

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně

Zpracoval: prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.

V Brně 30. 8. 2018

Verze: 07_2018



**Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově
univerzitě v Brně**

Kontakt:

Ing. Josef Štětina
BRISTLE consulting engineer
Nezamyslova 8
615 00 BRNO

IČ12172197:
DIČ: CZ6306291497

Email: info@bristle.cz
Telefon: 603 731 349

Obsah

1	Úvod	7
2	Popis stávajícího stavu zkušeben včetně provozních problémů.	8
2.1.1	Popis elektrické části a základních funkcí	9
2.1.2	Přívod elektrické energie	9
2.1.3	Bezpečnostní obvody	10
2.2	Měření současného stavu.....	10
2.2.1	Stav, který se má napravit	18
3	Popis stavebních úprav a požadavků na jiné profese než silnoproud, slaboproud a MaR	19
4	Popis řešení kompenzace jalových proudů a zarušení elektrické sítě	20
5	Popis požadavků na nové stejnosměrné měniče všech osmi stejnosměrných pohonů	24
5.1	Výměna kabeláže	27
6	Požadavky na hardware nového řídicího a měřicího systému	29
6.1	Digitální vstupní (input) kanály.....	29
6.2	Digitální výstupní (output) kanály.....	32
7.1	Analogové vstupní kanály	35
7.2	Frekvenční kanály	35
6.3	Koncepce upgrade MaR	36
6.3.1	Kontrolér řídicího systému	37
6.3.2	Prvky společného řízení a monitoringu	38
6.3.3	Rozvaděč 4VDM-E120D	38
6.3.4	Rozvaděč VDU E270T-E150T	39
6.3.5	Přední osa 4VDM-E120D	39
6.3.6	Zadní osa 4VDM-E120D	39
6.3.7	Přední osa VDU E270T-E150T	40
6.3.8	Zadní osa VDU E270T-E150T	40
6.3.9	Společné rychlé měření/komunikace	41
7	Požadavky na hardware systému na zpracování dat a společných částí pro obě válcové zkušebny	44
8	Požadavky na software všech částí systémů	46
8.1	Minimální sada měření a počítaných veličin	46
9	Popis jednotlivých zkušebních testů včetně hardwarové konfigurace zkušebny a konfigurace regulátorů pro jednotlivé testy	49
9.1	Typy regulací stejnosměrných pohonů	50
9.1.1	Proudový regulátor	51

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně

9.1.2	Otáčkový regulátor	51
9.1.3	Momentový regulátor	52
9.1.4	Další typy regulací	52
9.1.5	Spolupráce pohonů (společná hřídel)	52
9.1.6	Režim „STOP“ – bezpečnostní	53
9.2	Zkoušky hnacího ústrojí (výkonu)	53
9.2.1	Režim regulace $v=\text{konstant}$	53
9.2.2	Režim regulace $F=\text{konstant}$	54
9.2.3	Základní regulace simulace vozovky (RoadLoad)	54
9.2.4	Zkouška vnější rychlostní charakteristiky	56
9.2.5	Zkouška jízdy po vozovce v závislosti na čase - Test	56
9.3	Zkoušky brzdové soustavy	57
9.3.1	Pomaloběžné zkoušky brzd	57
7.2.1	Test ruční brzdy	60
9.3.2	Rychloběžné zkoušky brzd	60
9.3.3	Dynamické zkoušky brzd	61
9.3.4	Test ruční brzdy	65
9.3.5	Zkoušky ABS II	65
9.3.6	Valivý poloměr kola a filtrace hodnot	67
9.4	Kalibrační testy s vozidlem	68
9.4.1	Kalibrace jednotlivých kol	68
9.4.2	Kalibrace rolen měření skluzu	68
9.4.3	Analýza setrvačných hmot jednotlivých kol	69
9.4.4	Teorie kalibrace pasivních odporů a rolen skluzu	69
9.4.5	Teorie kalibrace setrvačných hmot kol	70
9.4.6	Kalibrace pro statické zkoušky výkonu	71
9.5	Speciální testy	71
9.5.1	Dynamická akcelerační zkouška nebo speciální dynamická tahová zkouška	71
9.5.2	Kontrola přesnosti tachometru	74
9.5.3	Kontrola otáčkoměru	74
9.5.4	Zkouška diferenciálů v režimu $v=\text{konst}$	75
9.5.5	Zkouška diferenciálů v režimu $F=\text{konst}$	75
9.6	Kalibrace zkušebny	75
9.6.1	Tenzometry 4VDM-120	75

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně

9.6.2	Kalibrace VDU – přední náprava	76
9.6.3	Kalibrace VDU – zadní náprava	76
9.7	Pasivní odpory zkušebny a její diagnostika	77
9.7.1	kalibrace obecně	78
9.8	Ruční ovládání zkušebny a zkoušek	79
9.8.1	Ventilátor	79
9.8.2	Zadní zábrany	79
9.8.3	Přední zábrany	80
9.8.4	Příprava	80
9.8.5	Změna rozvoru	80
10	Požadavky na bezpečnostní funkce řídicích systémů.....	82
11	Popis výstupních protokolů a jejich prezentace v systému na zpracování dat.	83
11.1	Korekce na atmosferické podmínky	89
12	Ekonomické parametry navrhovaných úprav	90
13	Závěr	94

1 Úvod

Předmětem studie je fungování souboru válcových dynamometrů s označením 4VDM-E120D a VDU E270T-E150T, které je určeno pro zkoušení výkonů a brzd osobních automobil, užitkových automobilů, nákladních automobilů a traktorů (v textu souhrně označováno jako **zkušebny**). Pohony jsou realizovány stejnosměrnými dynamometry. Měníče jsou napájeny z digitálních měničů Control Techniques s tlumivkami v kotevním obvodu. Do systému je možno zahrnout vířivý dynamometr pro brždění vývodu traktoru pro pohon nářadí a přídavný měřicí systém pro měření dalších fyzikálních veličin na zkoušení vozidle. Je třeba zdůraznit, že ze souboru dynamometru může v daném čase fungovat pouze jeden a tomuto musí být přizpůsobeny všechny hardwarové a softwarové úpravy.



Obr. 1-1 Zkušebny 4VDM-E120D a VDU E270T-E150T

2 Popis stávajícího stavu zkušeben včetně provozních problémů.

Popis mechanické části a základních funkcí

Konstrukční řešení vychází z tuhých základních ráků, na kterých jsou umístěny ložiska válců o průměru 1,2 m, stojin a základních ráků se stejnosměrným elektrickými dynamometry. Tyto ráky se stojinami tvoří základní bloky jednotlivých os. Blok přední osy je umístěn pevně, blok zadní osy posuvně v rozmezí požadovaného rozvoru, společně s přední osou vozidlového dynamometru VDU E 120 - T. Spojení levého a pravého válce zajišťuje elektricky ovládaná frikční spojka. Rozpojení pravého a levého válce umožňuje dynamické měření brzdných sil z vysokých rychlostí. Propojení válcových jednotek s elektrickými dynamometry typu SOS 225 S604 je provedeno pomocí ozubených řemenů. Každý válec je vybaven pneumaticky ovládanými brzdami pro umožnění najetí vozidla a bezpečnostní zabrzdění. Dále je každá válcová jednotka vybavena pneumaticky ovládaným nájezdovým a středícím zařízením a měřícími rolnami s posouvatelným krytem.

Obě osy jsou umístěny na konstrukci z ocelových profilů upevněné na základním rámu, který je zalit betonem na dně montážní jámy. Na základním rámu jsou rovněž uchyceny podpěry pevného a posuvného krytí vozidlového dynamometru. V podlaze okolo montážní jámy jsou zality kotvící drážky pro upevnění úvazků vozidla. Celá plocha okolo vozidlového dynamometru je v rovině podlahy překryta ocelovými krycími plechy.

Přívod chladicího vzduchu do montážní jámy je vyústěn pod jednotlivými osami uprostřed. (v zapuštěném kanálu)

Před zkoušeným vozidlem je umístěn ventilátor náporového chlazení s usměrňovací hubicí, připojený pohyblivým přívodem do zásuvky spínané přes ovládací klávesnici z kabiny vozidla.

Základní mechanické vlastnosti

max. zkušební rychlost	200 km/hod
• max. tlak na osu	2000 kg
• průměr válců	1,2 m
• šířka válců	600 mm
• mezera mezi válci	900 mm
• povrch válců	zdrsnění RAA 1,6
• setrvačná hmotnost válců	každá osa
• min. rozvor	2000 mm
• max. Rozvor	3500 mm
zatížitelnost krytí	
• v místě jízdy	2000 kg
• v místě chůze	500 kg
• tlakový vzduch	min. 4,0 bar

Konstrukční řešení umožňuje následující funkce zařízení:

- samostatný pohon či brzdění na každé ose nebo na každém válci
- samostatné měření rychlostí na každém válci a sil na každém válci
- samostatné měření rychlostí na povrchu každého kola
- při dynamickém měření výpočty sil ze zrychlení či zpomalení na každém válci včetně monitorování funkce AOS
- měření a kalibrace pasivních ztrát vozidlového dynamometru a vozidla

S příslušným SW vybavením tato zkušebna umožňuje:

- zkoušení brzdových systémů staticky dle metodiky pro STK
- zkoušení brzdových systémů dynamicky z vysokých rychlostí
- zkoušení výkonu motoru vozidla v celém rozsahu zkušební rychlosti staticky i dynamicky (vnější charakteristika)
- simulaci jízdy na vozovce
- autokalibraci vozidlové zkušebny

2.1.1 Popis elektrické části a základních funkcí

Pohon i brzdění válců zkušebny je řešen pomocí stejnosměrných dynamometrů, napájených z digitálních tyristorových měničů. Tyto měniče spolu s jističími a ovládacími prvky a pomocnými zdroji jsou umístěny v oceloplechových rozvaděčích pod galerií haly a propojeny kabeláží jednak s vlastním vozidlovým dynamometrem v montážní jámě a jednak s rozvaděčem přívodního pole RO s hlavním jističem, který je umístěn na galerii. Řízení a konfigurace jednotlivých dynamometrů zajišťuje řídicí počítač vybavený příslušnými měřicími kartami, umístěný v rozvaděči R50. V tomto rozvaděči jsou také umístěny napájecí zdroje snímačů a karty I/O obvodů. Na dveřích tohoto rozvaděče jsou umístěny ovládací prvky hlavního vypínače a bezpečnostní tlačítko.

Monitor a konektor ovládací klávesnice jsou umístěny na pojízdném ramenu, které dovoluje nastavení monitoru před kabinu řidiče vozidla a snadné umístění ovládací klávesnice s bezpečnostním tlačítkem do kabiny vozidla. Na svislém sloupu pojízdného ramene jsou vyvedeny komunikační konektory autonomních přístrojů (BOSCH, FLOWTRONIC, měření teplot a tlaků), napájecí zásuvky pro tyto přístroje a bezpečnostní tlačítko. Tato část je společná i pro zkušebnu traktorů stejně jako pracoviště serveru.

Rozvaděč R5D je dále propojen s pracovištěm serveru umístěným v místnosti velínu. Potřebná propojení jsou ukončena ve skříni serveru MS51 obsahující, příslušné I/O karty a bezpečnostní tlačítko, ke které je připojen počítač serveru. Na tomto počítači se řeší měření a nastavování rozvoru přes ovládací skříňku MS59 umístěnou v montážní jámě a příprava a post zpracování naměřených dat.

Elektrické vlastnosti vozidlového dynamometru

• Napájení	3 PEN, 3x400V + 15/-10%, 50Hz
• hlavní jistič	1200A
• řídicí napětí	24V DC, 230V AC
• napětí ventilů a spojek	24V DC
• rozsah měření rychlostí	200 km/hod
• rozsah měření sil	4x 0 - 5kN
• přesnost měření rychlosti	± 0,05 km
• přesnost měření sil	± 1,5%
• přesnost regulace rychlosti	± 1,5%
• přesnost regulace síly	± 2,5%

2.1.2 Přívod elektrické energie

Zkušebna vozidel je realizována jako společná pro zkoušení pro zkoušení výkonu a brzd osobních a nákladních automobilů do výkonu 240 kW na jedné ose do rychlosti 200 km/hod 4VDM pro

zkoušení pro zkoušení výkonu a brzd traktorů a nákladních vozidel (VDU E270T-E150T) do rychlosti 16 km/h. Vzhledem k tomu že realizovaná mechanická koncepce řešení neumožňuje současný provoz na obou vozidlových dynamometrech, je využit jeden přívod 3PEN, 3x400 V, 50 Hz, 1400 A ze samostatného trať. Hlavní jističe v přívodních polích R1D a R1T mají nastavenou max. hodnotu 1200 A. Vzájemně blokování obou zařízení a napájení společných částí.

2.1.3 Bezpečnostní obvody

Bezpečnostní obvody zkušebny jsou vybaveny bezpečnostním prvkem: PREVENTA zajišťující prostřednictvím bezpečnostních tlačítek v případě nouze bezpečnostní zastavení pomocí pohonu dynamometrů tř. 0 a odpojení zařízení od napájecí sítě dle ČSN EN 60 204-1. Bezpečnostní tlačítka jsou umístěna na všech místech obsluhy a rovněž v montážní jámě pro možnost nouzového vypnutí při seřizování a údržbě. Při otevřených poklopech montážní jámy je blokován chod dynamometru výpadku napájecí sítě dojde k bezpečnostnímu zabrzdění válců zkušebny pomocí pneumatických ovládaných nájezdových brzd.

2.2 Měření současného stavu

Na základě měření, která proběhla 15. 12. 2016 a jejichž předmětem měření bylo především posouzení stavu elektrické sítě a zjištění příčiny blikání a pohasínání PC monitorů, které bylo způsobeno dynamickými změnami frekvence sítě a kolísáním napětí při testu brzděného systému, v tomto případě testu osobního automobilu škoda Superb.

V intervalu „režimu brždění“ docházelo k činné dodávce /rekuperace/ do el. sítě $P_{max} = 288\text{kW}$ a k nevyžádané jalové dodávce $Q_{max} = 872,6\text{kVAr}$ a nepříznivě tak přispívá do lokální el. sítě. Měření bylo provedeno firmou EL-INSTA ENERGO s.r.o. pomocí analyzátoru C.A 8334, výrobce CHAUVIN ARNOUX.

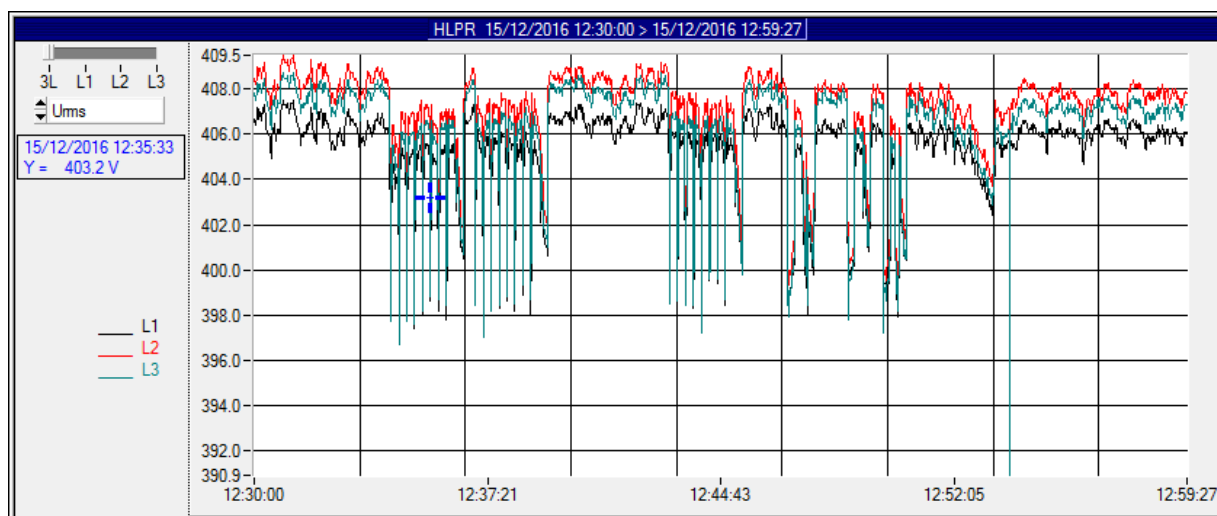
Provedená analýza sítě objasnila příčiny vzniku technických problémů v síti zkušebny vozidel Mendelovy Univerzity v Brně. Při provozu zkušebny - dochází k velkým výkyvům napětí, dále dochází k velmi rychlým jevům odběru a generování činné energie a tím i induktivní /kapacitní/ jalové energie. Dále dochází k hraničním hodnotám překročení celkového zkreslení napětí a překročení limitních hodnot celkového zkreslení proudu – viz záznamy a grafy uvedené níže. To vše se negativně projevuje zpětnými vlivy na stávající přístrojovou techniku zkušebny a napájecí síť univerzity, která při určitých provozních stavech, tj. reálných zkouškách testovaných zařízení selhává.

Dále následují výsledky měření:

Naměřené hodnoty sdruženého napětí U_{rms}

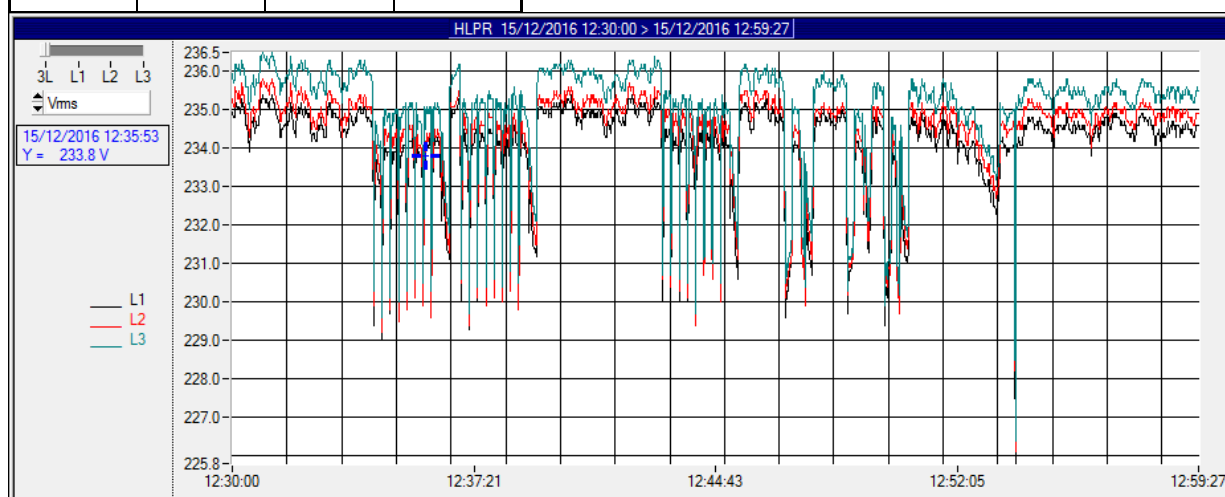
Název	min	max	jednotky
U_{rms}	390,9	409,5	V

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně



Naměřené hodnoty fázového napětí V_{rms}

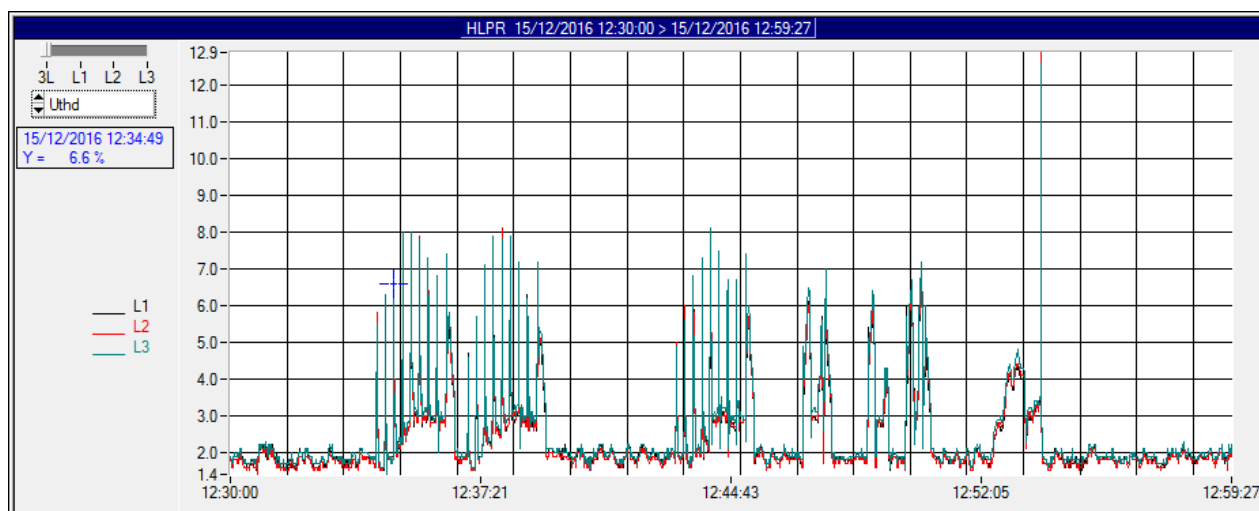
Název	min	max	jednotky
V _{rms}	236,5	225,8	V



Naměřené hodnoty celkového zkreslení napětí U_{thd}

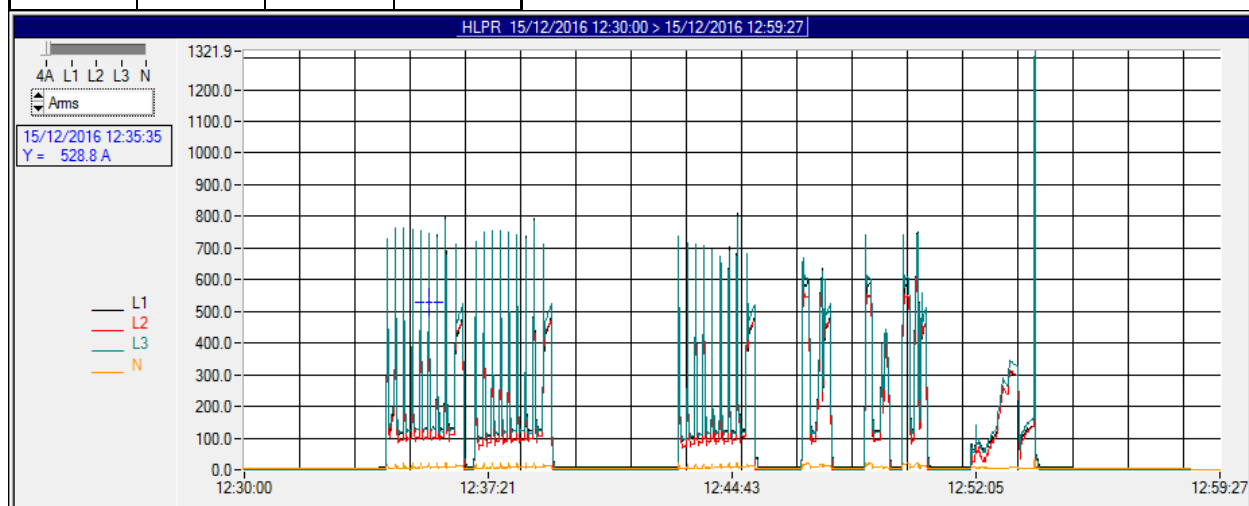
Název	min	max	jednotky
U _{thd}	1,4	12,9	%

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně



Naměřené hodnoty proudu Arms

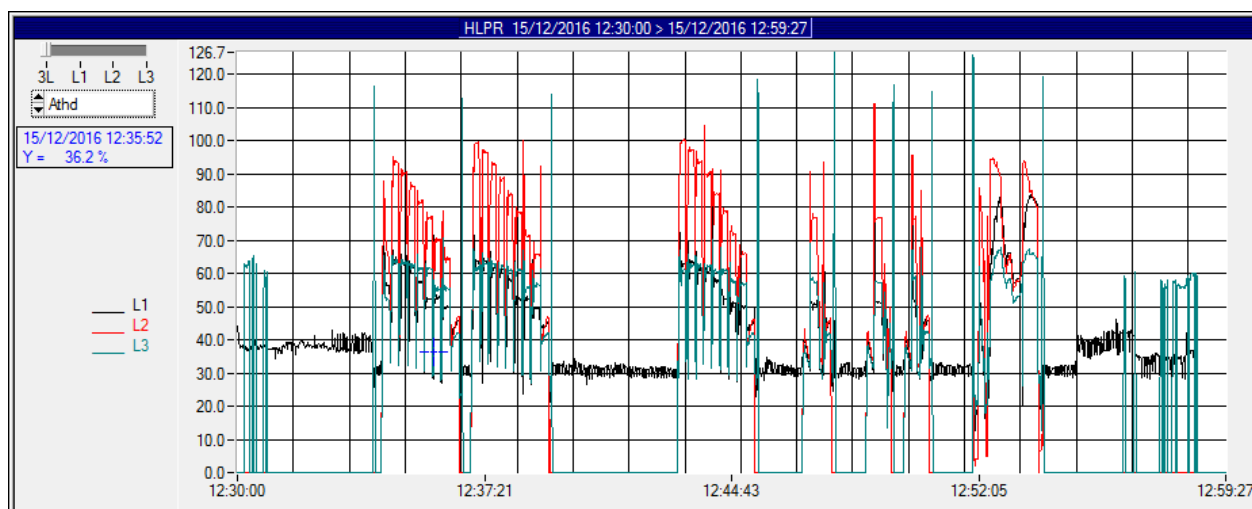
Název	min	max	jednotky
A rms	0	1321,9	A



Naměřené hodnoty celkového zkreslení proudu Athd

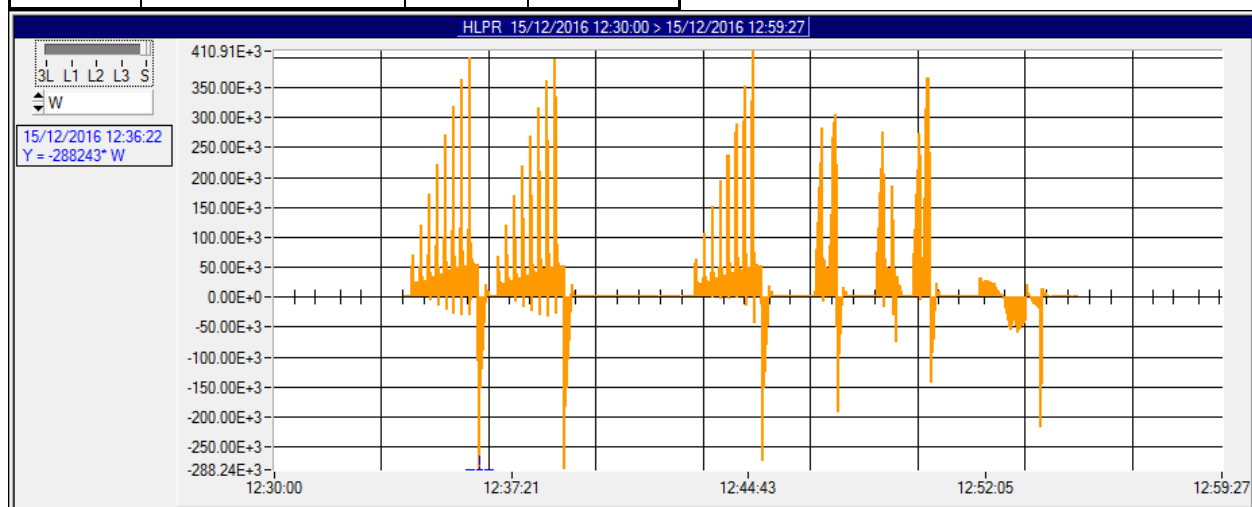
Název	min	max	jednotky
A thd	0	126,7	%

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně



Naměřené hodnoty P (činný výkon)

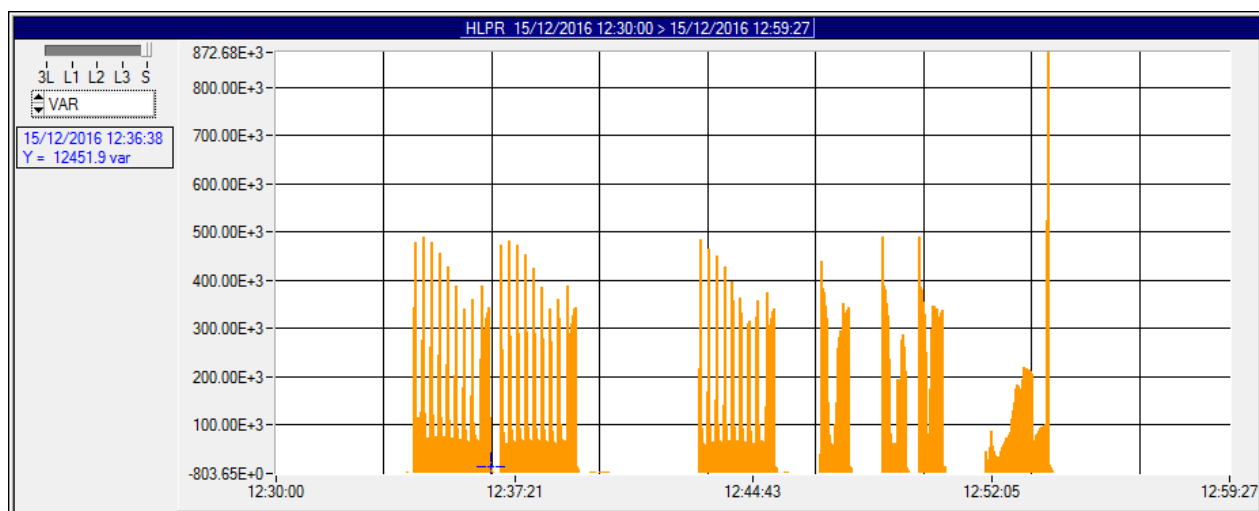
Název	Min /činná dodávka/	Max /odběr/	jednotky
P	-288,24	410,9,34	kW



Naměřené hodnoty Q (jalový výkon)

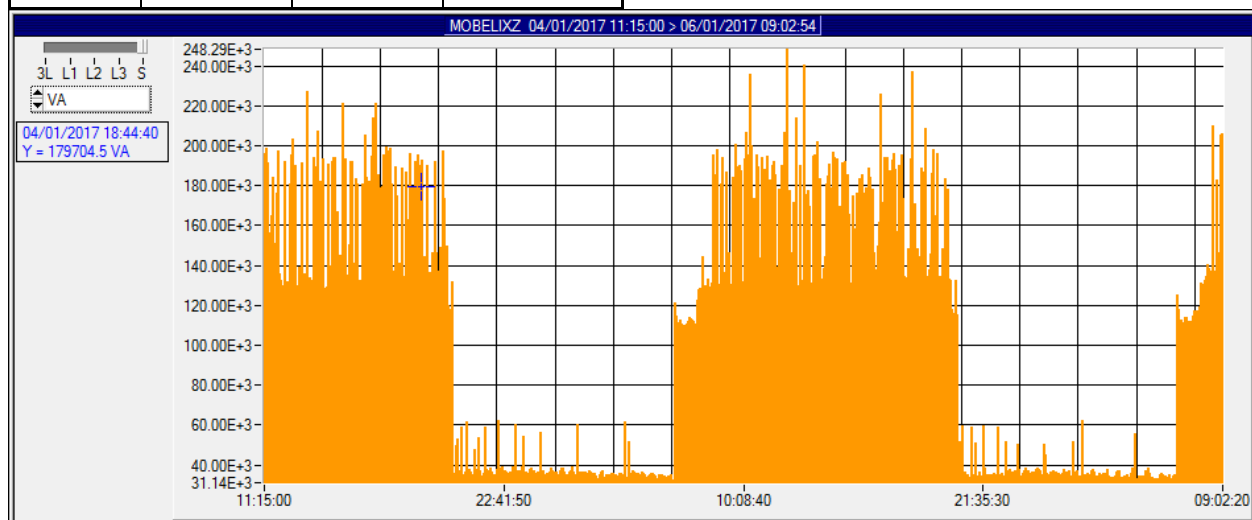
Název	Min /nevyžádaná jalová dodávka/	max	jednotky
Q	-803,6 cap	872,6 ind	kVAr

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně



Naměřené hodnoty S (zdánlivý výkon)

