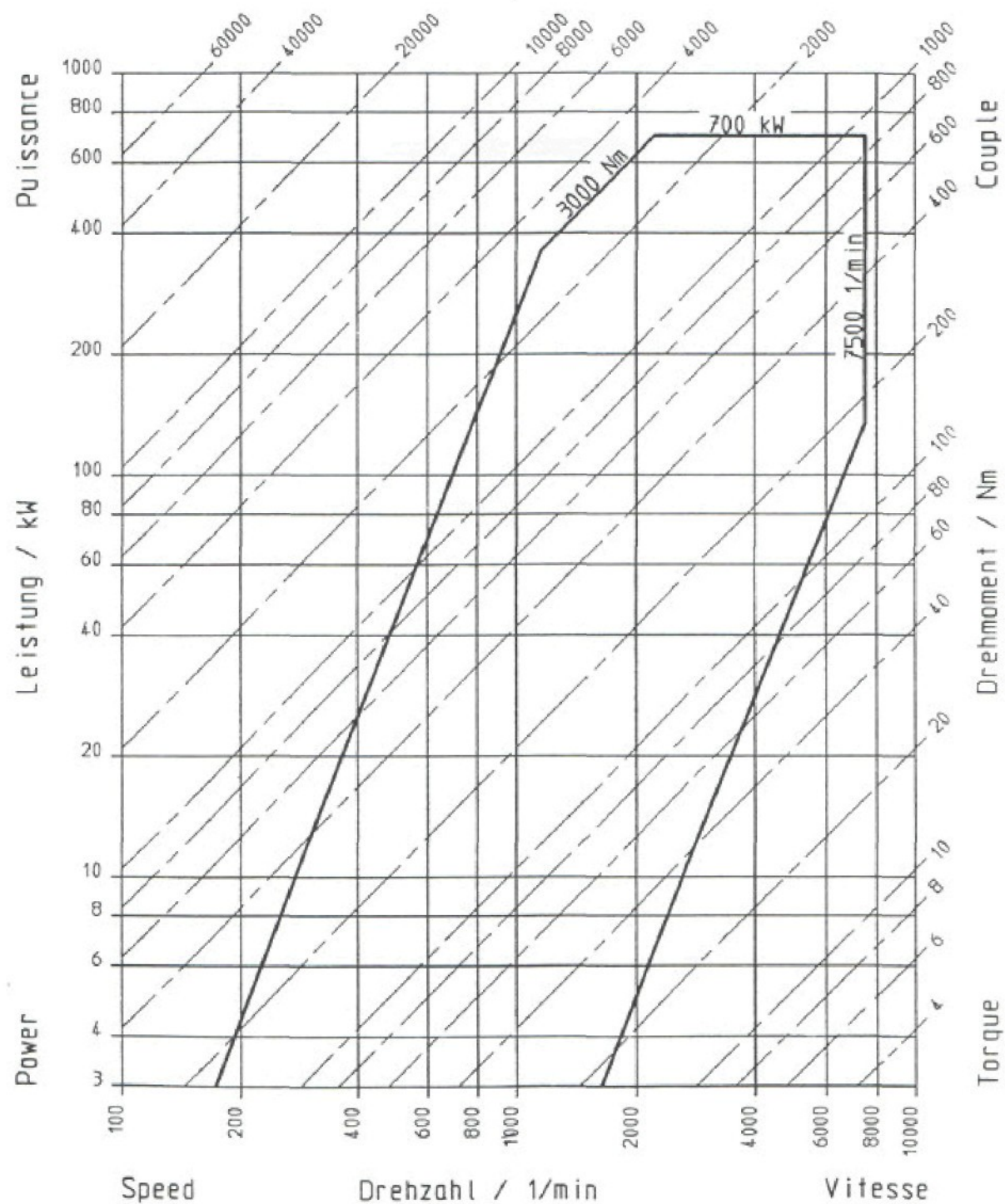
### Příloha 3: Stanoviště 3 charakteristika dynamometru Schenck WT 190:



Příloha 4: Stanoviště 4 charakteristika dynamometru Schenck D 630 – 1:



