

Josef Konvičný, Jiří Kaštura, Libor Zátopek
Marcela Šaňková

DIAGNOSTIKA SJÍZDNOSTI A GEOMETRICKÉ POLOHY TROLEJOVÉHO VEDENÍ U ČESKÝCH DRAH

Klíčová slova: *trolejové vedení, rázy na sběrač
klikatost trolejového drátu,
výška trolejového drátu, měřicí vůz*

ÚVOD

Bezpečný, bezporuchový a kvalitní provoz trakčního vedení vyžaduje mimo jiné stálou kontrolu a zjišťování geometrické polohy trolejového drátu. U trakčních vedení provozovaných vyššími rychlostmi (nad 120 km/h) je nutno mimo geometrickou polohu troleje ověřovat i síly působící mezi sběračem a trakčním vedením. Je třeba si uvědomit, že geometrická poloha, a to v tomto případě zejména výška troleje, má bezprostřední fyzikální souvislost s dynamickými účinky při vyšších rychlostech.

Ing. Josef Konvičný, nar. 1943, absolvent VŠD Žilina, specializace elektrická trakce a energetika v dopravě. Vedoucí odd. diagnostiky a provozních měření ČD-Technické ústředny dopravní cesty.

Ing. Jiří Kaštura, nar. 1955, absolvent VUT Brno, specializace sdělovací elektrotechnika. Vedoucí odd. diagnostiky měřicích vozů ČD-TÚDC.

Ing. Libor Zátopek, nar. 1962, absolvent VŠDS Žilina, specializace technický provoz telekomunikací. Zaměstnán jako technický pracovník ČD-TÚDC.

Marcela Šaňková, nar. 1950, absolventka SPŠE Ostrava-Vítkovice, specializace zařízení silnoproudé elektrotechniky. Zaměstnána jako technický pracovník ČD-TÚDC.

Při těchto rychlostech je obzvláště nutné zjišťovat a posuzovat sebemenší nedostatky v regulaci a konstrukci trakčního vedení, neboť tyto výrazně ovlivňují sjízdnost trakčního vedení.

Diagnostika trakčního vedení se obdobně jako v zahraničí provádí pomocí měřicích vozů (některé známe jako žluté vozy) a docilují se s nimi optimální diagnostické výsledky.

Měřicí vozy umožňují racionálně, rychle, uceleně, objektivně, a také protokolárně vytvořit diagnostické podklady pro správce provozovaných tratí, nebo ověřovat funkčnost trakčních vedení nově budovaných. Takto lze efektivně posoudit kvalitu sjízdnosti trakčního vedení. V této souvislosti nelze opomenout i kvalitu smýkadel sběračů hnacích vozidel a konstrukci sběračů, které se při vyšších rychlostech podílejí na spolupráci s trakčním vedením. Posuzování kvality sběračů hnacích vozidel není zahrnuto do diagnostiky prováděné u Divize dopravní cesty.

Praktická potřeba a více než třicetileté zkušenosti odborníků soustředěných v současnosti u Technické ústředny dopravní cesty Českých drah vytvořily speciální snimače, měřicí metody a jedinečný způsob zpracování naměřených dat. Měřicí vůz TÚDC č. 43603 a jeho diagnostický systém je zařazen do systému údržby trakčního vedení ČD DDC. Ovlivnění cykličnosti údržby je zakotveno ve Služební rukověti SR 18. Podíl Technické ústředny dopravní cesty na zkvalitnění dopravní cesty, nebo na posouzení její provozuschopnosti je v tomto oboru zásadní a nelze jej nahradit jinými aktivitami.

POPIS MĚŘICÍHO VOZU

Měřicí vůz č. 43 603 byl přestavěn z původního vozu řady BDmee v letech 1990-91. Tento vůz je konstruován s podvozky GP 200 umožňující maximální rychlost 160 km/hod a po úpravách 200 km/hod. MV je upraven pro měření TV v celé síti ČD na soustavách 3 kV ss, 25 kV 50 Hz a na styčných úsecích sousedních železničních správ na soustavě 15 kV 16 2/3 Hz.