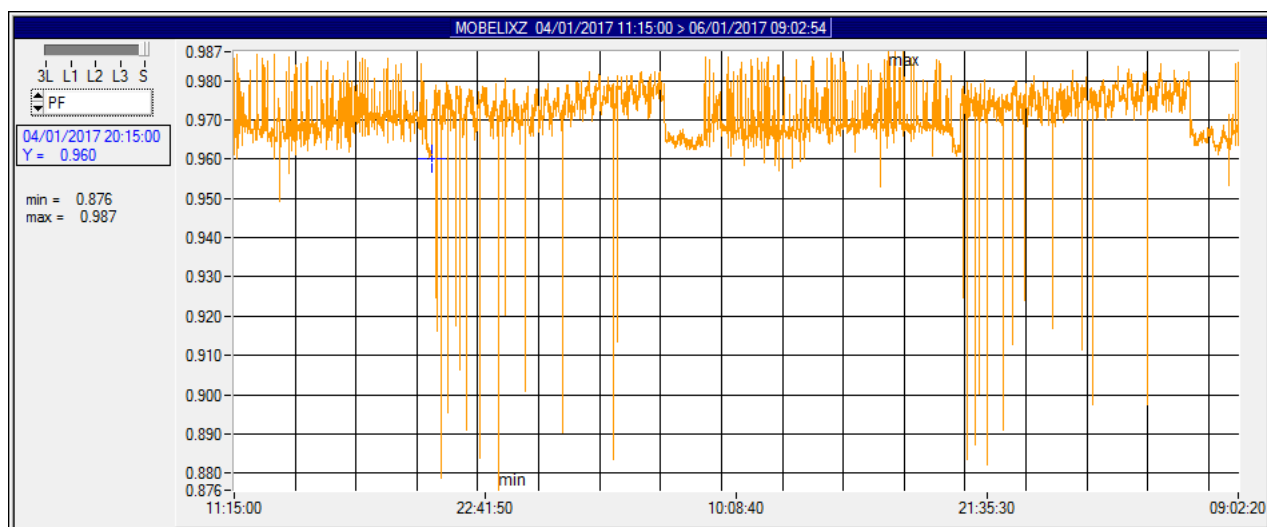
Název	min	max	jednotky
S	31,14	248,3	kVA



Naměřené hodnoty PF (Celkový účinník - $\cos \Phi$)

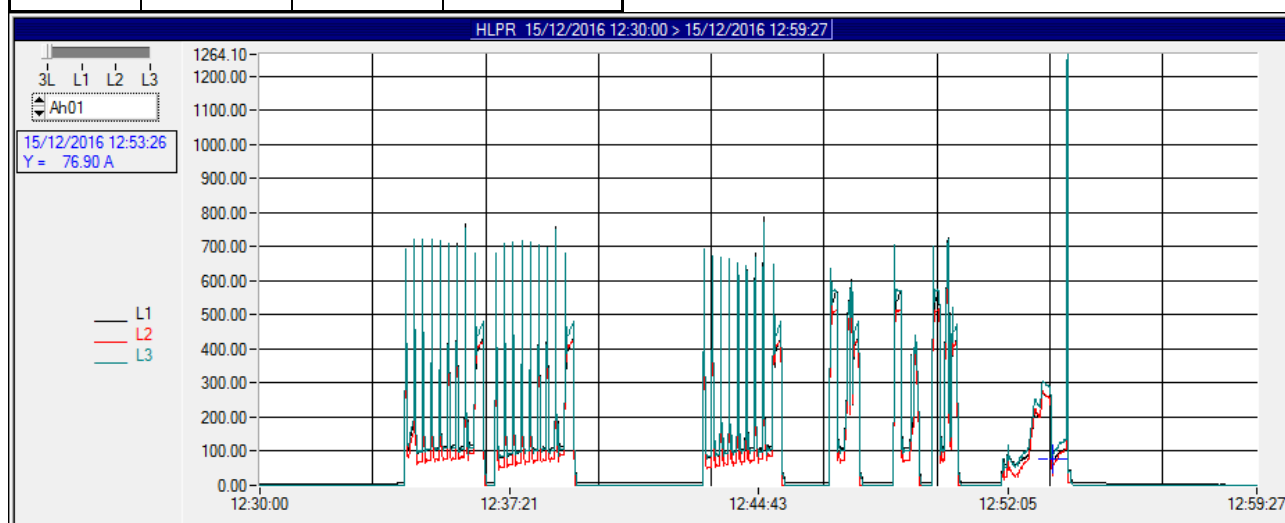
Název	min	max
PF	0,876	0,987

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně



Naměřené hodnoty Ah1 – první harmonická frekvence proudu

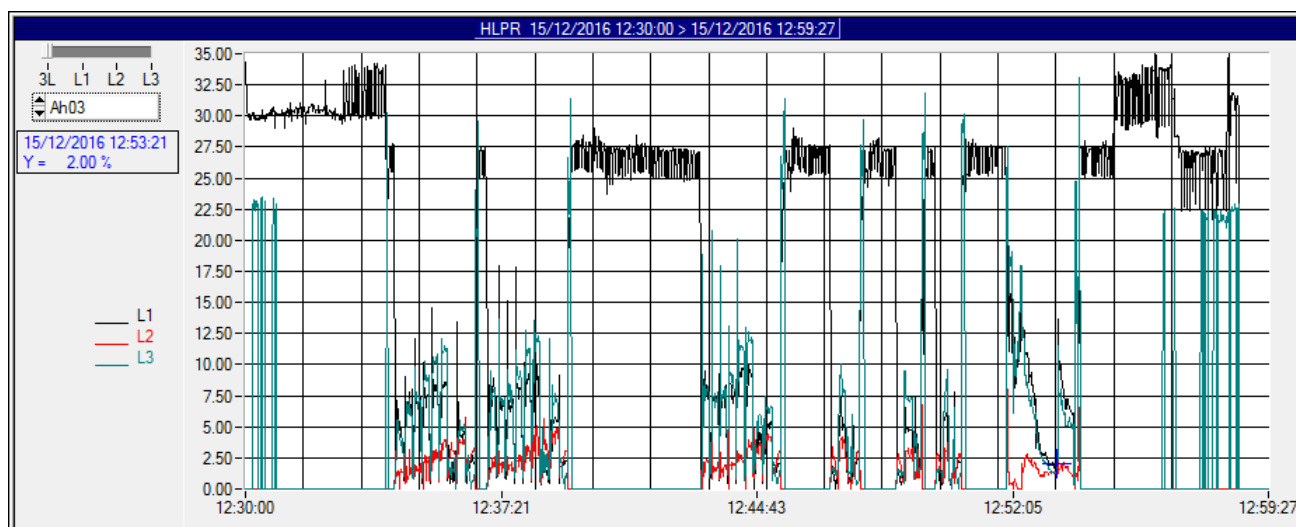
Název	min	max	jednotky
Ah1	0	1264,1	A



Naměřené hodnoty Ah3 – třetí harmonická frekvence proudu

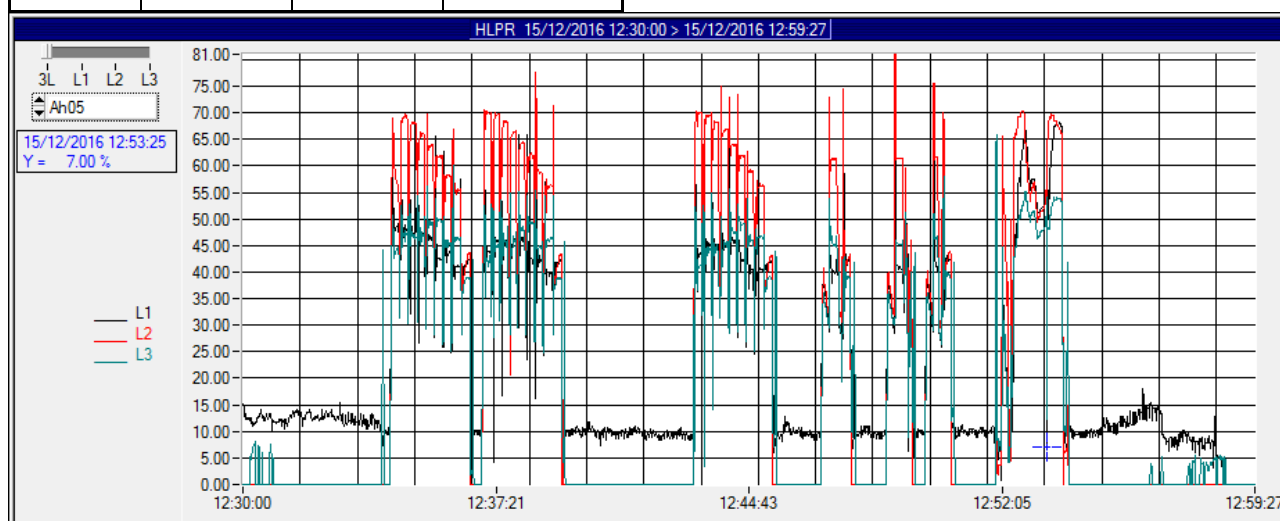
Název	min	max	jednotky
Ah3	0	35	%

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně



Naměřené hodnoty Ah5 – pátá harmonická frekvence proudu

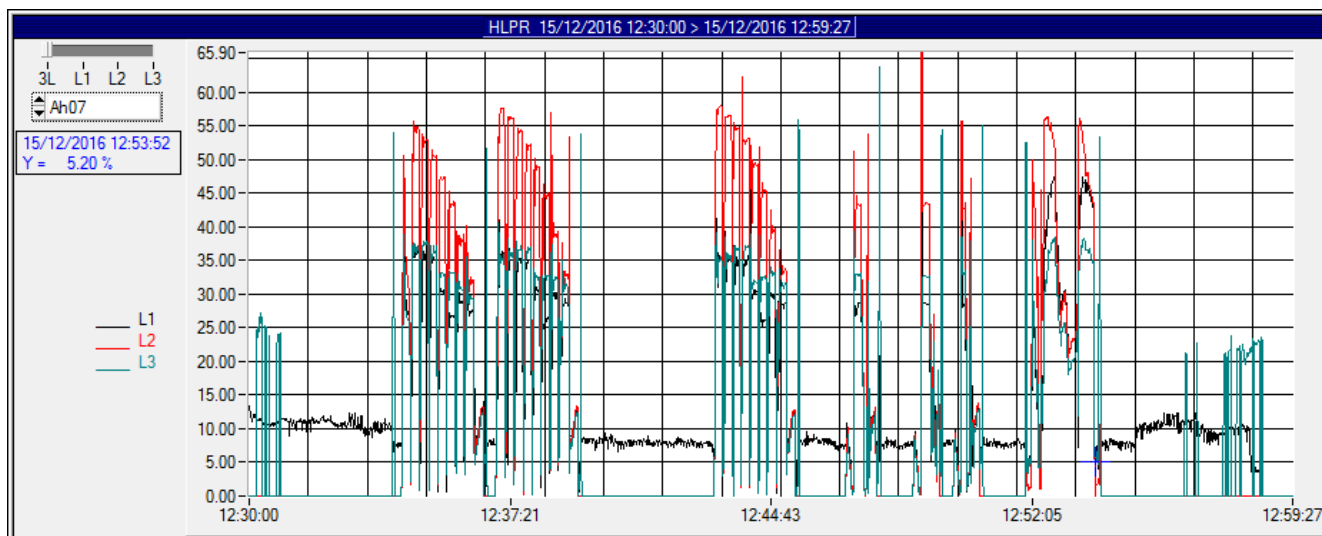
Název	min	max	jednotky
Ah5	0	81	%



Naměřené hodnoty Ah7 – sedmá harmonická frekvence proudu

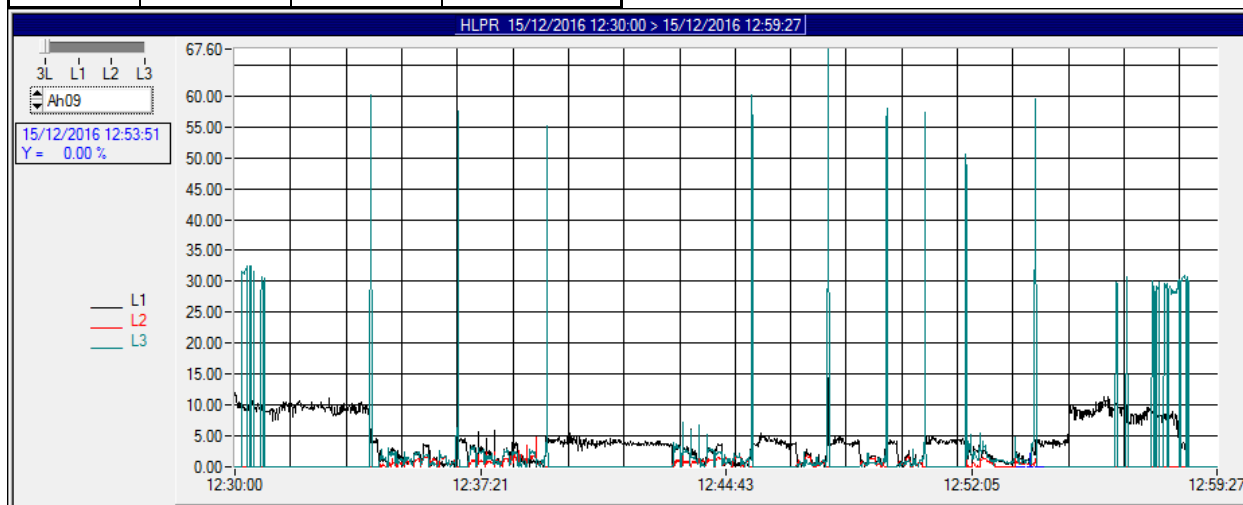
Název	min	max	jednotky
Ah7	0	65,9	%

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně



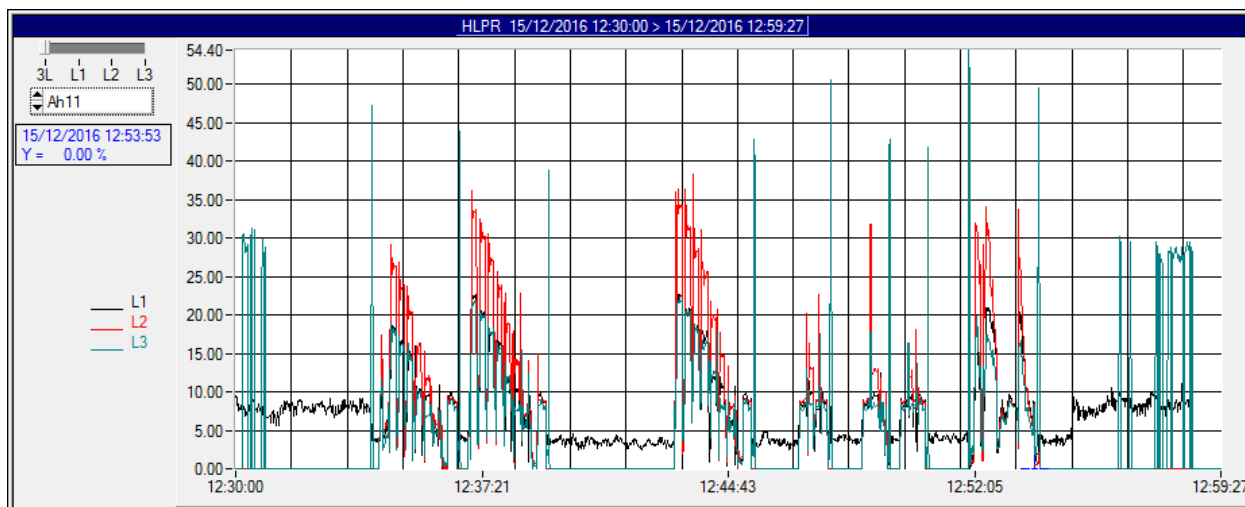
Naměřené hodnoty Ah9 – devátá harmonická frekvence proudu

Název	min	max	jednotky
Ah9	0	67,6	%



Naměřené hodnoty Ah11 – jedenáctá harmonická frekvence proudu

Název	min	max	jednotky
Ah11	0	54,4	%



Obr. 2-1 Výsledky měření elektrické sítě

2.2.1 Stav, který se má napravit

- Velmi vysoké harmonické zkreslení napájecí sítě (total harmonic distortion THD) v generátorických režimech, **překračující normu EN50160**,
- Napěťové poklesy sítě
- Nesymetrii proudu
- Nekompensované jalové výkony (kapacitní a induktivní) nutné dynamické řešení
- Účinník (značné překompenzování a vysoké nedokompenzování) ve velmi rychlých změnách

Je třeba zdůraznit, že toto chování elektrické sítě neovlivňuje regulaci zkušeben, funkci výpočetní techniky a měřicích přístrojů v hale zkušeben, ale prakticky v celém areálu univerzity a může vést k poškození přístrojů a ovlivnění experimentálních a výzkumných prací dalších pracovišť.

3 Popis stavebních úprav a požadavků na jiné profese než silnoproud, slaboproud a MaR

Současné stavební a mechanické řešení nevyžaduje zásadních úprav a po rekonstrukci elektrických částí a MaR bude posunuta jejich morální životnost o dalších 20 let.

V rámci instalace nového rozvaděče s filtry a UPS je možné, že budou nutné menší stavební úpravy tj. úprava prostupů a zalištování elektrických rozvodů 230 V nově natažených z UPC.

Velín zkušeben je v relativně malé místnosti bez možnosti větrání do vnějšího prostředí a od vlastní zkušebny oddělený sádkartonovou stěnou s okny a dveřmi. V místnosti velínu jsou umístěny dva rozvaděče (jeden související s obsluhou zkušebny a druhém jsou umístěny servery pro post zpracování a obsluhu dalších částí zkušeben). V současném stavu není možné zaručit optimální provozní teplotu řídicí a výpočetní techniky a současně pracovní podmínky obsluhy a to včetně překračování hluku ve velínu při provozování zkušeben. Proto je potřeba velín osadit klimatizační jednotkou split a provést akustický obklad stěn velínu z vnější strany velínu včetně dveří.

Pro obklad stěn velínu a dveří je třeba zvolit materiál se **středním koeficientem akustické pohltivosti vyšším než 0,70**. Materiál by měl být samozhášivý. Obklad dveří mezi velínem a zkušebnou by měl mít obdobné vlastnosti.

Pro zajištění vhodné teploty zařízení i tepelné komfortu obsluhy při uvažování dvou osob ve velínu a provozu všech výpočetních prostředků a zapnutých monitorů je potřeba nástěnná split klimatizační jednotka s chladicím výkonem vyšším než **4,5 kW v energetické třídě minimálně A++**. Klimatizační jednotka by měla být vybavena **wifi nebo ethernet modulem** pro komunikaci se softwarem řídicí zkušebnu, který by měl mít možnost ověřit funkčnost klimatizační jednotky.

4 Popis řešení kompenzace jalových proudů a zarušení elektrické sítě

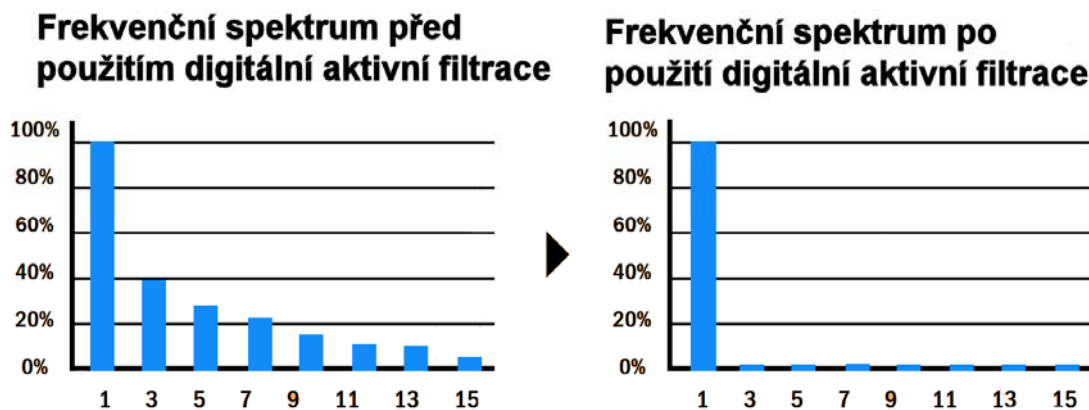
Jak již bylo uvedeno současný stav zkušeben je zcela nevyhovující po stránce jejich interakce s elektrickou sítí areálu Mendelovy univerzity. Je zde velké riziko poškození zařízení v laboratořích, výpočetní techniky. Proto je nutné provést úpravy na straně silové. Jediným vhodným a spolehlivým řešením je instalovat aktivní filtry do sítě 400V – o velikosti 800A, které budou schopny dynamicky reagovat na požadavky rychlé dodávky jalového výkonu, filtrovat vyšší harmonické frekvence proudu, které generují frekvenční měniče (stáří cca 17 let) a tím eliminovat napěťové poklesy jak vidíme na obr. 4.1. Tyto filtry musí používat výkonovou elektroniku IGBT, fungující v reálném čase. S časem odezvy menším než 100 μ s a přepínací frekvencí okolo 20 kHz.

Toto zajistí

- Dokonalou filtraci vyšších harmonických – potlačení – minimalizace negativních zpětných vlivů
- Symetrizaci proudů
- Dynamická kompenzace jalových výkonů (jak kapacitních tak induktivních)

Na obr. 4-2 je vidět zapojení filtrů do sítě mezi transformátor a přívodní pole zkušeben. Sada filtrů by měla být vybavena společným uživatelským rozhraním přes dotykový panel nejlépe umístěný ve dveřích nového skříňového rozvaděče a dále by měla být realizována komunikace přes Ethernet s hlavním serverem zkušeben.

Na základě výsledků provedených měření je možno konstatovat, že není možné řešení za pomoci pasivního kompenzátoru, z důvodu vysokého spektra jednotlivých složek harmonických proudů, které jsou generovány do sítě s ovlivněním celkového zkreslení napětí.



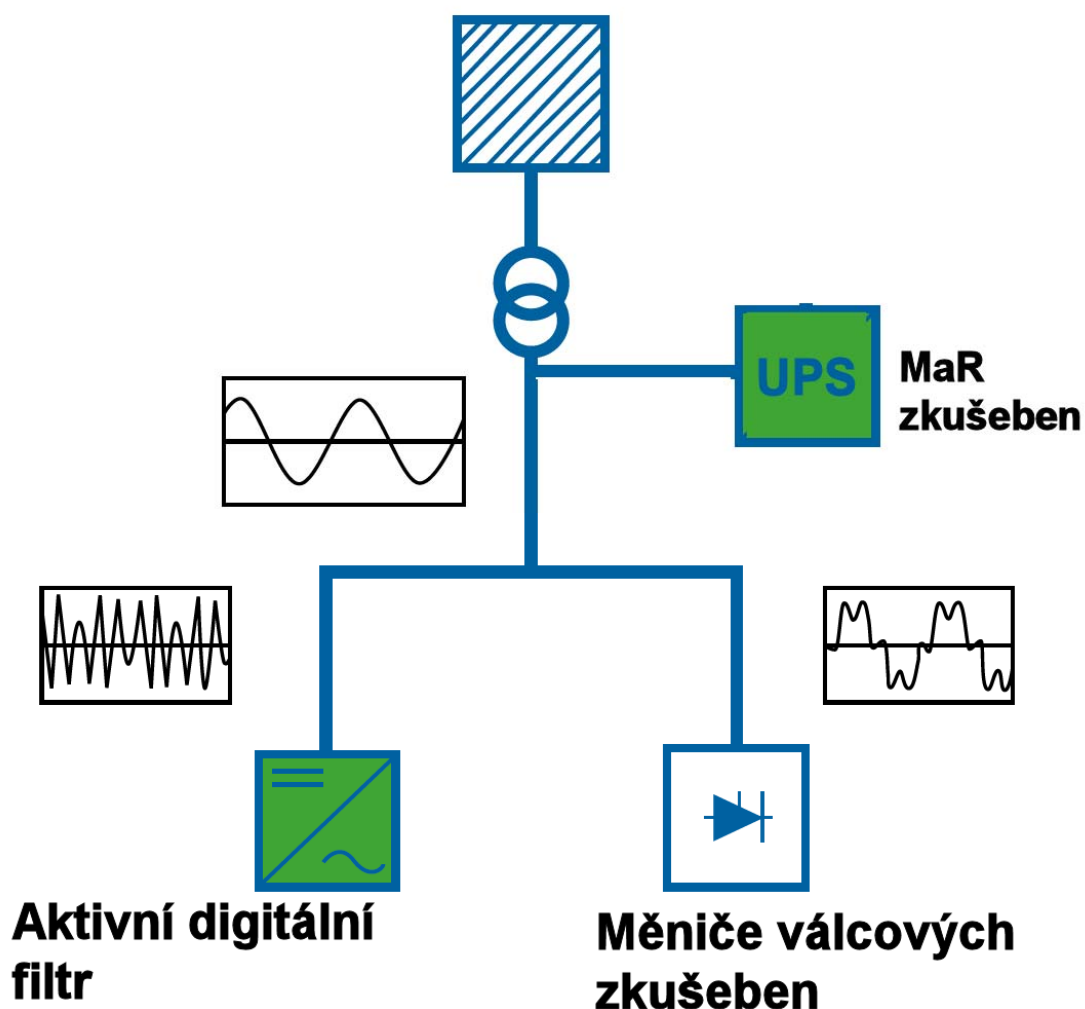
Obr. 4-1 Frekvenční spektrum v elektrické sítě bez filtrace a s nasazení aktivních digitálních filtrů

Kromě řešení silové části je třeba řešit i problémy v části měření a regulace s cílem potlačení nežádoucích jevů do napájecí sítě. Toto řešení je vhodné řešit záložním zdrojem UPS v provedení on-line (tj. s dvojitou konverzí) s výstupním výkonem větším než **8 kVA** s třífázovým přívodem a dobou provozu na baterie minimálně 10 min, která bude napájena z již kompenzované sítě. UPS by měla být vybavena komunikací pomocí počítačové sítě, přes kterou je možné provádět diagnostiku včetně stavu baterií. UPS dle obr. 4-2 je zapojena před přívodní pole zkušeben a tím pádem

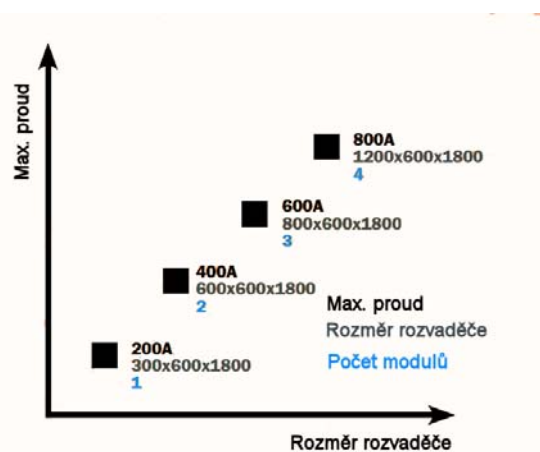
napájena už z filtrované sítě a umístěna v 120 cm skříňovém rozvaděči společně s aktivními filtry. Z UPS budou napájeny tyto části "Měření a regulace":

- Nízkonapěťové části stejnosměrných měničů
- Realtimeový řídicí počítač včetně všech jeho vzdálených periférií
- Všechny PC, NAS, síťové přepínače a další zařízení umístěné v 19" RACKu ve velině
- Všechny LCD monitory
- Pomalé měření
- Analyzátor BOSCH
- Rychlá měření včetně komunikace CAN
- Budič dynamometru V500
- 2 ks klasické zásuvky 230 V ve velínu pro další dodatečná zařízení
- 2 ks klasické zásuvky 230 V v prostoru zkušebny pro další dodatečná zařízení

Je třeba na přívodech z UPS realizovat u větví, které napájí řídicí části zkušeben odpojení pomocí relé kontrolovaných zařízením PREVENTA.



Obr. 4-2 Zapojení aktivních filtrů a on-line UPS před přívodní pole zkušeben



Obr. 4-3 Příklad velikosti digitálních aktivních filtrů 400 A a graf ukazující rozměry rozvaděče pro 800 A



Obr. 4-4 Fotografie současného stavu s volným prostorem o šířce 120 cm

Pro instalaci aktivních filtrů a on-line UPS je vhodným místem prostor na galerii vedle přívodních polí o rozměrech 120 cm, zde by měl být umístěn rozvaděč s aktivními filtry a on-line UPS, ve dveřích rozvaděče by bylo vhodné realizovat základní uživatelské rozhraní pro monitorování filtrů. Rozvaděče je třeba propojit dvěma stíněnými datovými kabely Cat 6 se stíněním každého páru zvláště v provedení lanko s průřezem měděných vodičů 0,5 mm nebo vyšším.

5 Popis požadavků na nové stejnosměrné měniče všech osmi stejnosměrných pohonů

Vzhledem ke skutečnosti, že podle informací uživatelů zkušeben se v čase problémy s rušením prohlubují je potřeba provést nezbytnou rekonstrukci řízení a výkonové části stávajícího zařízení (měničová část). Hlavním důvodem je stáří techniky tj. opotřebení a morální zastaralost zařízení – náhradní díly a v čase klesající technická zdatnost, která je navíc v porovnání s dnes dostupnými zařízeními zcela za „zenitem“. Např. Právě nedokonalost stávajících regulátorů, které nemají možnost tzv. S-křiven vede k velkým dynamickým zásahům a přepínání kvadrantů měničů.

Navrhované řešení je výměna stávajících čtyř kvadrantových více jak 20-let starých měničů Mentor-II za aktuálně nejmodernější ekvivalentní řešení.

Na základě rozboru dostupných měničů na trhu a stávajícího řešení je třeba jednoznačně doporučit výměnu měničů za měniče stejného výrobce z těchto důvodů:

- Nové měniče by měly být rozměrově totožné s předchozími včetně připojení silnoprůvého přívodu a kabeláže ke stejnosměrným pohonům. Jiné rozměry by znamenaly předělání rozvaděčů a tím další náklady
- Rekonstruované zkušebny jsou z hlediska regulací a konfigurací zkoušek velmi komplikované a toto know-how je zaneseno ve stávající konfiguraci měničů a software na aplikačních kartách. Nové měniče, by měly být schopné tyto konfigurace včetně software převzít. Tím se zkrátí doba uvedení do provozu a nejistota toho, že regulační schopnosti nového měniče nebudou mít schopnosti stávajícího.

Nové měniče Control Techniques, které budou umožňovat:

- Regulace dynamometrů v otáčkové zpětné vazbě s tzv. S-křivkami s cílem minimalizace regulačních přeskmitů (omezení zbytečných generátorických režimů)
- Lepší synchronizace dynamometrů při chodu na „společné ose“ tzv. elektrická hřídel
- Lepší parametrizace regulace dynamometrů pro zastavovací režimy
- Modifikovatelná regulace v brzdných režimech s cílem minimalizace negativních dopadů pro napájecí síť pro jednotlivé regulační módy dynamometrů
- Vzájemná digitální komunikaci mezi jednotlivými měniči dynamometrů na rozdíl od stávajícího stavu, kde je propojení realizováno analogovými signály s možností zarušení a digitalizačními chybami.
- Možnost rychlé komunikace měničů s nadřazeným řídicím systémem s cílem výrazného zlepšení regulace, vzájemné synchronizace a parametrizace. Doporučená hodnota časové smyčky výměny informací je minimálně 100Hz.
- Nové měniče již nepotřebuje externí budící jednotky, takže se celkově zjednoduší celé napájení DC pohon

DC měnič Mentor MP. Nahrazuje starší model Mentor II a klidně můžeme říci, že to dobré zůstalo zachováno včetně typického rozmístění silových vývodů měniče. Jedná se již o pátou generaci stejnosměrných měničů, řídicí část je převzata z univerzálního střídavého měniče Unidrive SP, proto Mentor MP poskytuje optimální výkon a flexibilní systémové rozhraní.

Měnič lze bez potíží integrovat do moderních komunikačních sítí Ethernet, EtherCAT. Opět budou využity modely pro čtyř kvadrantový (rekuperační) provoz. Jako bonus je snadno použitelný editor liniových schémat, vhodný pro přidání jednoduchých vlastních funkcí do měniče, podobně jako to měl starší model Mentor II, kde se ale musela instalovat doplňková karta MD29. Základní měnič tedy by vždy bylo vhodné doplnit přídatným LED displejem, přídatným modulem SM-EtherCAT a

kartou SM-Applications Plus nabízející vysoce výkonné PLC a další funkce spolu s velmi rychlými vstupy/výstupy. Pro programování je potřeba pořídit SyPTPro což je sada programovacích systémových nástrojů pro automatizaci systému měničů. Jednu licenci software je možné využít pro všechny měniče.