**Příloha 5: Stanoviště 5 charakteristika dynamometru Schenck D 700 – 1e:**

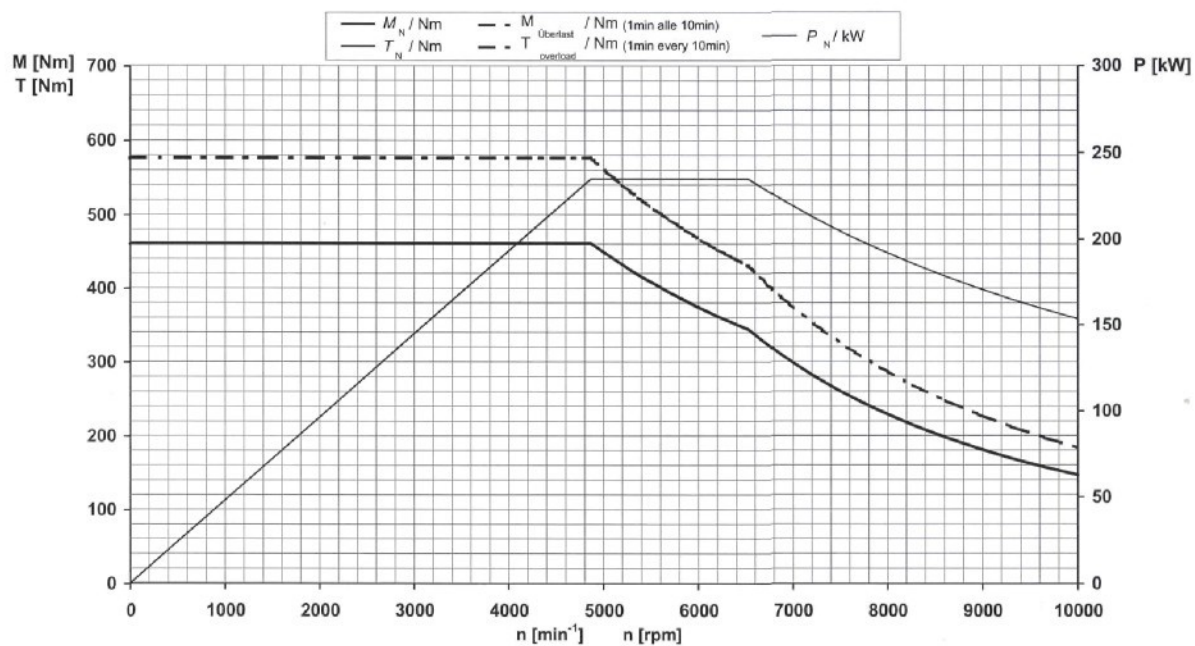


## Příloha 6: Stanoviště 6 charakteristika dynamometru ASD 235 M250:

Elektrische Maschinen, Antriebssysteme und Anlagen

**SCHORCH**

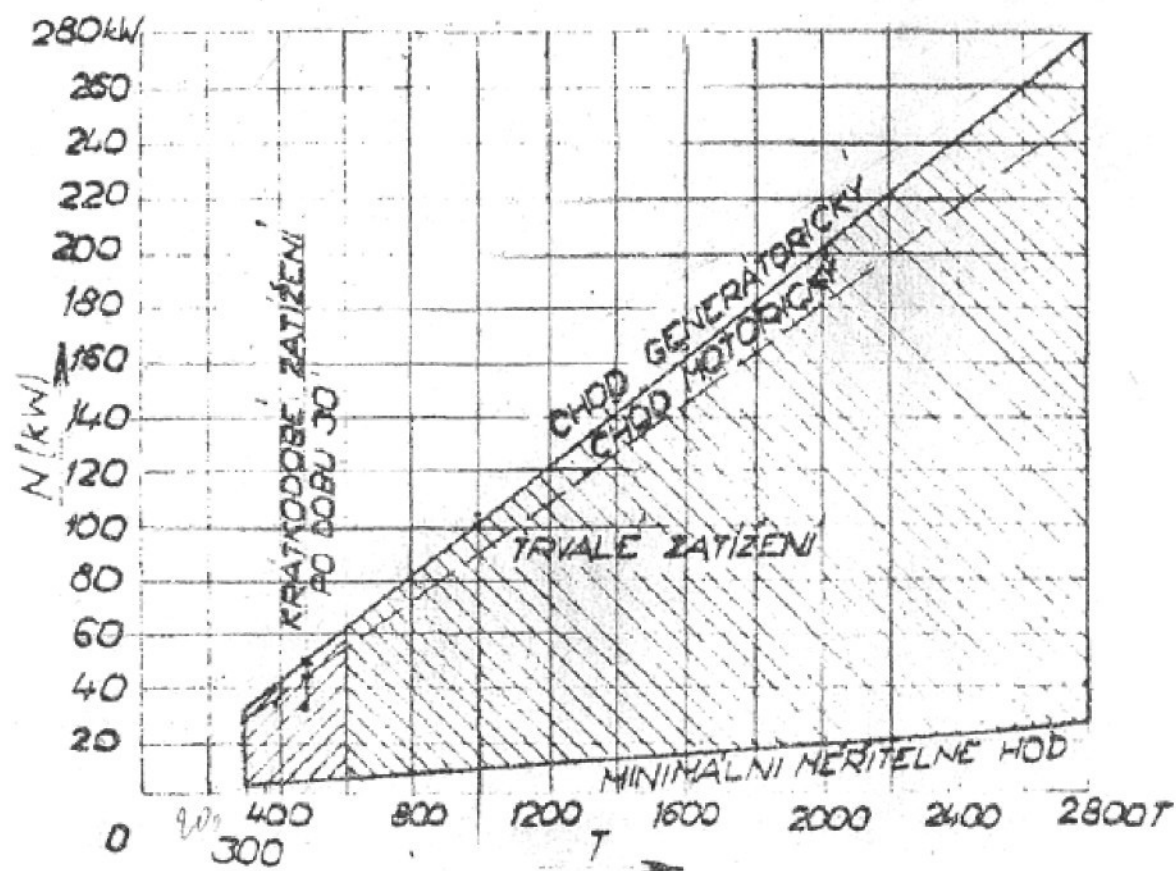
LN8 250MAZ83Z-Z

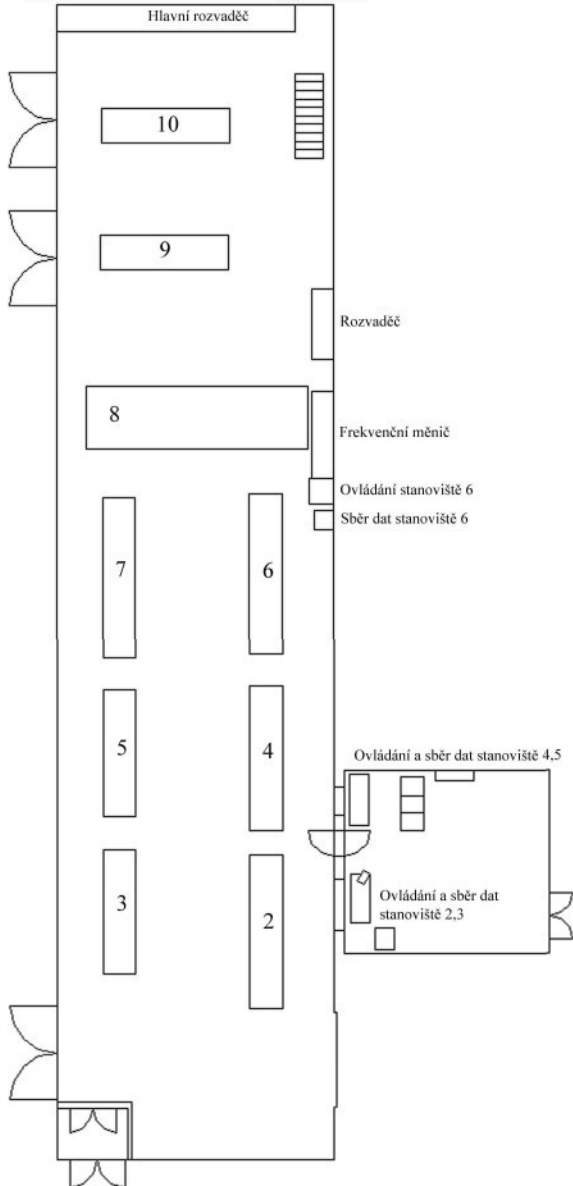


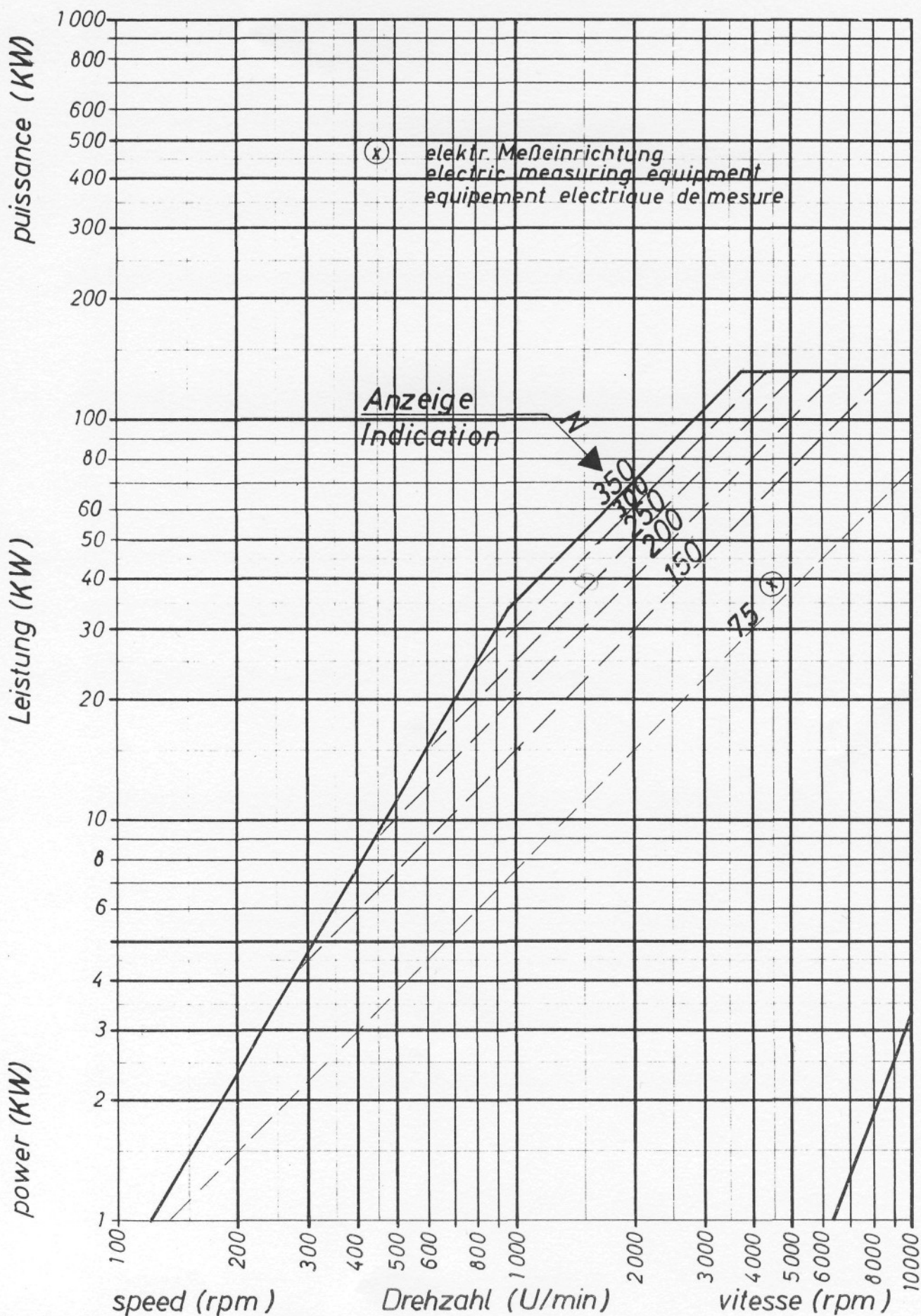
Drehzahl - Drehmomenten - Kennlinien (motorisch)  
torque speed characteristic (motor operation)



Příloha 7: Stanoviště 9 a 10 charakteristika dynamometru KS 56B – 4:







Name

Datum

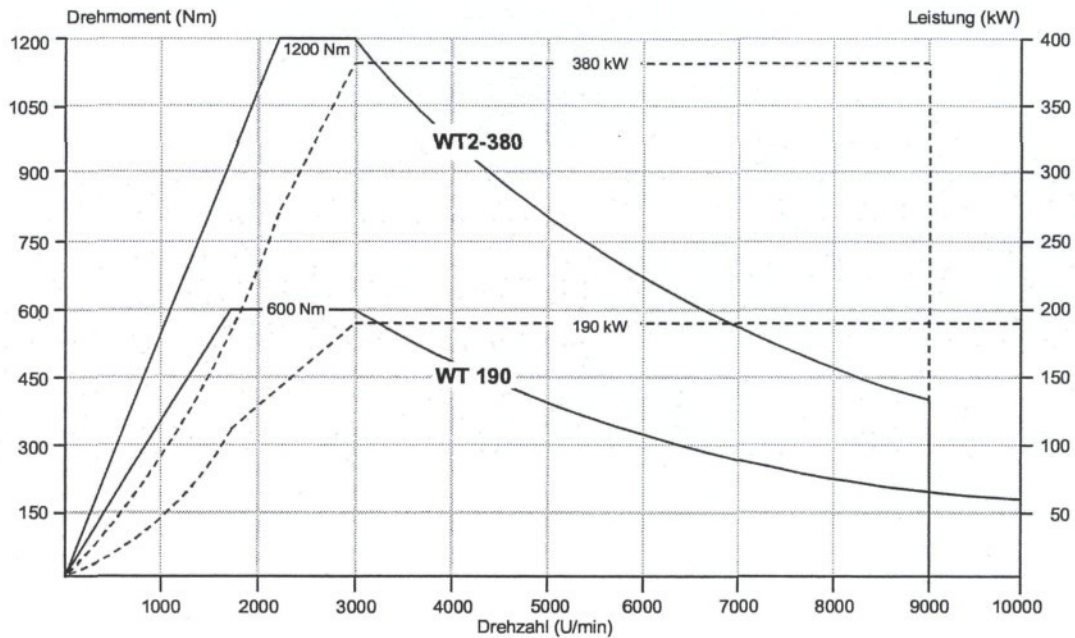
Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte nicht gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz und können strafrechtliche Folgen haben.

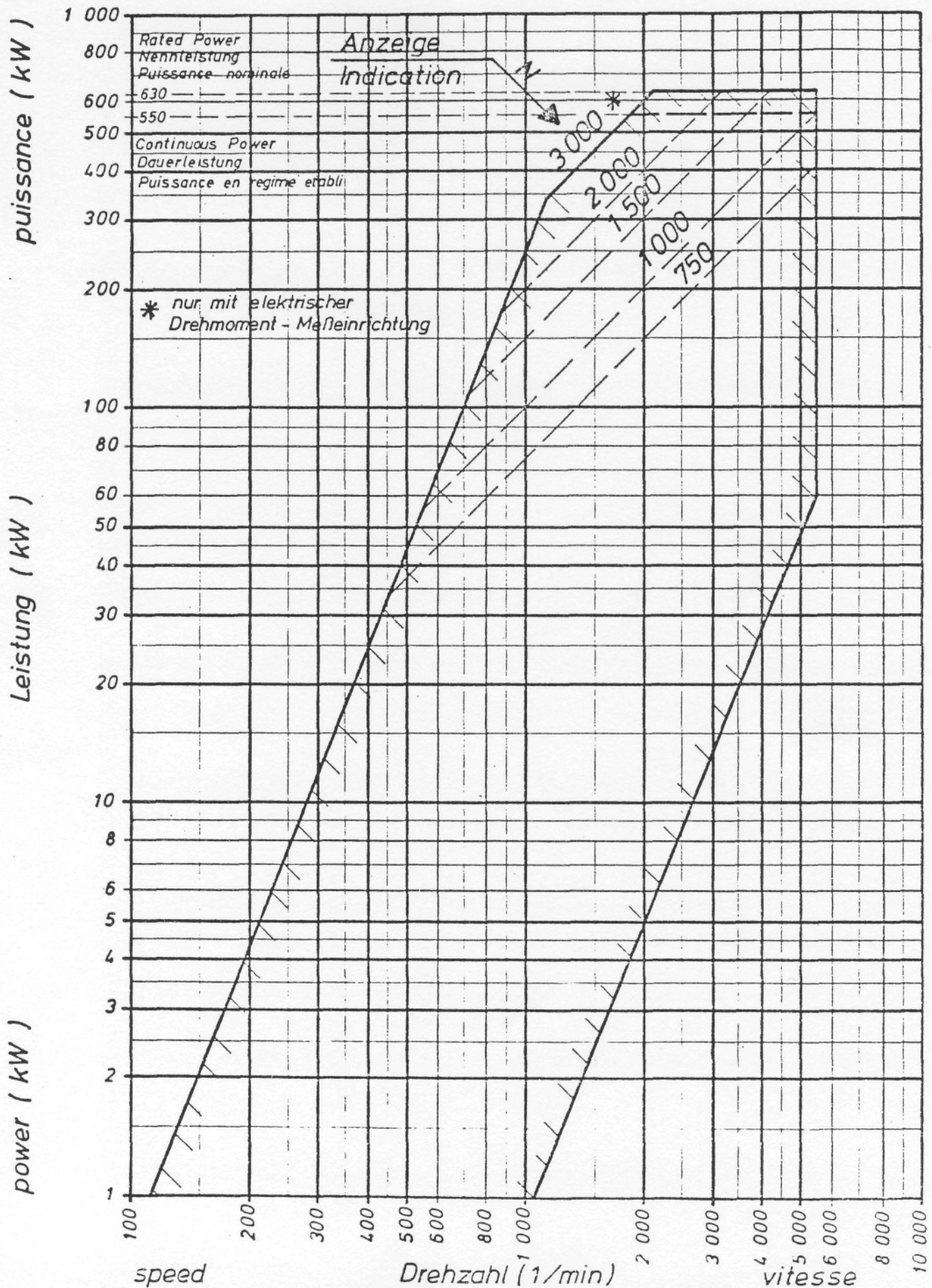


Carl Schenck  
Maschinenfabrik GmbH Darmstadt

D<sub>1</sub> 3.2

## 2.5.1. Leistungsbereich WT 190 und WT2-380





|         |       |       |
|---------|-------|-------|
| Kr.     | 14.77 | Datum |
| Schüßer | 14.77 | Name  |