Měřicí vůz měří polohu trolejového drátu na smýkadle měřicího sběrače (geometrická poloha troleje vůči ose koleje se získává korekcí podle výkyvu skříně měřicího vozu a korekcí v závislosti od houpání vozu a sekundárního vypružení sběrače). Výška troleje je měřena v ose sběrače a snímač prochází středem vozu. Při měření je dále možné registrovat vadné nájezdy, špatné sklony a vizuálně zaznamenat ostatní neměřené závady (vadné věšáky, větve v blízkosti TV, volné pevné body, vadná Y, vadné izolátory, vadné bleskojistky a pod.). Současně se registruje rychlost měřicího vozu, poloha trakční podpěry a velikost rozpětí mezi trakčními podpěrami. Měřicí vůz je vybaven videookruhem s mixáží dalších parametrů pro kontrolu stavu TV s možností videozáznamu k dalšímu zpracování.

Další parametry jako přítlačná síla na sběrač a rázy na sběrač lze měřit po výměně měřicí ližiny za speciální odlehčenou ližinu na sběrači měřicího vozu.

Všechny snímané měřené veličiny vstupují prostřednictvím světlovodných kabelů na sběrnici počítače PC (technologická verze), čímž je dosaženo maximálního potlačení rušení, které je na střídavé trakci značné. Uvedené řešení se ukázalo jako jediné vhodné, navíc umožňuje stavebnicové rozšiřování měřicího komplexu, tj. jednoduché připojení dalších snímačů.

Vlastní zpracování údajů ze snímačů je řízeno průmyslovým počítačem řady PC umístěným v laboratoři měřicího vozu, kde je umístěn i televizní monitor videookruhu.

Naměřené hodnoty výkyvů skříně vozu jsou zpracovávány odděleně z důvodu náročného algoritmu a počtu snímačů, jichž je celkem 9.

Chování měřicí ližiny a trolejového drátu je snímáno televizní kamerou. Videosignál je doplněn o hodnoty některých měřených parametrů v kartě VGA Aver a zobrazen na dvou monitorech - v prohlížeči kopuli, kde je současně videosignál nahráván na videorekordér a na monitor v laboratoři.

Vlastní obrazová informace videozáznamu je doplněna ukazatelem průběhu klikatosti trakčního vedení a hodnotami ostatních měřených údajů, jako je výška trakčního vedení a

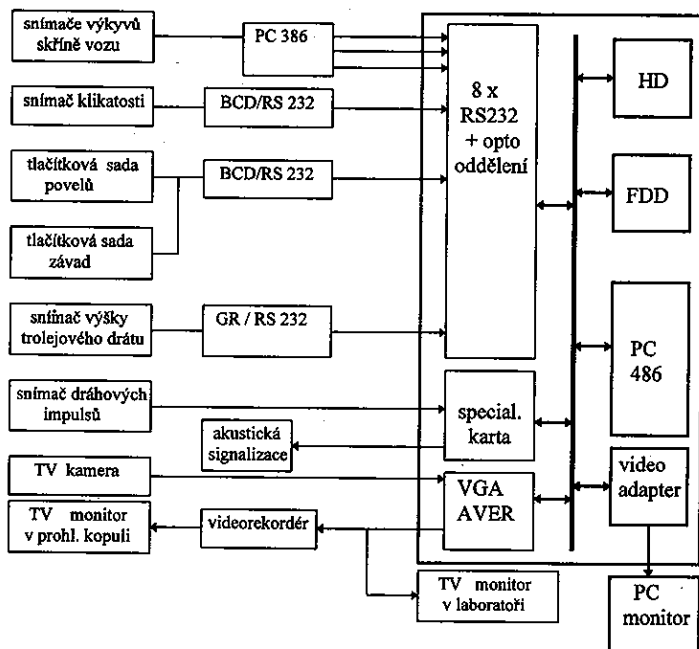
okamžitá rychlost měřicího vozu. Zobrazeny jsou rovněž údaje jako název měřeného úseku, číslo změřené trakční podpěry, číslo následující trakční podpěry, datum a čas. Všechny hodnoty se aktualizují se zpracováním následujícího vzorku měřených dat.