Vzhledem k problematice rušení bude vhodné rozvaděče měničů doplnit o odrušovací filtry vždy příslušné velikosti podle velikosti měniče a dále je vhodné vyměnit příslušné tlumivky. Výhodou této náhrady je také to, že nové měniče MP již pro použité hodnoty budících proudů nevyžadují externí budící jednotky

Z tohoto vyplývá doporučení na provedení této výměny:

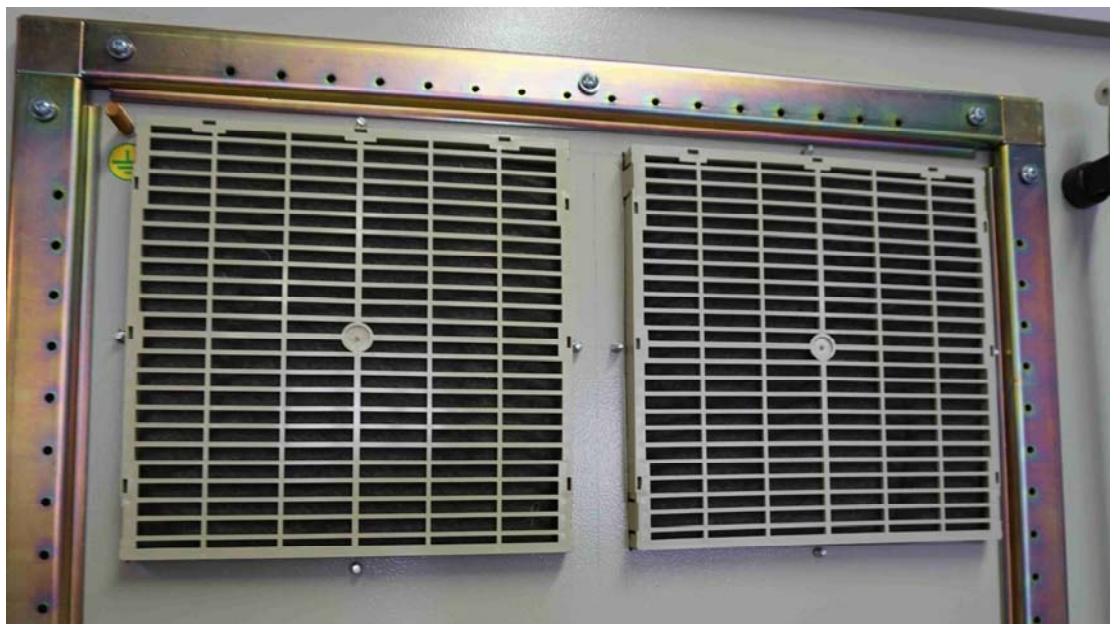
- 1) Nahradit 4 ks měničů M350RGB14 za nový typ měničů MP 350A4R (proud 350 A, buzení 20 A)
- 2) Nahradit 2 ks měničů M420RGB14 za nový typ měničů MP 420A4R (proud 420 A, buzení 20 A)
- 3) Nahradit 2 ks měničů M210RGB14 za nový typ měničů MP 210A4R (proud 210 A, buzení 8 A)
- 4) 8 ks Displajů LED pro měniče
- 5) 8 ks SM-EtherCAT
- 6) 8 ks SM-Applications Plus
- 7) 4 ks Odrušovacích filtrů FN3270H-400-99
- 8) 2 ks Odrušovacích filtrů FN3270H-600-99
- 9) 2ks Odrušovacích filtrů FN3270H-250-99
- 10) 8 ks Tlumivka JTC E2020-0248 2x0,1H/2x20A/1 fáze
- 11) 1 ks SYPT- Pro programovací souprava

Vzhledem k cenám i potřeba zajistit dlouhodobou funkčnost pohonů je vhodné na tyto komponenty požadovat 5-letitou záruku proti standardní 2-leté záruce.

Všech 8 kusů měničů je vhodné propojit do jedné větve sítě EtherCAT pomocí stíněných datových kabelů Cat 6 se stíněním každého páru zvláště v provedení lanko s průřezem měděných vodičů 0,5 mm nebo vyšším spolu s řídicím real timovým kontrolérem.

Nízkonapěťová (procesorová) část všech osmi měničů by měla být napájena samostatným 24 V zdrojem napájeným z on-line UPS, který je připínán zapnutím alespoň jedné ze zkušeben a vypínán přes obvody PREVENTA.

Pro zachování spolehlivosti nových měničů a prodloužení životnosti zkušeben je třeba vyměnit ve všech skříňových rozvaděčích ventilační jednotky a filtrační látky za nové (obr. 5-1 a obr. 5-2). Dále je doporučeno doplnit 19" počítačový rozvaděč ve velíne v hodní části celoplošnou ventilační jednotkou obr. 5-3.



Obr. 5-1 Příklad filtrů ve skříňových rozvaděčích



Obr. 5-2 Ventilační jednotka skříňového rozvaděče



Obr. 5-3 19" Počítačový stojan ve velínu

5.1 Výměna kabeláže

Silová kabeláž propojující měniče se stejnosměrnými pohony je vedena v žlabech současně s kabely měření a ovládání pro první a poslední dvojici válců pevně a pro střední dvě dvojice pohyblivě pomocí nestíněné kabeláže. Vzhledem k tomu, že kabeláž měření a regulace bude nahrazena komunikací a tím pádem bude odstraněna, bylo by vhodné i silovou kabeláž nahradit moderními kabely se stíněním měděnými drátky s protisměrnou spirálou při zachování průřezu měděného laněného vodiče. Tím bude prodloužena životnost zkušeben a opět se sníží vliv vyzařovaného rušení na digitální systémy zkušeben i zkoušených vozů.

Souběžně se silovými vodiči zůstane vedení kabelu od inkrementálního čidla motoru do měniče a souběžně povede i datový kabel CAT 6, po kterém bude probíhat komunikace po sběrnici EtherCAT a dále napájení 24 V z nových zdrojů, které budou napájeny z on-line UPS.

Po rekonstrukci budou kanály vedeny napájecí kabely DC pohonů včetně budicích proudů, kabely od inkrementálních snímačů otáček motorů, datové kabely CAT 6 pro sběrnici EtherCAT a zemnicí kabely.



Obr. 5-4 Ukázka pohyblivého připojení kabeláže mezi skříňovými rozvaděči a DC pohony či rozvaděči měření

6 Požadavky na hardware nového řídicího a měřicího systému

S ohledem na potřebu komunikace po rychlých komunikačních sběrnicích a vůbec vzájemnou synchronizaci chodu dynamometrů, je třeba nahradit současný řídicí systém postavený na PC s ISA sběrnicemi a operačním systémem DOS. Nové požadavky jsou za hranicí technických možností současného systému a to jak z pohledu výkonu tak i vzájemné kompatibility. V části společného měření a regulace vířivého dynamometru V500 je nutno stávající HW produkty nahradit, poněvadž ty nejsou po více jak 20-letech kompatibilní se soudobými SW prostředky.

6.1 Digitální vstupní (input) kanály

Logické vstupy jsou v současném systému připojeny na dceřiné karty připojené k počítačům řídicího systému. V současné verzi je realizováno celkem 48 kanálů číslo 0 až 47 pro každou ze zkušeben. Každému logickému kanálu je jednoznačně přiřazen význam. Ty které nemají přiřazen význam, jsou volné. Kanálu je pomocí tabulky přiřazen význam a základní logika, tj. v jakém stavu je hlášen logický stav **0**. Většina logických kanálů je opticky oddělena a pracuje na úrovni DTL 24V (opticky neoddělené kanály uvedeny v tabulce).

Digitální kanály zkušebny 4VDM-E120D

Kanál	Popis	Inverze	Poznámka
00	Ready LP	NE	
01	Slave LP	NE	
02	n=0 LP	NE	
03	Alarm LP	NE	
04	Ready PP	NE	
05	Slave PP	NE	
06	n=0 PP	NE	
07	Alarm PP	NE	
08	Ready LZ	NE	
09	Slave LZ	NE	
10	n=0 LZ	NE	
11	Alarm LZ	NE	
12	Ready DW	NE	
13	Slave DW	NE	
14	n=0 NOT	NE	
15	Alarm NOT	NE	
16	Hlavní jistič	NE	
17	Tlak vzduch	NE	
18	Pom.zdr.Př	NE	
19	Pom.zdr.Zd	NE	
20	Příprava P	NE	
21	Příprava Z	NE	
22	Stop P	NE	
23	Stop Z	NE	
24	Server Ready	NE	

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně

25	Ventil.ERR	NE	
26	Vent. Chod	NE	
27	Spojka Z P	NE	
28	Spojka Z Z	NE	
29	Zdroj ovládací	NE	
30		NE	
31		NE	
32	Ustav d LP	NE	
33	Odbrzd. LP	NE	
34	Rolna d LP	NE	
35	Kryt zk Př	NE	
36	Ustav d PP	NE	
37	Odbrzd. PP	NE	
38	Rolna d PP	NE	
39	Kryt ok Př	NE	
40	Ustav d LZ	NE	
41	Odbrzd. LZ	NE	
42	Rolna d LZ	NE	
43	Kryt zk Zd	NE	
44	Ustav d PZ	NE	
45	Odbrzd. PZ	NE	
46	Rolna d PZ	NE	
47	Kryt ok Zd	NE	

Digitální kanály zkušebny VDU E270T-E150T

Kanál	Popis	Inverze	Poznámka
00	Ready LP	NE	
01	Slave LP	NE	
02	n=0 LP	NE	
03	Alarm LP	ANO	
04	Ready PP	NE	
05	Slave PP	NE	
06	n=0 PP	NE	
07	Alarm PP	ANO	
08	Ready LZ	NE	
09	Slave LZ	NE	
10	n=0 LZ	NE	
11	Alarm LZ	ANO	
12	Ready PZ	NE	
13	Slave PZ	NE	
14	n=0 PZ	NE	
15	Alarm PZ	ANO	
16	Hl.jistič	NE	
17	Tlak vzduchu	NE	

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně

18	Pom.zdr.Př	NE	
19	Pom.zdr.Zd	NE	
20	Příprava P	NE	
21	Příprava Z	NE	
22	Stop P	NE	
23	Stop Z	NE	
24	Server Rea	NE	
25	Ventil.ERR	NE	
26	Vent. Chod	NE	
27		NE	
28		NE	
29	Zdroj ovlđ	NE	
30		NE	
31		NE	
32	Rolna d LP	NE	
33	Rolna d PP	NE	
34	Odkrytí LP	ANO	
35	Odkrytí PP	ANO	
36		NE	
37		NE	
38		NE	
39		NE	
40	Rolna d LZ	NE	
41	Rolna d PZ	NE	
42	Odkrytí LZ	ANO	
43	Odkrytí PZ	ANO	
44		NE	
45		NE	
46		NE	
47		NE	

Digitální kanály rozvor a vzduchotechnika

Kanál	Popis	Inverze	Poznámka
00	Rozvor OK	NE	
01	Motor Chod	NE	
02	Minimální rozvor vředu	NE	
03	Maximální rozvor vzadu	NE	
04		NE	
05	Odbřžděno	NE	
06	Řídicí systém 4VDM	NE	Monoválcová zkušebna
07	Řídicí systém VDU	NE	Traktorová zkušebna
08	Klimatizace Ready	NE	
09	Klimatizace Chod	NE	
10		NE	

11		NE	
12		NE	
13		NE	
14		NE	
15		NE	

Digitální kanály z absolutního rotačního čítače polohy

Kanál	Popis	Inverze	Poznámka
00	0. bit	NE	
01	1. bit	NE	
02	2. bit	NE	
03	3. bit	NE	
04	4. bit	NE	
05	5. bit	NE	
06	6. bit	NE	
07	7. bit	NE	
08	8. bit	NE	
09	9. bit	NE	

6.2 Digitální výstupní (output) kanály

Logické výstupy jsou ve stávajících systémech připojeny na dceřiné karty připojené k počítačům řídicího systému. V současné verzi je realizováno celkem 48 kanálů číslo 0 až 47. Každému logickému kanálu je jednoznačně přiřazen význam. Ty které nemají přiřazen význam, jsou určeny jako rezerva pro případné rozšíření systému. Kanálu je pomocí tabulky logika, tj. v jakém stavu je vyslán stav **0** - relé rozepnuto. Logické výstupní kanály jsou realizovány prostřednictvím relé a pracují na úrovni DTL 24V.

Digitální kanály zkušebny 4VDM-E120D

Kanál	Popis	Inverze	Poznámka
00	Chod LP	Ne	
01	Deblok LP	Ne	
02	Mom/Otč LP	Ne	
03	Mas/Slv LP	Ne	
04	Chod PP	Ne	
05	Deblok PP	Ne	
06	Mom/Otč PP	Ne	
07	Mas/Slv PP	Ne	
08	Chod LZ	Ne	
09	Deblok LZ	Ne	
10	Mom/Otč LZ	Ne	
11	Mas/Slv LZ	Ne	
12	Chod PZ	Ne	

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně

13	Deblok PZ	Ne	
14	Mom/Otč PZ	Ne	
15	Mas/Slv PZ	Ne	
16	PC Ready	Ne	
17	PřípravaLP	Ne	
18	PřípravaPP	Ne	
19	PřípravaLZ	Ne	
20	PřípravaPZ	Ne	
21	Stop před.	Ne	
22	Stop zad.	Ne	
23		Ne	
24		Ne	
25		Ne	
26		Ne	
27		Ne	
28		Ne	
29		Ne	
30		Ne	
31		Ne	
32	Ustav Z P	Ne	
33	Odbrzdit P	Ne	
34	Rolny zv P	Ne	
35	Rolny sp P	Ne	
36	Kryt zak P	Ne	
37	Kryt odk P	Ne	
38	Spojka Př	Ne	
39	Ventilátor	Ne	
40	Ustav Z Z	Ne	
41	Odbrzdit Z	Ne	
42	Rolny zv Z	Ne	
43	Rolny sp Z	Ne	
44	Kryt zad Z	Ne	
45	Kryt odk Z	Ne	
46	Spojka Za	Ne	
47		Ne	

Digitální kanály zkušebny VDU E270T-E150T

	Popis	Inverze	Poznámka
00	Chod LP	Ne	
01	Deblok LP	Ne	
02	Mom/Otč LP	Ne	
03	Mas/Slv LP	Ne	
04	Chod PP	Ne	
05	Deblok PP	Ne	
06	Mom/Otč PP	Ne	
07	Mas/Slv PP	Ne	
08	Chod LZ	Ne	
09	Deblok LZ	Ne	

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně

10	Mom/Otč LZ	Ne	
11	Mas/Slv LZ	Ne	
12	Chod PZ	Ne	
13	Deblok PZ	Ne	
14	Mom/Otč PZ	Ne	
15	Mas/Slv PZ	Ne	
16	PC Ready	Ne	
17	PřípravaLP	Ne	
18	PřípravaPP	Ne	
19	PřípravaLZ	Ne	
20	PřípravaPZ	Ne	
21	Stop před.	Ne	
22	Stop zad.	Ne	
23		Ne	
24		Ne	
25		Ne	
26		Ne	
27		Ne	
28		Ne	
29		Ne	
30		Ne	
31		Ne	
32	Rolny LP	Ne	
33	Rolny PP	Ne	
34		Ne	
35		Ne	
36		Ne	
37		Ne	
38		Ne	
39	Ventilátor	Ne	
40	Rolny LZ	Ne	
41	Rolny PZ	Ne	
42		Ne	
43		Ne	
44		Ne	
45		Ne	
46		Ne	
47	PřípravaOK	Ne	

Ovládání rozvoru zkušeben

	Popis	Inverze	Poznámka
00	Server ready	Ne	
01	Rozvor příprava	Ne	
02	Rozvor zmenšit	Ne	
03	Rozvor zvětšit	Ne	
04		Ne	

05		Ne	
06	Klimatizace max. výkon	Ne	
07	Klimatizace ready	Ne	
08	Chod zkušebny	Ne	
09		Ne	
10		Ne	
11		Ne	
12		Ne	
13		Ne	
14		Ne	
15		Ne	

7.1 Analogové vstupní kanály

Analogové vstupy je doporučeno minimalizovat a zůstanou pouze signály z tenzometrů, které budou v jejich blízkosti zpracovány a do dalších částí MaR předávány komunikací.

Analogové vstupní kanály zkušebny 4VDM-E120D

Kanál	Popis	Dolní	Horní	Poznámka
00	Síla LP	-5,0 kN	5,0 kN	
01	Síla PP	-5,0 kN	5,0 kN	
02	Síla LZ	-5,0 kN	5,0 kN	
03	Síla PZ	-5,0 kN	5,0 kN	

Analogové vstupní kanály zkušebny VDU E270T-E150T

Kanál	Popis	Dolní	Horní	Poznámka
00	Síla LP	-25,0 kN	25,0 kN	
01	Síla PP	-25,0 kN	25,0 kN	
02	Síla LZ	-100,0 kN	100,0 kN	
03	Síla PZ	-100,0 kN	100,0 kN	

7.2 Frekvenční kanály

Frekvenční kanály je doporučeno rozšířit o měření signálů z rolen, kde je doporučeno vyměnit stávající snímače. Tento typ snímačů bude nahrazen snímači založenými na principu Hallův efekt s dvojítm výstupem, systém bude zpracovávat přímo frekvenční signál o frekvenci do 100 kHz. Opět signály budou zpracovány co nejbližší zdroje a do MaR předávány komunikací. Současný stav s analogovým převodem signálu je zcela nevyhovující.

Frekvenční vstupní kanály zkušebny 4VDM-E120D

Kanál	Popis	Dolní	Horní	Poznámka
00	Rychlost LP	0,0 km/h	200,0 km/h	
01	Rychlost PP	0,0 km/h	200,0 km/h	
02	Rychlost LZ	0,0 km/h	200,0 km/h	
03	Rychlost PZ	0,0 km/h	200,0 km/h	
04	Rolna LP	0,0 km/h	200,0 km/h	
05	Rolna PP	0,0 km/h	200,0 km/h	
06	Rolna LZ	0,0 km/h	200,0 km/h	
07	Rolna PZ	0,0 km/h	200,0 km/h	

Digitální kanály zkušebny VDU E270T-E150T

Kanál	Popis	Dolní	Horní	Poznámka
00	Rychlost LP	0,0 km/h	16,0 km/h	
01	Rychlost PP	0,0 km/h	16,0 km/h	
02	Rychlost LZ	0,0 km/h	16,0 km/h	
03	Rychlost PZ	0,0 km/h	16,0 km/h	
04	Rolna LP	0,0 km/h	16,0 km/h	
05	Rolna PP	0,0 km/h	16,0 km/h	
06	Rolna LZ	0,0 km/h	16,0 km/h	
07	Rolna PZ	0,0 km/h	16,0 km/h	

6.3 Koncepce upgrade MaR

Celé měření a řízení je v současné době vhodné řešit maximálně distribuovaným systémem, kdy jsou signály analogové, frekvenční i digitální zpracovávány co nejbližší svému zdroji a mezi jednotlivými stanicemi probíhá komunikace po zvolené průmyslové sběrnici. Vzhledem k požadavku na kompatibilitu se softwarem LabView firmy National Instrument i hardwarem, který je u novějších MaR projektu na Mendelově univerzitě je doporučeno řešit celé měření a řízení na bázi komponent

National Instrument a propojení jednotlivých distribuovaných jednotek včetně stejnosměrných měničů pomocí sběrnice EtherCAT.

Navrhované řešení je sestaveno z komponent, které jsou popsány v následujících částech textu.

6.3.1 Kontrolér řídicího systému

Tento kontrolér bude srdcem celého řízení a měření systému válcových zkušeben. Komunikace jak s měniči tak i decentralizovanými částmi systému bude probíhat na průmyslové sběrnici EtherCat s možností časové synchronizace na úrovni 1 ms. Předpokládá se umístění ve stávajícím řídicím rozvaděči **MS51**. Od tohoto kontroléru se očekává následující základní funkčnost:

- Zpětnovazební autonomní PID regulace 4(5)x dynamometr současně ($v=\text{konst}$, $F=\text{konst}$, RoadLoad atd.) a to v brzděném i generátorickém režimu. Minimálně požadovaná frekvence regulačních zásahů je 100 Hz, navzájem synchronizovaná mezi všemi dynamometry. Možnost bez rázového přepínání typu regulace během chodu dynamometru
- S měniči dynamometrů se předpokládá komunikace po sběrnici EtherCat za účelem jak vlastního řízení (hodnoty Set), tak za účelem diagnostiky vyčítání provozních stavů měničů
- Autonomní realizace nakonfigurovaných testů.
- 4-úrovňové hlídání limitních stavů uživatelem nakonfigurovaných veličin
- Zpětnovazební rychlé měření rychlosti otáčení válců, rolen a síly na obvodu válce. Toto vše s minimální vzorkovací frekvencí 100 Hz, synchronizované s PID regulací pohonů.
- Ovládání a diagnostika stavu mechanických prvků zkušebny přes stavová IO
- Ovládání a diagnostika stavu prvků v rozvaděčových skříních zkušebny a měničů přes stavová IO
- Ovládání, diagnostika a měření rozvoru přes stavová IO
- Měření teplot, pomalý analogových a frekvenčních signálů na úrovni 10 Hz minimálně.
- Měření rychlých analogových signálů s vzorkovací frekvencí až 50 kHz. Nezbytné je ošetření těchto kanálů antialiasing filtry.
- Komunikace s vozidlovými sběrnici (CAN, LIN). V případě sběrnice CAN je vyžadována poslední specifikace CAN-FD

Minimální hardwarové parametry:

- CPU vícejádrový, minimální taktovací frekvence 2GHz s možností navýšení frekvence na 3GHz a výše, 4MB cache minimal
- Operační systém reálného času 64-bit
- Operační paměť větší než 6 GB, úložný prostor minimálně 30 GB typu SSD (OS, konfigurace, aplikační program, data předpisů zkoušek, měření aj.)
- Napájení +24Vdc, zálohované UPS, bez nucené ventilace (bez ventilátorů)
- Kompaktní rozměry, umístitelné do rozvaděče hloubky 200mm, nízká spotřeba (rozvaděč nemá nucené chlazení)
- Komunikační rozhraní:
 - 1x IEEE 802.3 Ethernet, 10BASE-T, 100BASE-TX, 1000BASE-T (propojení se serverem a vizualizací)
 - 4x IEEE 802.3 Ethernet, 10BASE-T, 100BASE-TX, 100BASE-T, IEEE 802.3af (PoE) kompatibilní – konfigurovatelné pro sběrnici **EtherCat** (jedna větev měniče 8 jednotek, druhá větev komunikace s jednotkami ve skříňových rozvaděčích, třetí větev komunikace s novými rozvaděči v jámě dynamometru)
 - USB 2.0 +USB 3.0 2 + 2 porty min
 - 1x RS-232/422/485

- Výhodou integrované rozhraní DIO (neizolované TTL a izolované HTL +24Vdc)
- Integrované FPGA výhodou

6.3.2 Prvky společného řízení a monitoringu

Toto rozhraní slouží k měření a ovládání rozvoru, vstupu ovládání ve vozidle, rozhraní s MaR (vzduchotechnika aj.) zkušební haly, analyzátoru Bosch a synchronizaci rámců měření. Původně obsažené rozhraní s dynamometrem V500 bude přemístěno. Vzorkovací frekvence alespoň 10Hz. Předpokládá se umístění spolu s hlavním kontrolérem ve stávající skříni **MS51**.

Parametry:

- 8DO HTL (+24Vdc) pro ovládání rozvoru a rozhraní MaR, galvanicky odděleno
- 8DI (+24Vdc) pro monitoring stavu rozvoru a rozhraní MaR, galvanicky odděleno
- 10DI TTL pro absolutní snímač rozvoru (bez galvanického oddělení) – je třeba zajistit napájení +5Vdc pro snímač
- 32DI (+24Vdc) pro čtení stavu ovládacího panelu ve vozidle, galvanicky odděleno
- 4DO synchronizační výstup rámců měření ve formě bezpotenciálového kontaktu
- 2xRS-232 pro komunikaci s diagnostickou jednotkou Bosch

Prvky společného měření a komunikace

Toto rozhraní slouží k měření veličin na zkoušeném vozidle, společné pro obě zkušebny. Je třeba zejména nahradit systém měření FieldPoint, který je dnes již bez technické podpory. Předpokládá se nadále umístění v rozvaděči **MX56**, který bude ale přemístěn z diagnostiky Bosch na sloup ramene monitoru. Pravděpodobně bude třeba umístit do skřínky vhodnějších rozměrů. Připojení jednotlivých snímačů se předpokládá přes konektory tak, aby bylo kompatibilní s motorovou zkušebnou „Krček“. Kromě toho zde také bude rozhraní pro synchronizaci externích měření stavovým signálem (viz. MS51). Z pohledu rychlosti vzorkování se předpokládá spíše pomalejší měření do rychlosti 10(20)Hz.

Parametry:

- 8x RTD (Pt100)
- 8x TC (kompenzační vedení + konektory pro typ „K“)
- 8x AI U/I (přepínatelné rozsahy do $\pm 60V$, $\pm 25mA$)
- 4x IRC/frekvence (signál proti zemi i diferenciální, napěťová úroveň 5/24Vdc, rozlišovací schopností 500ns nebo lepší, možnost kvadraturního zpracování)
- 8x AO ($\pm 10V$) – na tyto výstupy možno navázat hodnoty jakéhokoli měřeného nebo počítaného kanálu z celé datové matice za účelem převzetí externím měřicím systémem
- 1x CAN-FD pro komunikaci s vozidlem přes diagnostickou zásuvku OBD-II

6.3.3 Rozvaděč 4VDM-E120D

Toto rozhraní slouží k monitoringu a ovládání prvků v hlavním rozvaděči 4VDM-E120D a dále pak jako stavové rozhraní s měniči dynamometrů. Vzorkovací frekvence alespoň 100 Hz. Po demontáži stávajících prvků se předpokládá umístění na panelu rozhraní současného rozvaděče **R5D**.

Parametry:

- 16DI HTL (+24Vdc) pro monitoring stavu rozvaděče, galvanicky odděleno
- 16DO HTL (+24Vdc) pro ovládání prvků rozvaděče, galvanicky odděleno
- 8DI HTL (+24Vdc) pro monitoring stavu měničů, galvanicky odděleno
- 8DO HTL (+24Vdc) pro stavové ovládání měničů, galvanicky odděleno

6.3.4 Rozvaděč VDU E270T-E150T

Toto rozhraní slouží k monitoringu a ovládání prvků v hlavním rozvaděči VDU a dále pak jako stavové rozhraní s měniči dynamometrů. Oproti rozvaděči 4VDM ještě bude rozšířeno o funkci rozhraní s dynamometrem V500 pro měření přes vývodovou hřídel – přemístěno z MS51 za účelem výrazného přiblížení k V500 (zjednodušení kabeláže, větší odolnost proti rušení). Vzorkovací frekvence alespoň 10(20)Hz. Po demontáži stávajících prvků se předpokládá umístění na panelu rozhraní současného rozvaděče **R5T**.

Parametry:

- 16DI HTL (+24Vdc) pro monitoring stavu rozvaděče a V500, galvanicky odděleno
- 16DO HTL (+24Vdc) pro ovládání prvků rozvaděče a V500, galvanicky odděleno
- 8DI HTL (+24Vdc) pro monitoring stavu měničů, galvanicky odděleno
- 8DO HTL (+24Vdc) pro stavové ovládání měničů, galvanicky odděleno
- 2x AI $\pm 10V$ pro měření momentu a otáček dynamometru V500
- 2x AO $\pm 10V$ pro řízení dynamometru V500

6.3.5 Přední osa 4VDM-E120D

Toto rozhraní slouží ke stavovému monitoringu a ovládání prvků příslušejícím přední ose 4VDM, v současné době představující rozvaděčové skřínky **MX61**, **MX64** a **MX67**. Kvůli dosažení větší odolnosti proti rušení, budou stávající analogové komponenty nahrazeny novými digitálními prvky. Samostatné skřínky MX64 a 67 s tenzometrickými převodníky Clip HBM budou zrušeny a vše bude sloučeno do nové větší skříně MX61, umístěné v původní lokaci. Taktéž budou zrušeny 5B převodníky frekvence/analog příslušející stávajícím indukčním snímačům na rolnách. Tento typ snímačů bude nahrazen snímači založenými na principu Hallův efekt s dvojitým výstupem, systém bude zpracovávat přímo frekvenční signál o frekvenci do 100 kHz, což zaručí větší odolnost proti rušení a větší dynamiku a přesnost.

Parametry:

- 8DI HTL (+24Vdc) pro monitoring stavu mechanických prvků, galvanicky odděleno
- 8DO HTL (+24Vdc) pro ovládání mechanických prvků. Tyto ventily pneumatického ovládání nutno spínat prostřednictvím výkonových relé
- 2x 3 stopy z IRC (diferenciální signál +5V line driver RS422), s rozlišovací schopností 500ns nebo lepší, kvadrurní zpracování
- 2x 2 stopy z nových snímačů rolen (signál 5/24V proti zemi), s rozlišovací schopností 500ns nebo lepší, kvadrurní zpracování
- 2x tenzometrický vstup ze snímačů síly o nominální citlivosti 2mV/V. Požadavkem je 24-bit Sigma-delta A/D převodník, antialiasing filtr, vzorkovací frekvence 1kHz či větší.

6.3.6 Zadní osa 4VDM-E120D

Toto rozhraní slouží ke stavovému monitoringu a ovládání prvků příslušejícím přední ose 4VDM, v současné době představující rozvaděčové skřínky **MX71**, **MX74** a **MX77**. Kvůli dosažení větší odolnosti proti rušení, budou stávající analogové komponenty nahrazeny novými digitálními prvky. Samostatné skřínky MX64 a 67 s tenzometrickými převodníky Clip HBM budou zrušeny a vše bude sloučeno do nové větší skříně MX61, umístěné v původní lokaci. Taktéž budou zrušeny 5B převodníky frekvence/analog příslušející stávajícím indukčním snímačům na rolnách. Tento typ snímačů bude nahrazen snímači založenými na principu Hallův efekt s dvojitým výstupem, systém

bude zpracovávat přímo frekvenční signál o frekvenci do 100 kHz, což zaručí větší odolnost proti rušení a větší dynamiku a přesnost.

Parametry:

- 8DI HTL (+24Vdc) pro monitoring stavu mechanických prvků, galvanicky odděleno
- 8DO HTL (+24Vdc) pro ovládání mechanických prvků. Tyto ventily pneumatického ovládání nutno spínat prostřednictvím výkonových relé
- 2x 3 stopy z IRC (diferenciální signál +5V line driver RS422), s rozlišovací schopností 500ns nebo lepší, kvadrurní zpracování
- 2x 2 stopy z nových snímačů rolen (signál 5/24V proti zemi), s rozlišovací schopností 500ns nebo lepší, kvadrurní zpracování
- 2x tenzometrický vstup ze snímačů síly o nominální citlivosti 2mV/V. Požadavkem je 24-bit Sigma-delta A/D převodník, antialiasing filtr, vzorkovací frekvence 1kHz či větší.

6.3.7 Přední osa VDU E270T-E150T

Toto rozhraní slouží ke stavovému monitoringu a ovládání prvků příslušejícím přední ose VDU v současné době představující rozvaděčové skříňky **MX31**, **MX34** a **MX37**. Kvůli dosažení větší odolnosti proti rušení, budou stávající analogové komponenty nahrazeny novými digitálními prvky. Samostatné skříňky MX34 a 37 s tenzometrickými převodníky Clip HBM budou zrušeny a vše bude sloučeno do nové větší skříně MX31, umístěné v původní lokaci. Taktéž budou zrušeny 5B převodníky frekvence/analog příslušející stávajícím indukčním snímačům na rolnách. Tento typ snímačů bude nahrazen snímači založenými na principu Hallův efekt s dvojitým výstupem, systém bude zpracovávat přímo frekvenční signál o frekvenci do 1kHz, což zaručí větší odolnost proti rušení a větší dynamiku a přesnost.

Parametry:

- 8DI HTL (+24Vdc) pro monitoring stavu mechanických prvků, galvanicky odděleno
- 4DO HTL (+24Vdc) pro ovládání mechanických prvků. Tyto ventily pneumatického ovládání nutno spínat prostřednictvím relé
- 2x 3 stopy z IRC (diferenciální signál +5V line driver RS422), s rozlišovací schopností 500ns nebo lepší, kvadrurní zpracování
- 2x 2 stopy z nových snímačů rolen (signál 5/24V proti zemi), s rozlišovací schopností 500ns nebo lepší, kvadrurní zpracování
- 2x tenzometrický vstup ze snímačů síly o nominální citlivosti 2mV/V. Požadavkem je 24-bit Sigma-delta A/D převodník, antialiasing filtr, vzorkovací frekvence 1kHz či větší.