Für diese Unterlage behalten wir uns alle Rechte gemäß DIN 34 Abschnitt 2.1 vor

**CARL SCHENCK AG**  
D-61 Darmstadt

282



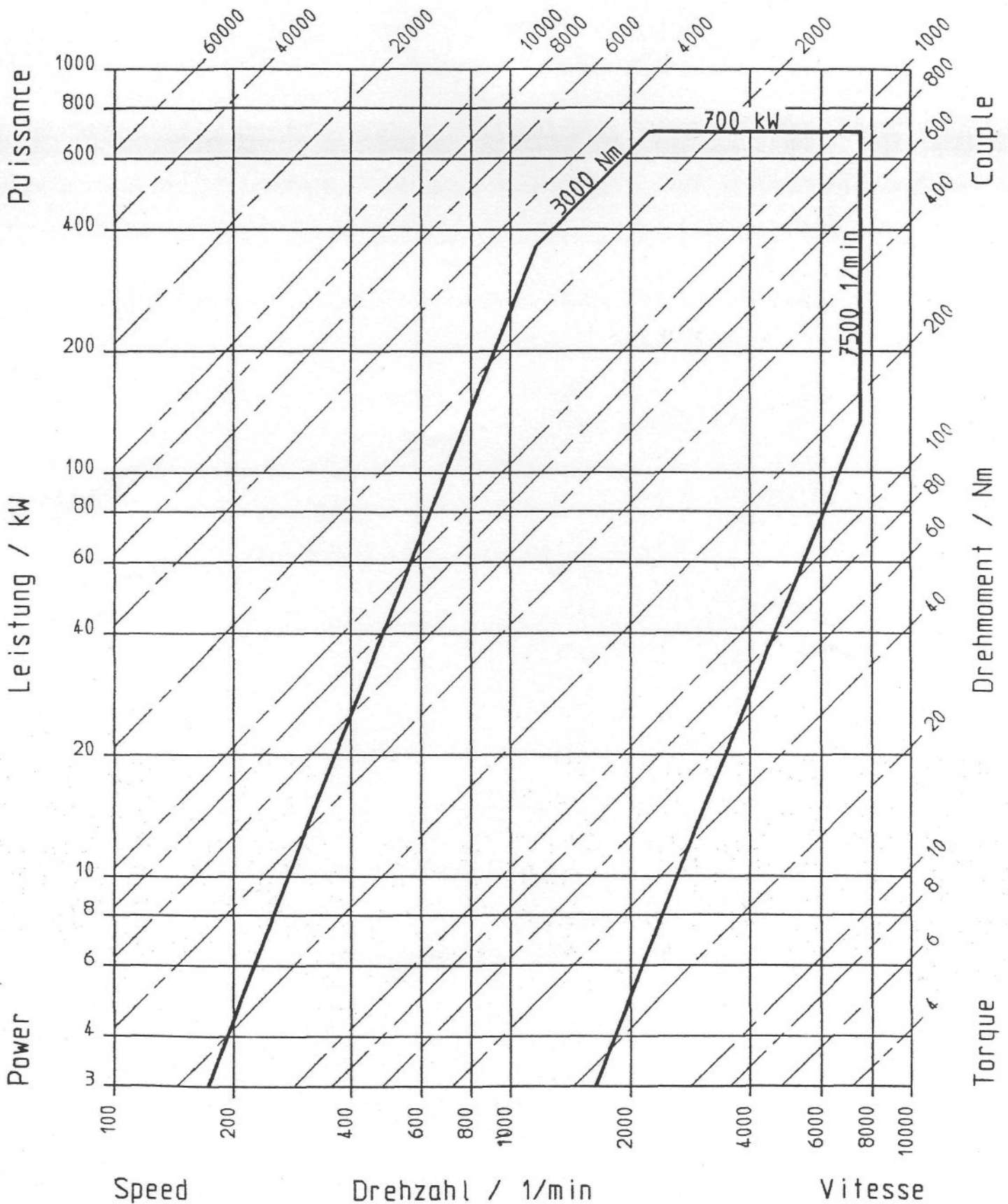
# Hydraulische Leistungsbremse

 SCHENCK

## Hydraulic Dynamometer

## Frein hydraulique

# D 700-1



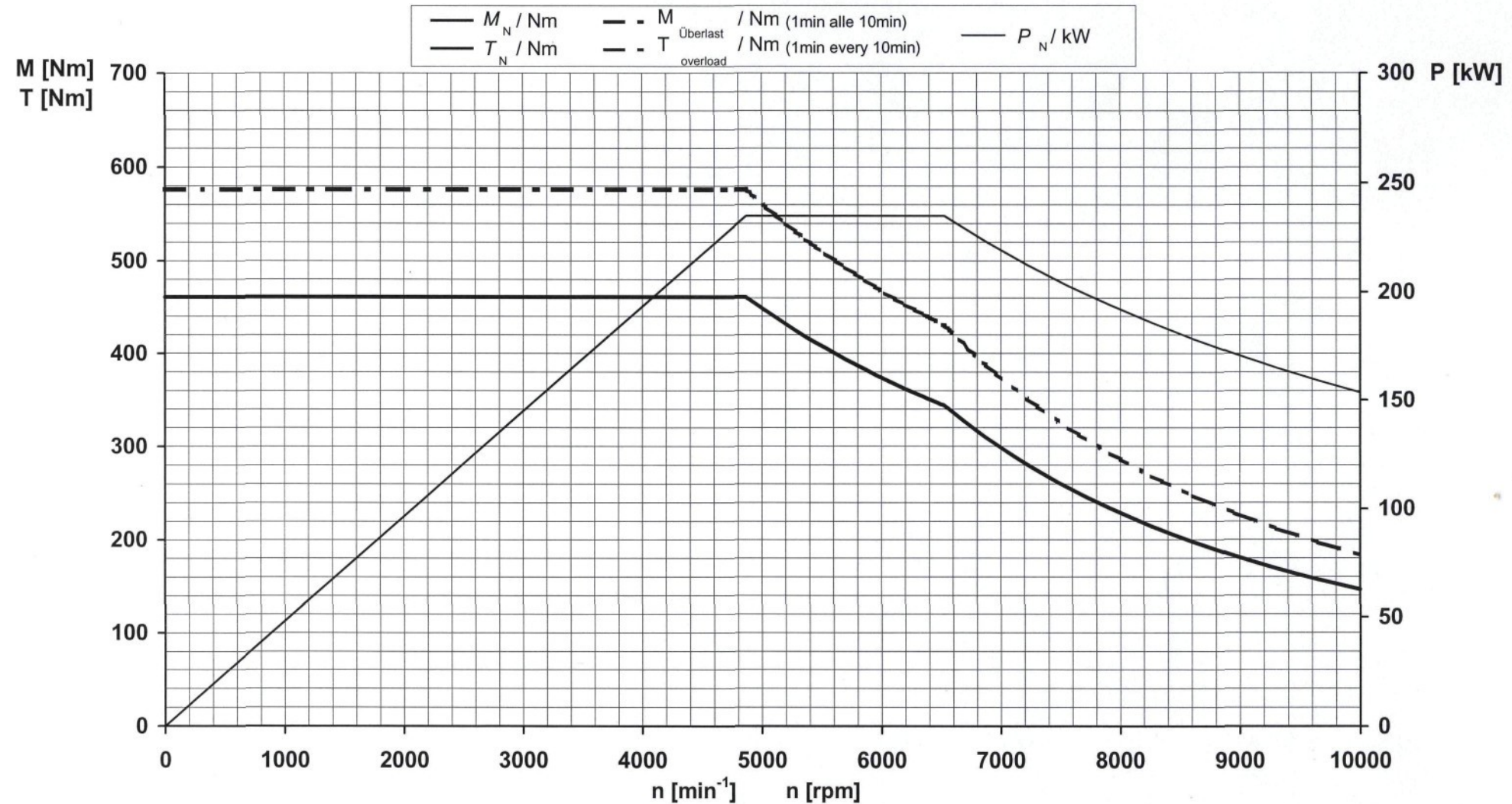
Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage ist nicht gestattet. Alle Eigentums- und Urheberrechte verbleiben bei CARL SCHENCK AG.

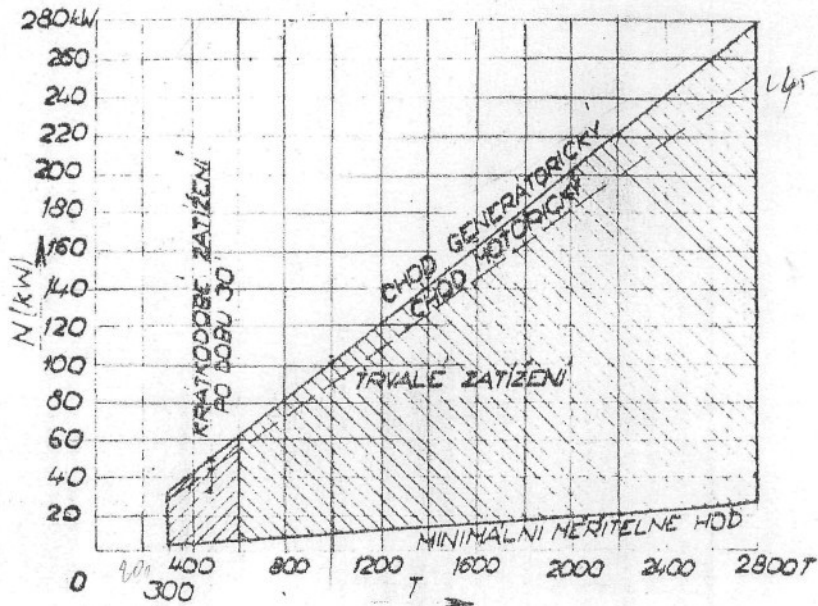
Transmission to third parties and reproduction of this document are not permitted. CARL SCHENCK AG reserve any rights of ownership and copyrights.

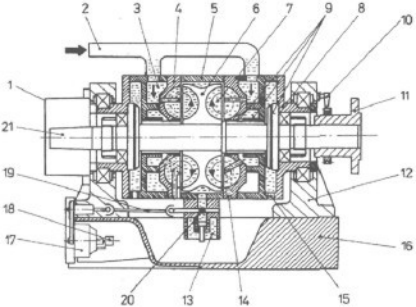
La reproduction et la remise de ces documents à une tierce personne sont interdites. Tous droits de propriété et d'auteur sont réservés à la SA CARL SCHENCK.