POPIS ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH PARAMETRŮ TRAKČNÍHO VEDENÍ

Celý systém snímání a zpracování měřených parametrů trakčního vedení je založen na průmyslovém počítači PC s procesorem I486. Údaje ze snímačů klikatosti, výšky, povelů a zpracované hodnoty výkyvů skříně vozu, jsou převedeny do seriového kódu standartu RS 232 v TTL úrovních. Tímto signálem jsou buzeny světlovodné kabely propojené s kartou s osmi vstupy RS 232 přes převodníky světlovodný kabel - RS 232. Údaje ze snímačů výkyvů skříně vozu jsou zpracovány počítačem PC s procesorem 386. Jednotlivé výstupy snímačů výkyvů skříně vozu jsou odděleny optrony. Výstupem takto zpracovaných dat ze snímačů výkyvů jsou hodnoty korekcí výšky a klikatosti.

Poloha měřicího vozu na trati je odvozena ze snímače dráhových impulzů. Dráhové impulzy jsou zpracovávány speciální kartou, na níž jsou čítače pro vlastní orientaci a mikroprocesor pro výpočet okamžité rychlosti měřicího vozu. Na této kartě je rovněž výstup akustické signalizace, který je využíván pro kontrolu správného určení polohy trakční podpěry automatickým režimem měření.

Pro řízení vlastního průběhu měření a zpracování hodnot ze snímačů bylo ve spolupráci s VUT Brno zpracováno programové vybavení, které umožňuje měření výše uvedených parametrů trakčního vedení a jejich následné zpracování. Návaznost snímačů měřicího vozu MV 43603 a zpracování jejich údajů je schematicky znázorněno na obr. č.1



Obr.1 Blokové schema snímačů MV 43603 a zpracování dat

Základ vlastního algoritmu měření spočívá ve vzorkování měřených hodnot každých asi 50 cm ujeté dráhy měřicím vozem . v takto nasnímaných datech je v místě trakční podpěry vytvořena orientační značka, jejíž poloha je dána dráhovými impulsy mezi stožáry. Informace o poloze trakčních podpěr je dána tzv. mapou, což je předem připravený soubor. Soubor obsahuje název měřeného úseku, čísla trakčních podpěr a vzdálenosti mezi nimi. Tyto značky jsou pouze orientační, nemusí být přesně v místě trakčních podpěr. Obsluha je průběžně informována o přesnosti identifikace trakčních podpěr akusticky. V případě větší odchylky se tato opravi stiskem příslušného tlačítka v okamžiku, kdy se nachází měřicí ližina v místě trakční podpěry. Kromě této občasné "manuální" opravy, probíhá měření zcela

automaticky, tj. změřením úseku se uloží naměřené hodnoty a nastaví se nový úsek a probíhá měření v dalším úseku.

Naměřená data obsahují údaje o výšce trolejového drátu, jeho klikatosti, hodnoty korekce výšky a klikatosti, hodnoty rychlosti měřicího vozu při kterých byly parametry trakčního vedení naměřeny a další údaje o případných závadách na trakčním vedení.

Z naměřených dat je možno graficky znázornit průběh naměřených veličin, k čemuž slouží zvláštní programové vybavení.