6.3.8 Zadní osa VDU E270T-E150T

Toto rozhraní slouží ke stavovému monitoringu a ovládání prvků příslušejícím zadní ose VDU v současné době představující rozvaděčové skříňky **MX91**, **MX94** a **MX97**. Kvůli dosažení větší odolnosti proti rušení, budou stávající analogové komponenty nahrazeny novými digitálními prvky. Samostatné skříňky MX94 a 97 s tenzometrickými převodníky Clip HBM budou zrušeny a vše bude sloučeno do nové větší skříně MX91, umístěné v původní lokaci. Taktéž budou zrušeny 5B převodníky frekvence/analog příslušející stávajícím indukčním snímačům na rolnách. Tento typ snímačů bude nahrazen snímači založenými na principu Hallův efekt s dvojitým výstupem, systém bude zpracovávat přímo frekvenční signál o frekvenci do 1kHz, což zaručí větší odolnost proti rušení a větší dynamiku a přesnost.

Parametry:

- 8DI HTL (+24Vdc) pro monitoring stavu mechanických prvků, galvanicky odděleno

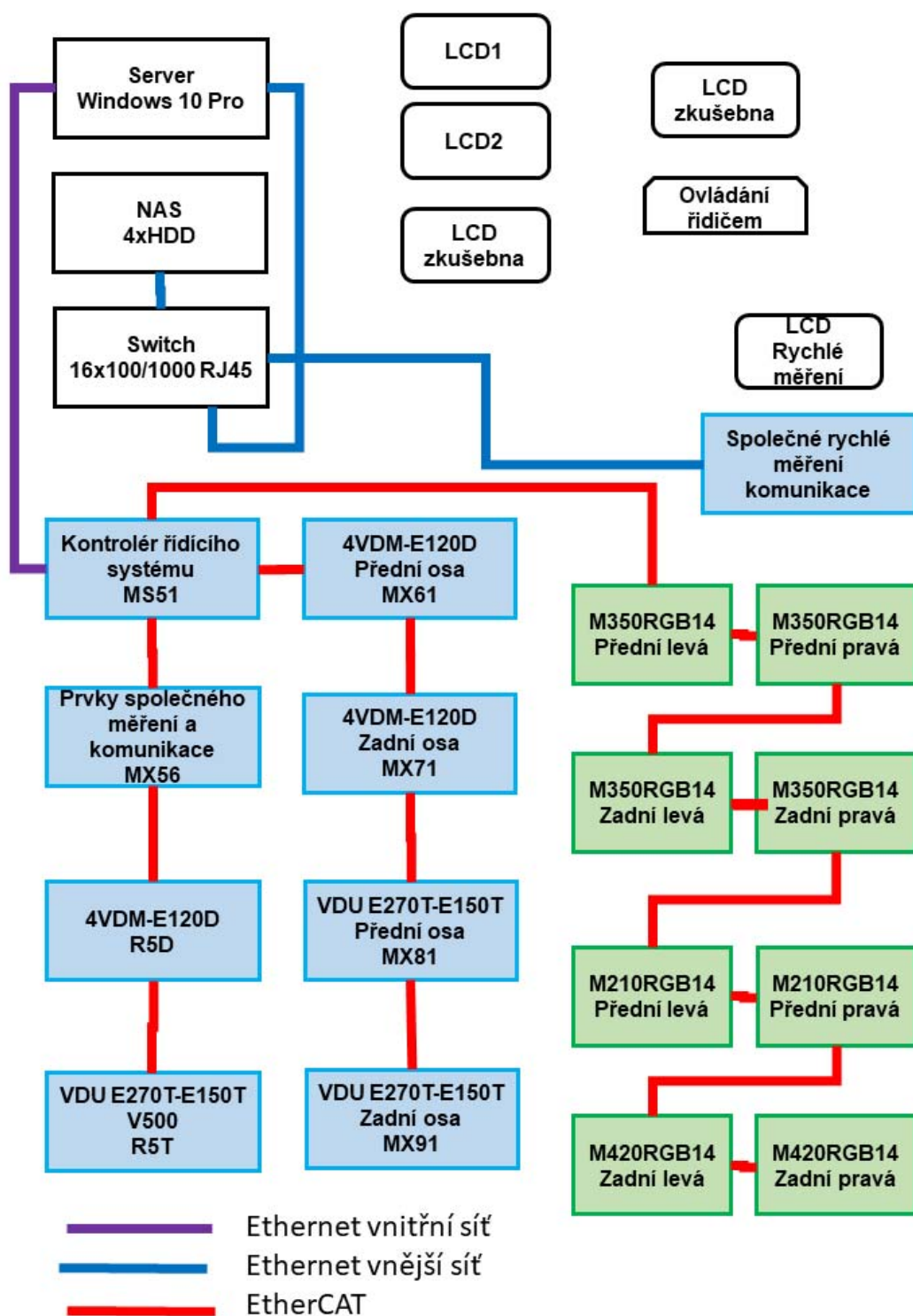
- 4DO HTL (+24Vdc) pro ovládání mechanických prvků. Tyto ventily pneumatického ovládání nutno spínat prostřednictvím relé
- 2x 3 stopy z IRC (diferenciální signál +5V line driver RS422), s rozlišovací schopností 500ns nebo lepší, kvadrurní zpracování
- 2x 2 stopy z nových snímačů rolen (signál 5/24V proti zemi), s rozlišovací schopností 500ns nebo lepší, kvadrurní zpracování
- 2x tenzometrický vstup ze snímačů síly o nominální citlivosti 2mV/V. Požadavkem je 24-bit Sigma-delta A/D převodník, antialiasing filtr, vzorkovací frekvence 1kHz či větší.

6.3.9 Společné rychlé měření/komunikace

Jedná se o autonomní modulární systém, který může, ale nemusí být vždy v sestavě zkušeben aktivní. Nepředpokládá se použití některého z kanálů pro zpětnovazební řízení. Výměna dat s centrálním PC prostřednictvím sítě ethernet. Synchronizace měření s řídicím systémem přes stavové signály a sítě ethernet. Vlastní konzola (monitor, klávesnice, myš). Ukládání měřených dat na interní úložiště, po ukončení měření transfer do centrálního PC. Konfigurace měřících a komunikačních modulů může být dle potřeby variabilní, vlastní konfigurace měřící úlohy bude probíhat na tomto prostředku. Vyjma kanálů IEPE se předpokládá vzorkování na úrovni 100, 200, 500, 1000 a 2000 Hz/kanál. U kanálů IEPE až do 50kHz/kanál.

Parametry:

- 8x AI $\pm 10V$, sigma-delta převodník, vzorkování do 50kHz min, antialiasing filtr, diferenciální vstup
- 4x AI $\pm 60V$, sigma-delta převodník, vzorkování do 50kHz min, antialiasing filtr, diferenciální vstup
- 4x IEPE vstup pro vibrace/hluk, sigma-delta převodník, vzorkování do 50kHz min, antialiasing filtr, BNC vstup
- 8x tenzometrický vstup pro plný můstek, sigma-delta převodník, vzorkování do 50kHz min, antialiasing filtr, diferenciální vstup, možnost externí excitace
- 8x frekvenční signál (diferenciální signál +5V line driver RS422 resp. 5/24V proti zemi), s rozlišovací schopností 500ns nebo lepší, možnost kvadrurní zpracování, PWM, rychlost i pozice
- 2x komunikace s vozidlovými sběrnici (CAN, LIN). V případě sběrnice CAN je vyžadována poslední specifikace CAN-FD



Obr. 6-1 Schéma celého distribuovaného systému (zeleně meniče Mentor, modře komponenty National Instrument, bílé PC komponenty)

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně

Na obr. 6-1 je schéma celého MaR napájeného z online UPS, bílé komponenty mají napájení 230 V a modré a zelené komponenty 24 V stejnosměrných.

7 Požadavky na hardware systému na zpracování dat a společných částí pro obě válcové zkušebny

Centrálním počítačem a počítač, který bude provádět celou vizualizaci systému, bude server umístěný v 19" rozvaděči tento server by měl mít tyto minimální parametry:

- Skříň průmyslového PC do 19" stojanu o výšce 4U pro klasickou základní desku ATX plné velikosti
- Zdroj s výkonem 400 W nebo větší s podporou napájení grafické karty 8 pin
- Základní deska rozměru ATX se socketem LGA1151, pro paměti DDR4 4xDIMM, 2x síťové rozhraní Ethernet 1 Gb, minimálně 4x PCI slot z toho alespoň 2x 16ti linkový
- Procesor pro socket LGA1151 s šesti nebo více fyzickými jádry a dvanácti virtualizovanými jádry, s frekvencí větší než 3,5GHz
- Grafická karta s aktivním chlazením, paměť minimálně 8GB GDDR5, minimálně se čtyřmi digitálními grafickými výstupy HDMI 2.0 nebo DisplayPort 1.4
- Minimálně 16 GB operační paměť
- SSD disk minimálně o velikosti 480 GB s technologií MLC nebo lepší
- Pevný disk minimálně o velikosti 3 TB s minimálními otáčkami 7200 ot/min
- Operační systém s jádrem Windows NT 64 bitový s platnou podporou výrobce delší než 5 let
- Procesor v serverovém počítači by měl mít výkon vyšší dle 3DMark Physics Score (benchmarks.ul.com) vyšší než 18 000 bodů.

Pro zálohování dat ze zkoušek, softwaru je vhodné využít 4 diskový NAS v provedení do 19" stojanu se čtyřmi diskovými pozicemi pro disky 3,5" s podporou RAID 5 osazený čtyřmi disky HDD o velikost 4 TB každý s podporou práce minimálně v RAID 5.

Propojení všech počítačových systémů je vhodné realizovat pomocí Ethernet sítě o rychlosti 1 Gb, proto v počítačovém stojanu je potřeba instalovat 2 ks switchů počítačové sítě (Layer 2: L2 switching) jeden minimálně s 16x 100/1000 RJ45 portů, montáž do 19" racku. Druhý minimálně s 4x 100/1000 RJ45 portů (je možné řešit jedním switchem managovaným, který síť rozdělí na dvě virtuální 2xVLAN).

5 kusů stejných monitorů LCD s minimálním rozlišením 1920x1080 s připojením HDMI a DP s uhlopříčkou minimálně 32"

3 ks LCD je vhodné umístit na společný stojan a umístit na stojan ve velínu. Stojan by měl být ukotven ke stolu. Dva monitory budou zobrazovat vizualizaci dat serveru a budou připojeny pomocí 5 metrových kabelů Display port 1.4. Třetí bude zrcadlit obrazovku před řidičem a měl by být připojen přes HDMI splitter, který bude rozbočovat signál ze serveru na LCD ve velínu a na stojanu před řidičem (rozbočení signálu je z bezpečnostních důvodů, aby byla jistota zobrazování stejných informací řidiči i obsluze) obr. 7-1.

1 ks LCD bude umístěn na pohyblivé konzoli před řidičem, na této konzole bude také vyveden USB port pro připojení klávesnice a pomocný panel s hardwarovými tlačítky přímo spojenými s Reálným kontrolérem pro zajištění bezpečnostních funkcí systému.

Součástí stojanu obr. 7-1 je i USB HUB, který by měl být využit pro připojení klávesnici a myši.

Poslední 5 kus LCD monitoru a USB klávesnici bude možno připojit ke společnému rychlému měřicímu systému.



Obr. 7-1 Stojan pro monitory ve velínu

8 Požadavky na software všech částí systémů

Jednou z příčin současného chování řídicího systému je i nemožnost dalšího rozvoje software, který je limitován operačním systémem DOS a z toho vyplývající maximální vzorkovací frekvencí 20 Hz, s tím souvisí i pomalá PID regulace, pouze lineární rampy při změnách stavu.

Proto musí být operační systém počítačů, na kterých poběží uživatelské rozhraní OS Windows 10 Professional 64 bitů u kterého je podpora výrobce garantována dle doby delší 5 let.

Pro vývoj všech softwarových komponent s výjimkou software pro měniče Mentor MP musí být použito vývojové prostředí LabView 2018 nebo novější, některé komponenty systému (např. exporty a importy souborových formátů) mohou být ve formě dll s popisem rozhraní pro LabView. Software LabVIEW je na Mendelově univerzitě používán ve výuce i výzkumu řadu let. Jedná se o moderní nástroj umožňující efektivní a rychlý vývoj softwarových aplikací pro měřicí techniku. Tímto bude zajištěn další rozvoj a přizpůsobování softwaru zkušebny budoucím požadavkům při výzkumu a výuce. Podmínkou je samozřejmě naprogramování všech částí řídicího, měřicího systému, včetně vizualizace, přípravy dat a zpracování výsledku v prostředí LabView a předání ve zdrojovém tvaru.

Pro zajištění konzistence verzí zdrojového kódu musí být předání ve formě nainstalování systému pro kontrolu verzí na serveru se zálohováním na diskové pole (Subversion Version Control) např. TortoiseSVN nebo Git.

Software bude zpracovávat velký objemu dat získaných z měření frekvencí 100 Hz a zajišťovat jejich zpracování a vizualizaci. Software musí zcela splňovat následující požadavky: ukládání dat do různých souborových formátů. Vyžadované formáty jsou National Instruments TDM a TDMS, ASCII, Labview text file (LVM format), MS Excel, MAT (Matlab) a MDF (Measurement Data Format). MDF je formát binárního souboru pro měření dat, který vyvinula společnost Vector ve spolupráci s firmou Robert Bosch GmbH v roce 1991. Poté, co se formát MDF rychle objevil jako de facto standard v automobilovém průmyslu, revidovaná verze 4.0 byla nakonec zveřejněna jako oficiální norma ASAM v roce 2009. Formát byl naposledy aktualizován jako ASAM MDF 4.1 v roce 2012.

Konfigurační soubory všech částí měřicího a řídicího systému mohou být ve vnitřních formátech LabView s možností exportu dat do XML a MS Excel. Všechny konfigurační soubory musí být zálohovány na serveru a diskovém poli (NAS) se svoji časovou historií.

Možnosti práce s daty (základní matematické operace nad zpracovávanými kanály (sčítání, odčítání, násobení a dělení, korekce posunutí, převrácená hodnota, normalizace, derivování a integrování, RMS), práce s kanály (konverze kanálu, řazení, hledání maxim a minim), popisná statistika, redukce dat, interpolace, aproximace, regrese, lineární a nelineární prokládání, možnost konverze fyzikálních jednotek, práce s maticemi, digitální filtrace (IIR, FIR), rainfall analýza, FFT (FFT, inverzní FFT, autokorelace), řádová analýza. Tyto operace bude možno doprogramovat pomocí LabView nebo skriptů v jazycích Matlab a Python

Možnost automaticky (ze šablon) generovat výsledné protokoly s výsledky s textovými údaji, grafy (2D a 3D), obrázky a dalšími grafickými prvky. Možnost exportovat do formátu PDF, HTML, PPT např. s využitím LabView Report Generation Toolkit for Microsoft Office.

8.1 Minimální sada měřených a počítaných veličin

Rychlost v [km/h] - tento údaj není nijak přepočítáván nebo korigován, jedná se přímo o obvodovou rychlost zkušebních válců, měřenou pomocí velmi přesných rotačních inkrementálních snímačů. Dosahovaná přesnost měření je 0,05 km/h. Rychlosti v systému jsou vždy každého ze čtyř

válců, dále válců přední a zadní nápravy (počítáno jako aritmetický průměr) a rychlost vozidla (počítáno jako aritmetický průměr z náprav, které jsou poháněny vozidlem).

Rychlost rolen v [km/h] - tento údaj není nijak přepočítáván nebo korigován, jedná se přímo o obvodovou rychlost zkušebních rolen pokud jsou zvednuty a přitlačeny k vozidlovým pneumatikám.

Síla F [kN] Jedná se o obvodovou sílu na povrchu válce, měřenou pomocí tenzometrických snímačů síly umístěných na elektrických pohonech. Síly v systému jsou vždy každého ze čtyř válců, dále válců přední a zadní nápravy (počítáno jako součet) a síla vozidla (počítáno jako součet náprav).

Výkon P_k [kW] Jedná se o výkon vozidla přenesený jeho koly na válce zkušeben. Vlastní výpočet vychází z následujícího vztahu:

$$P_k = F_k \cdot v / 3.6 \quad [\text{kW}]$$

kde F_k celková síla na kolech vozidla [kN]

v rychlost vozidla [km/h]

Ve skutečnosti může být výkon motoru o něco málo odlišný, poněvadž jeho výpočet neuvažuje skluzu mezi pneumatikou a válcem zkušebny.

Skluzu mezi pneumatikou a zkušebním válcem: Současně během zkoušky je monitorována jak rychlost válců, tak i obvodová rychlost pneumatiky, měřená pomocí rolny přitlačené na běhoun pneu. Aktuální skluz je počítán podle následujícího vztahu:

$$\text{slip} = \frac{V_v - V_r}{V_v} \cdot 100 \quad [\%]$$

kde v_vje rychlost válce

v_rje obvodová rychlost pneu

Pro případ zkoušení brzd bez měření ovládací síly, kdy je rozhodujícím kritériem odečtu maximálních hodnot dosažení limitního skluzu, vyvstává z hlediska porovnatelnosti zkoušek požadavek přesného měření skluzu. To je možno zajistit pomocí automatické kalibrace měřicích rolen, která se vždy provádí v rozběhové části testu. Na obvodovou rychlost pneumatiky měřenou pomocí přitlačené rolny ve vztahu k rychlosti válce, má totiž mimo jiné vliv huštění a zatížení pneu.

Odpor zkušebny [kN] Hodnota pasivního odporu zkušebny při dané zkušební rychlosti, získaná ze zkoušky kalibrace pasivních odporů zkušebny.

Odpor vozidla [kN] Hodnota pasivního odporu vozidla se zkušebnou při dané zkušební rychlosti, získaná ze zkoušky kalibrace pasivních odporů vozidla.

Čas 1 [s] čas který uplynul od zadání nového zkoušeného vozidla. Jedná se tedy o dobu, kterou je již dané vozidlo zkoušeno. S výměnou vozidla dojde k vynulování tohoto ukazatele (k vynulování taktéž dojde při znovuspuštění programu).

Čas 2 [s] čas který uplynul od zahájení jednotlivé zkoušky

Čas 3 [s] čas který uplynul v rámci dílčích částí testu

Dráha 1 [km] Tomuto parametru odpovídá ujetá dráha daným vozidlem, nuluje se zadáním nového vozidla. Při korektním opuštění programu se ujetá dráha zapisuje na pevný disk, takže i při

znovuspuštění programu resp. pokračování zkoušení následný den se ujetá dráha inkrementuje z takto uložené hodnoty a ne od nuly.

Dráha 2 [km] Ujetá dráha od zahájení jednotlivé zkoušky

Dráha 3 [km] Ujetá dráha od v rámci dílčích částí testu

Otáčky motoru [1/min] Otáčky získané komunikací po sběrnici CAN. Pokud není CAN komunikace aktivní, kanál obsahuje nulové hodnoty.

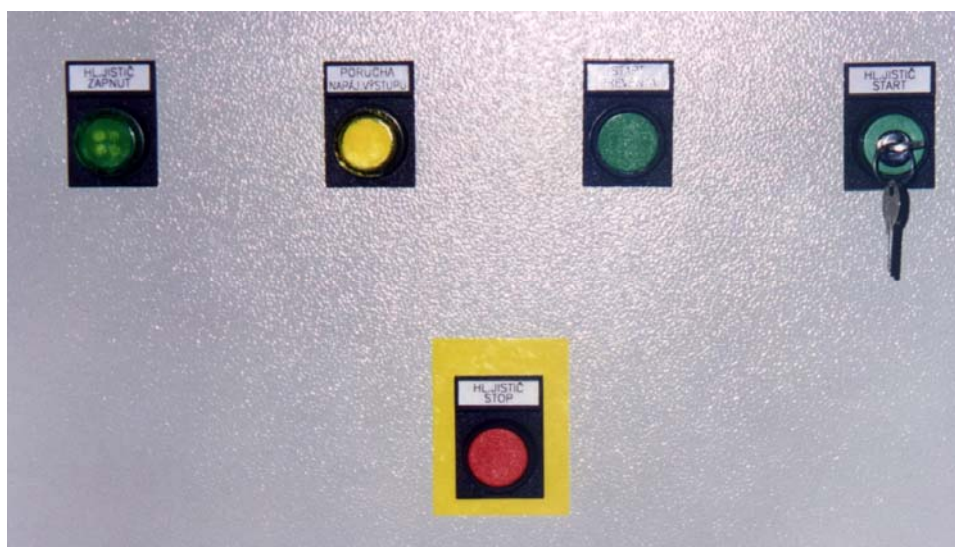
Zrychlení otáčení válců [m.s^{-2}] systém musí efektivně a vysoce přesně z měřených rychlostí počítat derivaci pro stanovení zrychlení, které je vstupem pro výpočet síly brždění při dynamických zkouškách, dále při simulaci road load. Právě výpočet zrychlení a jeho přesnost musí být doložen nezávislým měřením.

9 Popis jednotlivých zkušebních testů včetně hardwarové konfigurace zkušebny a konfigurace regulátorů pro jednotlivé testy

Zapnutí a vypnutí zkušeben se realizuje na skříni řídicího systému a slouží k zapínání systému a zkušebny a je zde umístěn bezpečnostní vypínač. Proti současnému stavu není důvodem nic měnit. Jediný rozdíl je, že hlavní jistič zapnut připíná i napájení přes on-line UPC.

Význam kontrolky:

- HL. JISTIČ ZAPNUT - svítí zeleně pokud je zkušebna zapnuta tj. je připojeno napájení.
- PORUCHA NAPÁJ. VÝSTUPU - svítí v případě poruchy
- Význam tlačítek:
- START PREVENTA - před každým zapnutím zkušebny (HL. jistič) je nutno krátce stisknout toto tlačítko, které aktivuje bezpečnostní funkce systému.
- HL. JISTIČ START - otočení klíčku spínáme jistič přívodu elektřiny do řídicího systému.
- HL. JISTIČ STOP - tlačítko vypíná hlavní jistič s aktivací všech bezpečnostních funkcí, tj. zabrzdění válců max. výkonem, odpojení měničů a vypnutí hlavního přívodu elektřiny



Obr. 9-1 Ovládací panel zkušebny

Seznam jednotlivých módů zkušeben

1. Systém bez zapnutí hlavního jističe
2. Zapnut hlavní jistič
3. Modul změny rozvoru
4. Modul ustavování vozidla
5. Modul zapnuté přípravy
6. Modul Výkonu
7. Modul $v=\text{konstantní}$
8. Modul $F=\text{konstantní}$

9. Simulace vozovky
10. Test - jízda po vozovce
11. Vnější rychlostní charakteristika
12. Modul Brzd
13. Pomaluběžné brzdy
14. Rychloběžné brzdy
15. Dynamické brzdy
16. ABS II
17. Modul dalších testů
18. Dynamický výkon
19. Rychloměr +Tachometr
20. Kalibrace otáčkoměr
21. Zkouška diferenciálů v otáčkovém režimu
22. Zkouška diferenciálu v silovém režimu
23. Modul kalibrací (doběh)
24. Doběh pro zkoušky brzd
25. Doběh pro zkoušení statického výkonu
26. Doběh pro zkoušení dynamický výkon
27. Modul kalibrace systému
28. Kalibrace analogových kanálů
29. Ovládání analogových a frekvenčních kanálů a kontrolní měření
30. Ovládání digitálních kanálů
31. Zapnutí přípravy pro doběhové zkoušky
32. Doběh každého válce samostatně
33. Doběh celé zkušebny jako celek

9.1 Typy regulací stejnosměrných pohonů

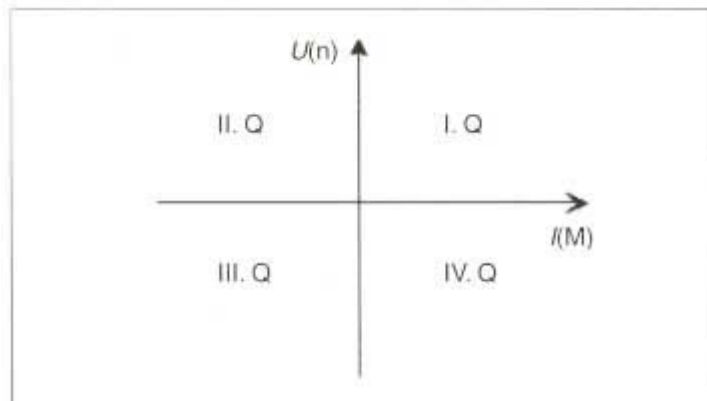
Zkušebny jsou vybaveny celkem 8 stejnosměrnými pohony, které jsou v tzv. dynamometrické uložení tzn. že stator je uložen kyvně a pomocí tenzometru je měřen jeho reakční moment. Vlastní válce zkušeben nejsou přímo připojeny na válce, proto dynamometry mají kromě snímače otáček na motoru snímač otáček na válci. Z pohledu regulací jsou podstatné přepočtené veličiny na povrch válce zkušebny tj. rychlost na povrchu válce (tedy rychlost vozidla) a síla na povrchu válce. Vzhledem k pevnému převodovému poměru bez skluzu jsou mezi otáčkami a momentem motoru a rychlostí a silou na povrchu jsou pouze konstanty, které je možné napevno zadat do měničů. Z osmi dynamometrů mohou vždy pracovat maximálně pouze čtyři nebo-li vždy jen jedna zkušebna.

Jak již bylo uvedeno DC motory s měniči, musí být schopné pracovat ve čtyřkvadrantovém provozu viz obr. 9-2. Kvadranty jsou vymezeny osami x a y , přičemž osa x vyznačuje směr momentu M a osa y směr otáček n .

Z hlediska provozu je potřeba rozlišit různé konfigurace zkušebny:

- Každý dynamometr se řídí samostatně mezi dynamometry neexistuje žádná vazba zkušebnou nebo zkoušeným vozem
- Dynamometry na jedné nápravě jsou spojeny spojkou nebo provázány vazbou (svorností) vozidlem
- Dynamometry na jedné nápravě jsou spojeny spojkou nebo provázány vazbou (svorností) vozidlem a současně je na zkušebně vozidlo s pohonem 4x4 které zprostředkovává vazbu mezi dynamometry obou náprav.
- Poslední režim, který v současné době není na zkušebně realizován je u vozidel, které mají pohon pouze jedné nápravy, ale aby elektronika vozidla neidentifikovala poruchu díky

otáčení pouze jedné nápravy je nepoháněná náprava protáčena zkušebnou na stejnou rychlost jako druhá náprava. Plně automaticky tj. hnaná náprava předává informaci o rychlosti do měničů druhé nápravy. Jedná se o tzv. režim flow me.



Obr. 9-2 Čtyřkvadrantový stejnosměrný pohon

Základní bezpečnostní funkce, které musí v měniči a řídicím systému musí být realizovány:

- Válce se nikdy nesmí roztočit pomocí DC pohonů zpět (tj. proti směru jízdy) tj. jsou použity pouze kvadranty I a II.
- Válcem do jisté rychlosti např. 1 km/h nesmí být poháněny pohony, tj. nesmí docházet k tzv. ploužení. Při požadavku 0,0 rychlosti válců stojí.
- Nikdy nesmí dojít ke konfiguraci dynamometrů, u kterých je mechanická vazba spojkou nebo vozidlem k tomu, že je více než jeden dynamometr v otáčkové (rychlostní) regulaci
- V měničích musí být za limitovaná maximální změna žádané hodnoty za čas (rampa), tak aby se nepřekročili výkonové limity zkušebny
- Nesmí být překročena maximální rychlost zkušebny 200 km/h (16 km/h) a zatížení tenzometrů
- Při konfiguraci dynamometru do momentové nebo proudové regulaci nesmí dojít k odpojení pohonu od napájení. Vždy při vypínání napájení je nutné přejít do otáčkové regulace.
- Vzhledem k tomu, že měnič má informaci i o momentu (silách) měl by kontrolovat jejich maximální velikost a při riziku jejich překročení odpojit pohon
- Vzhledem k tomu, že systém má informaci o otáčkách jak válce, tak i motoru měl by kontrolovat existenci pevné vazby a při její ztrátě zastavit pohon

9.1.1 Proudový regulátor

Jedná se o základní regulaci, která je realizována v každém měniči a na kterou jsou realizovány všechny ostatní regulace. Pro uživatele tento typ regulace není ničím zajímavý a není uživatelsky přístupná. Podstatná informace je, že výstup proudového regulátoru jednoho pohonu lze posílat do jiných pohonů, které se pak chovají jako identicky (lze říci, že získáte jeden pohon o dvojnásobné nebo čtyřnásobné velikosti). Jednoznačně je doporučeno převzít nastavení proudových regulátorů z předchozích měničů Mentor II a pak teprve provést optimalizaci.

9.1.2 Otáčkový regulátor

Je to regulátor postavený nad proudovým regulátorem, jehož zpětnou vazbu tvoří inkrementální otáčkové čidlo na motoru a jeho cílem je udržovat konstantní otáčky dokud nepřekročí jeho maximální výkonové parametry. Překročení výkonových parametrů, by měl zabránit řídicí systém zkušeben. V měničích musí být implementovány rampy limitující maximální možnou změnu otáček

a to standardně ve formě S-křivek a pro výjimečné případy ve formě lineární (uživatelsky přepínatelné). Tyto rampy lze uživatelsky zpomalovat tj. řídicí systém předává do měniče nejen novou žádanou hodnotu, ale i rychlost (S-křivka nebo lineární) změny otáček. Otáčkový regulátor musí zajistit nemožnost otáčení proti směru jízdy, ploužení válců, překročení maximálních otáčky motorů. Jako uživatelská volba, by bylo vhodné realizovat vypnutí motorového (hnacího) kvadrantu regulátoru pro zkoušky, kdyby bylo vhodné pouze brzdít na daných otáčkách.

9.1.3 Momentový regulátor

Momentový regulátor není standardně součástí měničů Mentor, proto je nutno jej realizovat na přídavné aplikační kartě stejně jak tomu bylo doposud. Momentový regulátor jako zpětnou vazbu využívá signál z tenzometrických snímačů měřící reakční moment na statoru pohonu. Díky za kalibrování to může být přímo hodnota síly na povrchu válců. Měřená síla nebude v navržené koncepci předávána analogovou cestou jako doposud, ale přímo komunikací přes EtherCAT, výhoda jednotka kalibrace pro regulaci i měřicí systém, možnost přesnější kalibrace v plném rozsahu. Problém momentového regulátoru je, že tento jednoznačně neřeší otázku otáček tj. stejného momentu lze dosáhnout při kladných i záporných otáčkách a druhý problém je, že požadovaného momentu je momentu je možno dosáhnout pouze tehdy pokud němu působí ekvivalentní reakční moment od vozidla případně odporů včetně setrvačných. První problém je třeba řešit zakázaným opačných otáček motoru. Toto je třeba řešit i při velmi nízkých otáčkách tj. vyřešení problematiky ploužení včetně ploužení opačným směrem. Druhý problém který je třeba řešit je za limitováním maximálních otáček motoru (rychlosti válců), jak je tomu doposud. Nová výkonnější aplikační karta. By měla umožnit limitovat i maximální zrychlení roztáčení pohonu v momentové regulaci, tj. uživatelsky je nastaveno maximální přípustné zrychlení roztáčení válců a při jeho dosažení je požadovaný moment omezen nebo je pohon vypnut. Dalším problémem je, že v této regulaci nesmí dojít k odpojení napájení pohonu, proto v případě nouzového zastavení prostřednictvím obvodů PREVENTA je třeba, aby řídicí systém přepnul pohon do otáčkové regulace. Opět součástí regulátoru musí být možnost změny momentu po uživatelsky zadané rampě jako S-křivka nebo lineární. Dále zde musí být realizované bez rázové přepínání do otáčkového regulátoru a to zejména z důvodu bezpečnostních funkcí.

9.1.4 Další typy regulací

Další typy regulací jako je simulace jízdních odporů (Road load) je vhodnější realizovat až v řídicím systému, tj. popsáno dále a ne v měničích. Hlavním problémem je otázka přesného výpočtu derivace nebo-li zrychlení, kde nelze použít jednoduché numerické metody, ale je třeba použít výpočet derivace pomocí aproximace měřených rychlostí parabolou metodou nejmenších čtverců přes uživatelsky definovaný počet měřených bodů. Pokud se to podaří v měniči realizovat, může být i tento regulátor variantně realizován přímo v měničích.

9.1.5 Spolupráce pohonů (společná hřídel)

Jak vyplývá z předchozího hlavním typem regulace je otáčkový regulátor, ale při více DC pohonech na jedné hřídeli může být pouze jeden pohon v otáčkové regulaci (master) a ostatní musí být v regulaci proudové (slave), kdy žádanou hodnotou je proud, který vypočte otáčkový regulátor motoru v otáčkové regulaci. U válcové zkušebny vlastní vozidlo přesněji jeho hnací ústrojí se chová jako mechanická vazba mezi válci zkušebny. Protože tato vazba není, ale zaručena, skluz pneumatik, chování diferenciálů, spojek. U 4VMD-120D je tato vazba posílána ovládanými spojkami mezi válci (spojky mají limitovanou schopnost přenášet moment). U zkušebny tedy na obou nápravách může fungovat regulace master-slave, kdy jeden motor na nápravě je v otáčkové regulaci a druhý v proudové regulaci, kdy žádaná hodnota proudu je předávána bez rampy z otáčkového regulátoru prvního motoru. Z důvodu, že proudový regulátor nezajišťuje pevnou otáčkovou vazbu, je nezbytné,

aby v tomto případě byly stejné otáčky případně i zrychlení motorů byly hlídány řídicím systémem tj. vznikla tzv. elektrická hřídel. Je třeba zdůraznit, že toto chování je u různých vozidel s pohonem 4x4 a neexistuje žádné univerzální řešení na úrovni řídicího systému s výjimkou mechanického propojení přední a zadní osy, které zde není realizováno.