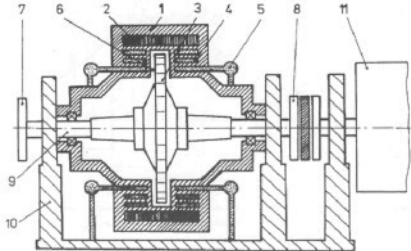
DLP6 610

## LN8 250MAZ83Z-Z

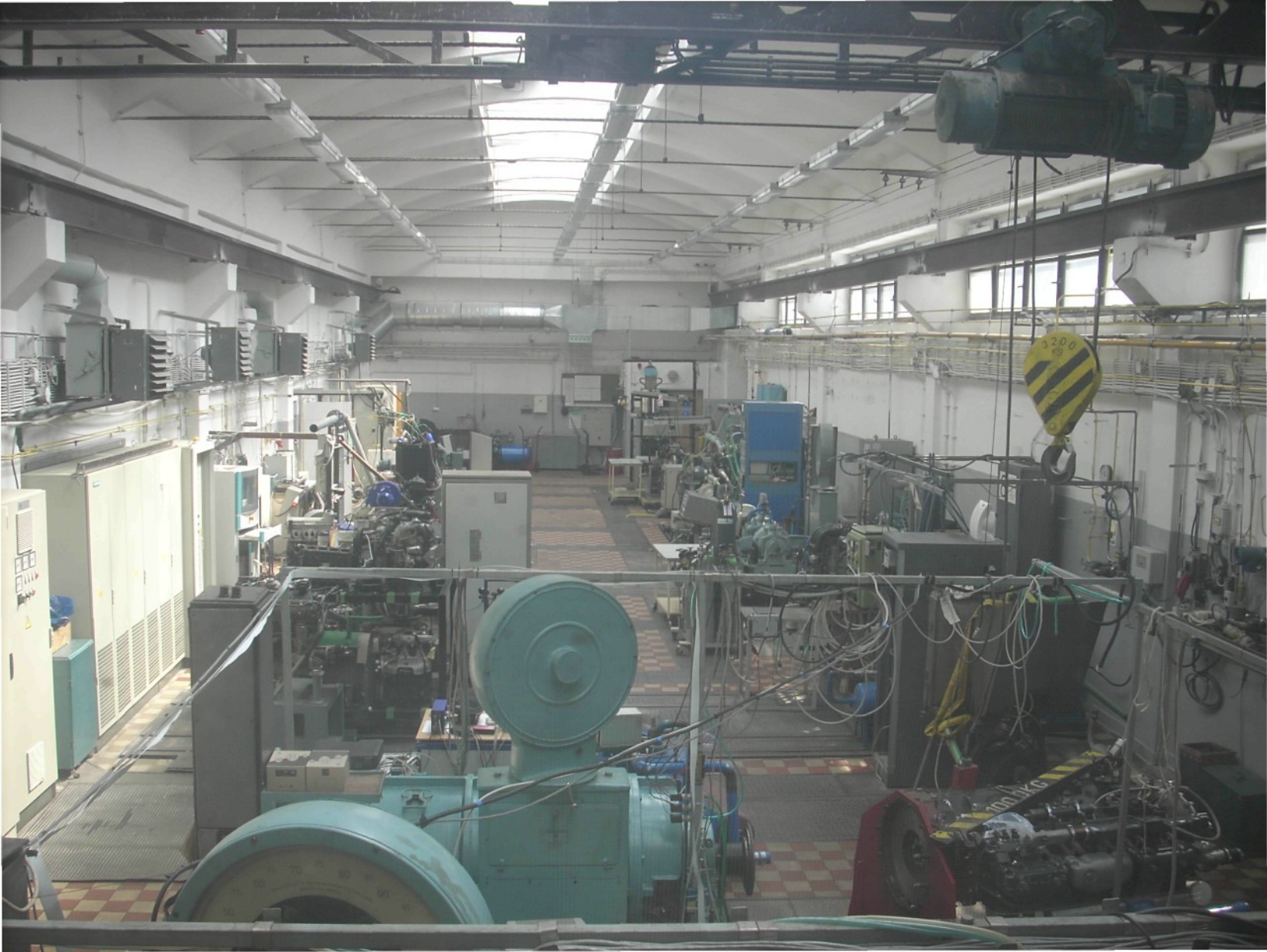




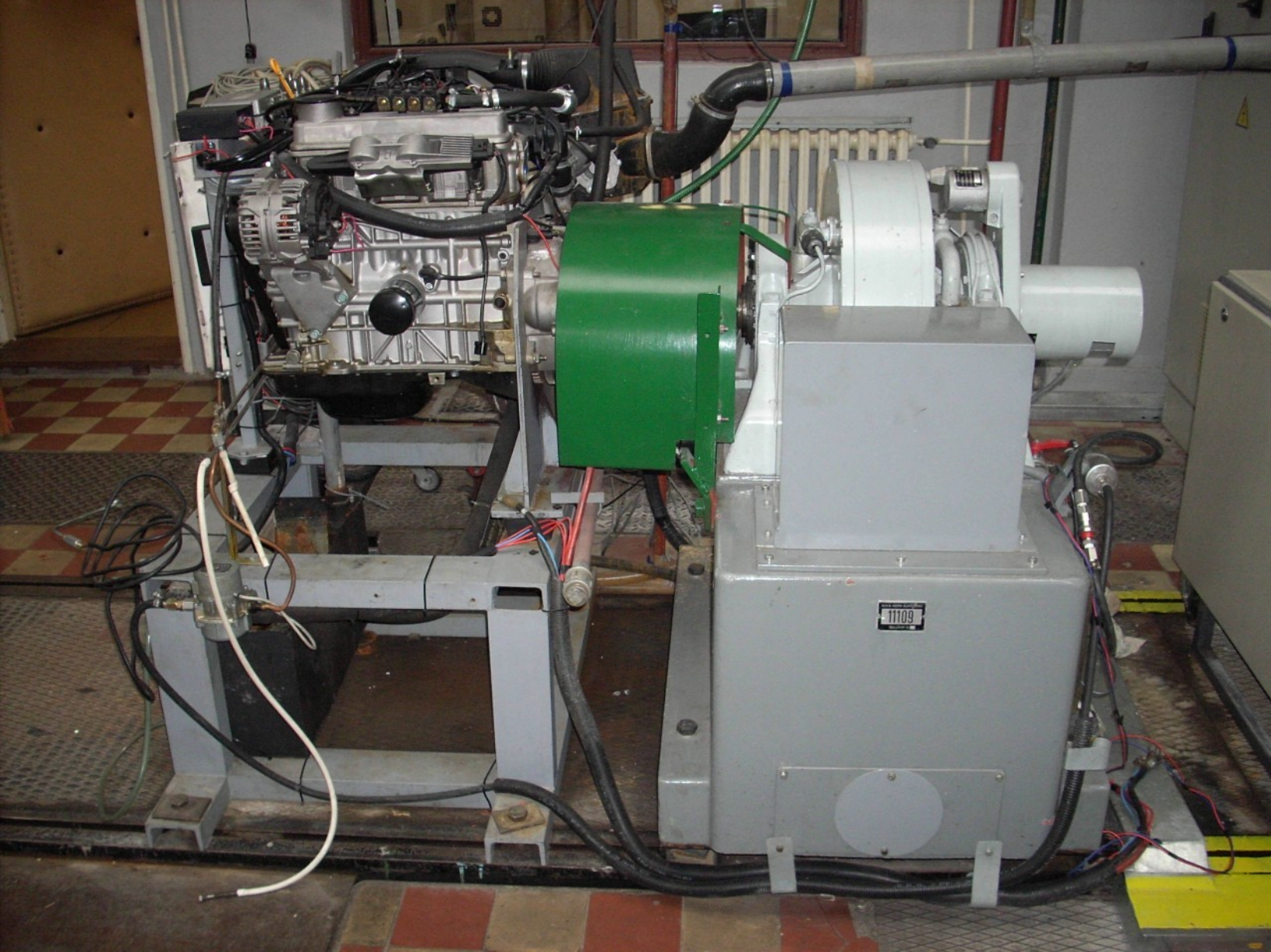


















|          |         |            |             |       |          |         |            |             |       |
|----------|---------|------------|-------------|-------|----------|---------|------------|-------------|-------|
| Ovládání | Přehled | Přehled II | Přehled III | Grafy | Grafy II | Skripty | Regulátory | Regulátory2 | Audit |
|----------|---------|------------|-------------|-------|----------|---------|------------|-------------|-------|

0%

0%

0%

Otáčky žádané

Moment žádaný

Servo žádané

0

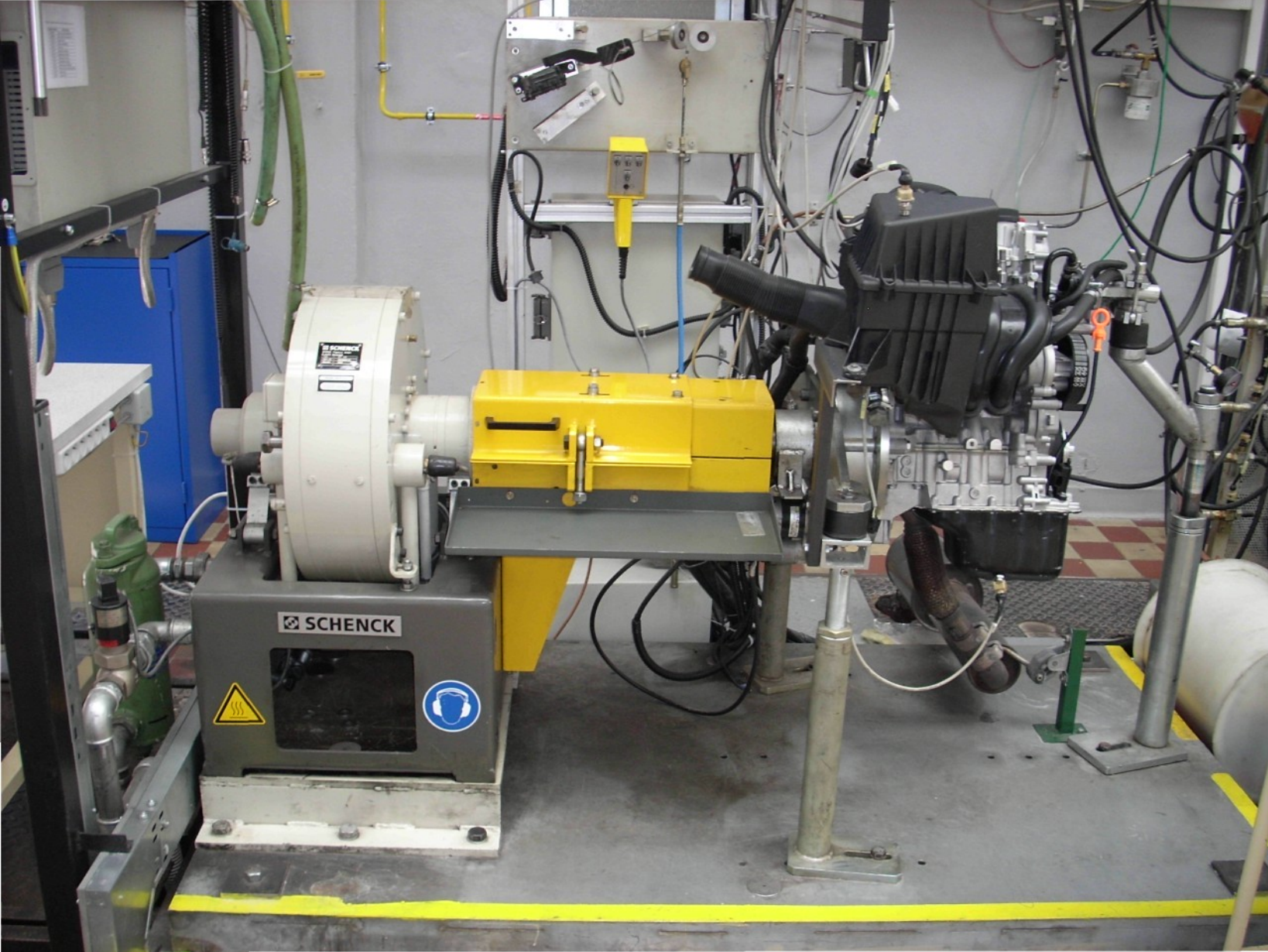
0

0

Krok

☒ 1 ☐ 5 ☐ 10 ☐ 50 ☐ 100 ☐ 500







Ruční zkouška: n = k.