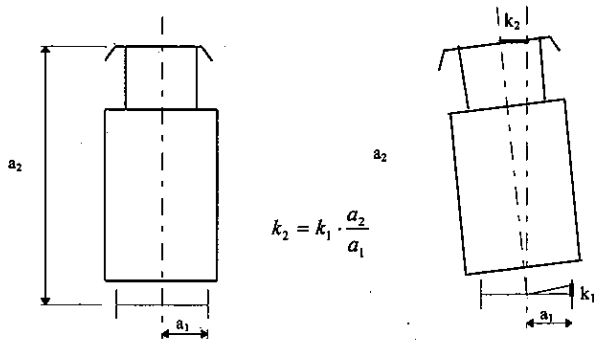
Soubory dat je možné zpracovávat databázovými programy a vytvořit protokol parametrů v požadovaných místech popřípadě výpisy dle různých kritérií - výpis snížených výšek, hodnoty mimo toleranci ap. Toto zpracování umožňuje programové vybavení NPTV .

K prohlížení dat v grafické formě slouží program CDKP. Zde je možno zobrazit průběh naměřených dat, vyhledávat a zobrazovat hodnoty podle různých kritérií, popřípadě průběh takto zobrazených dat vytisknout na tiskárně.

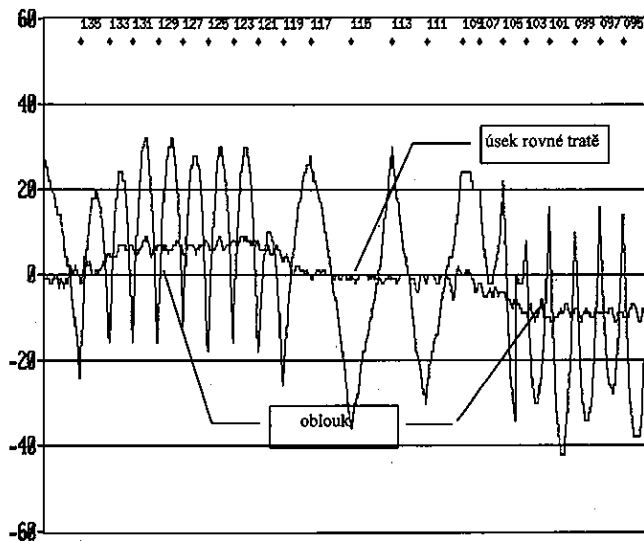
Protože naměřené hodnoty klikatosti a výšky v sobě zahrnují chování skříně měřicího vozu vůči dvojkolí, musí být naměřené hodnoty klikatosti a výšky korigovány o tyto vlivy. Na obrázku č. 2 je uveden příklad změny hodnoty klikatosti při naklonění skříně vozu.

Skutečnost je ovšem značně složitější, protože vlastní rám skříně je s dvojkolím svázán přes kolébku a navíc je nutné korigovat i příčné výchylky kolébka - rám vozu. Systém korekcí měřené klikatosti a výšky sestává celkem ze 7 snímačů.

Obrázek č. 3 ukazuje průběh korekce klikatosti v oblouku (podpěry 133 -119 a 107 - 096) a na rovné trati. Z obrázku je patrný vliv korekce klikatosti na rovné trati, kde je nepatrný, projevuje se pouze vlastní kyvání měřicího vozu, zatímco při vjezdu do oblouku hodnota korekce klikatosti narůstá vlivem naklonění měřicího vozu.



Obr.2 Vliv naklonění skříně vozu na měřenou hodnotu klikatosti a velikost korekce klikatosti



Obr.3 Průběh korekce klikatosti na rovné trati a v oblouku

DIAGNOSTICKÉ POZNATKY ZÍSKANÉ Z MĚŘICÍCH JÍZD VOZEM 43603 DO RYCHLOSTI 120 KM/H

Měření trakčního vedení u Českých drah je stanoveno vyhláškou č. 177/1995 Sb., kde v § 26 je pro zajištění provozuschopnosti dráhy a bezpečnosti drážní dopravy uloženo provádění pravidelného měření trakčního vedení měřicím vozem, při němž se ověřují technické parametry trakčního vedení jako jsou klikatost, výška atd. V příloze č. 1 této vyhlášky je určeno pro celostátní a regionální dráhy provádění měření TV měřicím vozem pro hlavní koleje do rychlosti nad 100 km/h 1x za 6 měsíců a do rychlosti pod 100 km/h 1x za 12 měsíců. Na vlečkách se provádí měření TV 1x za 12 měsíců.