U motorů v momentové regulaci mohou/musí všechny motory pracovat se stejným regulátorem a stejné otáčky válců na jedné nápravě jsou zajištěny sepnutými spojkami (v tomto případě požadavek síly na kola stejné nápravy musí být stejné, kvůli únosnosti spojek). V tomto případě je vhodné kontrolovat rozdílné otáčky kol na jedné nápravě i obou náprav vůči uživatelsky nastaveným limitům a to i vůči limitům na zrychlení nebo zpomalení válců.

9.1.6 Režim „STOP“ – bezpečnostní

Při stlačení kteréhokoliv bezpečnostního tlačítka musí dojít k HW zrušení chodu všech měničů tj. zastavení pohonů, inicializaci bezpečnostního relé a po nastaveném čase k vypnutí hlavního vypínače.

Po dobu časování dostává reálnový kontrolér hlášení „Režim stop-přední, Režim stop-zadní“ – v režimu $M = k$ musí dojít k ošetření pohonů: přechod do $n = k$. K tomuto by mělo dojít i v případě výpadku reálnového kontroléru, kdyby tuto činnost měl zajistit software v měničích. Mechanické brzdy nelze uvažovat jako provozní brzdy, jsou to nájezdové brzdy a jako bezpečnostní pouze v případě např. výpadku sítě. Jinak je možno je použít kdykoliv když je vypnut „CHOD“ a „ $n = 0$ “.

Je třeba zdůraznit, že stávající systém, který používá reálnové regulátory pod operačním systémem MS DOS s vzorkovací frekvencí nižší než 20 Hz s lineárními rampami a s analogovými měřeními s nízkým rozlišením a relativně vysokým zaručením tyto základní regulace ve statických režimech zvládal. Proto přechod na systém se smyčkou minimálně 100 Hz s předáváním všech informací v digitální formě prostřednictvím komunikace EtherCAT, s využitím přechodů S-křivkami musí pozdvihnout schopnosti regulace a bezpečnosti na mnohem vyšší úroveň.

9.2 Zkoušky hnacího ústrojí (výkonu)

Válcové zkušebny musí mít implementovány následující základní typy zkoušek hnacího ústrojí, při daném typu regulace pohonů válcové zkušebny, ze kterých je možno obdržet protokoly o výsledku zkoušky:

- $v = \text{konstant}$
- $F = \text{konstant}$
- Simulace vozovky
- Vnější rychlostní charakteristika
- Jízda po vozovce se zadaným charakterem

Každá z výše uvedených typů zkoušek je vhodná pro určitý způsob posouzení parametrů hnacího ústrojí vozidla, jedná se o základní typy možné regulace, z níž mohou být jako rozšiřující příslušenství na přání zákazníka odvozeny další typy zkoušek např. měření spotřeb paliva dle EHK.

V následujícím budou tedy jednotlivé výše uvedené zkoušky podrobněji specifikovány.

9.2.1 Režim regulace $v=\text{konstant}$

Jste-li v režimu regulace $v=\text{konstant}$, je možno zkušební rychlost nastavovat libovolně v rozsahu 0÷200 km/h a 0-16 km/h, a to jak pomocí klávesnice nebo ovládacího panelu. Při této zkoušce je třeba zapisovat data pro zpracování pouze v ustáleném režimu, kdy dynamometry jsou v brzděném režimu. Doba průměrování veličin pro zápis musí být volitelná.

Nutno poznamenat, že sílu nastavuje řidič polohou palivové přípusti, takže je možno tuto žádanou hodnotu řidiči zobrazovat, ale zkušebna ji nemůže sama nastavit.

Přechod na jinou rychlost je vhodné realizovat pomocí šipek nahoru a dolů a přechod přes naprogramované tabulkové hodnoty klávesou Enter. Vždy po nastavení a stálení rychlosti je možno volit zápis dat pro další zpracování nebo toto lze nastavit do automatického režimu.

Systém během výkonových zkoušek může pracovat jak v brzděném tak i výkonovém režimu. Chody motorů je vhodné aktivovat až rozjezdem vozidla a překročením minimální rychlosti za předpokladu, že byla požádána nenulová zkušební rychlost. Celá zkušebna s vozidlem se tímto rozjede na požádanou rychlost, poněvadž přechází do výkonového režimu. To je rozdíl proti zkoušení pomocí pasivních dynamometrů..

Při tomto způsobu regulace zůstává zachována konstantní nastavená rychlost vozidla, bez ohledu na změny velikosti výkonu motoru přenášeného vozidlem, způsobené změnou v nastavení regulačního orgánu přípusti paliva (pedál plynu) ze strany řidiče. Systém má dostatečně dimenzované pohony, aby tomu tak bylo i u výkonných sportovních vozů. Je však třeba upozornit na to, že nestačí-li výkon motoru zkoušeného vozidla na překonání pasivních ztrát automobil+válcová zkušebna, systém přechází z režimu brzděného do motorického! Tuto situaci mimo jiné diagnostikuje zobrazovaný výkon, který je záporný. Tento režim se dá mimo jiné využít pro zjištění pasivních odporů kompletu automobil+válcová zkušebna při dané rychlosti.

Všechny měřené údaje z válcové zkušebny jsou snímány minimálně 100x za sekundu. Na obrazovku se však nepřenášejí tyto okamžité hodnoty, ale hodnoty tzv. klouzavého průměru (velikost průměrování je uživatelsky konfigurovatelná). Při záznamu dat do souboru pro protokoly jsou tyto data dále průměrována.

Tento základní režim výkonové regulace je nejčastěji používán zejména u motorových brzd. Proto také zde, pokud jde o zjištění výkonu vozidla přeneseného koly vozidla na zkušební válec v závislosti na rychlosti, při dané poloze palivové přípusti, je to nejvhodnější režim měření, jaký můžete zvolit.

9.2.2 Režim regulace $F=\text{konstant}$

Jste-li v režimu regulace $F=\text{konstant}$, je možno zkušební zatížení nastavovat libovolně v rozsahu 0÷12 kN (maximum pro jednu nápravu) nebo 0-250 kN, a to jak pomocí klávesnice, tak i tlačítkového ovladače.

Tento druhý základní režim výkonové regulace nemá při běžném zkoušení vozidel přímé využití, to však neznamená, že ho obsluha nemůže zvolit. Může se např. využít při záběhu vozidel, kdy je motor zatěžován vhodným konstantním momentem, na řidičovi pak zůstává zvolit vhodnou rychlost, kterou může libovolně ovládáním palivové přípusti měnit. Tento způsob regulace najde až přímé uplatnění v následujícím typu regulace.

9.2.3 Základní regulace simulace vozovky (RoadLoad)

Na tomto místě budou nejdříve objasněny principy této regulace a vysvětlen pojem RoadLoad zatížení. Zde totiž na rozdíl od výše uvedených regulací, je rychlost vozidla svázána s jeho zatížením, což je nový prvek. Toto zatížení při správném nastavení vstupních parametrů odpovídá zatížení motoru vozidla při jízdě po vozovce.

Vozidlo při jízdě na vozovce musí překonávat následující síly, které jsou obecně závislé na rychlosti vozidla:

$$F = F_{ok} + F_{cx} + F_s + m_c \cdot dv / dt \quad [N]$$

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně

kde	F_{ok}	valivý odpor kol vozidla
	F_{cx}	vzdušný odpor vozidla jako celku
	F_s	odpor stoupání
	$m_c \cdot dv/dt$	odpor zrychlení

Valivý odpor vozidla je dán vztahem

$$F_{ok} = m_c \cdot g \cdot \mu$$

kde	m_c	celková hmotnost vozidla [kg]
	g	tíhové zrychlení 9.80665 m.s^{-2}
	μ	je součinitel valivého odporu

Součinitel valivého odporu μ závisí zejména na povrchu vozovky, dalšími vlivy jsou deformace pneumatiky a rychlost vozidla. Běžné hodnoty pro vozovky se pohybují v rozmezí $0.01 \div 0.025$. V takto stanoveném odporu není uvažován pouze valivý odpor pneumatiky, ale také ztráty v ložiscích, ztráty způsobené sbíhavostí předních kol atd.

Vzdušný odpor vozidla je dán vztahem:

$$F_{cx} = 0.5 \cdot \rho \cdot c_x \cdot S_x \cdot v^2$$

kde	ρ	hustota vzduchu [kg/m^3] (1.25 kg/m^3)
	c_x	součinitel vzdušného odporu-uživatelský vstup
	S_x	čelní plocha vozidla-uživatelský vstup [m^2]
	v	ychlost vozidla [m/s]

Součinitel c_x se zjišťuje na modelech nebo skutečných vozech v aerodynamickém tunelu. Mnozí výrobci tuto hodnotu uvádějí, ale tato nemusí vždy odpovídat skutečnosti. To může být např. způsobeno jiným vybavením vozidla doplňky (spoilery, zpětná zrcátka...). Proto je zapotřebí těmto informacím věnovat velkou pozornost. Hodnota plochy S_x se zjistí čelní projekcí vozidla.

Odpor stoupání je dán vztahem:

$$F_s = m_c \cdot g \cdot \sin \alpha$$

kde	m_c	celková hmotnost vozidla
	g	tíhové zrychlení 9.80665 m.s^{-2}
	α	$\arctan(s/100)$
	S	v procentech vyjádřené stoupání vozovky

Je vhodné, aby program umožňoval navolit během zkoušky i nenulové stoupání, čímž je možno simulovat i tento druh odporu.

Dynamický odpor, který se projevuje pouze při změnách rychlosti:

$$F_{Dy} = m_c \frac{dv}{dt}$$

kde m_c celková hmotnost vozidla
 dv/dt zrychlení vozidla, derivace rychlosti podle času

Všechny tyto členy jsou simulovány v řídicím systému rovnicí:

$$F = A_0 + A_1 \cdot \sin \alpha + B \cdot v + C \cdot v^2 + D \frac{dv}{dt}$$

Koeficienty A_0 , A_1 , B , C a D je třeba stanovit pro konkrétní vozidlo a mohou být kladné i záporné. Zejména u členu D je třeba od hmotnosti vozidla odečíst přepočtenou hmotnost rotačních dílů válcové zkušebny.

9.2.4 Zkouška vnější rychlostní charakteristiky

Při této zkoušce se nachází zkušebna v regulaci $v=\text{konstant}$. Je-li provedena kalibrační zkouška pasivních odporů vozidla s dynamometrem, jsou výsledky o takto zjištěné pasivní odpory korigovány.

Při vlastním zkoušení výkonu statickou metodou totiž systém detekuje pouze sílu vozidla přenesenou na povrch válce. Aby tato síla mohla být přepočtena na hřídel motoru vozidla, je nutno ji korigovat o pasivní odpory zkušebny, valivé odpory kol a vůbec pasivní odpory celého poháněcího řetězce automobilu. Ideální je když tato zkouška je automatizována pro zkrácení celé doby testu. Zadávat by se měla počáteční a koncová rychlost a krok změny nebo počet měřených bodů.

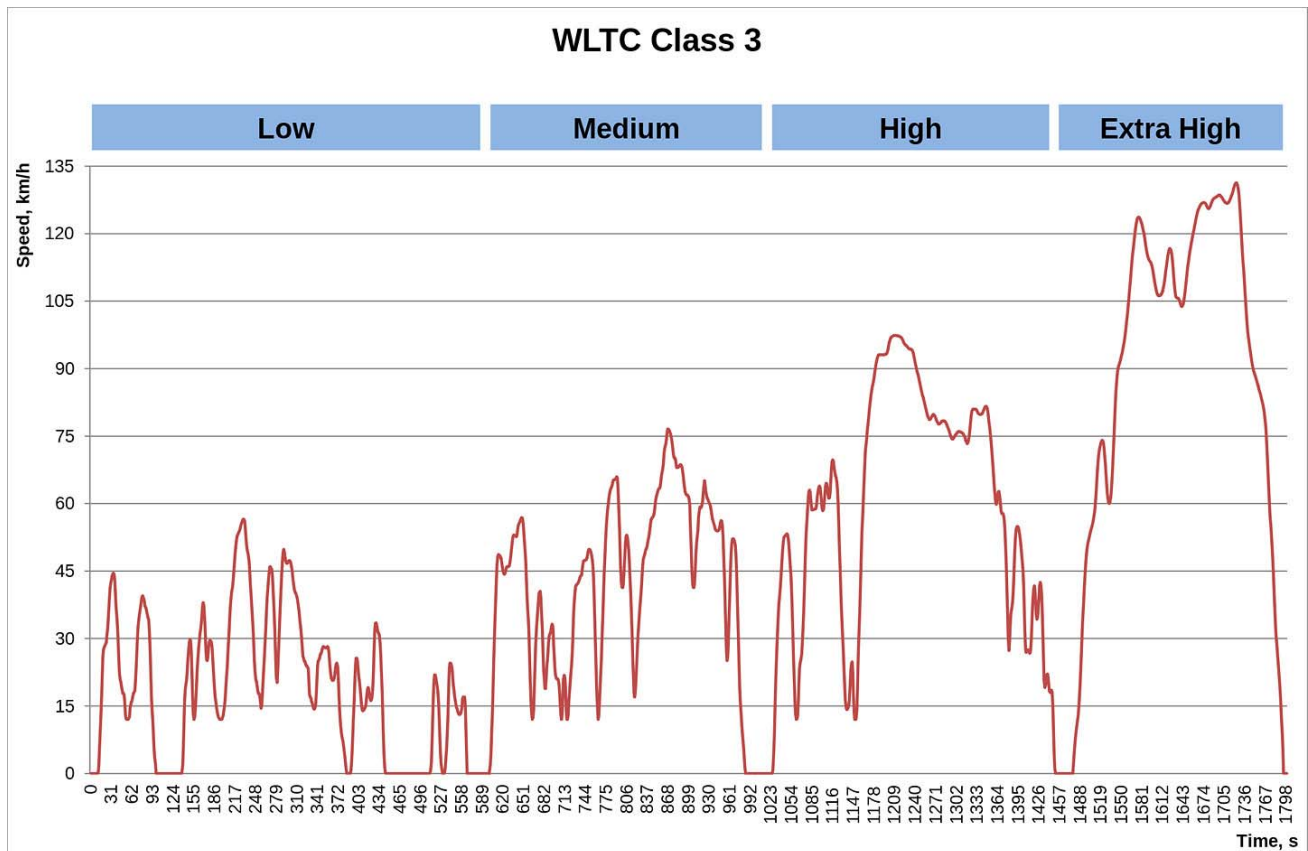
9.2.5 Zkouška jízdy po vozovce v závislosti na čase - Test

Tato zkouška je založena na regulaci RoadLoad zatížení, ale s tím rozdílem, že je řidič veden při své jízdě grafickým zobrazovacím panelem, kde vedle požadované rychlosti se objevují doplňkové údaje o řazení převodových stupňů ap.

Tento typ zkoušky zejména může sloužit pro definovaný ohřev resp. záběh vozidla, zkoušku funkčnosti řadičího mechanismu ap. Ve spojení se spotřeboměrem a analyzátozem spalin je možno provádět spotřebové a emisní testy dle naprogramovaných charakteristik - simulací městského cyklu.

U všech těchto zkoušek je třeba umožnit obsluze ovládat náporový ventilátor, odsávání spalin a vzduchotechniku jámy. Správně zadat kontrolní limity zkoušek.

Důležitou podmínkou a zároveň kvalitou realizované regulace bude schopnost zkušebny provádět aktuálně platný moderní cyklus WLTC. Dodavatel úprav zkušebny y měl dokladovat splnění jízdy dle tohoto testu na zkušebně 4VDM-120.



Obr. 9-3 WLTC test

Během provádění testů může dojít k ukončení zkoušky následujícími způsoby:

- automatické ukončení po provedení posledního zátěžného stavu dané sekvence zadané tabulkou
- manuální ukončení stiskem funkční klávesy **Konec**, což je regulérní zastavení zkoušky, opět signalizované tabulkou "**Konec zkoušky**".
- manuální ukončení stiskem funkční klávesy **Stop**, což je způsob zastavení maximální hnací silou pro případ havarijního stavu, signalizovaný tabulkou "**Dynamický stop**".
- automatické ukončení zkoušky pro případ, kdy byla překročena maximální doba trvání celé zkoušky, signalizované tabulkou "**Konec zkoušky**".

9.3 Zkoušky brzdové soustavy

9.3.1 Pomaloběžné zkoušky brzd

Tento typ zkoušení brzd vychází z Metodiky kontroly brzdových soustav osobních automobilů na válcových zkušebnách, schváleným MVŽP-SD pod č.j. SD/12-7083/89, podle níž jsou zkoušeny brzdové soustavy vozidel na STK.

Principiálně se jedná o zkoušení brzd na válcovém zkušebním stavu při malých rychlostech ≈ 5 km/h, při kterém je měřena závislost brzdné síly jednotlivých kol na ovládací síle, případně i čase. Závislosti vytvářejí tzv. charakteristiku brzdy kola. Z tvaru brzdových charakteristik lze pak stanovit nejen brzdňý účinek vozidla, ale srovnáním s typickým tvarem charakteristiky pro dané vozidlo identifikovat i případné závady na brzdové soustavě vozidla.

Tento typ zkoušek je nejvhodnější pro celkovou diagnostiku brzdové soustavy vozu, dává ucelený pohled na její stav. Zkouška je ovlivňována těmito počítanými veličinami:

Maximální skluz, : hodnota skluzu kola v [%], jejíž překročení kterýmkoli z měřených kol po dobu 1.0sec znamená předčasné ukončení zkoušky dynamickým stopem z důvodů ochrany pneu před poškozením. Tento stav je signalizován červenou tabulkou **“Dynamický stop”**

Brzdná F start, : hodnota brzdné síly v [kN], jejíž překročení kterýmkoli z bržděných kol znamená po zobrazení tabulky **“Čekám na brždění”** zahájení záznamu a vyhodnocování dat brzdné fáze. Zadávaná hodnota je velikostí skutečné brzdné síly opravené o pasivní odpory. Tuto hodnotu je třeba nastavit na takovou úroveň, aby případná ovalita brzdové plochy či jiná závada ještě zkoušku nespustila, ale ne zase tak vysoká, aby podstatná část náběhu brždění v zaznamenávaných datech chyběla. Doporučená hodnota je 0.1 kN.

Obecně je tedy brzdná fáze zahájena v okamžiku, kdy je splněna alespoň jedna z podmínek daná parametry, **Brzdná F start** a nebo **Čas čekání**.

Brzdná F konec: hodnota brzdné síly v [kN], jejíž překročení ve fázi odbrzdování má za následek ukončení brzdové zkoušky korektním způsobem, signalizovaným žlutou tabulkou **“Konec zkoušky”**. Zadávaná hodnota je velikostí skutečné brzdné síly opravené o pasivní odpory. Všeobecně platí to, co bylo uvedeno u **Brzdná F start**. Tuto hodnotu doporučujeme nastavit na takovou úroveň, aby při velmi pomalém odbrzdění zkouška sama neskončila, což je vhodné z hlediska zahřívání brzd. Při prudším uvolnění v poslední fázi odbrzdění by pak mělo dojít k zastavení zkoušky. Doporučená hodnota je 0.0÷0.1 kN.

Čas rozběhu: doba v [s], po jejímž uplynutí začne nejpozději proces kalibrace pasivních odporů a rolen skluzu.

Čas čekání: doba v [s] po zobrazení zelené tabulky **“Čekám na brždění nebo Enter”** signalizující připravenost k zahájení vlastní zkoušky, kdy dojde nejpozději k záznamu dat v případě, že řidič nezačal brzdit respektive, kdy záznam dat nebyl z jakýchkoliv příčin zahájen překročením startovací síly ovládací či brzdné.

Rychlost: zkušební rychlost v [km/h], optimální v rozmezí 3÷16 km/h. Předdefinovaná hodnota je 6 km/h.

Skluz: hodnota limitního skluzu v [%] pro odečet maximálních brzdných sil

Sestupná: volba, zda má být prováděn záznam dat do souboru i fáze odbrzdování [**Ano/Ne**]

Následně budou uvedeny základní parametry vyhodnocování brzdové zkoušky:

Pasivní odpor F_0 [kN]: Jedná se o sílu, kterou pohon vyvozuje pro udržení konstantní rychlosti otáčení kola, aniž by docházelo k Brždění.. Tato síla v sobě zahrnuje valivý odpor pneumatiky a ložisek kola, odpory vlastní válcové zkušebny a případně sílu, kterou brzdová soustava přibrzdí trvale dané kolo vlivem závady (ovalita, váznutí brzdového válečku ap.). Vzhledem k možné ovalitě bubnů či jiné deformaci tvaru brzdné plochy, nejedná se o jednu náhodně změřenou hodnotu, ale o aritmetický průměr pasivního odporu měřeno v průběhu přibližně 5-ti otáček kola. Proto je důležité v menu zadat správnou hodnotu valivého poloměru kola.

Pasivní odpory u tohoto typu zkoušek jsou zjišťovány před každou zkouškou automaticky, není tedy třeba žádné jiné kalibrace pro jejich zjištění. Jedinou podmínkou jejich správného určení je, že během jejich měření nesmí dojít k brždění! To znamená, že samotná brzdná zkouška může korektně začít, až Vás systém vyzve.

Brzdná síla B_{vmax} [kN]: Během brždění je vyhledávána maximální brzdná síla, přičemž změna této hodnoty na jednom kole téže nápravy inicializuje odečet a následnou změnu hodnoty i na druhém

kole, aby bylo zaručeno porovnání velikosti sil naměřených ve stejný okamžik-tedy při stejné ovládací síle na pedál. Jako maximální brzdná síla B_{vmax}^* se vezme aktuální hodnota v okamžiku prvního dosažení limitního skluzu nastaveného pomocí menu (běžně 10%), nenastane-li tento stav, jsou vzaty největší současně naměřené hodnoty z celého měření. Brzdění za limitní hodnoty skluzu nemá na odečet těchto sil vliv.

Vzhledem k možné ovalitě či jiným rušivým vlivům, není takto zjištěný údaj vzat za maximální brzdnou sílu, ale v okolí takto zjištěného bodu na brzdové charakteristice je provedena aproximace úseku odpovídajícímu 2-ma otáčkám kola. Proto i pro toto vyhodnocení je velice důležité v menu zadat správnou hodnotu valivého poloměru kola, a to pro každou nápravu zvlášť. Obzvláště se to projeví při velké ovalitě bubnu. Toto vyhlazení má velký význam pro správné určení asymetrie brzdného účinku. Pomocí provedené aproximace je pak přepočtena hodnota maximální brzdné síly B_{vmax}^* .

Skutečná brzdná síla je však menší o pasivní odpory, takže je proveden následující přepočet:

$$B_{vmax} = B_{vmax}^* - F_o$$

Takto přepočtená hodnota B_{vmax} je pak zanesena do protokolu.

Asymetrie [%]: Výpočet asymetrie brzdného účinku vychází ze zjištěných maximálních brzdných sil B_{vmax} . Nesouměrnost brzdného účinku je vyhodnocována pro každou nápravu samostatně. Výpočet je proveden podle následujícího vztahu:

$$Asymmetry = \frac{B_{vmax1} - B_{vmax2}}{B_{vmax1}} \cdot 100[\%] \quad B_{vmax1} > B_{vmax2}$$

Pro výpočet asymetrie brzdného účinku podle uvedeného vztahu je velmi důležité, aby dosazované hodnoty maximálních brzdných sil byly vyhlazené - viz Brzdná síla B_{vmax} . Jenom tak je možno eliminovat kmitání brzdné síly, způsobené např. ovalitou brzdového bubnu nebo tvarovou nerovnoměrností kotouče brzdy, což může výslednou asymetrii výrazně nadhodnotit nebo podhodnotit, v závislosti na okamžiku, při kterém došlo k odečtu maximálních brzdných sil.

Rozdělení [-]: Výpočet rozdělení brzdného účinku na přední a zadní nápravu v případě zkoušení brzdové soustavy obou náprav vozidla současně vychází ze zjištěných maximálních brzdných sil B_{vmax} . Výpočet je proveden podle následujícího vztahu:

$$Distribution = \frac{B_{vmax1} + B_{vmax2}}{B_{vmax3} + B_{vmax4}}$$

Pro výpočet rozdělení podobně jako u asymetrie brzdného účinku podle uvedeného vztahu je velmi důležité, aby dosazované hodnoty maximálních brzdných sil byly vyhlazené - viz Brzdná síla B_{vmax} . Tento parametr nabývá důležitosti zejména při základním vyhodnocení brzdové soustavy, kdy je kontrolováno pouze překročení minimální brzdné síly, ale stav "přebřzděnosti" kola kontrolován není. Tento parametr tedy může při správně zadáných limitních hodnotách odhalit vadnou funkci omezovače brzdného tlaku pro zadní nápravu. Zvlášť nebezpečný je z hlediska jízdní stability případ přebřzdění zadní nápravy.

Stav brzdové soustavy: Skutečné hodnocení brzdové soustavy je možno provést až na základě důkladné analýzy všech naměřených brzdových charakteristik, nelze tedy vycházet pouze z maximálních brzdných sil a asymetrie, ale je nutno naměřené průběhy diagnostických brzdových charakteristik porovnat s etalonovými hodnotami vydanými výrobcem, schválenými příslušným

ministerstvem. Základní modul brzdových zkoušek však takového detailní hodnocení neobsahuje! Systém v základní verzi obsahuje následující hodnotící kritéria, kdy je brzdová soustava hodnocena jako vyhovující:

zjištěné síly B_{vmax} všech zkoušených kol přesahují limitní hodnoty **Přední síla** resp. **Zadní síla**, a zároveň

vyhodnocený parametr zkoušky **Asymetrie** je pro zkoušenou nápravu(y) menší, než je limitní parametr **Asymetrie** v [%], a zároveň

vyhodnocený parametr **Rozdělení** v případě zkoušení obou náprav vozidla současně je v rozmezí limitního parametru **Rozdělení**

V ostatních případech je stav brzdové soustavy hodnocen jako nevyhovující.

7.2.1 Test ruční brzdy

Principiálně se jedná o obdobu pomaloběžného zkoušení provozní brzdy s tím, že je zkoušena pouze náprava, na níž účinek parkovací brzdy působí. Její nastavení se nachází v datech vozidla. Pozor zkoušku nelze provádět u vozidel s elektrickou ruční brzdou.

Parkovací brzda B_{vpmax} [kN] : Tento údaj je vypisován jen pro nápravu, na kterou působí účinek parkovací brzdy. Při jejím zkoušení není obecně sledována závislost na ovládací síle nebo čase. Velikost ovládací síly je hodnocena pouze subjektivně. Z tohoto důvodu platí o odečtu to, co je uvedeno u stanovení brzdné síly B_{vmax} pro případ, že není připojen pedometr. Také hodnota takto zjištěné síly B_{vpmax}^* je korigována o pasivní odpory:

$$B_{vpmax} = B_{vpmax}^* - F_o$$

Stav parkovací brzdy:

Stav parkovací brzdy je vyhodnocen jako vyhovující v následujících případech:

- zjištěné síly B_{vpmax} na levém i pravém kole přesahují limitní hodnoty **Ruční síla**, a zároveň asymetrie je menší než limitní
- alespoň na jednom kole nápravy došlo k limitnímu skluzu a současně asymetrie je menší než limitní

V ostatních případech je stav parkovací brzdy hodnocen jako nevyhovující.

9.3.2 Rychloběžné zkoušky brzd

Tento typ zkoušení brzdových soustav není přímo popsán žádným metodickým předpisem, principiálně je však shodný s pomaloběžným zkoušením s jedinou výjimkou, že se tak děje při vyšších rychlostech-odpovídajícím provozním rychlostem vozidla. Rozsah zkušebních rychlostí je na válcové zkušebně 4VDM E120 do 200 km/h u traktorové zkušebny je totožná s pomaloběžnou, přičemž horní hranice je dána konstrukčním limitem (max. rychlostí) a dále pak výkonovými parametry hnacích motorů.

Opět je možno pozorovat závislost brzdné síly jednotlivých kol na ovládací síle a čase. Na rozdíl od pomaloběžné zkoušky, kdy frekvence měření výrazně převyšuje frekvenci otáčení kol, zde tomu tak obecně není, a proto není možné tímto způsobem diagnostikovat ovalitu brzdových bubnů či závadu tvaru brzdového kotouče. Na druhou stranu je však možno brzdový systém vozidla vyzkoušet při provozních rychlostech vozidla, čímž je možno zjistit závady, které se při pomaloběžném zkoušení neprojeví. Tento typ zkoušky se zejména uplatní při záběhu a zahřívání brzd a dále pak při diagnostice závad, vyskytujících se v určitém rozsahu provozních rychlostí vozidla, neboť obsluha zařízení může plynule zkušební rychlost měnit.

Maximální skluz: hodnota skluzu kola v [%], jejíž překročení kterýmkoli z měřených kol po dobu 1.0sec znamená předčasné ukončení zkoušky dynamickým stopem z důvodů ochrany pneu před poškozením. Tento stav je signalizován červenou tabulkou **“Dynamický stop“**

Brzdná F start: hodnota brzdné síly v [kN], jejíž překročení kterýmkoli z bržděných kol znamená po zobrazení tabulky **“Čekám na brždění“** zahájení záznamu a vyhodnocování dat brzdné fáze. Zadávaná hodnota je velikostí skutečné brzdné síly opravené o pasivní odpory. Tuto hodnotu je třeba nastavit na takovou úroveň, aby případná ovalita brzdové plochy či jiná závada ještě zkoušku nespustila, ale ne zase tak vysoká, aby podstatná část náběhu brždění v zaznamenávaných datech chyběla. Doporučená hodnota je 0,1 kN.

Obecně je tedy brzdná fáze zahájena v okamžiku, kdy je splněna alespoň jedna z podmínek daná parametry, **Brzdná F start** a nebo **Čas čekání**.

Brzdná F konec: hodnota brzdné síly v [kN], jejíž překročení ve fázi odbrzdování má za následek ukončení brzdové zkoušky korektním způsobem, signalizovaným žlutou tabulkou **“Konec zkoušky“**. Zadávaná hodnota je velikostí skutečné brzdné síly opravené o pasivní odpory. Všeobecně platí to, co bylo uvedeno u **Brzdná F start**. Tuto hodnotu doporučujeme nastavit na takovou úroveň, aby při velmi pomalém odbrzdění zkouška sama neskončila, což je vhodné z hlediska zahřívání brzd. Při prudším uvolnění v poslední fázi odbrzdění by pak mělo dojít k zastavení zkoušky. Doporučená hodnota je 0.0÷0.1 kN.

Čas rozběhu: doba v [s], po jejímž uplynutí začne nejpozději proces kalibrace pasivních odporů a rolen skluzu.

Čas čekání: doba v [s] po zobrazení zelené tabulky **“Čekám na brždění“** signalizující připravenost k zahájení vlastní zkoušky, kdy dojde nejpozději k záznamu dat v případě, že řidič nezačal brzdit respektive kdy záznam dat nebyl z jakýchkoliv příčin zahájen překročením startovací síly ovládací či brzdné.

Rychlost: zkušební rychlost v [km/h], možný rozsah pro zadávání je 0÷200 km/h.

Krok: hodnota kroku v [km/h], s nímž je možno skokově měnit zkušební rychlost před zahájením vlastního brždění (před zobrazením tabulky **“Čekám na brždění“**). Pomocí klávesy **<šipka nahoru>** se rychlost v přípravné fázi zkoušky o hodnotu kroku zvyšuje, respektive **<šipka dolů>** snižuje.

Skluz: hodnota limitního skluzu v [%] pro odečet maximálních brzdných sil

Sestupná: volba, zda má být prováděn záznam dat do souboru i fáze odbrzdování.

Parametry a kritéria vyhodnocování brzdové zkoušky jsou zcela shodné jako u pomaloběžné brzdové zkoušky, a nebudou tedy již znovu uváděny. Totéž platí o zapnutí/vypnutí záznamu sil na ovládací síle.