Automatická zkouška: Neří navržena

Automatický krok: -

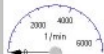
14:46:24 M\_vzd - podřezání mazel

14:46:24 M\_vzd - hodnota v mezích

Čas: 14:46:24

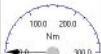
Zkouška: 0:00:00

Motor: 0:00:00



OTACKY

0



MOMENT

1.0



KLAPKA

0.0



VÝKON

0.0

0

OTACKY\_ZH  
[1/min]

26.7

T\_OLEVS [C]

0.01 ↓

P\_OLEJ [MPa]

0.00

P\_ISO [kW]

0.0

MT\_ZH  
[N]

24.5

T\_OLEVY [C]

1

P\_PALIV B [MPa]

1.1

MT\_ISO [Nm]

0.0

KLAPKA\_ZH  
[%]

24.7

T\_VOĐVY [C]

11

P\_VOĐA2 [MPa]

0.0

PE\_ISO [MPa]

0.000

SH  
[kg/hod]

24.7

T\_VOĐVY [C]

0.2

P\_SAG [MPa]

1.048

ISOKOR [-]

0.0

SWERISO  
[g/kWh]

26

T\_VYF14 [C]

-1.0

P\_VYFVK [MPa]

43.3

REL\_VLH [C]

22

T\_VYF23 [C]

-0.6

P\_VYFZK [MPa]

966

P\_BAROM [mbar]

26.4

T\_PHOŠT [C]

27.4

T\_VZDZT [C]

-0.2

P\_VZDZT [MPa]

26.8

T\_VZD [C]

27.8

T\_VZDZH [C]

0.2

P\_VZDZH [MPa]

25.2

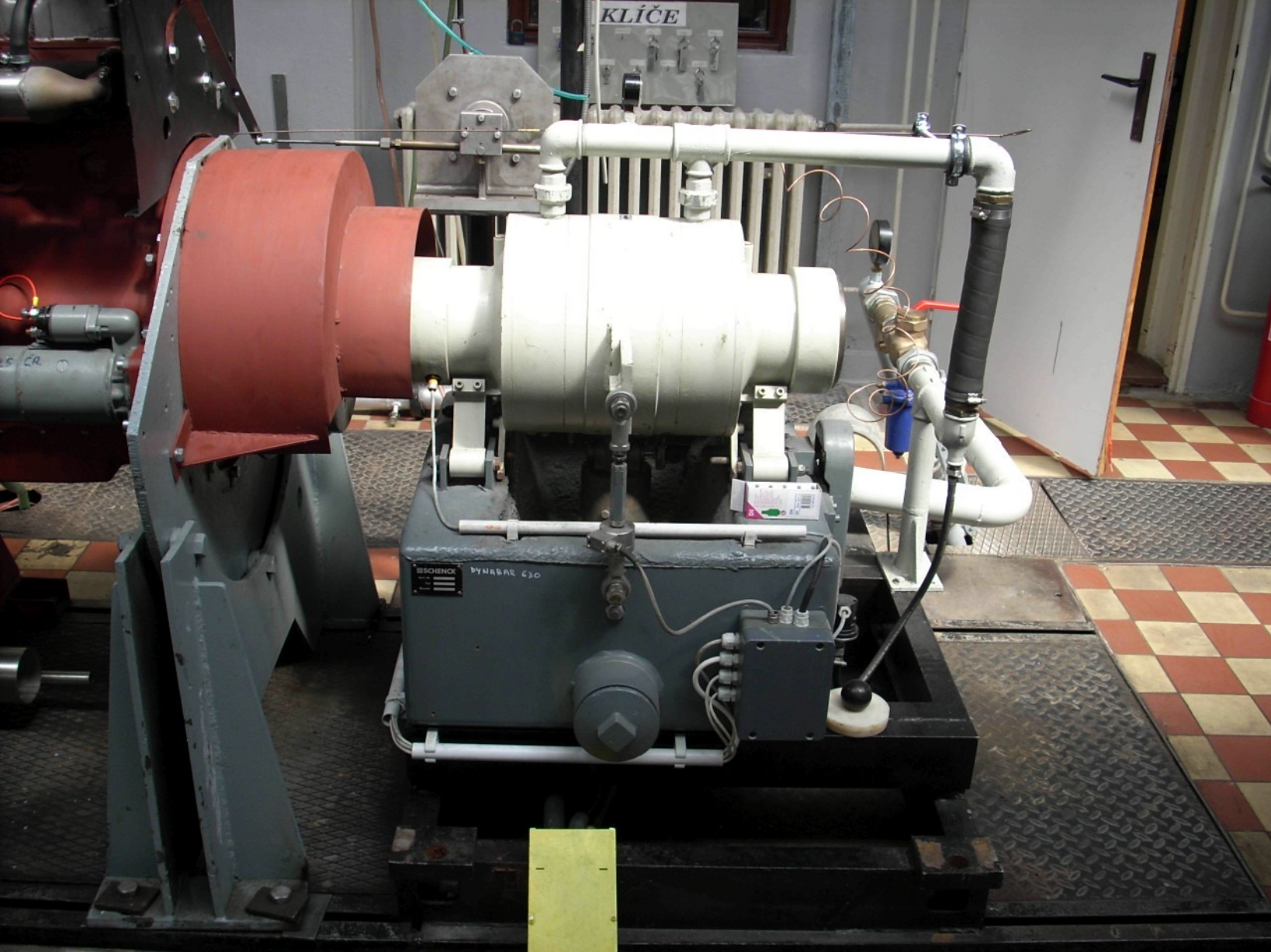
T\_PALVS B [C]

25.1

T\_PALVY B [C]

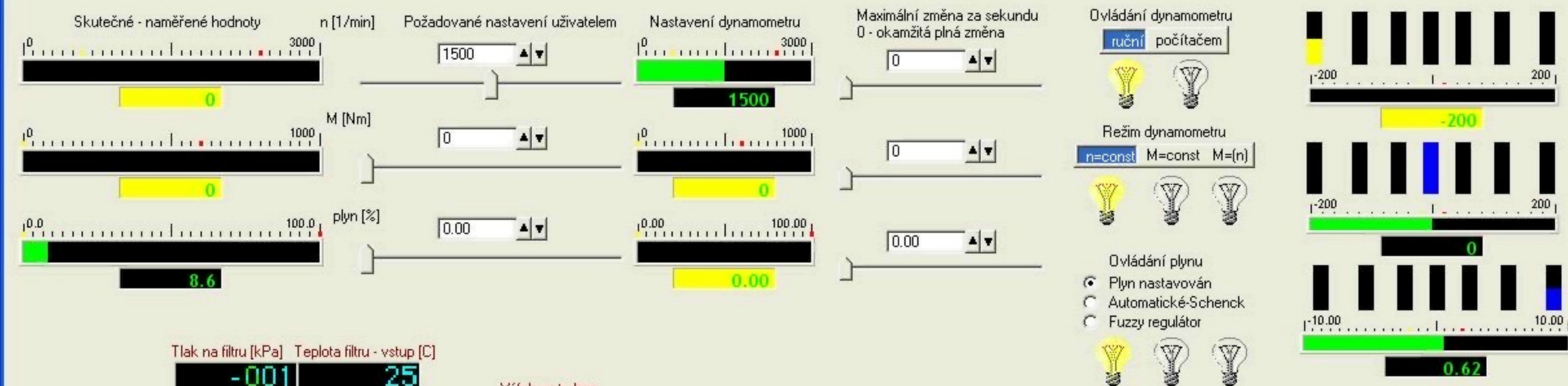
0.0

P\_VYFZK2 [MPa]



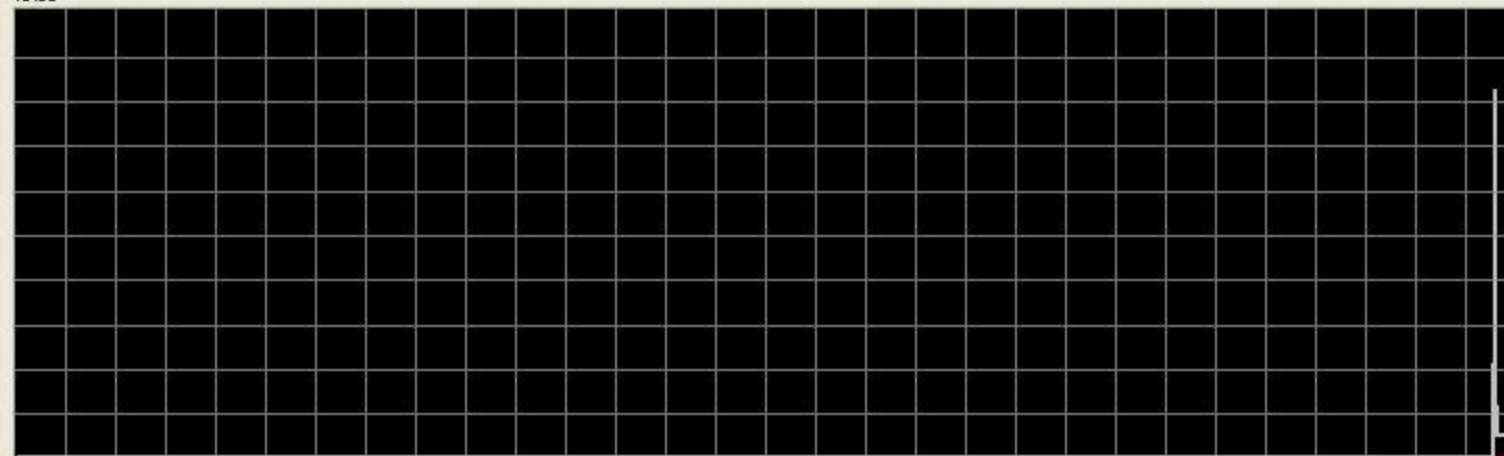






| Analogové vstupy A - karta PCI-1711 [V] |                      |                    |                      | Analogové vstupy B - karta PCI-1731 [V] |  |  |  |
|-----------------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------------------|--|--|--|
| T paliva vstup do čerp                  | Dif.tlak +/- 7 kPa   | TC K výf př turb.  | TC K paliv potrubí   |                                         |  |  |  |
| 0 1.444                                 | 8 -0.005             | 0 2.119            | 8 2.099              |                                         |  |  |  |
| Neobsazen                               | Barometrický tlak    | TC K výf za turb.  | T voda dynamometr    |                                         |  |  |  |
| 1 -0.008                                | 9 3.042              | 1 2.146            | 9 2.938              |                                         |  |  |  |
| Neobsazen                               | Teplota vzduchu      | T Oleje ve vane    | Podtlak před turbem  |                                         |  |  |  |
| 2 -0.008                                | 10 2.676             | 2 2.896            | 10 9.545             |                                         |  |  |  |
| Tlak na filtru částic                   | Rel. vlhkost vzduchu | T sání za turbem   | Tlak sání za turbem  |                                         |  |  |  |
| 3 0.948                                 | 11 2.483             | 3 3.101            | 11 1.856             |                                         |  |  |  |
| Tlak sání rezerva                       | Externí napětí       | T chladič vstup    | Tlak výfuk za turbem |                                         |  |  |  |
| 4 -0.008                                | 12 0.536             | 4 2.861            | 12 1.878             |                                         |  |  |  |
| Tlak výf před turb                      | Otáčky               | T chladič výstup   | Tlak motor. olej     |                                         |  |  |  |
| 5 0.946                                 | 13 -0.008            | 5 2.824            | 13 1.857             |                                         |  |  |  |
| Tlak sání za EGR                        | Moment               | T sání za EGR      | TC K hrana filtru    |                                         |  |  |  |
| 6 0.011                                 | 14 -0.004            | 6 2.882            | 14 2.086             |                                         |  |  |  |
| Tlak sání za mezichl                    | Pedál plynu          | T sání za mezichl. | Průtok vzduchu       |                                         |  |  |  |
| 7 0.006                                 | 15 0.859             | 7 3.007            | 15 1.870             |                                         |  |  |  |