Měřicím vozem Technické ústředny dopravní cesty střediska měřicích vozů v Bohumíně č. 43603 se provádí měření dvakrát ročně pro hlavní elektrizované koleje v síti ČD. Měření se provádí většinou podle obvodů Správ dopravních cest (dále jen SDC). Po skončení měření se provádí zpracování výsledků a předání následujících dokumentů pro SDC (celý obvod) a jednotlivým Opravnám trakčního vedení (dále jen OTV) s obsahem:

- zpráva o sjízdnosti trakčního vedení
- zápis o předání výsledků měření trakčního vedení
- výpisy parametrů mimo nastavené meze
- videokazety z měřeného úseku
- instalační diskety (upgrade) s obsahem:
 - program - grafický prohlížeč CDKPKZ
 - program - grafický porovnávač PORKL 4
 - program - protokolární zpracování dat NPTV
 - data pro grafické programy
 - data pro protokolární program

Hodnoty naměřené měřicím vozem mohou jednotlivé SDC i OTV dále prohlížet, analyzovat a zadávat konkrétní pokyny k údržbě. Pracoviště SDC mohou provádět tisk změřených parametrů, grafické zobrazení a grafické porovnání až čtyř opakujičích se měření stejných úseků.

Mimo tyto cykly, určené vyhláškou 177/1995 Sb., se v každém roce provádí měření trakčního vedení styčných míst na

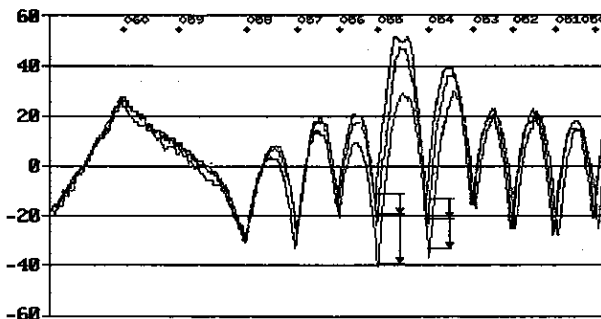
následujících obrázcích. Na obrázcích číslo 4 a 5 je znázorněno dosažení snížení hodnoty klikatosti z hodnoty 62cm na hodnotu 38cm přeregulováním trakčního vedení u podpěr 054 a 055.

Na obrázku číslo 6 jsou zobrazeny průběhy GPT (výšky a klikatosti) a na obrázku číslo 7 průběhy klikatosti a výšky na smýkadle sběrače. Z naměřených hodnot z 6.5.1995 a 10.10.1995 je patrné, že hodnota klikatosti v mezilehlé mezi stožáry číslo 63 a 61 nepřesahuje povolenou toleranci, neboť je 45cm a v druhém měření 47cm - viz tabulka 2. Avšak klikatost na smýkadle při měření 10.10.1995 dosáhla hodnoty 60cm při rychlosti měřicího vozu 97km/h. Z měření 16.4.1996 je vidět, že mezi stožáry 63 a 61 byl vložen další stožár s číslem 63. Tento odtah odstranil nebezpečný nárůst hodnoty klikatosti. Došlo však přitom ke zhoršení sklonových poměrů, které je nutno doregulovat.

Důležitým parametrem trakčního vedení je jeho výška nad temenem kolejnice. Výška musí být nejen ve stanovených mezích, ale navíc musí splňovat sklonové poměry. Na obrázku číslo 8 je zobrazen průběh výšky trakčního vedení ze čtyř měření. Pod nadjezdem N-1 byla snižená výška 533 cm. Při dalším měření, za asi 6 měsíců zde byla naměřena výška trakčního vedení 525 cm a je zřejmé, že od stožáru číslo 109 po stožár číslo 101 došlo k celkovému snížení výšky až o 14 cm. Tento stav nastal činností traťového hospodářství. Přeregulováním výšky trakčního vedení v rozsahu stožárů číslo 115 až 97 bylo dosaženo původní hodnoty snížené výšky na asi 533 cm. Rovněž se zlepšily sklonové poměry, např. vadvný sklon u stož. 107 z 6,77 % na 0,62 %.