9.3.3 Dynamické zkoušky brzd

Tento způsob zkoušení brzd nejvíce blíží podmínkám reálného brždění vozidla na vozovce. Zkouška probíhá ze zvolené rychlosti (až 200 km/h), přičemž brzdny systém maří kinetickou energii naakumulovanou v rotačních dílech válcové zkušebny 4VDM E120 a vlastních rotačních dílů vozidla. Kinetická energie válcové zkušebny je asi dvojnásobná proti kinetické energii pohybujícího se vozidla, celková ekvivalentní hmotnost zkušebny je 2240 kg, přičemž je rozdělena v poměru 50/50% přední/zadní náprava. Během brždění je zaznamenávána rychlost a ujetá dráha každého kola, a to v závislosti na čase. Z této závislosti je pak nejen vyhodnocena celková brzdná dráha kola, ale i průběh brzdných sil a brzdného zpomalení. Výhodou této zkoušky je, že se jedná o velice

rychlou diagnostiku brzdové soustavy pro celý rozsah provozních rychlostí vozidla, není však možný detailní rozbor závad z brzdových charakteristik, naměřených při pomaloběžném zkoušení.

Tento typ zkoušek se zejména uplatní jako rychlá diagnostická metoda stavu brzd, případně jako závěrečný test po provedeném pomaloběžném zkoušení.

Pro další výklad je nezbytné na tomto místě uvést celkový způsob výpočtů pro uvedený typ zkoušky. Během fáze zrychlování na zkušební rychlost probíhá kalibrace pasivních odporů a měření skluzu pro jednotlivá kola. Po dosažení zkušební rychlosti systém provede odpojení pohonů a uživateli změnou pozadí obrazovky a tabulkou **“Čekám na brždění”** ohlásí, že může začít brzdit. Od tohoto okamžiku jsou měřeny rychlosti jednotlivých kol v závislosti na čase a současně vyhodnocovány brzdné síly. Měření je zastaveno v okamžiku, kdy rychlost posledního z měřených bržděných kol poklesne pod nastavenou hranici minimální rychlosti.

V případě, že je vozidlo vybaveno brzdovým systémem s ABS, je nutno jej pro tento typ zkoušky vyřadit z činnosti, poněvadž tato zkouška není určena pro kontrolu ABS - dojde ke zkreslení případně úplnému selhání vyhodnocení zkoušky. Jako jedna z možností vyřazení činnosti ABS je vyjmutí příslušné pojistky, respektive zatočením koly zadní nápravy prostřednictvím el.pohonů na rychlosti cca. 15km/h při současně zapnutém zapalování. Dysfunkce ABS je obvykle následně signalizována na palubních ukazatelích kontrolkou.

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že na závislosti **v-t** lze najít všechny charakteristické fáze procesu brždění, t.j. fázi prodlevy brzdy, fázi náběhu brždění a fázi plného Brždění..

Základem analýzy doběhu je stanovení brzdného zpomalení v závislosti na čase:

$$a(t) = - \frac{dv(t)}{dt} \quad [\text{m.s}^{-2}]$$

Z takto zjištěného brzdného zpomalení je počítána brzdná síla:

$$F(t) = m \cdot a(t) - F_{ok}(t) \quad [\text{N}]$$

kde F_{ok} pasivní odpor kola s příslušnou válcovou jednotkou

m ekvivalentní hmotnost rotačních částí brzděného kola a příslušné válcové jednotky zkušebního stavu

Brzdná dráha je určena pro každé kolo samostatně integrací rychlostní závislosti:

$$s(t) = \int v(t) \cdot dt \quad [\text{m}]$$

Maximální skluz: hodnota skluzu kola v [%], jejíž překročení kterýmkoli z měřených kol po dobu 1.0sec znamená předčasné ukončení zkoušky dynamickým stopem z důvodů ochrany pneu před poškozením. Tento stav je signalizován červenou tabulkou **“Dynamický stop”**

Brzdná F start: hodnota brzdné síly v [kN], jejíž překročení kterýmkoli z bržděných kol znamená po zobrazení tabulky **“Čekám na brždění”** zahájení záznamu a vyhodnocování dat brzdné fáze. Zadávaná hodnota je velikostí skutečné brzdné síly opravené o pasivní odpory. Tuto hodnotu je třeba nastavit na takovou úroveň, aby případná ovalita brzdové plochy či jiná závada ještě zkoušku nespustila, ale ne zase tak vysoká, aby podstatná část náběhu brždění v zaznamenávaných datech chyběla. Doporučená hodnota je 0.1 kN.

Obecně je tedy brzdná fáze zahájena v okamžiku, kdy je splněna alespoň jedna z podmínek daná parametry, **Brzdná F start** a nebo **Čas čekání**.

Brzdná F konec: hodnota brzdné síly v [kN], jejíž překročení ve fázi odbrzdování má za následek ukončení brzdové zkoušky korektním způsobem, signalizovaným žlutou tabulkou "**Konec zkoušky**". Zadávaná hodnota je velikostí skutečné brzdné síly opravené o pasivní odpory. Všeobecně platí to, co bylo uvedeno u **Brzdná F start**. Tuto hodnotu doporučujeme nastavit na takovou úroveň, aby při velmi pomalém odbrzdění zkouška sama neskončila, což je vhodné z hlediska zahřívání brzd. Při prudším uvolnění v poslední fázi odbrzdění by pak mělo dojít k zastavení zkoušky. Doporučená hodnota je $0.0 \div 0.1$ kN.

Čas rozběhu: doba v [s], po jejímž uplynutí začne nejpozději proces kalibrace pasivních odporů a rolen skluzu.

Čas čekání: doba v [s] po zobrazení zelené tabulky "**Čekám na brždění nebo Enter**" signalizující připravenost k zahájení vlastní zkoušky, kdy dojde nejpozději k záznamu dat v případě, že řidič nezačal brzdít respektive kdy záznam dat nebyl z jakýchkoliv příčin zahájen překročením startovací síly ovládací či brzdné.

Rychlost: zkušební rychlost v [km/h], ze které se začíná vlastní proces brždění do zastavení vozidla, možný rozsah pro zadávání je $0 \div 200$ km/h.

Skluz: hodnota limitního skluzu v [%] pro odečet maximálních brzdných sil

Sestupná: volba, zda má být prováděn záznam dat do souboru i fáze odbrzdování [**Ano/Ne**]

Přeběh: hodnota rychlosti v [km/h], o kterou se překračuje nastavená hodnota **Rychlost** z důvodů, aby brždění začalo nejpozději na rychlosti zadané parametrem **Rychlost** (dochází k odpojování pohonů a kalibraci zkušebny). Doporučená hodnota je 5 km/h.

Ruční rych : zkušební rychlost v [km/h] pro test ruční brzdy. Doporučená hodnota je $15 \div 20$ km/h. V případě, že zkouška není vyhodnocena pro malý počet zaznamenaných dat, je nutno tuto zkušební rychlost zvýšit.

Min rychlo : hodnota rychlosti v [km/h], jejíž překročení posledním z měřených kol ve fázi brždění znamená ukončení záznamu dat do souboru a tedy i samotné zkoušky. Doporučená hodnota 1 km/h

Skluz: hodnota limitního skluzu v [%] pro odečet maximálních brzdných sil a varování řidiče

Rozjezd: zda má být rozjezd na zadanou rychlost realizován elektromotory, [**Ano/Ne**]. Ano je doporučeno.

Pro každé kolo samostatně jsou z doběhových závislostí **v-t** analyzovány níže uvedené základní parametry brzdové zkoušky:

Brzdná síla B_{vmax} [kN]: Jedná se o maximální brzdnou sílu vyhodnocenou v průběhu Brždění.. Podobně jako u pomaloběžných a rychloběžných zkoušek, jsou zapsány nejvyšší současně detekované hodnoty. Poněvadž při výpočtu brzdných sil už jsou zohledněny pasivní odpory, detekované maximální hodnoty nejsou již dále přepočítávány. Vyhledávání maximálních brzdných sil končí v okamžiku, kdy rychlost jednoho kola poklesne pod hodnotu rychlosti danou parametrem **Min rychlost**, resp. kdy je překročen limitní skluz na jednom z měřených kol. Kritéria pro okamžik odečtu těchto sil jsou stejná, jako u pomaloběžné brzdné zkoušky, tedy v závislosti zda je zaznamenávána ovládací síla či nikoliv.

Průměrná brzdná síla B_{vprum} [kN]: Průměrná brzdná síla je počítána podle následujícího vztahu:

$$B_{vprum} = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} B_v(t) \cdot dt \quad [\text{kN}]$$

kde t_1okamžik počátku brždění daný překročením brzdné síly **Brzdy F-start**

t_2okamžik zastavení prvního kola vozidla

Tato hodnota v sobě narozdíl od okamžité maximální brzdné síly odráží celkový pohled na účinnost brzdy kola v celém rozsahu rychlosti a dává tedy komplexnější pohled na účinnost brzdové soustavy.

Brzdná dráha [m]: Od začátku zkoušky je počítána ujetá dráha každého kola samostatně. Výpočet je skončen pro okamžik, kdy je dosažena **Min rychlost**, do nulové rychlosti se provede přepočít pomocí aproximace rychlostní závislosti. Velikost brzdné dráhy v sobě odráží účinnost brzdného systému daného kola, může být však částečně zkreslena pasivními odpory.

Asymetrie brzdného účinku: Je jednak vyhodnocována asymetrie z maximálních brzdných sil B_{vmax} podle kritérií shodných s pomaloběžnými brzdami - nebudou tedy zde znovu uváděny.

Jako další parametr je však vyhodnocována průměrná asymetrie, vypočtená podle následujícího vztahu:

$$Asymmetry = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} Asymmetry(t) \cdot dt [\%]$$

kde t_1, t_2 parametry viz. průměrná síla

Asymmetry(t)... okamžitá asymetrie brzdného účinku

Takto stanovená asymetrie brzdného účinku v sobě tedy zahrnuje nejen vliv maximálních hodnot brzdných sil, ale i vliv rychlosti a doby jednotlivých fází Brždění.. Jedná se tedy o podstatně komplexnější hodnocení nerovnoměrného působení než je tomu u pomaloběžných a rychloběžných zkoušek.

Rozdělení [-]: Výpočet rozdělení brzdného účinku na přední a zadní nápravu v případě zkoušení brzdové soustavy obou náprav vozidla současně vychází ze zjištěných maximálních brzdných sil B_{vmax} . Výpočet je proveden podle následujícího vztahu:

$$Distribution = \frac{B_{vmax1} + B_{vmax2}}{B_{vmax3} + B_{vmax4}}$$

kde 1,2 značí kola př. nápravy, 3,4 kola zadní nápravy.

Pro výpočet rozdělení podobně jako u asymetrie brzdného účinku podle uvedeného vztahu je velmi důležité, aby dosazované hodnoty maximálních brzdných sil byly vyhlazené - viz Brzdná síla B_{vmax} . Tento parametr nabývá důležitosti zejména při základním vyhodnocení brzdové soustavy, kdy je kontrolováno pouze překročení minimální brzdné síly, ale stav "přebrzděnosti" kola kontrolován není. Tento parametr tedy může při správně zadáných limitních hodnotách odhalit vadnou funkci omezovače brzdného tlaku pro zadní nápravu. Zvláště nebezpečný je z hlediska jízdní stability případ přebrzdění zadní nápravy.

Stav brzdové soustavy: Základní modul dynamické brzdové zkoušky porovnává z hlediska hodnocení účinku brzd pouze maximální hodnoty, průměrné hodnoty jsou uváděny pouze pro

orientaci. Kritéria jsou obdobná jako u výše popsaných statických zkoušek. Stav brzdové soustavy je vyhodnocen jako vyhovující v následujících případech:

zjištěné síly B_{vmax} všech zkoušených kol přesahují limitní hodnoty **Přední síla** resp. **Zadní síla**, a zároveň

vyhodnocený parametr zkoušky **Asymetrie** je pro zkoušenou nápravu(y) menší, než je limitní parametr **Asymetrie** v [%], a zároveň

vyhodnocený parametr **Rozdělení** v případě zkoušení obou náprav vozidla současně je v rozmezí limitního parametru **Rozdělení**

9.3.4 Test ruční brzdy

Principiálně se jedná o obdobu dynamické zkoušky provozní brzdy s tím, že je zkoušena pouze náprava, na níž účinek parkovací brzdy působí a že je předpokládána výrazně nižší startovací rychlost pro tuto zkoušku (vhodná je v rozmezí 15÷25 km/hod).

Parkovací brzda B_{vpmax} [kN]: Tento údaj je vypisován jen pro nápravu, na kterou působí účinek parkovací brzdy. Při jejím zkoušení není obecně sledována závislost na ovládací síle nebo čase. Velikost ovládací síly je hodnocena pouze subjektivně. Z tohoto důvodu platí o odečtu to, co je uvedeno u stanovení brzdné síly B_{vmax} pro případ, že není připojen pedometr. Poněvadž při výpočtu brzdných sil už jsou zohledněny pasivní odpory, detekované maximální hodnoty nejsou již dále přepočítávány.

Stav parkovací brzdy:

- zjištěné síly B_{vpmax} na levém i pravém kole přesahují limitní hodnoty **Ruční síla**, a zároveň asymetrie je menší než limitní
- alespoň na jednom kole nápravy došlo k limitnímu skluzu a současně asymetrie je menší než limitní

V ostatních případech je stav parkovací brzdy hodnocen jako nevyhovující.

9.3.5 Zkoušky ABS II

Tento způsob zkoušení brzd je obdoba dynamického testu popsaného v předešlé kapitole. Zásadní rozdíl spočívá v tom, že brzdová soustava není posuzována z hlediska dosahovaných brzdných sil, ale je pouze kontrolován průběh brzdných sil a skluzů v závislosti na čase. Zkouška probíhá ze zvolené rychlosti (až 200 km/h), přičemž brzdný systém maří kinetickou energii naakumulovanou v rotačních dílech válcové zkušebny 4VDM E120 a vlastních rotačních dílů vozidla, zkoušeny musí být při tom obě nápravy současně. Během brždění je zaznamenávána rychlost kola a zkušebního válce pro každé kolo, a to v závislosti na čase. Z této závislosti je pak bezprostředně vyhodnocován průběh brzdných sil a skluzu.

Výhodou této zkoušky je, že se jedná o velice rychlou diagnostiku brzdové soustavy ABS bez toho, aniž by se museli připojovat k vozidlu další diagnostické přístroje. Jako nejdůležitější je zde však zapotřebí vyzdvihnout, že vlastní diagnostika probíhá při reálném brždění za rychlostí odpovídajících provozu vozidla, takže je skutečně kontrolována odezva brzdového systému na kolech, ne pouze v řídicí jednotce jako je tomu u zkoušek ABS I. Podrobná analýza funkce ABS je však možná pouze pro konkrétní konstrukční a typové řešení ABS, tedy v současné podobě hodnocení pozůstává ze subjektivního hodnocení řidiče/operátora. Podrobné vyhodnocení je možné získat po dohodě jako rozšíření řídicího systému dynamometru.

Tento typ zkoušek se zejména uplatní jako rychlá diagnostická metoda stavu a funkce brzdového ABS systému.

Během fáze zrychlování na zkušební rychlost probíhá kalibrace pasivních odporů a měření skluzu pro jednotlivá kola, které je pro tuto zkoušku velmi významné. Po dosažení zkušební rychlosti systém provede odpojení pohonů a uživateli změnou pozadí obrazovky a tabulkou **“Čekám na brždění”** je tak dán pokyn k zahájení brždění, a to maximální ovládací silou. Od tohoto okamžiku jsou měřeny rychlosti a skluzu jednotlivých kol v závislosti na čase a ty zobrazovány pro jednotlivá kola na obrazovce monitoru. Měření je zastaveno v okamžiku, kdy rychlost posledního z měřených bržděných kol poklesne pod nastavenou hranici minimální rychlosti.

Maximální skluz: hodnota skluzu kola v [%], jejíž překročení kterýmkoli z měřených kol po dobu 1.0sec znamená předčasné ukončení zkoušky dynamickým stopem z důvodů ochrany pneu před poškozením. Tento stav je signalizován červenou tabulkou **“Dynamický stop”**

Brzdná F start: hodnota brzdné síly v [kN], jejíž překročení kterýmkoli z bržděných kol znamená po zobrazení tabulky **“Čekám na brždění”** zahájení záznamu a vyhodnocování dat brzdné fáze. Zadávaná hodnota je velikostí skutečné brzdné síly opravené o pasivní odpory. Tuto hodnotu je třeba nastavit na takovou úroveň, aby případná ovalita brzdové plochy či jiná závada ještě zkoušku nespustila, ale ne zase tak vysoká, aby podstatná část náběhu brždění v zaznamenávaných datech chyběla. Doporučená hodnota je 0.1 kN.

Obecně je tedy brzdná fáze zahájena v okamžiku, kdy je splněna alespoň jedna z podmínek daná parametry, **Brzdná F start** a nebo **Čas čekání**.

Brzdná F konec: hodnota brzdné síly v [kN], jejíž překročení ve fázi odbrzdování má za následek ukončení brzdové zkoušky korektním způsobem, signalizovaným žlutou tabulkou **“Konec zkoušky”**. Zadávaná hodnota je velikostí skutečné brzdné síly opravené o pasivní odpory. Všeobecně platí to, co bylo uvedeno u **Brzdná F start**. Tuto hodnotu doporučujeme nastavit na takovou úroveň, aby při velmi pomalém odbrzdění zkouška sama neskončila, což je vhodné z hlediska zahřívání brzd. Při prudším uvolnění v poslední fázi odbrzdění by pak mělo dojít k zastavení zkoušky. Doporučená hodnota je 0.0÷0.1 kN.

Čas rozběhu: maximální doba trvání akcelerační fáze zkoušky v [s].

Čas čekání : doba v [s] po zobrazení zelené tabulky **“Čekám na brždění”** signalizující připravenost k zahájení vlastní zkoušky, kdy dojde nejpozději k záznamu dat v případě, že řidič nezačal brzdit respektive kdy záznam dat nebyl z jakýchkoliv příčin zahájen překročením startovací síly ovládací či brzdné.

Rychlost : zkušební rychlost v [km/h], ze které se začíná vlastní proces brždění do zastavení vozidla, možný rozsah pro zadávání je 0÷200 km/h.

Přeběh: hodnota rychlosti v [km/h], o kterou se překračuje nastavená hodnota **Rychlost** z důvodů, aby brždění začalo nejpozději na rychlosti zadané parametrem **Rychlost** (dochází k odpojování pohonů a kalibraci zkušebny). Doporučená hodnota je 5 km/h.

Min rychlost : hodnota rychlosti v [km/h], jejíž překročení posledním z měřených kol ve fázi brždění znamená ukončení záznamu dat do souboru a tedy i samotné zkoušky. Doporučená hodnota 1 km/h.

Stav funkce ABS:

Jak již bylo výše uvedeno, v základní úrovni systému se hodnocení pozůstává ze subjektivního hodnocení řidiče/operátora. Následně alespoň bude uvedeno, čemu by měla být věnována pozornost:

- jsou na průběhu brzdných sil jednotlivých kol znatelné zásahy regulačního systému ABS - tj. zvlnění brzdné charakteristiky
- je znatelná odezva na brzdovém pedálu

- jsou průběhy brzdových charakteristik kol stejné nápravy synchronní, neliší se příliš průběhy mezi sebou z hlediska velikostí síly a jejího průběhu
- nedochází k výraznému rozdílu rychlostí nejen na kolech jedné nápravy, ale i mezi nápravami

9.3.6 Valivý poloměr kola a filtrace hodnot

Ovalita brzd či jiná deformaci tvaru brzdné plochy může výrazně ovlivnit přesnost dosahovaných výsledků. Pro záznam dat vlastních brzdových charakteristik jsou data pouze vyhlazována takovým způsobem, aby byly odstraněny vyšší harmonické složky a náhodné výchyly, harmonické složky odpovídající otáčkám kola jsou záměrně ponechány! Jedině tak je možno detekovat tvarové závady v tvaru brzdných ploch.

Jak už bylo uvedeno, první problém mohou tvarové závady činit při stanovování pasivních odporů, kdy by silně záviselo na tom, ve kterém okamžiku otáčky kola by hodnota byla odečtena. To je eliminováno tím, že pasivní odpory jsou měřeny v průběhu více otáček kol. Vzhledem k tomu, že otáčky kol jsou malé a že je zapotřebí minimalizovat čas potřebný ke změření pasivních odporů při dosažení přijatelné přesnosti, jeví se jako nejvhodnější měřit v průběhu celistvého násobku otáček kola (≈ 5 otáček). Poněvadž otáčky kol nejsou přímo měřeny, ale je přesně měřena pouze jejich obvodová rychlost, systém je schopen správně určit dobu měření, jeli zadán správně valivý poloměr pneumatiky.

Stejný problém nastává při vyhodnocování maximálních brzdných sil. Poněvadž obecně závislost brzdné síly na ovládací není lineární, není možné bez hlubších analýz aproximovat výsledky na příliš dlouhém intervalu. Z tohoto důvodu se opět vychází z průběhu posledních otáček kola před nalezeným maximem, který se aproximuje kvadratickým polynomem. Aby také tady nedošlo ke zkreslení, je vhodné do aproximace zahrnout data z průběhu celistvých násobků otáček kola. Dále již platí to, co bylo uvedeno u kalibrace pasivních odporů.

Z výše uvedeného vyplývá, že je zapotřebí zadat správnou hodnotu valivého poloměru kola odvalujícího se na válci zkušebny 4VDM E120. Ta je kromě konstrukčních parametrů závislá také na zatížení a huštění pneu. Je tedy vhodné pro každé vozidlo před vlastním zkoušením brzd individuálně stanovit, a to zvláště pro přední a zadní nápravu! Nezná-li zkoušející pro dané vozidlo tento parametr, je možno jej zjistit následujícím postupem:

V režimu zkušebny **v=konstant**, při malé zkušební rychlosti (≈ 5 km/h) změříme rychlost otáčení kola pomocí "ručního přítlačného tachometru" nebo na pneu uděláme křídou rysku či jiným způsobem značku a změříme čas, za který kolo udělá ≈ 10 otáček. Valivý poloměr pneumatiky pak stanovíme podle následujícího vztahu:

$$r_k = v / (n \cdot 22.62) = v \cdot t_n / 22.62 \quad [\text{m}]$$

kde **v**..... rychlost vozidla [km/h]

n..... otáčky kola [s^{-1}]

t_n.... doba 1 otáčky kola $1/n$ [s]

Tak je zajištěno správné vyhodnocování při velké ovalitě bubnu nebo jiné tvarové deformaci brzdové plochy.

9.4 Kalibrační testy s vozidlem

Každá z výše uvedených typů kalibrace má svůj nezastupitelný význam v procesu zkoušení vozidla na válcové zkušebně. Kalibrační modul značně zvyšuje užité hodnoty zařízení, neboť uživatel nemusí dodatečně pracným způsobem korigovat naměřené výsledky. Celý proces kalibrace musí být plně automatizován, takže na obsluhu z tohoto pohledu nejsou kladeny žádné nároky. Stačí zvolit jen vhodné vstupní údaje zkoušky. Mimo kalibraci, mohou také výsledky těchto zkoušek posloužit pro diagnostiku vozidla, což je další velice užitečná schopnost zařízení.

9.4.1 Kalibrace jednotlivých kol

Tento typ kalibrace je určen pro potřebu zkoušek brzd a výkonu, případně jako kontrolní diagnostika z hlediska pasivních odporů jednotlivých kol vozidla. Tato zkouška je komplexnějšího charakteru, během které je provedeno následující:

- kalibrace pasivních odporů jednotlivých kol
- kalibrace rolen měření skluzu
- analýza setrvačných hmot jednotlivých kol
- kalibrace pasivních odporů jednotlivých kol

Nutnost korekce spočívá v tom, že zpomalení jednotlivých kol nepůsobí jen účinek brzdové soustavy, ale také pasivní odpory, o které jsou výsledky podobně jako u statických brzdových zkoušek korigovány. V případě těchto zkoušek každé z kol vozidla, respektive válcová jednotka zkušebny zde vystupuje jako samostatný zkoušený subjekt.

Mají-li být vypočteny správně brzdné síly dynamické zkoušky, musí dynamické zkoušce brzd kalibrace pasivních odporů pro každé zkoušené vozidlo předcházet! Nelze mít jedny univerzální konstanty pasivních odporů pro daný typ vozidla. Zatímco pasivní odpory zkušebny se v podstatě s jejím provozem nemění, na pasivní odpory samotného vozidla má vliv huštění pneu, stav brzdové soustavy (přibrzdování), stav ložisek, rozvodovky, hnacích hřídelí atd. - a to jsou parametry silně individuální pro každé zkoušené vozidlo, do značné míry související s jeho technickým stavem.

S ohledem na nutnost provádět kalibraci pasivních odporů každého zkoušeného vozidla před dynamickou zkouškou brzd, základní kalibrace pasivních odporů je součástí dynamické zkoušky brzd (její první fáze), a proto není nezbytně nutné tuto zkoušku s každým vozidlem provádět z tohoto pohledu. Tento test umožňuje dosahovat větší přesnosti výsledků a výsledným protokolem jsou také údaje a pasivních odporech jednotlivých kol, což může být vhodné z hlediska diagnostiky závad na vozidle.

9.4.2 Kalibrace rolen měření skluzu

Nutnost této kalibrace spočívá v tom, že pneumatika odvalující se po zkušebních válcích se deformuje, na což má vedle rozměrových parametrů pneumatiky zejména vliv stav jejího nahuštění. V důsledku této deformace dochází k mírnému rozdílu mezi obvodovou rychlostí běhounu pneumatiky měřenou pomocnou rolnou a obvodovou rychlostí zkušebních válců. Takže aby tyto rychlosti byly za stavu, kdy nedochází mezi pneu a válcem ke skluzu stejné, je nutno provést tuto kalibraci.

Mají-li být analyzovány správně dosahované skluzy mezi pneumatikou a zkušebním válcem, musí zkouškám brzd tento test pro každé zkoušené vozidlo předcházet! Nelze mít jedny univerzální kalibrační konstanty rolen pro daný typ vozidla (rozměr pneu).

S ohledem na nutnost provádět kalibraci rolen pro každé zkoušené vozidlo před zkouškou brzd, základní kalibrace rolen je součástí první fáze každé brzdové zkoušky, a proto není nezbytně nutné

tuto zkoušku s každým vozidlem z tohoto pohledu provádět. Tento test umožňuje dosahovat větší přesnosti výsledků a provádí se současně s kalibrací pasivních odporů.

9.4.3 Analýza setrvačných hmot jednotlivých kol

Pro přesné stanovení sil u dynamických zkoušek je nutné vedle výpočtu zrychlení (zpomalení) znát také přesně hmotnosti podrobené dynamickým změnám. V každém případě základní hmotnost představují rotační hmoty zkušebny, které jsou známé parametry zadané v systému. K těmto hmotám však dále přistupují setrvačné hmoty jednotlivých kol, a ty je také vhodné z důvodů větší přesnosti výsledků zohlednit. U této zkoušky také zde každé z kol vozidla vystupuje jako samostatný zkušební subjekt.

Mají-li být vypočteny správně dynamické síly, musí být pro dynamické zkoušky správně zadány setrvačné hmoty jednotlivých kol. Na rozdíl od výše popsaných kalibrací, toto není zapotřebí provádět pro každé zkoušené vozidlo. Postačí pro daný typ vozidla, s příslušným rozměrem pneu a typem ráfku jednou určit a následně tak přiřadit parametrům zkoušených vozidel v jejich databázi. Do setrvačných hmot kola se tak nejen počítá vlastní kolo, ale i brzdový kotouč (buben) a hnací hřídele.

Tato zkouška je společná pro všechny dynamické testy, tedy v současné době pro dynamickou zkoušku brzd a dynamickou (akcelerační) zkoušku výkonu.

9.4.4 Teorie kalibrace pasivních odporů a rolen skluzu

Vlastní zkouška probíhá ve dvou fázích. V první fázi probíhá rozběh každého kola na zvolenou zkušební rychlost. Během této fáze zkoušky nedochází k žádnému zaznamenávání hodnot. Po dosažení zkušební rychlosti dynamometr automaticky odpojuje pohony a tak začíná druhá fáze - volný doběh válcových jednotek s odvalujícími se koly vozidla. Zkouška končí dosažením posledním z kol rychlostního parametru **Min rychlost**.

Vlastní výpočet pasivních odporů vychází z následujícího vztahu:

$$F_o(v) = -m_{ei} \cdot a(v)$$

kde $F_o(v)$ je pasivní odpor v závislosti na rychlosti, připadající na dané kolo

m_{ei} je ekvivalentní hmotnost připadající na jedno kolo (kolo + válece)

$a(v)$ zpomalení doběhové fáze zkoušky v závislosti na rychlosti

Zjištěná závislost pasivních odporů na rychlosti je pak pro další snadnější práci aproximována kvadratickým polynomem:

$$F_o(v) = A + B \cdot v + C \cdot v^2$$

Přesnost metody podle série opakovaných měření je v rozmezí $\pm 25\text{N}$ v celém rozsahu rychlostí. Odchylují-li se příliš průběhy navzájem od sebe, doporučujeme zkoušku opakovat a výsledky porovnat.

Během doběhové fáze lze předpokládat, že tangenciální síly mezi pneumatikou a válcem budou minimální a za tohoto předpokladu že bude dosahováno nulových skluzů mezi touto dvojicí. Na tomto je založena metoda kalibrace rolen měření skluzu. Závislost rychlosti rolny skluzu na rychlosti válce je interpolována přímkou, a takto zjištěné koeficienty tvoří kalibrační konstanty rolen.

9.4.5 Teorie kalibrace setrvačných hmot kol

Vlastní zkouška probíhá také ve dvou fázích. V první fázi probíhá proces kalibrace pasivních odporů v ustálených stavech, přičemž jsou použity el.pohony zkušebny. Jedná se principiálně o stejný proces, který je popsán u kalibrací pro statické zkoušky výkonu s tou výjimkou, že probíhá pro každé kolo samostatně.

Po dosažení zkušební rychlosti dynamometr automaticky přechází z motorického do brzdného režimu a maximální silou danou nastavením regulátorů pohonů začíná jednotlivé válce s odvalujícími se koly brzdít až do zastavení. Pro analýzu se pak využívá oblast pod rychlostí 100 km/h, kde pohony brzdí konstantní silou. I během této fáze jsou zaznamenávány všechny měřené parametry, tedy i síly na tenzometrech.

Vlastní výpočet ekvivalentní hmotnosti vychází z následujícího vztahu:

$$m_e(v) = \frac{F_o(v) + F_T(v)}{a(v)} \quad [\text{kg}]$$

kde $F_o(v)$ je pasivní odpor v závislosti na rychlosti, připadající kolu z první fáze zkoušky
 $F_T(v)$síly na tenzometru pohonu, připadající kolu během doběhové fáze měření
 $a(v)$ zpomalení doběhové fáze zkoušky v závislosti na rychlosti

Podle uvedeného vztahu lze spočítat pro libovolnou rychlost odpovídající ekvivalentní hmotnost. Teoreticky by měla být pro každou rychlost stejná, vzhledem k chybám měření a celkové metodice zkoušky je vzata průměrná hodnota z celého rychlostního rozsahu. Přesnost metody na základě série opakovaných měření je v rozmezí $\pm 2\text{kg}$. Vzhledem k tomu, že nelze předpokládat větší rozdíly mezi ekvivalentními hmotnostmi kol jedné nápravy než je chyba této metody, výsledkem pro kola dané nápravy je aritmetický průměr z pravé a levé strany.

Důležité upozornění !!!

Metodika zkoušky kalibrace setrvačných hmot kol vychází z toho, že během první i druhé fáze měření má systém vozidlového dynamometru a vozidla samotného při stejné rychlosti stejné pasivní odpory. Aby tento předpoklad byl splněn, musí být všechny části jak vozidlového dynamometru tak i vozidla vytemperovány na provozní teploty, jinak dojde ke zkreslení výsledků. O tom, zda byl na předešlých řádcích popsán předpoklad splněn, se může uživatel přesvědčit pomocí opakování zkoušky. V podstatě totéž platí pro kalibraci pasivních odporů. Z tohoto důvodu je zapotřebí dodržovat následující postup:

- Provádíte-li pro dané vozidlo kalibraci setrvačných hmot kol i pasivních odporů, jako první zkoušku musíte provést kalibraci setrvačných hmot. Opačný postup by vedl ke zkreslení výsledků, poněvadž kalibrace pasivních odporů právě potřebuje správné hodnoty setrvačných hmot.
- S ohledem na předpoklady metodiky vyhodnocování je zapotřebí zkušebnu i se zkoušeným vozidlem vytemperovat na provozní podmínky. Teplota prostředí by měla být v rozmezí $20 \pm 5^\circ\text{C}$.
- V případě, že vozidlo resp. zkušebna bezprostředně před touto zkouškou nebyla provozována v rychlostech odpovídajícím tomuto testu, lze doporučit následující postup: V režimu $v=\text{konstant}$ s vozidlem nastavíme 1/2 zkušebního parametru **Rychlost** této zkoušky a udržujeme 2 min. Následně zvýšíme na hodnotu **Rychlost** a udržujeme další 3 min. temperovací zátěžný blok ukončíme dynamickým STOPEM.