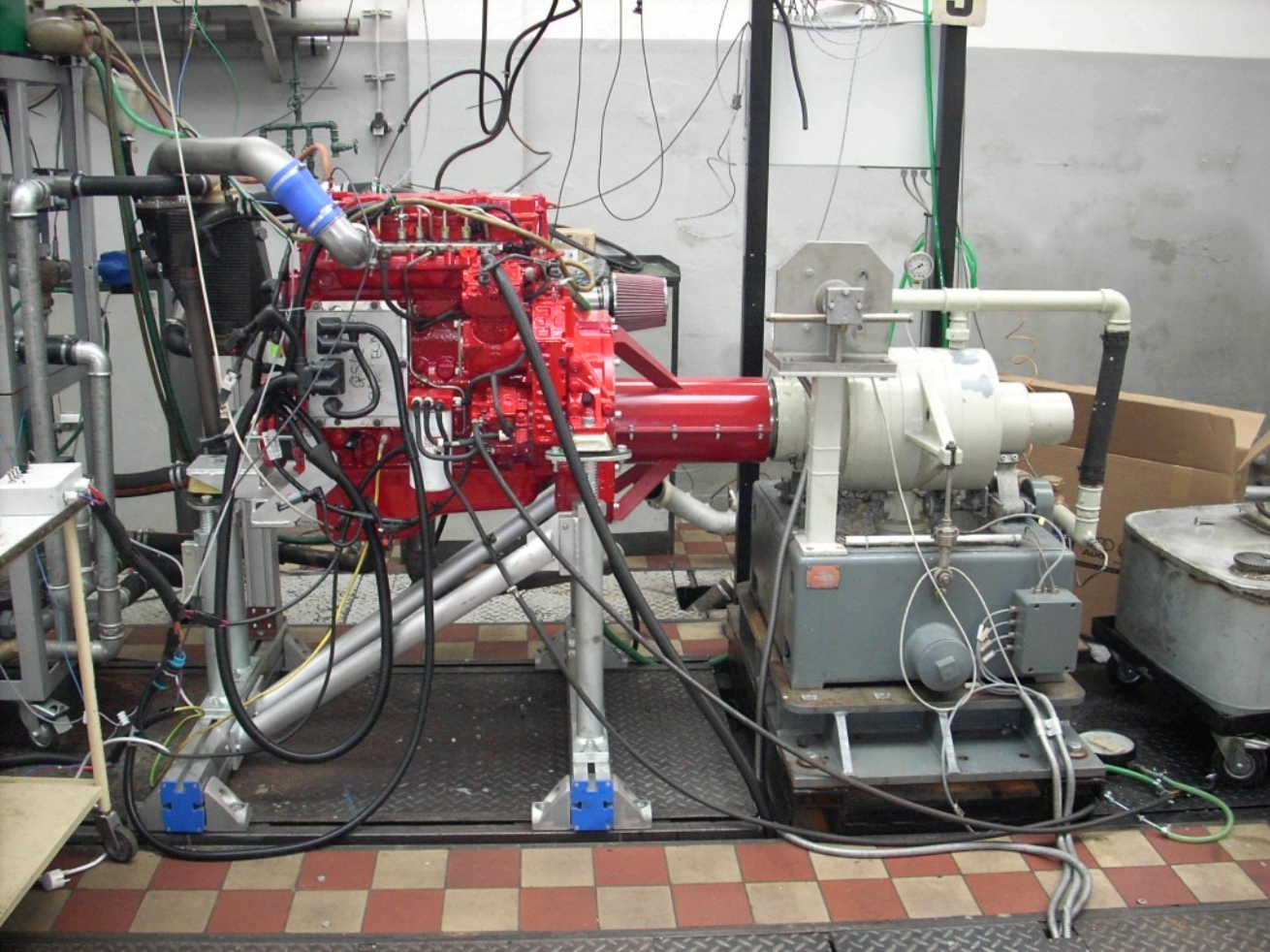
10.00



0.00

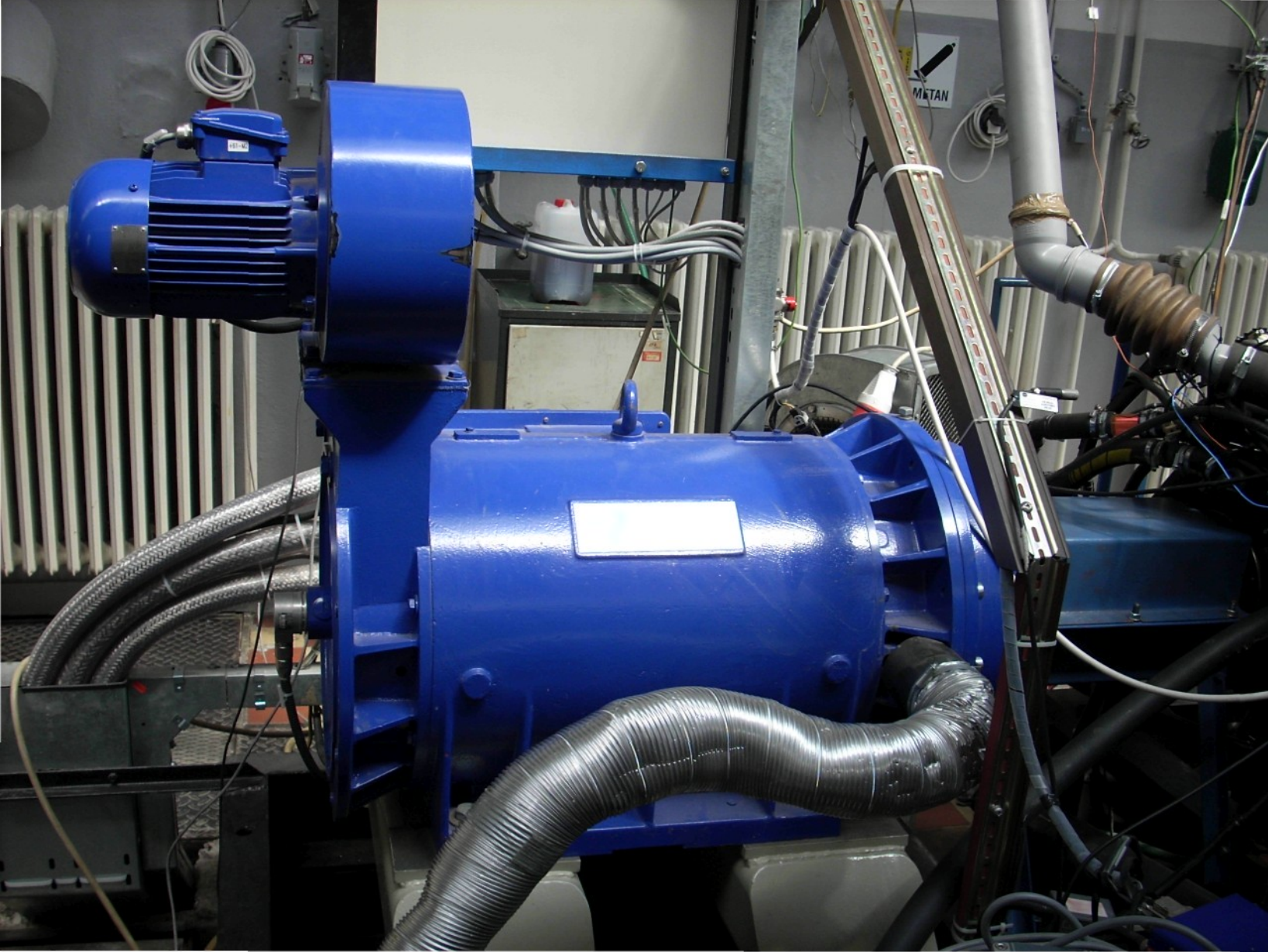
0.00





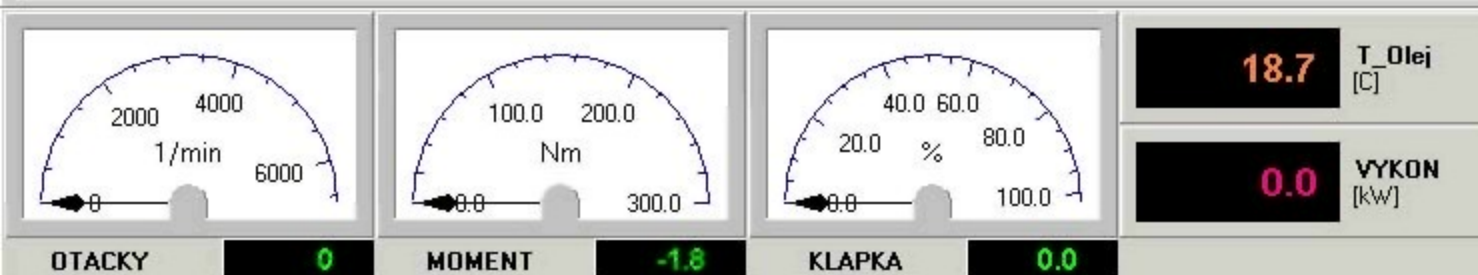






Ruční zkouška: n = k.  
 Automatická zkouška: **Není navolena**  
 Automatický krok: -

Čas: 10:14:31  
 Zkouška: 0:00:00  
 Motor: 616:18:39



|                           |                              |                              |                                |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| <b>0.0</b> VYKON [kW]     | <b>19.4</b> T_Voda in [C]    | <b>2.8</b> P_Sání [kPa]      | <b>0.0</b> PE [kPa]            |
| <b>0.0</b> MT_ZH [Nm]     | <b>19.4</b> T_Voda out [C]   | <b>0</b> P_Olej [kPa]        | <b>0.000</b> Profuk_dp [-]     |
| <b>0.0</b> KLAPKA_ZH [%]  | <b>18.7</b> T_Olej [C]       | <b>-1.52</b> P_Výf_Kat [kPa] | <b>0.000</b> Profuk [dm3/min]  |
| <b>-23.79</b> SH [kg/hod] | <b>16.0</b> T_Sání_Cyl2 [C]  | <b>-65.193</b> P_004 [kPa]   | <b>0.000</b> ISOKOR [-]        |
| <b>0.0</b> SMER [g/kWh]   | <b>20.9</b> T_Sání_Filtr [C] | <b>0.0</b> P_rezerva [bar]   | <b>0.103</b> Lambda_BC [-]     |
|                           | <b>16.6</b> T_Voda_Baz [C]   | <b>0.0</b> P_rezerva [bar]   | <b>-15.0</b> rezerva_sp.1 [-]  |
|                           | <b>21</b> T_Výf [C]          | <b>0.0</b> P_rezerva [bar]   | <b>-23.786</b> Sp.hod [kg/hod] |
|                           | <b>23</b> T_K_002 [C]        | <b>0.0</b> P_rezerva [bar]   | <b>18.5</b> T_ASD_lož1 [C]     |
|                           | <b>0.0</b> T_rezerva [C]     | <b>0.00</b> STEP TM [sec]    | <b>18.6</b> T_ASD_lož2 [C]     |