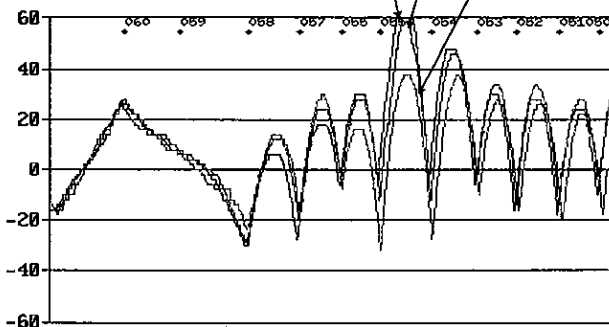
Důležitost správného nastavení klikatosti trakčního vedení pro vyšší rychlosti je nejvíce zřejmá z obr. 9, kde je měření na zkušební okruhu v Cerhenicích. Z průběhu klikatosti trakčního vedení vidíme, že při rychlosti měřicího vozu 40 km/h je hodnota klikatosti na smýkadle v rozsahu 0 cm až -40cm. Se vzrůstající rychlostí měřicího vozu se hodnota klikatosti na smýkadle měřicího vozu snižuje a při rychlosti 160 km/h je v rozsahu -20 cm až + 20 cm. Z obrázku je rovněž patrný vliv rychlosti na hodnotu výšky měřenou na smýkadle.

Oprava vadné klikatosti v mezilehlé regulaci TV



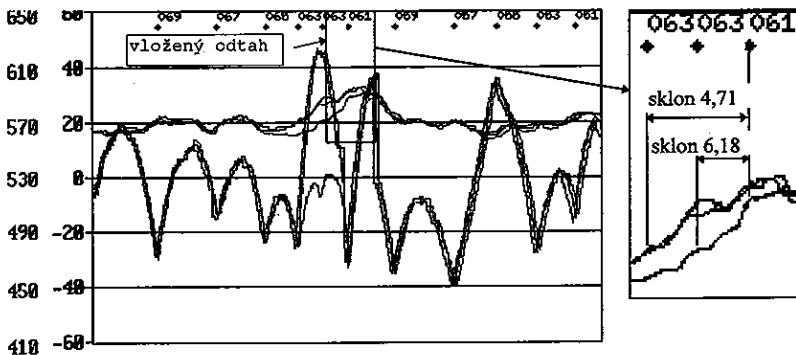
Obr.4 Tomice - Olbramovice 1. kolej průběh statické klikatosti - porovnání tří cyklů měření

č.stož.	statická klikatost [cm]			dynamická klikatost [cm]		
58	-30	-30	-30	-30	-30	-24
mezil.	3	8	7	6	12	14
57	-33	-25	-27	-28	-20	-16
mezil.	13	18	19	18	24	30
56	-16	-14	-21	-6	-4	-4
mezil.	21	18	9	30	28	16
55	-13	-21	-41	-2	-10	-28
mezil.	52	48	29	42	60	38
54	-14	-23	-37	-4	-12	-24
mezil.	40	36	30	48	46	38
53	-15	-15	-17	-6	-4	-8
mezil.	20	22	22	30	34	28
52	-25	-25	-25	-16	-14	-14



Obr.5 Tomice - Olbramovice 1. kolej průběh dynamické klikatosti - porovnání tří cyklů měření