- V případě, že zkušebna nebyla více jak 1 hod v provozu před touto kalibrací, výše popsany zátěžný blok 1 až 2x opakujeme.

9.4.6 Kalibrace pro statické zkoušky výkonu

Tento typ kalibrace je určen pro statické výkonové zkoušky a zkoušky se zatížením Road Load - jejich korekci o pasivní odpory. To znamená, že systémem je zvolena konfigurace zkušebny odpovídající hnací(m) nápravě vozidla a následná kalibrace probíhá vždy jako celku.

Tato kalibrace zahrnuje nejen vlastní pasivní odpory zkušebny ale i také zkoušeného vozidla, jehož kola se odvalují po zkušebních válcích. Při vlastním zkoušení výkonu statickou metodou totiž systém detekuje pouze sílu vozidla přenesenou na povrch válce. Aby tato síla mohla být přepočtena na hřídel motoru vozidla, je nutno ji korigovat o pasivní odpory zkušebny, valivé odpory kol a vůbec pasivní odpory celého poháněcího řetězce automobilu. Právě ke zjištění souhrnu všech zde vyjmenovaných odporů slouží následně popsaná zkouška.

Důležité upozornění !!!

Mají-li být dosaženy správně korigované výsledky statické metody zkoušení výkonu motoru a dosahováno správné zatížení Road Load, musí těmto testům pro každé zkoušené vozidlo tento kalibrační test předcházet! Nelze mít jedny univerzální konstanty pasivních odporů pro daný typ vozidla. Zatímco pasivní odpory zkušebny se v podstatě s provozem zkušebny nemění, na pasivní odpory samotného vozidla má vliv huštění pneu, stav brzdové soustavy (přibrzdování), stav ložisek, rozvodovky, převodovky, hnacích hřídelí atd. - a to jsou parametry silně individuální pro každé zkoušené vozidlo, do značné míry související s jeho technickým stavem. Způsobená chyba zanedbáním této skutečnosti může být až velikosti řádově 10%.

Kalibrační proces se sestává z jedné fáze, během níž přes posloupnost ustálených stavů v režimu regulace $v = \text{konstant}$ je měřena síla potřebná k udržení nastavené rychlosti - tedy pasivní odpory celku vozidlového dynamometru s vozidlem.

Takto získané údaje pasivních odporů jsou v závislosti na rychlosti extrapolovány polynomem 2-hého stupně, což dává výsledky s chybou menší než $\pm 10\%$:

$$F_o(v) = A + B \cdot v + C \cdot v^2$$

Takto vypočtené koeficienty jsou zaneseny jako parametry do systému.

9.5 Speciální testy

Každý z výše uvedených typů zkoušky má svůj specifický význam v procesu zkoušení vozidla na válcové zkušebně. Tento modul speciálních testů značně rozšiřuje užité hodnoty zařízení, neboť testuje specifické funkce poháněcí ústrojí vozidla. Celý proces zkoušek je plně automatizován, takže na obsluhu z tohoto pohledu nejsou kladeny žádné nároky, stačí sledovat pokyny řídicího systému a zvolit vhodné vstupní údaje zkoušek.

9.5.1 Dynamická akcelerační zkouška nebo speciální dynamická tahová zkouška

Tento typ zkoušky je určen pro rychlou diagnostiku výkonových parametrů vozidla. Při správně zadaných parametrech zkoušky a vozidla jsou výsledky plně srovnatelné se statickou zkouškou vnější rychlostní charakteristiky. Její zásadní výhodou je, že trvá podstatně kratší dobu, čímž podstatně méně tepelně a mechanicky zatěžuje motor.

Celá zkouška se dá rozdělit na dvě fáze, část akcelerační a část volného doběhu. První fáze slouží ke zjištění hnací síly na válcích dynamometru, druhá pak slouží pro kalibraci pasivních odporů dynamometru s vozidlem. Při analýze měření je v obou případech vycházeno ze základní pohybové rovnice

$$F = m \cdot \frac{dv}{dt} \quad [\text{N}; \text{kg}, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{s}]$$

Výpočet derivace rychlosti podle času - zrychlení, je systémem počítán z naměřené rychlostní závislosti na čase. Čas je měřen s přesností na 0,001 s prostřednictvím systémových hodin počítače a obvodů kvadraturních čítačů. Rychlost je snímána prostřednictvím inkrementálních rotačních snímačů, umístěných na hřídeli válců s přesností $\pm 0,015$ km/h. Toto měření nemůže obsluha nijak pomocí vstupu z menu systému ovlivnit.

Z hlediska uživatele je však rozhodující správné určení hmotnosti. V akcelerační fázi jsou uváděny do pohybu následující hmoty:

$$m_{ekv} = m_D + m_{RV} + m_E$$

kde m_D ekvivalentní hmotnost dynamometru s odpojenými pohony (1120,0 kg)
 m_{RV} ekvivalentní hmotnost rotačních částí vozidla
 m_E ekvivalentní hmotnost rotačních částí motoru

Ekvivalentní hmotnosti jsou zde uváděny z toho důvodu, poněvadž celá dynamická soustava vykonává rotační pohyb, kde je z hlediska dynamických účinků rozhodující moment setrvačnosti. Přepočet mezi momentem setrvačnosti a ekvivalentní hmotností přepočtenou na povrch válce dynamometru je následující:

$$J_s = m_{ekv} \cdot r_v^2$$

kde r_v je poloměr válce dynamometru (1200,0 mm).

Ekvivalentní hmotnost rotačních částí vozidla zahrnuje hmoty kol, brzdových kotoučů respektive bubnů, nábojů kola, hnacích hřídelů, ústrojí rozvodovky a převodovky, vše přepočteno vzhledem k rychlosti vozidla na povrch válce dynamometru respektive pneumatiky. Na této zkušební je zařazen speciální kalibrační test, jehož výsledkem jsou právě tyto hmoty. Pro běžná osobní vozidla se tato hmotnost pro jedno kolo pohybuje v rozmezí 8÷20 kg, přičemž je zejména rozhodující rozměr pneu. Pro vůz Škoda Felicia s pneu 14" činí tato hmotnost 9 kg. Je třeba si uvědomit, že celková hmotnost kol představuje pro zmiňované vozidlo $\approx 3\%$ celkové ekvivalentní hmotnosti rotačních dílů dynamometru, což také zároveň představuje chybu měření, které se dopustíte, když tuto hmotnost zcela zanedbáte, nebo respektive neprovedete její kalibraci. V případě, že zadáte hodnotu hmotnosti menší než je skutečná, s ohledem na pohybovou rovnici dosáhnete oproti skutečnosti menších výkonových parametrů.

Ekvivalentní hmotnost rotačních částí motoru zahrnuje kromě vlastních dílů motoru i ústrojí spojkového mechanismu (přítlačný talíř spojky s lamelou). Pokud není k dispozici přesný údaj výrobce, je vhodné využít porovnání s podobnou velikostí motoru, u kterého je tento údaj známý. S ohledem na to, že tento údaj přísluší rotačním dílům motoru, tak do systému je zadáván v tomto případě jako moment setrvačnosti. Pro motor vozu Škoda Felicia o obsahu 1300 cm³ (Š781.136)

moment setrvačnosti činí 0,12 kg.m². Tento moment setrvačnosti je dále automaticky v systému přepočítáván podle následující vztahu na ekvivalentní hmotnost:

$$m_E = J_E \cdot (k_{n-v} \cdot 0.12)^2$$

$$k_{n-v} = \frac{n_e [\text{min}^{-1}]}{v [\text{km} \cdot \text{h}^{-1}]}$$

kde m_E ekvivalentní hmotnost motoru v [kg]

J_E moment setrvačnosti rotačních částí motoru [kg.m²]

k_{n-v} koeficient závislosti otáček motoru na rychlosti vozidla

V případě, že nejsou přímo měřeny otáčky motoru pomocí snímače připojeného na motor a není zadán správně některý z následujících údajů:

- dílčí převodové poměry
- stálý převod
- převodový poměr redukce
- aktuálně použitý převodový stupeň
- poloměr pneumatiky

pak jsou špatně vypočteny otáčky motoru a následně i jeho ekvivalentní hmotnost, což může způsobit značné chyby ve vyhodnocení. Z tohoto důvodu jsou setrvačné hmoty zahrnovány do vyhodnocování pouze v případě, kdy jsou otáčky motoru přímo systémem měřeny!

Pro úplnost je následně uvedena tabulka, která obsahuje vliv zařazeného převodového stupně vozu Škoda Felicia se stálým převodem 3,895 na ekvivalentní hmotnost motoru.

Převod. stupeň	převod	ekv.hmotnost [kg]	celkový podíl [%]
I	3.308	340	27.2
II	1.913	114	9.1
III	1.267	50	4.0
IV	0.927	27	2.2
V	0.717	16	1.3

Na rozdíl od ekvivalentní hmotnosti rotačních dílů vozidla, zde není možná přímá možnost kalibrace. Existuje však možnost částečné kontroly, zda zadaný moment setrvačnosti motoru odpovídá skutečnosti. Metodika je následující. Provedte statickou zkoušku výkonových parametrů a následně se zařazeným stejným převodovým stupněm tuto akcelerační zkoušku (zkouškám by měla v každém případě předcházet kalibrace pasivních odporů respektive kalibrace setrvačných hmot jednotlivých kol). V případě, že průběhy rychlostních charakteristik si navzájem tvarově odpovídají, avšak výkonové parametry příslušející akcelerační zkoušce jsou vyšší než u statické zkoušky, lze usuzovat na to, že zadaný moment setrvačnosti je vyšší než odpovídá skutečnosti. Opačná tendence odpovídá podhodnocení zadaného momentu setrvačnosti. V případě nesouladu výsledků změňte zadaný parametr setrvačnosti motoru.

9.5.2 Kontrola přesnosti tachometru

Tento typ zkoušky je určen pro kontrolu přesnosti tachometru na uživatelem tabulkou zadaných rychlostech. Součástí zkoušky může také být kontrola přesnosti denního ukazatele ujetých kilometrů. Konfigurace zkušebny odpovídá hnací nápravě vozidla, přičemž pohony jsou odpojeny a řidič jede proti volným válcům, zatíženými pouze svými vlastními odpory.

Důležité upozornění !!!

Zkoušené vozidlo musí mít nahuštěny pneumatiky na hnané nápravě minimálně na jmenovité tlaky předepsané výrobcem, nejlépe je hustit pneu odpovídající maximálnímu zatížení vozidla. Při zanedbání této podmínky může dojít k výraznému zkreslení výsledků.

9.5.3 Kontrola otáčkoměru

Tento typ kalibrace je určen pro dynamickou akcelerační zkoušku výkonu - zjištění závislosti mezi rychlostí vozidla a otáček motoru.

Bez této kalibrace pro dané zkoušené vozidlo, nebude prováděn výpočet otáček motoru a jeho točivého momentu. Také všechny závislosti budou pouze na zkušební rychlosti.

V případě, že otáčky motoru nejsou přímo měřeny, je možno otáčky motoru počítat z aktuální rychlosti vozidla a dále pak z údaje o celkovém převodovém poměru i_c a poloměru pneumatiky r_k podle následujícího vztahu:

$$n_e = v \cdot i_c \cdot 2.65258 / r_k \quad [\text{min}^{-1}]$$

kde v rychlost vozidla v [km/h]

i_c celkový převodový poměr $i_c = i_s \cdot i_p \cdot i_r$

i_p převodový poměr aktuálně zařazeného př.stupně

i_r převodový stupeň redukce

i_s stálý převod

r_k poloměr kola [m]

Celkový převodový poměr i_c si systém vypočte sám, ale správnou hodnotu obdržíte jen za předpokladu, že jsou správně zadány převodové poměry jednotlivých rychlostních stupňů, stálého převodu a konečně pak i rychlostního stupně, při kterém zkouška vozidla probíhá!

Poloměr pneumatiky odvalující se po válci dynamické zkušebny je nutné určit před dynamickou akcelerační zkouškou a zadat jeho správnou hodnotu. K tomuto účelu slouží následující kalibrační postup, založený na následujícím:

V rozsahu rychlostí, v němž bude zkouška probíhat, se v tomto rozmezí zjistí v několika bodech relace rychlosti vozidla na otáčkách motoru, měřených pomocí otáčkoměru (nejlépe při zařazeném rychlostním stupni, který bude využit při vlastní zkoušce). Poloměr kola se pak v jednom konkrétním bodě stanoví:

$$r_k = (v \cdot i_c \cdot 2.65258) / n_e \quad [\text{m}]$$

Tento postup je pak automatizován právě touto kalibrací, která má obdobu ve zkoušce tachometru. Je nutno poznamenat, že toto není zcela přesné, poněvadž dynamický poloměr kola se s rychlostí vozidla nepatrně mění.

9.5.4 Zkouška diferenciálů v režimu $v=\text{konst}$

Jedná se o speciální test pro zkoušení chování diferenciálů. Na nápravě, kde se zkouší diferenciál je na válcích nastavená zkušební rychlost a válce druhé nápravy jsou přepnuty do momentové regulace. Během zkoušky se po rampách může měnit zatížení z válců momentové regulace a difference rychlosti mezi válci v otáčkové regulaci.

9.5.5 Zkouška diferenciálů v režimu $F=\text{konst}$

Jedná se o speciální test pro zkoušení chování diferenciálů. Na nápravě, kde se zkouší diferenciál je na válcích nastavení zatížení silou a válce druhé nápravy jsou přepnuty do otáčkové regulace. Během zkoušky se po rampách může měnit rychlost z válců v otáčkové regulaci a difference sil mezi válci v momentové regulaci.

9.6 Kalibrace zkušebny

Software musí mít podporu pro kalibraci všech 8 analogových vstupů z tenzometrů.

9.6.1 Tenzometry 4VDM-120

Tenzometry jednotlivých pohonů se kalibrují pomocí dvoustranného ramena umístěného na elektromotoru a pomocí cejchovaných kalibračních závaží. S ohledem na délku kalibračního ramene a následné převody platí následující:

$$F = m_z \cdot g \cdot R_k \cdot r_p / \left(\frac{D_v}{2} \right) = 41.666 \cdot m_z$$

kde	F	obvodová síla na povrchu válce v [N]
	m_z	hmotnost kalibračního závaží v [kg]
	g	konstanta gravitačního zrychlení ; $9,80665 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
	R_k	délka kalibračního ramene ; $1,0197 \text{ m}$
	r_p	převodový poměr mezi pohonem a válcem ; 2,5
	D_v	průměr válce ; $1,200 \text{ m}$

Po instalaci kalibračního ramene se musí provést jeho vyvážení. Kontrolu vyvážení je možno udělat pomocí numerického ukazatele síly. Hodnota před instalací kalibračního ramene a po instalaci musí být totožná! Následně postupně umísťujeme na konec ramene závaží adekvátní tabulkou zvoleným silám. Kalibrace se provádí jak pro hnací tak i brzdě síly. Převodník tenzometrického můstku je nastaven tak, aby závaží 120 kg odpovídalo výstupní napětí 5.0 V na měřicí modulu. Tento údaj je však spíše informativní pro správné nastavení zesilovače, rozhodující pro kalibraci systému je přepočítávaná síla. Pro orientaci platí následující kalibrační tabulka:

kalibrační závaží [kg]	napětí zesilovače [V]	referenční síla [kN]
0	0.0	0.000
20	0,83	0,833
40	1,67	1,667

70	2,92	2,917
90	3,75	3,750
120	5,0	5,000

Zvýrazněné hodnoty hmotností jsou doporučené jako kalibrační body.

9.6.2 Kalibrace VDU – přední náprava

Tenzometry jednotlivých pohonů se kalibrují pomocí dvoustranného ramena umístěného na elektromotoru a pomocí cejchovaných kalibračních závaží. S ohledem na délku kalibračního ramene a následné převody platí následující:

$$F = m_z \cdot g \cdot R_k \cdot r_p / \left(\frac{D_v}{2} \right) = 507,804 \cdot m_z$$

kde **F** obvodová síla na povrchu válce v [N]

m_z hmotnost kalibračního závaží v [kg]

g konstanta gravitačního zrychlení ; 9,80665 m * s⁻²

R_k délka kalibračního ramene ; 1,0197 m

r_ppřevodový poměr mezi pohonem a válcem ; 13,0

D_v průměr válce ; 0,512 m

Po instalaci kalibračního ramene se musí provést jeho vyvážení. Kontrolu vyvážení je možno udělat pomocí numerického ukazatele síly. Hodnota před instalací kalibračního ramene a po instalaci musí být totožná! Následně postupně umísťujeme na konec ramene závaží adekvátní tabulkou zvoleným silám. Kalibrace se provádí jak pro hnací tak i brzdné síly. Převodník tenzometrického můstku je nastaven tak, aby závaží 50 kg odpovídalo výstupní napětí 5.0 V. Tento údaj je však spíše informativní pro správné nastavení zesilovače, rozhodující pro kalibraci systému je přepočítávaná síla. Pro orientaci platí následující kalibrační tabulka:

kalibrační závaží [kg]	napětí zesilovače [V]	referenční síla [kN]
0	0.0	0.000
20	0,83	10,156
30	1,67	15,234
40	2,92	20,312
50	3,75	25,390

Zvýrazněné hodnoty hmotností jsou doporučené jako kalibrační body.

9.6.3 Kalibrace VDU – zadní náprava

Tenzometry jednotlivých pohonů se kalibrují pomocí dvoustranného ramena umístěného na elektromotoru a pomocí cejchovaných kalibračních závaží. S ohledem na délku kalibračního ramene a následné převody platí následující:

$$F = m_z \cdot g \cdot R_k \cdot r_p / \left(\frac{D_v}{2} \right) = 680,458 \cdot m_z$$

kde

F obvodová síla na povrchu válce v [N]

m_z hmotnost kalibračního závaží v [kg]

g konstanta gravitačního zrychlení ; 9,80665 m * s⁻²

R_k délka kalibračního ramene ; 1,0197 m

r_p převodový poměr mezi pohonem a válcem ; 17,42

D_v průměr válce ; 0,512 m

Po instalaci kalibračního ramene se musí provést jeho vyvážení. Kontrolu vyvážení je možno udělat pomocí numerického ukazatele síly. Hodnota před instalací kalibračního ramene a po instalaci musí být totožná! Následně postupně umísťujeme na konec ramene závaží adekvátní tabulkou zvoleným silám. Kalibrace se provádí jak pro hnací tak i brzdě síly. Převodník tenzometrického můstku je nastaven tak, aby závaží 140 kg odpovídalo výstupní napětí 5.0. Tento údaj je však spíše informativní pro správné nastavení zesilovače, rozhodující pro kalibraci systému je přepočítávaná síla. Pro orientaci platí následující kalibrační tabulka:

kalibrační závaží [kg]	napětí zesilovače [V]	referenční síla [kN]
0	0.0	0.000
20	0,83	13,609
60	1,67	40,827
120	2,92	81,655
140	3,75	95,264

Zvýrazněné hodnoty hmotností jsou doporučené jako kalibrační body.

9.7 Pasivní odpory zkušebny a její diagnostika

Tato zkouška probíhá bez přítomnosti vozidla na válcích zkušebny. Slouží ke jistění pasivních odporů ložisek a řemenových pohonů zkušebny - tedy vlastních pasivních odporů zkušebny. Jedná se o základní typ kalibrace, jehož výsledky jsou v případě neprovedených kalibračních testů s vozidlem přebírány do korekcí výsledků měření. Celý proces kalibrací zkušebny je plně automatizován, takže na obsluhu z tohoto pohledu nejsou kladeny žádné nároky. Stačí zvolit jen vhodné vstupní údaje zkoušky. Mimo kalibraci, mohou také výsledky těchto zkoušek posloužit pro diagnostiku zkušebny, což je další velice užitečná schopnost.

Tyto kalibrační zkoušky se provádí v následujících případech:

- V předepsaných intervalech dle dokumentace mechanické části. Vhodný okamžik pro toto měření je po rekalibraci tenzometrických snímačů sil.
- Po provedeném mechanickém zásahu do zkušebny, např. napnutí ozubených řemenů, výměny ložiska, apod., tedy takovém zásahu, který může mít vliv na velikost pasivních odporů.
- Tehdy, má-li obsluha podezření, že s některou z válcových jednotek resp. některou částí zkušebny není něco v pořádku.

Dají se tak detekovat jak přímé mechanické problémy související se zvýšením pasivních odporů, nebo i problémy se stabilitou regulace na konstantní rychlost. Kromě toho, zobrazovací panel těchto zkoušek obsahuje téměř všechny měřené veličiny válcové zkušebny. Takže i z tohoto hlediska může obsluha usuzovat na správnou funkci jednotlivých přenosových cest měřených veličin. Lze doporučit v rámci běžné údržby tyto testy provádět a porovnávat jejich výsledky s údaji, které byly zjištěny při kalibraci v předchozím období. Dojde-li při porovnání výsledku testů k výrazné změně, a to i po opakované zkoušce, může toto znamenat potřebu servisního zásahu. Totéž může znamenat neustále se pomalu zhoršující stav.

Přes posloupnost ustálených stavů v režimu regulace $v=\text{konstant}$ je měřena síla potřebná k udržení nastavené rychlosti - tedy pasivní odpory celku řemenový převod + válcová jednotka.

Takto získané údaje pasivních odporů jsou v závislosti na rychlosti extrapolovány polynomem 2-hého stupně, což dává výsledky s chybou menší než $\pm 10\text{N}$:

$$F_o(v) = A + B \cdot v + C \cdot v^2$$

Po dosažení zkušební rychlosti dynamometr automaticky přepíná na doběhovou fázi doběhu válcových jednotek. Zkouška končí dosažením posledním z kol rychlostního parametru **Min rychlost**.

Vlastní výpočet pasivních odporů vychází z následujícího vztahu:

$$F_o(v) = -m_{ei} \cdot a(v)$$

kde $F_o(v)$ je pasivní odpor v závislosti na rychlosti

m_{ei} je ekvivalentní hmotnost rotačních dílů zkušebny

$a(v)$ zpomalení doběhové fáze zkoušky v závislosti na rychlosti

Zjištěná závislost pasivních odporů na rychlosti je pak pro další snadnější práci aproximována kvadratickým polynomem:

$$F_o(v) = A + B \cdot v + C \cdot v^2$$

Přesnost metody podle série opakovaných měření je v rozmezí $\pm 10\text{N}$ v celém rozsahu rychlostí. Odchylují-li se příliš průběhy navzájem od sebe, doporučujeme zkoušku opakovat a výsledky porovnat.

9.7.1 kalibrace obecně

Celkově tedy kalibrace probíhá ve dvou po sobě následujících fázích. V první fázi probíhá proces kalibrace pasivních odporů v ustálených stavech s pohony. Po dosažení zkušební rychlosti dynamometr automaticky přepíná pohony a dochází k volnému doběhu nebo zatíženému doběhu, což tvoří druhou fázi kalibrace. Kalibrace končí zastavením poslední z válcových jednotek zkušebny. Pro další výklad je třeba rozlišit kalibraci samotných válcových jednotek a kalibraci zkušebny jako celku.

V případě kalibrace samotných válcových jednotek, každá válcová jednotka zkušebny zde vystupuje jako samostatný zkoušený subjekt. Výsledky především slouží k diagnostickým účelům. Rozdíl mezi statickou kalibrací s pohony a fází volného doběhu s odpojenými pohony vypovídá o pasivních

odporech řemenového převodu mezi pohonem a válcovou jednotkou. Výsledky pro jednotlivé válcové jednotky by se neměly od sebe výrazně lišit. V případě, že nejsou provedeny kalibrace s vozidlem, pak tyto výsledky slouží pro korekci dynamické zkoušky brzdové soustavy. Pasivní odpory jednotlivých náprav zkušebny jsou pak zaneseny do systému jako součty výsledků příslušných válcových jednotek.

Důležité upozornění !!!

Metodika zkoušky kalibrace vozidlového dynamometru vychází z toho, že během provozu vlivem ohřevu či jiných vlivů se pasivní odpory zkušebny nemění. Aby tento předpoklad byl splněn, musí být všechny části jak vozidlového dynamometru vytemperovány na provozní teploty, jinak dojde ke zkreslení výsledků. O tom, zda byl na předešlých řádcích popsán předpoklad splněn, se může uživatel přesvědčit pomocí opakování zkoušky. Z tohoto důvodu je zapotřebí dodržovat následující postup:

S ohledem na předpoklady metodiky vyhodnocování je zapotřebí zkušebnu vytemperovat na provozní podmínky. Teplota prostředí by měla být v rozmezí $20\pm 5^{\circ}\text{C}$.

9.8 Ruční ovládání zkušebny a zkoušek

Do tohoto režimu se musí zkušebna zapínat po zapnutí hlavního jističe pomocí zeleného tlačítka s klíčkem na kontrolním panelu skříně.

9.8.1 Ventilátor

Zařízení pro chlazení hnacího agregátu vozidla, případně brzdové soustavy proudem vzduchu. Sepnutí ventilátoru je možno při všech činnostech.

Zapnutí ventilátoru je signalizováno na obrazovce kontrolkou na boku symbolu ventilátoru ve schématu vozidlového dynamometru a třemi šipkami před ním. a zprávou ve stavovém řádku: "**Ventilátor zapnut**".

Vypnutí ventilátoru je signalizováno zhasnutím kontrolky a šipek. A zprávou ve stavovém řádku: "**Ventilátor vypnut**".

Chybový stav ventilátoru je signalizován červenými kontrolkami a šipkami a zprávou ve stavovém řádku "**Porucha ventilátoru**". Po odstranění závady lze obnovit funkci ventilátoru zapnutím a vypnutím pomocí ovládacích prvků řídicího systému.

9.8.2 Zadní zábrany

Zadní zábrany (blokování) se zvedají po najetí vozidla. Slouží k ustavení vozidla na střed válců.

Ovládání zábran je možné za těchto podmínek:

- musí být dostatečný tlak ve vzduchotechnice
- válce musí stát
- nesmí být navolena příprava tj. nesmí být aktivovány měniče pohonů
- zapnutí menu blokuje manipulaci s přípravou

V případě pokusu o manipulaci se zábranami, pokud nejsou splněny výše uvedené podmínky musí být vypsáno varování "**Nelze manipulovat se zadními zábranami**".

Porucha pohybu zábran, která může nastat například, že po dané době nedošlo k zvednutí zábran nebo spuštění zábran nebo jsou zábrany v nesprávné poloze (nesprávnou polohou rozumíme stav, kdy nejsou všechny dvě zábrany ve stejném stavu tj. dole nebo nahoře), musí být signalizována.

9.8.3 Přední zábrany

Přední zábrany (blokování) se zvedají před najetí vozidla. Slouží k ustavení vozidla na střed válců.

Ovládání zábran je možné za těchto podmínek:

- musí být dostatečný tlak ve vzduchotechnice
- válce musí stát
- nesmí být navolena příprava tj. nesmí být aktivovány měniče pohonů
- zapnutí menu blokuje manipulaci s přípravou

V případě pokusu o manipulaci se zábranami, pokud nejsou splněny výše uvedené podmínky je vypsáno varování **"Nelze manipulovat se předními zábranami"**.

Zvedání zadních zábran musí být signalizováno na obrazovce. Spouštění zábran musí být signalizováno na obrazovce uvolněním. Po úspěšném spuštění zábran tj. hlášení koncového spínače zábran (svítí) se kontrolky i šipky zhasnou a zábrany jsou zobrazeny ve spuštěné poloze, zpráva ve stavovém řádku se změní na **"Přední zábrany spuštěny"**. Porucha pohybu zábran, která může nastat například, že po dané době nedošlo k zvednutí zábran nebo spuštění zábran nebo jsou zábrany v nesprávné poloze (nesprávnou polohou rozumíme stav, kdy nejsou všechny dvě zábrany ve stejném stavu tj. dole nebo nahoře), je signalizována červenou barvou kontrolky v tlačítku červenou barvou.

9.8.4 Příprava

Softwarová příprava sdružuje provedení činností pro zahájení nebo ukončení provádění zkoušek na vozidlovém dynamometru. Dále slouží ke zvýšení bezpečnosti obsluhy dynamometru, spuštění chodu válců je možno až po provedení více činností.

Postup činností při zapnutí softwarové přípravy:

- kontrola zda jsou měniče ready (pokud ne nahlásí se chyba a dále se nepokračuje)
- provede se kontrola zda jsou zábrany (přední i zadní) dole pokud nejsou nahlásí se varování a dále se nepokračuje
- kontrola zda jsou zábrany (blokování) ve stavu odpovídající nastavení v menu pokud ne nahlásí se varování a dále se nepokračuje
- odkryjí se kryty rolen pro měření skluzu
- odbrzdí se mechanické brzdy válců

9.8.5 Změna rozvoru

Funkce slouží k ovládání posuvu zadní skupiny válců pro změnu rozvoru. Funkcí se pouze aktivuje/deaktivuje modul změny rozvoru. Funkce, které by měli být realizované:

Jedna Slouží k zadání rozvoru vozidla v milimetrech. Po zadání je rozvor pomocí regulace přestaven na zadanou hodnotu s přesností 1 mm. Během změny rozvoru tj. posunu zadní osy, je možno provést zastavení zmáčknutím tlačítka.

Šipka vlevo Slouží ke zvětšování rozvoru. Pokud je klávesa držena rozvor se zvětšuje.

Šipka vpravo Slouží ke zmenšování rozvoru. Pokud je klávesa držena rozvor se zmenšuje.

10 Požadavky na bezpečnostní funkce řídicích systémů

Bezpečnostní obvody zkušebny jsou vybaveny bezpečnostním prvkem: PREVENTA zajišťující prostřednictvím bezpečnostních tlačítek v případě nouze bezpečnostní zastavení pomocí pohonu dynamometrů tř. 0 a odpojení zařízení od napájecí sítě dle ČSN EN 60 204-1. Bezpečnostní tlačítka jsou umístěna na všech místech obsluhy a rovněž v montážní jámě pro možnost nouzového vypnutí při seřizování a údržbě. Při otevřených poklopech montážní jámy je blokován chod dynamometru. Při výpadku napájecí sítě dojde k bezpečnostnímu zabrzdění válců zkušebny pomocí pneumatický ovládaných nájezdových brzd.

V současné době, ale platí nová norma ČSN EN ISO 13849-1 „Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů, proto je v rámci projektu změny požadované touto normou zapracovat. Je doporučeno inovovat modul PREVENTA (<http://preventa.schneider-electric.cz/produkty>) tak, aby i zařízení zálohované on-line UPS byly po určeném čase a za splnění podmínek odpojeny včetně procesorové části měničů.

Dalším problémem je, že v momentové regulaci nesmí dojít k odpojení napájení pohonu, proto v případě nouzového zastavení prostřednictvím obvodů PREVENTA je třeba, aby řídicí systém přepnul pohon do otáčkové regulace. Dále by modul PREVENTA měl spolupracovat s hlášením měničů nulových otáček.

Elektrické nízkonapěťové rozváděče musí kromě své základní funkce chránit i osoby, jež na nich nebo v jejich blízkosti pracují. V květnu 2012 byla přepracována a nově vydána ČSN EN 61439-1 ed. 2 Rozváděče nízkého napětí – Část 1: Všeobecná ustanovení a ČSN EN 61439-2 ed. 2 Rozváděče nízkého napětí – Část 2: Výkonové rozváděče. Konstrukteři nízkonapěťových rozváděčů musí nové normy implementovat do svých zařízení – přechodné období, kdy bylo možné ještě postupovat podle starých norem, skončilo 1. listopadu 2014.

11 Popis výstupních protokolů a jejich prezentace v systému na zpracování dat.

Současný stav software serverové části MaR v základních funkcích vyhovuje a vznikající protokoly jejichž příklady jsou uvedeny dále v této kapitole. Uživatel má tento software ve zdrojové podobě v LabVIEW ve verzi odpovídající době vzniku. Bude tedy tento software upgradovat do aktuálně nejnovější verze LabView 2018 nebo novější.

Software bude zpracovávat velký objemu dat získaných z měření frekvencí 100 Hz a zajišťovat jejich zpracování a vizualizaci. Dále sbírat a synchronizovat s hlavními daty ze zkušeben pomalá pomocná měření a rychlá měření z vozidla (např. CAN). Software musí umět data se synchronizovat a převzorkovat na jednotnou uživatelem definovanou frekvenci a to zejména pro exporty dat pro další zpracování. Software musí zcela splňovat následující požadavky: ukládání dat do různých souborových formátů. Vyžadované formáty jsou National Instruments TDM a TDMS, ASCII, Labview text file (LVM format), MS Excel, MAT (Matlab) a MDF (Measurement Data Format). MDF je formát binárního souboru pro měření dat, který vyvinula společnost Vector ve spolupráci s firmou Robert Bosch GmbH v roce 1991. Poté, co se formát MDF rychle objevil jako de facto standard v automobilovém průmyslu, revidovaná verze 4.0 byla nakonec zveřejněna jako oficiální norma ASAM v roce 2009. Formát byl naposledy aktualizován jako ASAM MDF 4.1 v roce 2012.