Ovládání Přehled Přehled II Přehled III Grafy Grafy II Skripty Regulátory Regulátory2 Audit

|          |       |          |        |            |
|----------|-------|----------|--------|------------|
| Příprava | n = k | Automat  | Ovl.OP | Pohon      |
| Chod     | M = k | Pauza    | ---    | Zapalování |
| Starter  | M / n | Spotřeba | ---    | Rezerva    |
| Stop     | M=0   | Záznam   | ---    | Reset      |

Otáčky žádané  
**1500**

Moment žádaný  
**0**

Servo žádané  
**0**

Krok

☒ 1

☐ 5

☐ 10

☐ 50

☐ 100

☐ 500

Měření: pracuje

Režim: Ruční

- Spotřeba

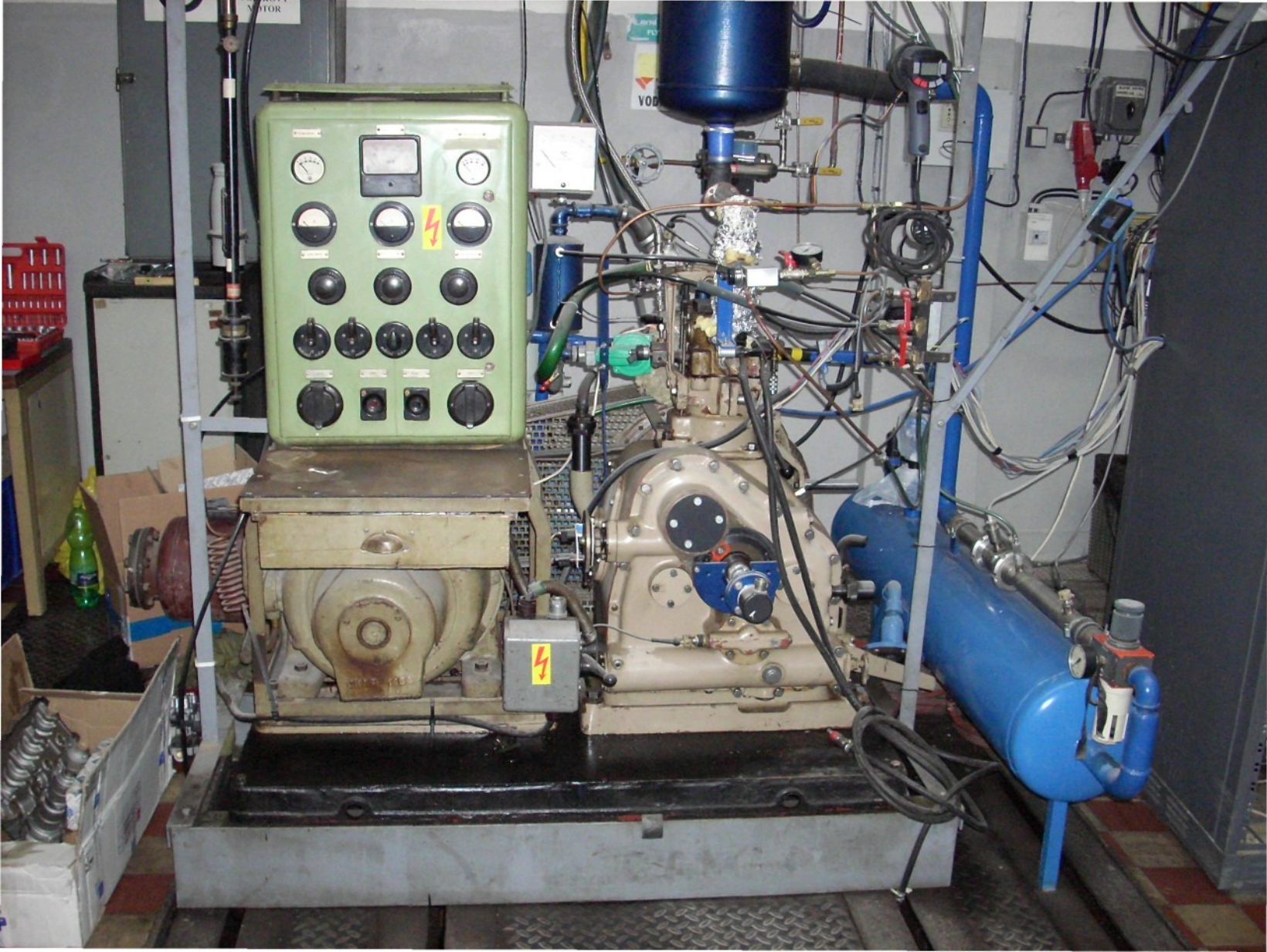
- Skript

Datum: 30.4.2008

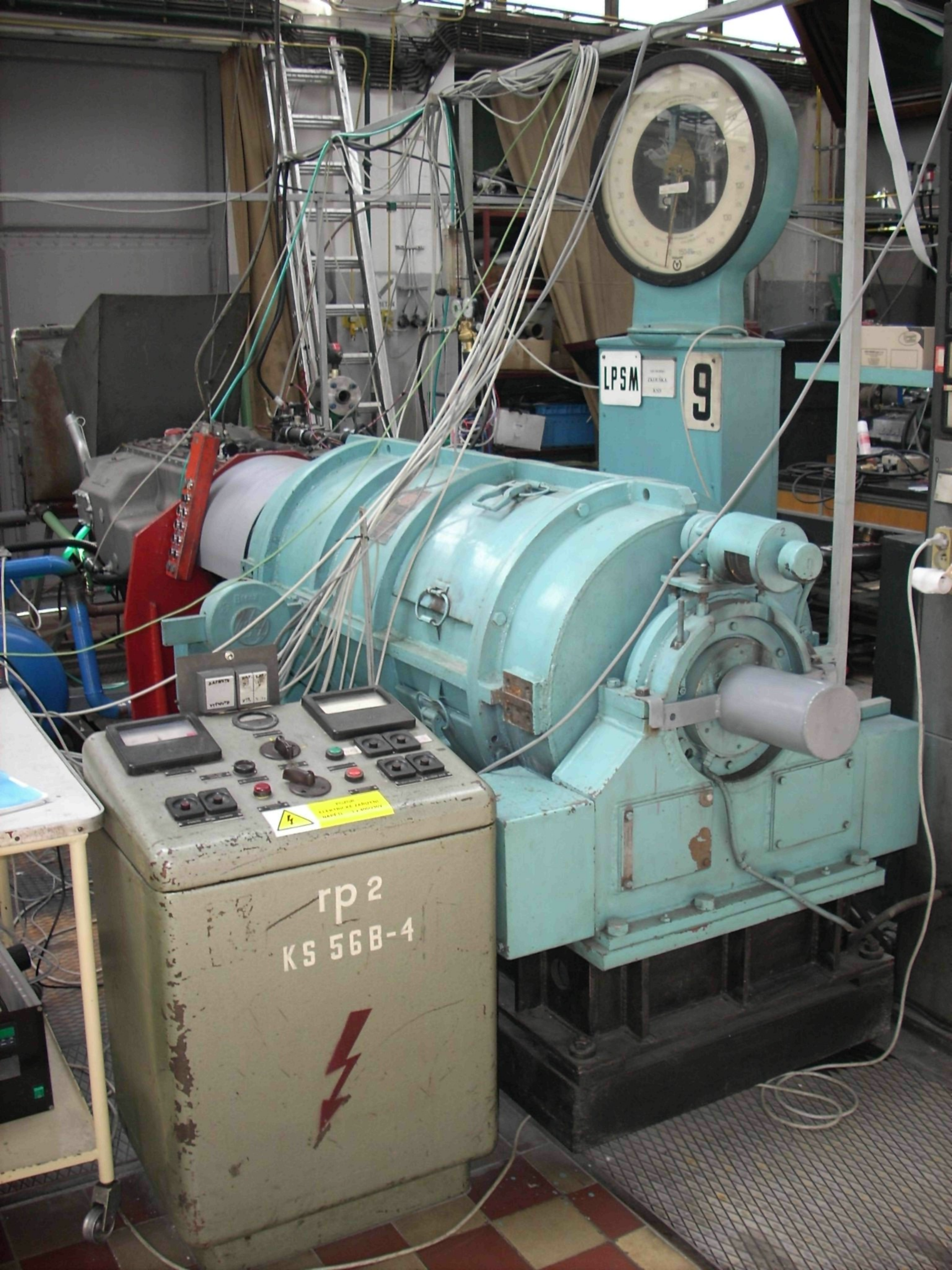












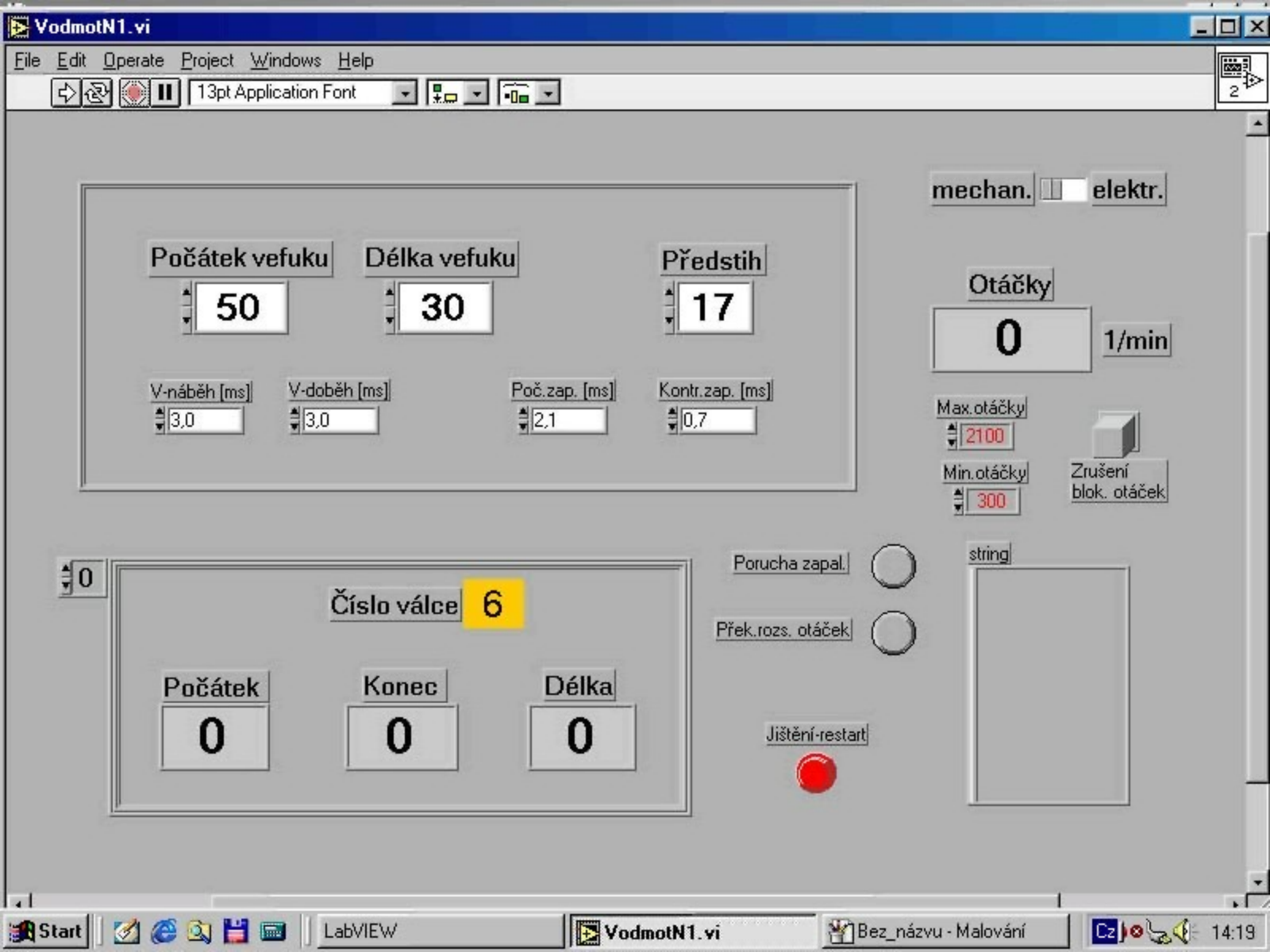
LPSM

9

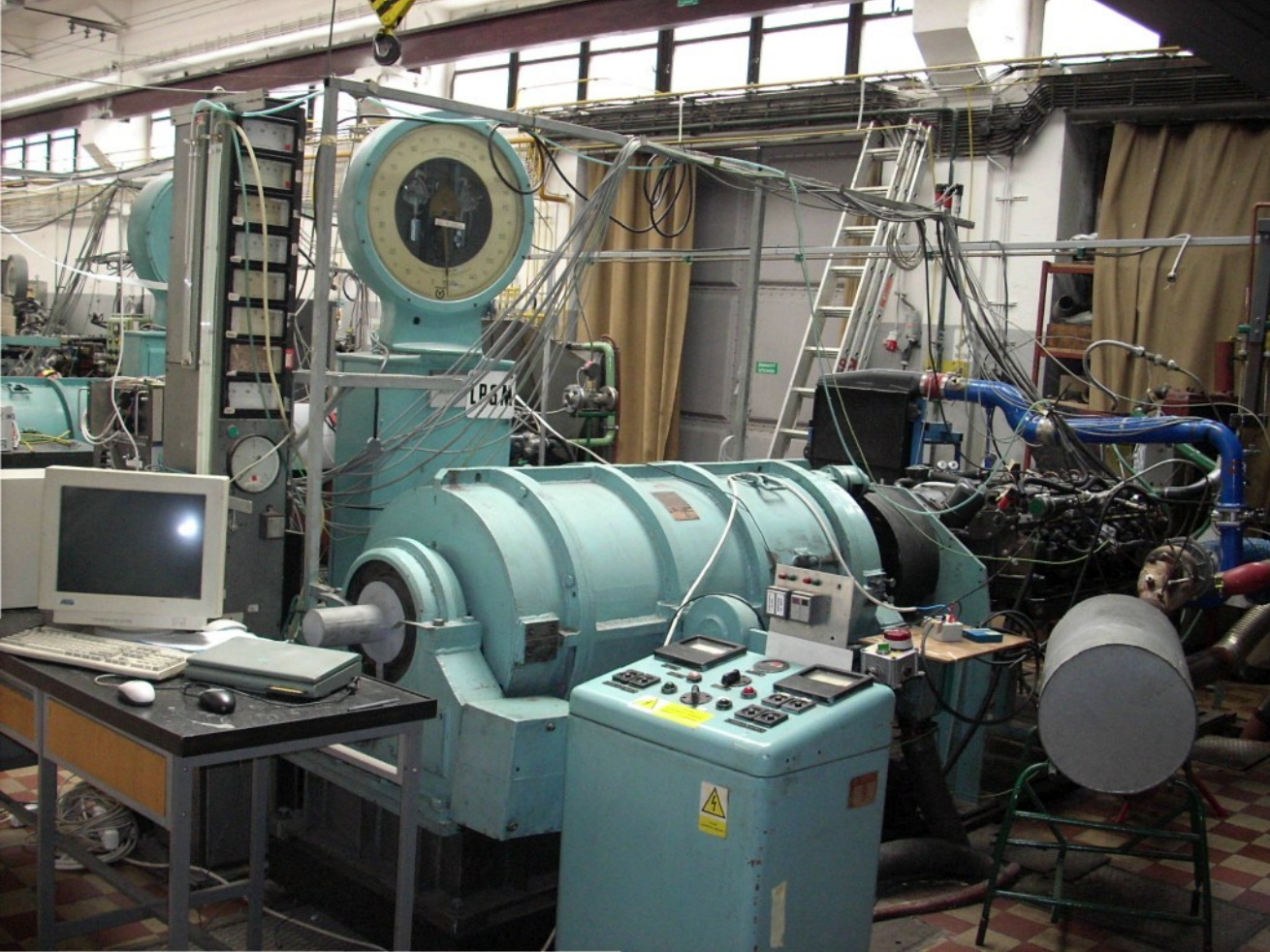
rp 2  
KS 56B-4











26. 05. 2009

13:40

Zadej! >>>

Pbar [Pa]

96660

Vlhkost [%]

40

ZDE VYPNI APLIKACI ! >>>



Teplota chladicí vody [°C]

24.1

Teplota oleje [°C]

22.9

Teplota paliva [°C]

24.7

Množství spalovaného metanu [kg/h]

-0.0002

Teplota nasávaného vzduchu [°C]

23.6

Tlak oleje [kPa]

0

Tlak paliva za regulátorem [bar]

0.0

Množství spalovaného vodíku [kg/h]

-0.0010

Teplota vzduchu za dmychadlem [°C]

24.1

Teplota vzduchu v sání [°C]

22.6

Teplota spalin před turbínou [°C]

25

Teplota spalin za turbínou [°C]

26

Tlak vzduchu za dmychadlem [kPa]

-0.44

Tlak vzduchu v sání [kPa]

-1.49

Tlak spalin před turbínou [kPa]

-0.09

Množství nasátého vzduchu [m<sup>3</sup>/h]

0

UEGO [V]

5.00

Aktuální poloha klapky

50.0 [%]

330 136 30 5 30 5

1.003

VYPNUTO

Krokový motor klapky ZAPNUT

Ovládací obvod plynu ZAPNUT

Ovládací obvod ŘJ ZAPNUT

Zadej požadovanou teplotu vody >>> 90

Zadej požadovanou teplotu plynu >>> 40

Zadej polohu klapky (0 až 660)

330