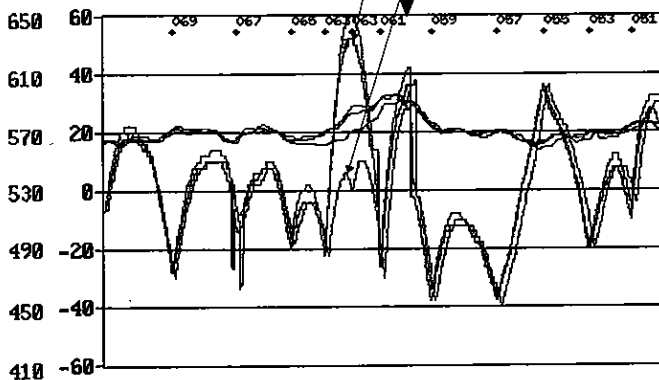
Oprava vadné klikatosti v mezilehlé vložení odtahu



Obr.6 Bohosudov 1. Kolej GP troleje
- porovnání tři cyklů měření

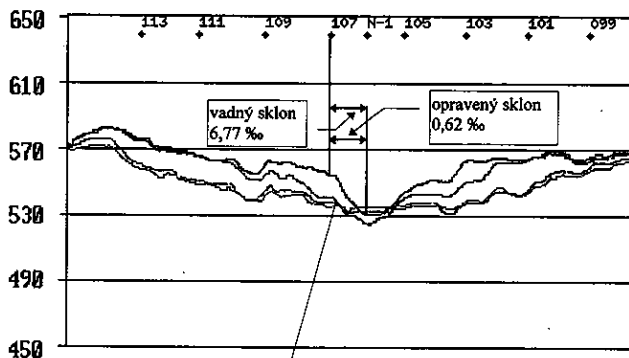
Tab.2

č.stož.	statická klikatost [cm]			dynamická klikatost [cm]			sklon [%]		
65	-22	-23	-24	-18	-16	-18	0,97	0,97	0,32
mezil.	-7	-7	-7	-4	2	-4			
63	-24	-23	-25	-20	-16	-22	4,71	4,36	0,37
mezil.	45	47	-2	52	60	6			
odtah 63			-7			0			6,18
mezil.			1			10			
61	-31	-28	-30	-26	-18	-28	3,75	3,26	3,26
59	-35	-35	-35	-38	-34	-38	0,67	1,17	0,33



Obr.7 Bohosudov 1. kolej klikatost a výška na
smýkadle - porovnání tři cyklů měření

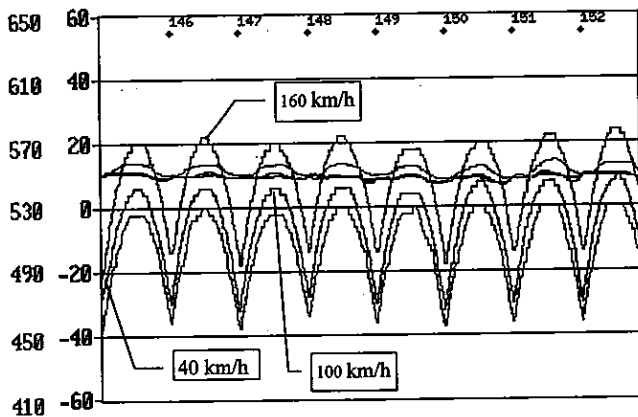
Regulace výšky TV - oprava vadných sklonů pod nadjezdem



Obr.8 Dětmorovice - Karviná 1.kolej
průběh výšky TV - porovnání čtyř měření

č.stož.	výška TV [cm]				sklon [%]				
	113	111	109	107	N-1	105	103	101	099
113	576	575	561	558	1,94	1,75	1,92	1,75	
111	566	566	551	549	1,03	2,21	1,37	1,53	
109	560	553	543	540	0,87	2,04	0,85	0,86	
107	555	541	538	535	6,77	5,01	0,92	0,62	
N-1	533	525	535	533	-2,93	-4,46	-0,29	-0,29	
105	543	540	536	534	-3,57	-1,78	-0,53	-0,54	
103	563	550	539	537	-0,18	-2,52	-1,25	-1,41	
101	564	564	546	545	0,18	-0,18	-2,52	-2,34	
99	563	565	560	558	-0,31	-0,47	-0,62	-0,63	