Možnosti práce s daty (základní matematické operace nad zpracovávanými kanály (sčítání, odčítání, násobení a dělení, korekce posunutí, převrácená hodnota, normalizace, derivování a integrování, RMS), práce s kanály (konverze kanálu, řazení, hledání maxim a minim), popisná statistika, redukce dat, interpolace, aproximace, regrese, lineární a nelineární prokládání, možnost konverze fyzikálních jednotek, práce s maticemi, digitální filtrace (IIR, FIR), rainflow analýza, FFT (FFT, inverzní FFT, autokorelace), řádová analýza. Tyto operace bude možno doprogramovat pomocí LabView nebo skriptů v jazycích Matlab a Python

Možnost automaticky (ze šablon) generovat výsledné protokoly s výsledky s textovými údaji, grafy (2D a 3D), obrázky a dalšími grafickými prvky. Možnost exportovat do formátu PDF, HTML, PPT s využitím LabView Report Generation Toolkit for Microsoft Office.

Pokud bude vhodné je možné část zpracování protokolů v program firmy National instrument DIAdem, neboť nabízí veškeré požadované funkce. Mezi ty nejdůležitější patří automatické generování zpráv z nabídky sestavené podle požadavků uživatele. Pokročilí uživatelé mohou v prostředí DIAdem zcela volně navrhovat svoje vlastní algoritmy pro analýzu dat. Grafické uživatelské rozhraní programu může být realizováno v dialogovém editoru DIAdem.

Následují příklady protokolů, které generuje současný systém a jejich obsah by měl být v plném rozsahu zachován pouze upraven se současnými grafickými standardy a vizuálním stylem univerzity.

Všechny programy musí s uživatelem komunikovat v českém jazyce a výstupy programů (tj. protokoly a zejména grafy) musí být přepínatelné do anglického jazyka

Součástí dodávky musí být podrobná uživatelská dokumentace, včetně jasných doporučení pro obsluhu a podrobné manuály k obsluze jak v tištěné tak i elektronické podobě



Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně

Agronomická fakulta

Ústav základů techniky a automobilové dopravy

Zemědělská 1, 613 00 Brno, ČR

http://www.mendelu.cz/af/technika/stranky/labiny1.htm

tel.: +420 5 4513 2949

fax.: +420 5 4513 2093

email: podlipny@mendelu.cz

Zkušební protokol motoru

Zkušebna Br4VDM MEZservis VSETÍN

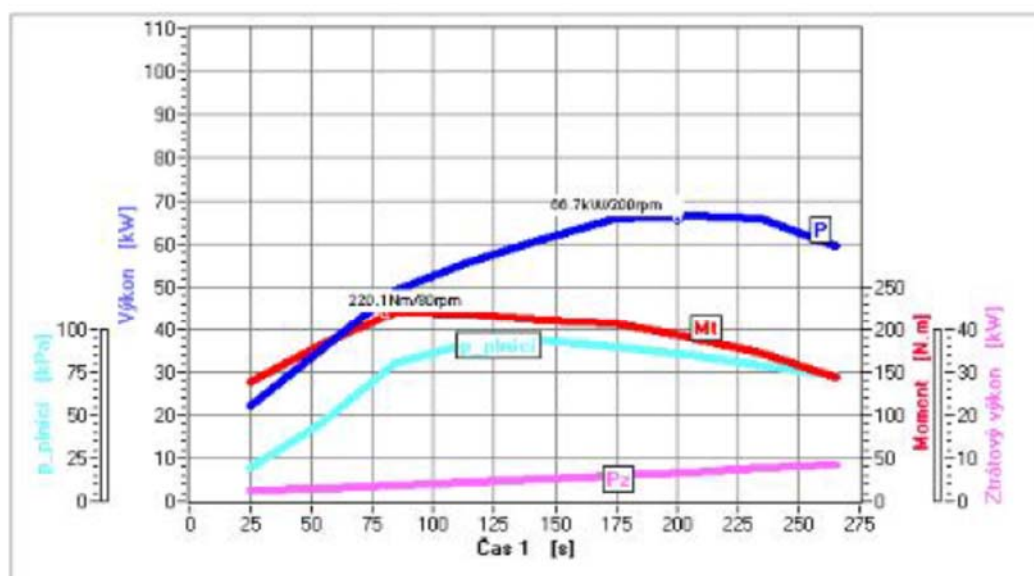
statická zkouška / #8


Datum : 11/07/2002 Čas : 15:56:54 Operátor : SPZ : č.m.: 6000856
 Specifikace vozu : Xantia 2.1 TdI VIN: VF7X15G00005G0677
 Specifikace testu : Kontrolní měření
 rv. 1996, po opravě kontaktů čidla tlaku

Barometrické podmínky Palivo Motor Ostatní
 teplota [°C] : 31 druh : Nafta typ : vznětový př.stupeň : IV
 tlak [kPa] : 99.30 teplota [°C] : 0 ø x zdvih : 85.0x92.0 stav tachy : 121449 km
 vlhkost [%] : 47 hustota [g/ccm] : 0.852 z.objem [dm³] : 2.088 doplň. údaj :

Nekorigovaná data na barometrické podmínky

#	v	Mt kr	P kor	n_mot	T-Bosch	T_okolí	T_sání	Fc	Pz	Fo	T_výfuk	p_plnicí
	km/h	N.m	kW	1/min	°C	°C	°C	kN	kW	kN	°C	kPa
1	50.3	138.9	22.3	1532	98.2	29.2	34.0	1.60	2.4	0.173	119.1	19.0
2	60.2	184.0	35.5	1840	100.7	29.2	35.1	2.12	3.0	0.181	172.1	46.0
3	70.3	220.1	49.4	2145	106.9	29.3	30.1	2.53	3.7	0.189	257.8	80.9
4	80.2	218.4	56.0	2448	112.5	29.5	30.0	2.51	4.4	0.197	327.1	91.9
5	90.3	212.0	61.1	2754	117.1	29.6	30.2	2.44	5.1	0.205	380.5	93.7
6	100.2	206.7	66.1	3054	121.1	29.8	30.7	2.37	5.9	0.213	426.1	89.4
7	110.1	190.1	66.7	3352	125.3	29.9	30.9	2.18	6.8	0.221	460.5	85.1
8	120.2	172.4	66.0	3654	130.0	30.0	31.1	1.98	7.6	0.229	478.8	78.5
9	130.1	144.1	59.5	3945	134.6	30.2	30.9	1.65	8.6	0.238	480.3	73.3



	Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně	tel.: +420 5 4513 2949
	Agronomická fakulta	fax.: +420 5 4513 2093
	Ústav základů techniky a automobilové dopravy	email: podlipny@mendelu.cz
	Zemědělská 1, 613 00 Brno, ČR	http: //www.mendelu.cz/af/technika/stranky/labiny1.htm

Protokol dynamické brzdové zkoušky

Zkušebna Br4VDM MEZservis VSETÍN

zkouška / #12

Vozidlo: Vw Passat 4x4 TDi	SPZ:	Operátor:
Datum: 31/05/2002	Čas: 15:24:23	Poznámka 1:
Zkušební rychlost: 160.0 km/h	Zkoušená náprava: obě	Poznámka 2:

LP kolo

Fb_max	4.245	kN
Brzdné zpomalení	7.39	m/s ²
Brzdná dráha	286.3	m

Asymetrie P
9.6 %

Rozdělení
2.8

LZ kolo

Fb_max	1.295	kN
Brzdné zpomalení	2.25	m/s ²
Brzdná dráha	578.0	m

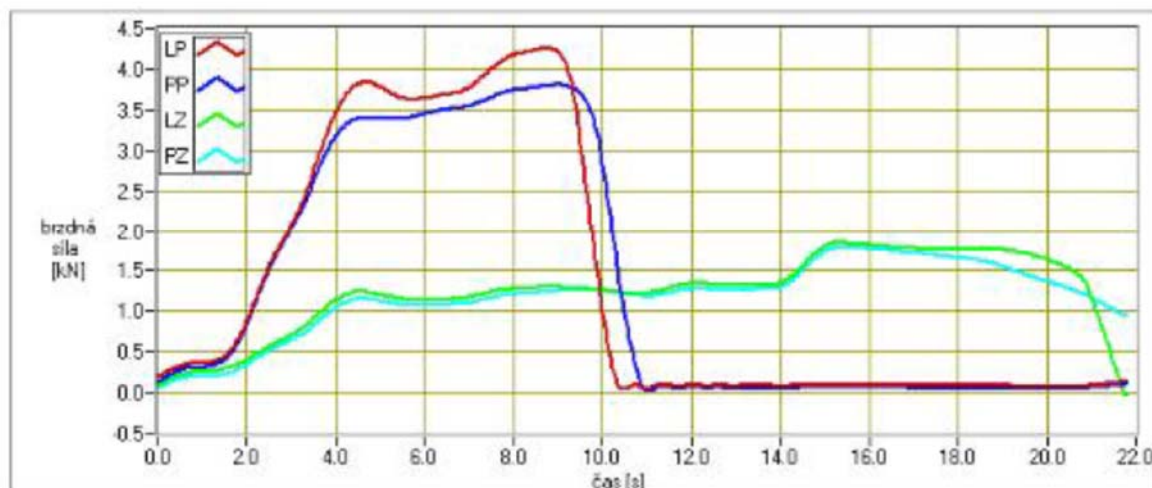
Asymetrie Z
8.4 %

PP kolo


Fb_max	3.799	kN
Brzdné zpomalení	6.66	m/s ²
Brzdná dráha	296.8	m

PZ kolo

Fb_max	1.244	kN
Brzdné zpomalení	2.19	m/s ²
Brzdná dráha	580.1	m



Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně

	Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně Agronomická fakulta Ústav základů techniky a automobilové dopravy Zemědělská 1, 613 00 Brno, CR	tel.: +420 5 4513 2949 fax.: +420 5 4513 2093 email: podlipny@mendelu.cz http://www.mendelu.cz/af/technika/stranky/labiny1.htm
---	--	--

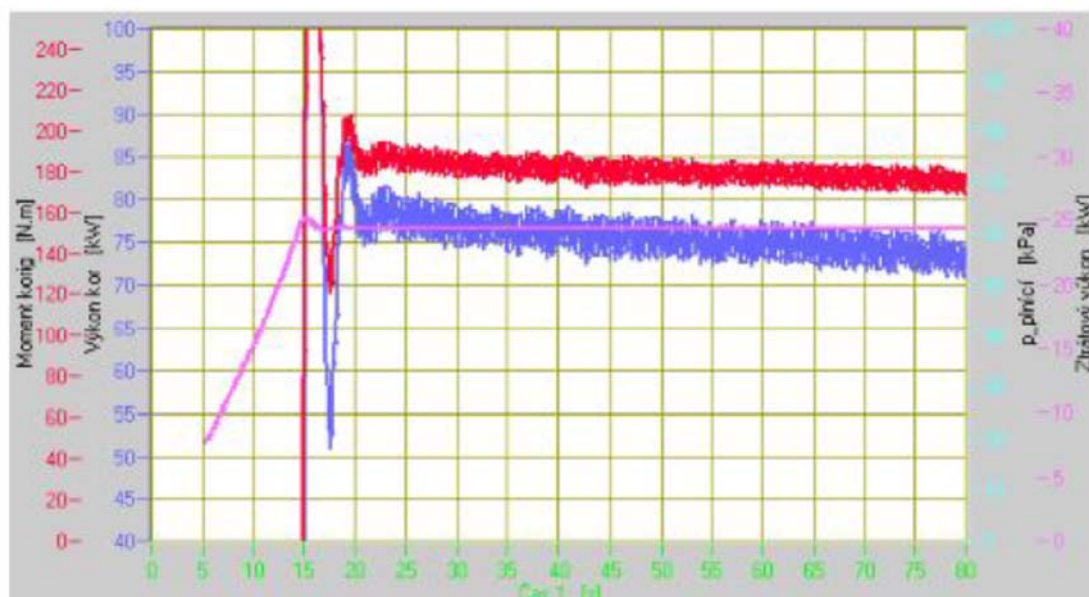
Zkušebna Br4VDM MEZservis VSETÍN


Zkušební protokol vozidla

v=konstant / #09

Datum : 31/05/2002 **Čas :** 15:09:53 **Operátor :** **SPZ :**
Specifikace vozu : VW Passat 4x4 TDi
Specifikace testu : Kontrolní měření po opravě G0 motoru rv. 1999
Barometrické podmínky **Palivo** **Motor** **Ostatní**
teplota [°C] : 27 **druh :** Nafta **typ :** vznětový **př.stupeň :** IV
tlak [kPa] : 99.50 **teplota [°C] :** 20 **φ x zdvih :** 79.5x95.5 **stav tachy :** 99532 km
vlhkost [%] : 48 **hustota [g/ccm] :** 0.831 **z.objem [dm³] :** 1.896 **doplň. údaj :** Typ m. AFN/AVG

Nekorigované data na barometrické podmínky												
#	v	Mt kr	P kor	n_mot	T-Bosch	T_okolí	T_sání	Fc	Pz	Fo	T_výfuk	p_plnicí
	km/h	N.m	kW	1/min	°C	°C	°C	kN	kW	kN	°C	kPa
1	49.3	281.3	45.2	1534	91.6	25.3	24.8	-3.30	7.9	0.577	115.4	0.0
2	142.9	310.3	130.4	4013	92.6	25.2	25.1	3.28	25.3	0.638	137.4	0.0
3	140.1	185.2	77.3	3986	95.8	25.2	25.5	1.99	24.6	0.633	182.5	0.0
4	140.1	186.9	78.1	3988	99.1	25.3	25.8	2.01	24.6	0.633	221.7	0.0
5	140.1	185.5	77.5	3989	102.0	25.4	26.4	1.99	24.6	0.633	249.7	0.0
6	140.1	179.2	74.8	3986	104.9	25.4	26.7	1.92	24.6	0.633	273.4	0.0
7	140.1	175.0	73.0	3985	107.6	25.5	27.2	1.88	24.6	0.633	294.7	0.0
8	140.1	173.2	72.3	3985	110.1	25.6	27.4	1.86	24.6	0.633	312.7	0.0
9	140.1	174.5	72.8	3985	112.4	25.6	27.4	1.87	24.6	0.633	327.8	0.0
10	140.1	178.9	74.6	3983	114.7	25.8	27.7	1.92	24.6	0.633	342.4	0.0
11	140.1	173.6	72.5	3987	116.6	25.8	28.0	1.86	24.6	0.633	353.5	0.0
12	140.1	165.8	69.2	3984	118.4	26.0	28.3	1.78	24.6	0.633	363.7	0.0
13	140.1	163.7	68.2	3980	120.2	26.1	28.5	1.75	24.6	0.633	372.4	0.0
14	140.1	163.2	68.1	3982	121.7	26.4	28.7	1.75	24.6	0.633	379.6	0.0
15	140.1	165.7	69.1	3985	123.1	26.6	29.1	1.78	24.6	0.633	386.2	0.0
16	140.1	169.6	70.7	3981	124.3	26.7	29.2	1.82	24.6	0.633	391.9	0.0



	Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně	tel.: +420 5 4513 2949
	Agronomická fakulta	fax.: +420 5 4513 2093
	Ústav základů techniky a automobilové dopravy	email: podlipny@mendelu.cz
	Zemědělská 1, 613 00 Brno, ČR	http://www.mendelu.cz/a/technika/stranky/labiny1.htm

Kalibrace závislosti rychlost vozidla & otáčky motoru

Zkušebna Br4VDM MEZservis VSETÍN

01

Vozidlo: SPZ: Operátor:
Datum: Stav tach: Poznámka:


Kontrolní otáčky	Měřená rychlost
<i>1/min</i>	<i>km/h</i>
1000	32.3
1500	49.9
2000	65.8
2500	82.3
3000	98.9
3500	115.5
4000	132.3

Poloměr kola [m]

0.341

Celkový výsledek

OK

	Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně		tel.: +420 5 4513 2949
	Agronomická fakulta		fax.: +420 5 4513 2093
	Ústav základů techniky a automobilové dopravy		email: podipny@mendelu.cz
	Zemědělská 1, 613 00 Brno, CR		http://www.mendelu.cz/as/technika/stranky/labiny1.htm

Protokol monitorování funkce ABS

Zkušebna Br4VDM MEZservis VSETÍN

žouška / #13

Vozidlo: VW Passat 4x4 TDi	SPZ:	Operátor:
Datum: 31/05/2002	Čas: 15:28:14	Poznámka 1:
Zkušební rychlost: 130.0 km/h	Zkoušená náprava: obě	Poznámka 2:
LP kolo		PP kolo

F _{b_max}	4.770 kN
Max skluz lokál	2.0 %
Max skluz global	31.6 %

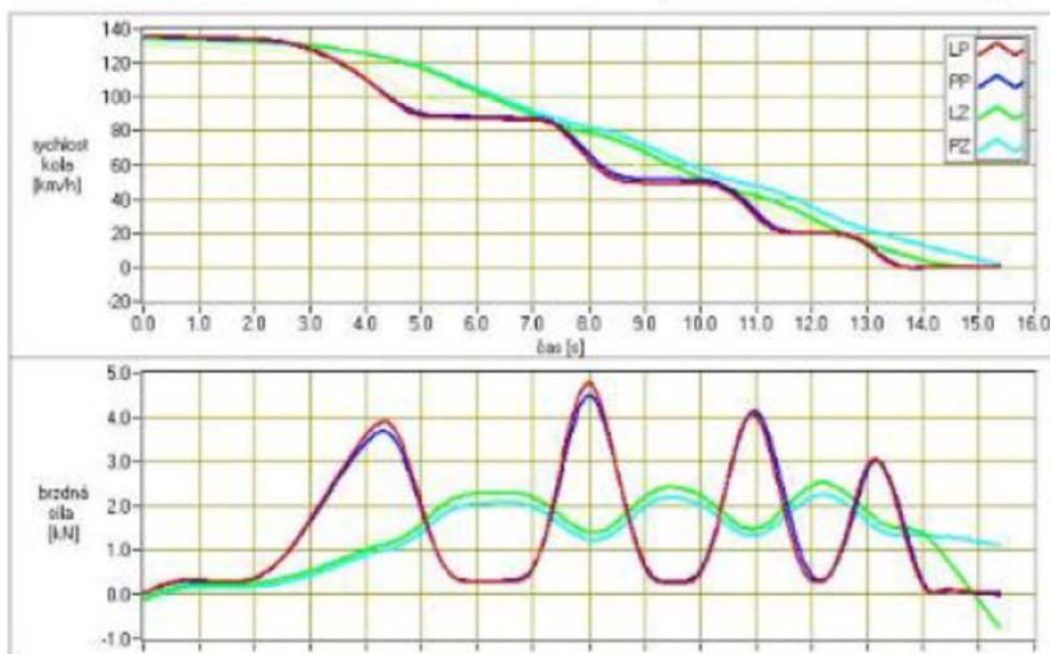
F _{b_max}	4.496 kN
Max skluz lokál	2.0 %
Max skluz global	28.6 %

Integrovaná diference

12.6

F _{b_max}	1.400 kN
Max skluz lokál	0.8 %
Max skluz global	18.5 %

F _{b_max}	1.228 kN
Max skluz lokál	0.6 %
Max skluz global	30.6 %



11.1 Korekce na atmosferické podmínky

V aktuální verzi serverový systém obsahuje přepočty výkonu atd. podle různých norem, zde v posledních době došlo ke změnám, proto by bylo vhodné tyto přepočty aktualizovat.

Normalizační instituce mají definované metody pro odhad výkonu motoru mimo referenčních podmínek. Nejznámější jsou následující, které by systém měl obsahovat:

- International Standards Organization (ISO), norma ISO 1585-1992
- Society of Automotive Engineers (SAE), norma SAE J 1349-1990
- European Community (ECE), norma TRANS/SC1/WP29/R34/Rev.1 ECE
- Japanese Institute for Standardization (JIS), norma JIS D 1001-1993
- Deutsche Industrie Norm (DIN), norma DIN 70020-1986
- V ČR: Česká Státní Norma (ČSN), norma ČSN 30 2008

Normy pro korekci výkonu pro benzinové a vznětové motory jsou určeny pro automobilové, stacionární, lodní a jiné motory. Normy pro korekci výkonu jsou navrženy tak, aby odhadly výkon v nestandardních podmínkách. Nelze je však použít pro výpočet přesných výstupních hodnot. Čím větší jsou rozdíly v atmosférických podmínkách, tím větší je chyba v odhadu. Standardy vymezují limity použitelnosti těchto korekcí. Limit je okolo $\pm 7\%$, a proto musí korekční koeficient být v rozmezí od 0,93 do 1,07. Součástí některých jsou i korekce na teplotu a vlastnosti paliva, které by bylo vhodné do systému zahrnout.

12 Ekonomické parametry navrhovaných úprav

V případě akceptování navrhovaného řešení bude potřeba zpracovat projektovou dokumentaci. Všechny ceny uvedené v této kapitole jsou uváděné bez DPH. U nejnákladnějších komponent, kde může být v budoucnu problém jejich ekvivalentní náhrady, doporučuji požadovat 5-tiletou záruku (digitální aktivní filtry 4 ks, měniče 8 ks) u ostatních komponent stačí standardní 2-letá záruka. 5-letá záruka znamená navýšení ceny komponenty přibližně o 15 %. V uvedených cenách je toto doporučení zahrnuto. Cenový odhad bere v potaz i dobu realizace a předpokládá, že po skončení etapy 3 (**Provisional acceptance**) bude vyplaceno 90 % ceny díla, zbývajících 10 % ceny bude tzv. zádržné, které bude uvolněno po skončení zkušební lhůty tj etapy 4 (důvodem delší zkušební lhůty je i to, že odběratel pro různé zkoušky musí zajistit různá zkušební vozidla).

Cena díla obsahuje mimo vlastní provedení díla také náklady zejména na:

- a) demontáž měněné techniky a zajištění její ekologické likvidace
- b) zabezpečení bezpečnosti a hygieny práce,
- c) opatření k ochraně životního prostředí,
- d) náklady na sjednaná pojištění,
- e) koordinační a kompletační činnost,
- f) zajištění všech nutných zkoušek dle platných norem

Součástí ceny je kromě ceny samotného technologického zařízení a jeho montáže také:

- a) vypracování návodu k obsluze a zaškolení obsluhy zařízení,
- b) náklady komplexního vyzkoušení technologického zařízení,
- c) náklady na účast a spolupráci při zkušebním provozu zařízení v rozsahu sjednaném ve smlouvě.

Cena autorského dozoru se stanovuje v rozmezí 5 % až 20 % ceny projektové dokumentace, podle náročnosti díla. V tomto případě je doporučeno se držet horní hranice, vzhledem k technické náročnosti projektu a realizace. Druhou možností je autorský dozor řešit hodinovou sazbou podle skutečných pracovních hodin.

Předběžná kalkulace ceny		
Cenový odhad projekčních prací		
1.	Projektová dokumentace protihlukové úpravy velínu a menších stavebních úprav požadovaných v dokumentaci silnoproud a slaboproud (MaR)	9 000,00
2.	Projektová dokumentace pro instalaci klimatizační jednotky	3 000,00
3.	Projektová dokumentace silnoproud, tj. zahrnující nový skříňový rozvaděč s aktivními filtry, UPS, nové rozvody zálohovaného napájení 230 V, úpravy rozvaděčů s měniči a výměnu kabeláže mezi měniči a pohony, napájení 24 V rozvaděčů a řešení funkcí PREVENTA.	205 000,00
4.	Projektová dokumentace rozvaděčů 24 V, měření a výpočetních systému, včetně rackového 19" rozvaděče ve velínu.	215 000,00

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně

	Projektová dokumentace jako celek	432 000,00
a.	Autorský dozor, počítaný jako 15 % ceny projektové dokumentace	64 800,00
b.	Autorský dozor, hodinová sazba. Vzhledem k náročnosti a vysoké kvalifikovanosti dozoru	800,00
Cenový odhad stavebních a přípravných prací		
1.	Stavební úpravy včetně odhlučnění velínu	80000
2.	Klimatizační split jednotka	38000
3.	Instalace split klimatizace, včetně připojení el. sítě, odvod kondenzátu	36000
	Celkem pomocné práce	154000
Cenový odhad silnoproud		
1.	4 ks aktivních digitálních filtrů včetně příslušenství a rozvaděče	1 581 000,00
2.	Online UPS :> 10 kV	39 000,00
3.	Napojení filtrace na stávající elektrickou síť včetně instalace rozvaděče	100 000,00
4.	Rozvody elektrické sítě z instalované UPS a napojení datové sítě	80 000,00
	Celkem náklady na úpravu napájení	1 800 000,00
5.	Dodávka 8 ks stejnosměrných čtyřkvadrantových měničů s rekuperací - včetně potřebných pomocných obvodů (tlumivky, filtry). 8 ks komunikačních karet EtherCAT, 8 ks aplikačních karet	1 100 000,00
6.	Demontáž starého zařízení, montáž a uvedení do provozu soustavy 8 ks stejnosměrných čtyřkvadrantových měničů	200 000,00
7.	Nakonfigurování měničů a přídatných karet včetně softwarového řešení regulátorů a elektrických os	100 000,00
8.	Výměna stávající kabeláže mezi měniči a DC pohony, odstranění stávající kabeláže a natažení datové kabeláže mezi jednotlivými rozvaděči a kabeláže napájení 24 V	300 000,00
9.	Montáž přídatných 24 V zdrojů, připojení na zařízení Preventa. Bezpečnostní funkce systému	50 000,00
	Celkem náklady na měniče	1 750 000,00

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně

Cenový odhad měření a regulace		
1.	4 ks nový měřicích rozvaděčů, výměna čidel na rolnách	720 000,00
2.	4 ks rekonstruovaných rozvaděčů ve stávajících rozvaděčích	600 000,00
3.	Instalace a zapojení rozvaděčů na kabeláž	200 000,00
4.	Software reálného měřicího a řídicího software	500 000,00
5.	Vizualizace měřicího prostředí, ukládání dat, uživatelské rozhraní	280 000,00
6.	Hardware přídatného pomalého a rychlého měření	490 000,00
7.	Software včetně vizualizace přídatných měření	165 000,00
8.	Hardware serveru, switchu počítačové sítě, NAS	135 000,00
9.	Monitory, stojan, kabeláž, klávesnice, myši, dálkové ovládání	52 000,00
10.	kabeláž a její instalace, k monitorům, počítačové sítě USB	38 000,00
11.	Software zpracování dat	220 000,00
	Celkem MaR	3 400 000,00
1.	Měření a zkoušky instalovaných elektrických zařízení v souladu s normami	20 000,00
2.	Provozní zkoušky	50 000,00
Celkem		
	Celkem věcné náklady	4 755 000,00
	Celkem náklady na práci a drobný instalační materiál	2 915 800,00
	Celkem	7 670 800,00

Žlutě vyznačeny věcné náklady

Ostatní položky představují práci, drobný instalační materiál a režijní náklady.

Všechny **ceny jsou bez DPH**. Položky aktivní digitální filtry a měniče s přídatnými kartami zahrnují **pětiletou prodlouženou záruku**, ostatní položky vyjma baterií v UPS standardní dvouletou záruku.

Je doporučeno, aby dílo bylo zhotovitelem nebo zhotovitelem provedeno v dohodnutých dílčích částech (dále také jako „etapy“):

Etapa 1:

Obsah: Detailed design zpracování úplné projektové dokumentace zahrnující stavební úpravy, silnoproudou dokumentaci a dokumentaci MaR. Dokumentace bude obsahovat úplný položkový

Technicko-ekonomická studie doporučených opatření pro vozidlové zkušebny na Mendelově univerzitě v Brně

seznam komponent a materiálu. Na základě těchto podkladů bude zpracován podrobný rozpočet rozdělený **na investiční a neinvestiční část**.

Trvání: 2 měsíce

Etapa 2:

Obsah:

1. Nákup, zprovoznění a konfigurování komponent jak silnoproud, tak MaR včetně počítačových komponent. Výroba nových a montáž nových rozvaděčů. Práce probíhají u zhotovitele a jeho dodavatelů. Zálohování stávajícího software, konfigurace měničů, software všech počítačů zkušeben
2. Demontáž staré kabeláže, demontáž starých rozvaděčů MaR v jámě zkušeben a dalších částí zkušeben, které budou nahrazovány
3. Instalace protihlukových panelů na vnější stranu velínu a dveří, instalace split klimatizace, příprava lišt a stavebních průchodů pro nové rozvody napájení z on-line UPS

Tyto podetapy mohou probíhat souběžně

Trvání: 2 měsíce

4. Instalace nového skříňového rozvaděče z aktivními digitálními filtry a online UPS a jejich zapojení.
5. Úpravy skříňových rozvaděčů měničů a rozvaděčů řídicích systémů. Výměna ventilačních jednotek a filtrů. Instalace nových měničů.
6. Instalace veškeré kabeláže propojující rozvaděče a další komponenty systému.
7. Instalace nových rozvaděčů MaR, výměna inkrementálních snímačů rolen. Instalace všech částí měřicího systému. Instalace počítačových částí MaR, monitorů a zbývajících komponent.
8. Hardwarové zapojení všech částí systému a jeho postupné testování po stránce elektrické.
9. Testování měničů a pohonů včetně jejich software.
10. Testování celého systému zkušeben bez vozidel

Celá etapa zakončena tzv. **FAT – Factory Acceptance** ověření funkčnosti systému bez vozidla

Trvání: 4 měsíce

Etapa 3:

Obsah: **Provisional acceptance** uvedení do zkušebního provozu. Otestování zkušeben s osobním vozidlem, traktorem. Za dodání vozidel a obsluhy je odpovědný objednavatel. Popis testů bude součástí projektové dokumentace.

Trvání: 1 měsíce

Etapa 4:

Obsah: **Final Acceptance**. V průběhu této doby objednavatel spolu se zhotovitelem provede testování provedených úprav zkušeben, nových částí systému a zkušeben jako celku s různými typy vozidel. Dále bude měřením doloženo chování elektrické sítě a porovnání se současným nevyhovujícím stavem.

Trvání: 3 měsíce

13 Závěr

Všechna technická opatření musí splňovat:

- Zachování nebo zlepšení výkonových, silových a rychlostních parametrů proti současné úrovni
- Zlepšení funkčních parametrů (typy zkoušek + postupy) proti dosavadní úrovni
- Zachování kompatibility se současným nadstavbovým měřícím systémem uživatele a dalšími technologiemi zkušebny
- Všechny programy musí být pro uživatele k dispozici ve zdrojových kódech
- Všechny programy musí s uživatelem komunikovat v českém jazyce a výstupy programů (tj. protokoly a zejména grafy) musí být přepínatelné do anglického jazyka
- Součástí dodávky musí být podrobná uživatelská dokumentace, včetně jasných doporučení pro obsluhu a podrobné manuály k obsluze jak v tištěné tak i elektronické podobě

Je třeba zdůraznit, že zejména mechanická část zkušeben je stále na vysoké technické úrovni a provedení opatření popsaných v této studii povýší schopnosti zkušebny na moderní zařízení s plně digitálním distribuovaným řízením, které umožní provádět výuku a výzkum. V současné době jsou na vzestupu moderní hybridní a elektrické pohony vozidel, které díky své vysoké dynamice vyžadují moderní válcové zkušebny s moderními digitálními řídicími systémy. Zkušebny po modernizaci popsané v této studii umožní u osobních, nákladních vozidel a traktorů zkoumat a optimalizovat energetické toky ve vozidle a vyvíjet a zkoumat moderní řídicí systémy vozidel. Inovované zkušebny umožní vyučovat, zkoumat a vyvíjet Safety & Security (vozidlovou integrovaná bezpečnost a datová/komunikační bezpečnost, spolehlivost systémů, pasivní bezpečnost vozidel využívající moderní pohony a řídicí a asistenční systémy). Další oblast, kterou zkušebny s novým MaR umožní je výzkum a výuka interakce rozhraní stroj vs. uživatel (HMI simulátory situací, vztah člověk / stroj, HMI vnitřní / vnější, inteligentní sensorika – vnitřní, interaktivní, biosensorika).

Dalším aspektem je, že zkušebnu bude možno využívat v plném rozsahu bez rizika působení do elektrické sítě areálu univerzity. Tím pádem nebude hrozit riziko poškození přístrojů a výpočetní techniky v jiných laboratořích a budovách.

Tato technicko-ekonomická studie je podkladem zejména pro zpracování projektové dokumentace a následně zadávací dokumentace.