Kr. mom. Otáčky Počátek vef. Délka vef. Předstih Poznámka č. archivu

? ? ? ? ? ? 0

ARCHIVUJ









NASTAVENÍ [F2]

0.0V &gt;

5.0V =

ULOŽÍ [F9]

VÝCHOZÍ [F10]

Měření emisí **odpojen!**

Odčítadlo Polinearizace

THC

00

-00

[ppm]

Rozsah analyzátoru: 100

NOX

-0

-0

[ppm]

Rozsah analyzátoru: 6

Tlak vzorku: 0 kPa

CO

0

-0

[ppm]

Rozsah analyzátoru: 5000

CO2

000

000

[%]

Rozsah analyzátoru: 16

Měření částic **odpojen!**

Odčítadlo Polinearizace

CO2 - výf

039

0

[ppm]

Rozsah analyzátoru: 16

CO2 - zředěný vz.

000

000

[%]

Rozsah analyzátoru: 2

Teplota vzorku

00

[°C]

Teplota zředěného vzorku

00

[°C]

Teplota prošetřého vzorku

00

[°C]

Ředící poměr

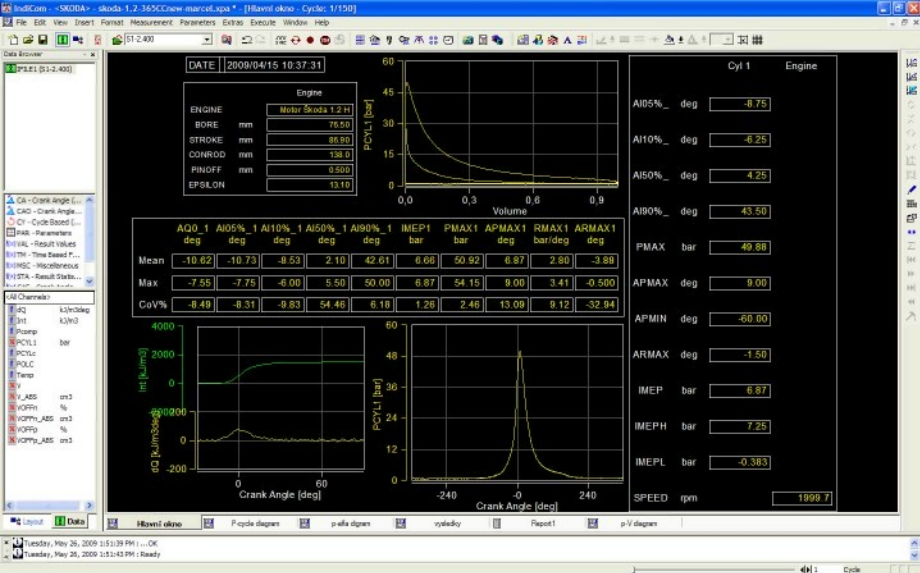
Archivace

Komentář (max. 30 znaků):

Jméno archiv:

C:\Data\_emise\09-05-26\_000.dbf









Ready

Speed 3000 RPM

AVL

No Effect Real Color 256 100%

15 fps

AVIA

- Measurement
  - pek
  - av1
  - test1
  - Record
  - Record2
  - test\_tr1
  - test\_tr2
  - test\_tr3
  - test\_tr4
  - test\_tr5
  - test\_tr6
  - newbvent
  - crankangle
  - crankangle1
  - CalderMOTOR
  - Test\_brysky
  - WarmerMotor
  - PressureSync
  - Test\_brysky1
  - Test\_brysky2
  - test\_brysky3
  - test\_tr7\_12\_07
  - test\_tr8\_12\_07
  - test\_tr9\_12\_07
  - test\_tr10\_12\_07
  - test\_tr11\_12\_07
  - test\_tr12\_12\_07
  - test\_tr13\_12\_07
- Evaluation
- Reference

Records



## Image Selection

Single Image

Position

Angle: 0.0 °CA

Repetition: 0

Update

Alter Status

Exchange

Range

Start

Angle: 0 °CA

Repetition: 0

Set new Start

Set new Stop

Enable Range Only

Stop

Angle: 0 °CA

Repetition: 0

Enable

Disable

Reset

Record

Enable

Disable

Preset

Number of Images enabled: 44

June 02, 2009 - 03:54 PM

VisiScope - test\_tr7\_12\_07

Messages

VisiScope - test\_tr7\_12\_07

15:56