Tab. 3

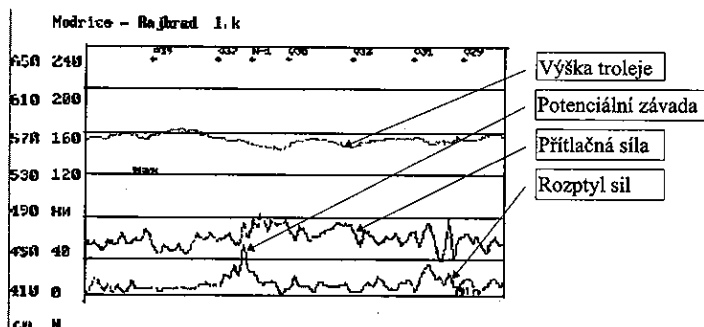


Obr. 9 Zkušební okruh Cerhenice - porovnání průběhu GPT (klickatosti a výšky) na smýkadle při rychlostech 40 km/h, 100 km/h a 160 km/h

DIAGNOSTICKÉ POZNATKY ZÍSKANÉ Z MĚŘICÍCH JÍZD VOZEM 43603 PŘI VYŠŠÍCH RYCHLOSTECH (NAD 120 KM/H)

Měření přitlačné síly mezi smýkadlem sběrače a trakčním vedením poskytuje řadu užitečných informací, které jiným způsobem nelze zjistit vůbec, nebo lze zjistit jen obtížně. Měření přitlačné síly lze zjistit jak náhlé změny výšky troleje, tak i nehomogenity, ať již způsobené kolejovým svrškem nebo trolejí. Měření je nutno provádět za maximální traťové rychlosti, nebo při rychlosti dané projektem trakčního vedení. Dynamické vlastnosti se výrazně začínají projevovat až při vyšších rychlostech (nad 120 km/h). Na měření se ovšem projeví vliv použitého sběrače a dynamiky skříně měřicího vozu, do jisté míry i vliv sběrače lokomotivy. Proto je vhodné měření provádět opakovaně a zjišťovat o trakčním vedení co nejvíce údajů, a to pokud možno za obdobných podmínek.

K měření přitlačných sil je používán měřicí vůz TÚDC, který je vybaven sběračem ŠKODA Plzeň typ 25LSP40a se speciální ližinou z lehkého materiálu, aby bylo dosaženo její co nejnižší hmotnosti a tím i maximální rezonanční frekvence systému ližina-primární odpružení. Mezi smýkadlo a primární odpružení je vložena čtveřice snímačů sil, založených na tenzometrickém principu.



Obr. 10

Snímače jsou voleny tak, aby bezpečně snesly případné překročení sil, avšak byly dostatečně citlivé, aby bylo možné měřit změny síly pod 1 N. Ve snímačích jsou vestavěny zesilovače naměřených signálů.

Vyhodnocením údajů ze čtyř snímačů sil dostaneme:

- sílu na první smýkadlo ve směru jízdy
- rozptyl síly na prvním smýkadle ve směru jízdy
- sílu na druhé smýkadlo ve směru jízdy
- rozptyl síly na druhém smýkadle ve směru jízdy
- celkovou sílu na smýkadlo
- rozptyl síly na smýkadlo

Na obrázku č.10 jsou graficky znázorněny výška troleje, přítlačná síla na smýkadle sběrače a rozptyl celkové síly. Měření bylo prováděno na úseku Modřice-Rajhrad 1. kolej dne 8.11.1995. Průběh je zobrazen programem CDSPZ.

Pro cejchování a ověřování dynamických vlastností měřicího systému slouží další programy, ty však nejsou pro běžná měření používány.

Bohumín, listopad 1996

Lektoroval: Ing. Vladivoj Výkruta, CSc.

ČD - DDC S14