

Měřicí vůz pro měření trakčního vedení

Klíčová slova: *klikatost trolejového drátu, výška trolejového drátu, sklon trolejového drátu, celková přítláčná síla, dynamické rázy.*

1. Úvod

Provozování dopravní cesty vyžaduje kromě údržby i diagnostiku drážních zařízení a konstrukcí, mj. i trakčního vedení. Tato povinnost vyplývá ze zákona o drahách č. 266/1994 Sb. a vyhlášky MD č. 177/1995 Sb., stavebního a technického řádu drah. Současným jediným diagnostickým prostředkem pro trakční vedení, který umožňuje plnit tyto úkoly na síti Českých drah, je měřicí vůz pro pevná trakční zařízení ČD MV 43603 (80 54 3300 001-7). Vůz je dislokován v Bohumíně ve zdejším středisku Technické ústředny dopravní cesty (TÚDC), sekce elektrotechniky a energetiky. Na obr. č.1 je zobrazen typový list měřicího vozu.

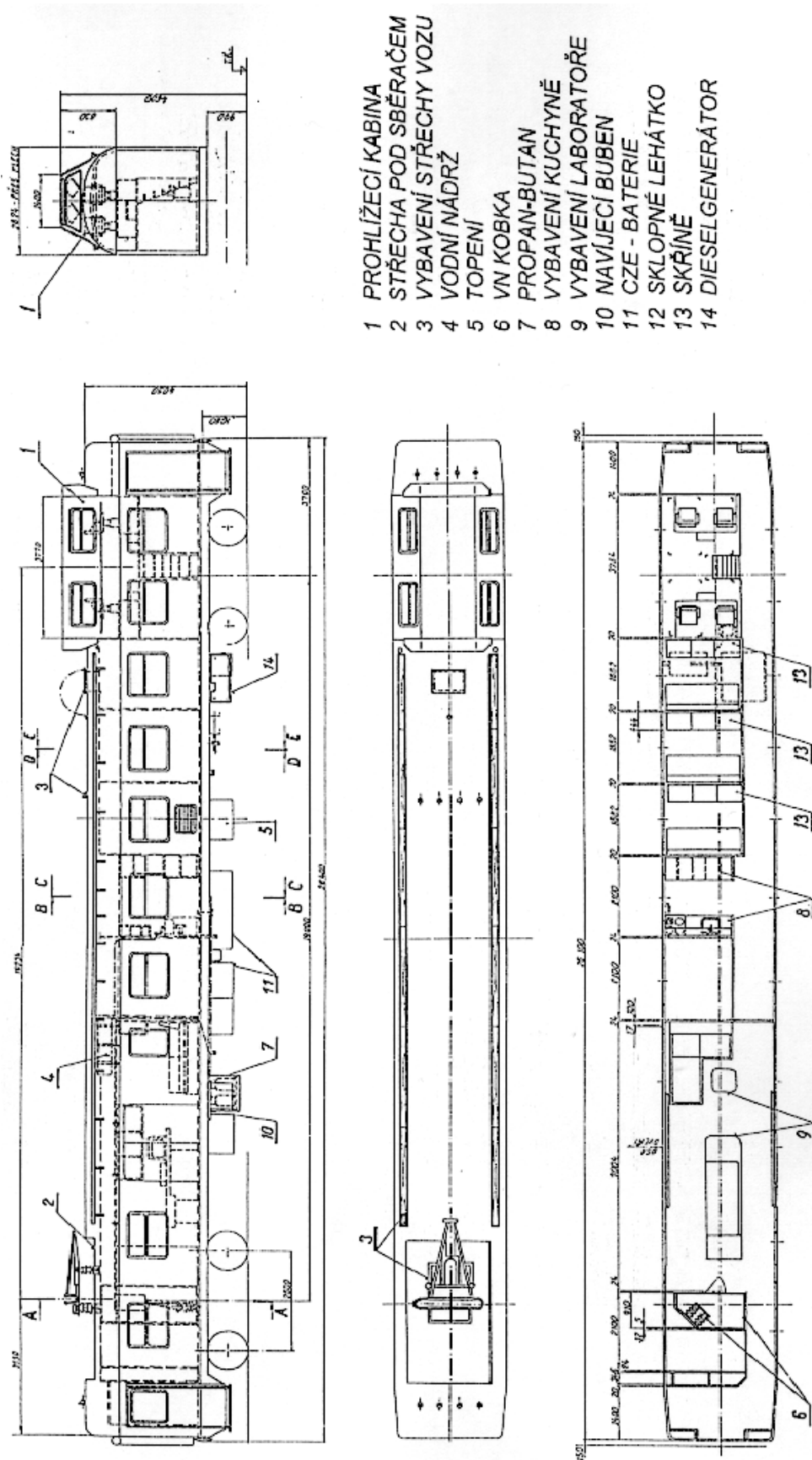
Převážná část měření probíhá dvakrát ročně při pravidelných cyklických jízdách na hlavních elektrizovaných tratích celé sítě Českých drah. Kromě toho jsou měřeny úseky nových a nově rekonstruovaných úseků trakčního vedení, zejména na koridorech při rychlostech až do 160 km/h. Výsledky těchto měření jsou nezbytným podkladem pro vydání průkazu způsobilosti drážním úřadem. Trakční vedení se rovněž kontroluje v pohraničních přechodových stanicích v intencích příslušných pohraničních ujednání a vystavují se protokoly pro styčná místa se sousedními železničními správami.

Měřicí vůz je vybaven vlastní technologií měření, která byla vyvinuta již u dřívějšího Elektroúseku Ostrava. Po delimitaci Měřicího střediska Bohumín k TÚDC v roce 1993 byla zmíněná technologie s využitím výpočetní techniky zdokonalena a přizpůsobena pro celosíťové použití. Umožňuje získat přehledné výsledky v tabulkové i grafické podobě ihned po ukončení měření daného úseku.

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

Ing. Jiří Kaštura, nar. 1955, absolvent VUT Brno, specializace sdělovací elektrotechnika. Systémový specialista ČD - Technická ústředna dopravní cesty.

Ing. Petr Sedláček, nar. 1962, absolvent VŠDS Žilina, specializace sdělovací a zabezpečovací technika v dopravě. Vedoucí střediska MV - Technická ústředna dopravní cesty.



Obr. č. 1 Typový list měřicího vozu trakčního vedení

Cílem měření je zjištění skutečného stavu geometrické polohy trolejového drátu (GPT), jako je například jeho výška, klikatost a sklony. Měřeny jsou také dynamické účinky na sběrač jako je například

dynamická přítláčná síla na sběrač a zrychlující síly v rovinách x , y , z na ližině sběrače. K tomu se využívá speciální měřicí smykadlo. Tato měření probíhají při rychlostech nad 120 km/h.

2. Měření geometrických parametrů trakčního vedení

Základní pojmy

Měření trakčního vedení je diagnostický postup, při kterém se určují vlastnosti trakčního vedení pro účely uvedení nové tratě do provozu a údržby stávajících tratí. Sledují se dvě hlavní skupiny parametrů trakčního vedení:

- statické
- dynamické

Mezi statické parametry patří:

- výška trolejového drátu nad temenem kolejnice
- klikatost trolejového drátu vzhledem k ose kolejnicových pásů
- závady na trakčním vedení

Mezi dynamické parametry, jejichž účinek se projevuje při rychlosti nad 120 km/h, patří:

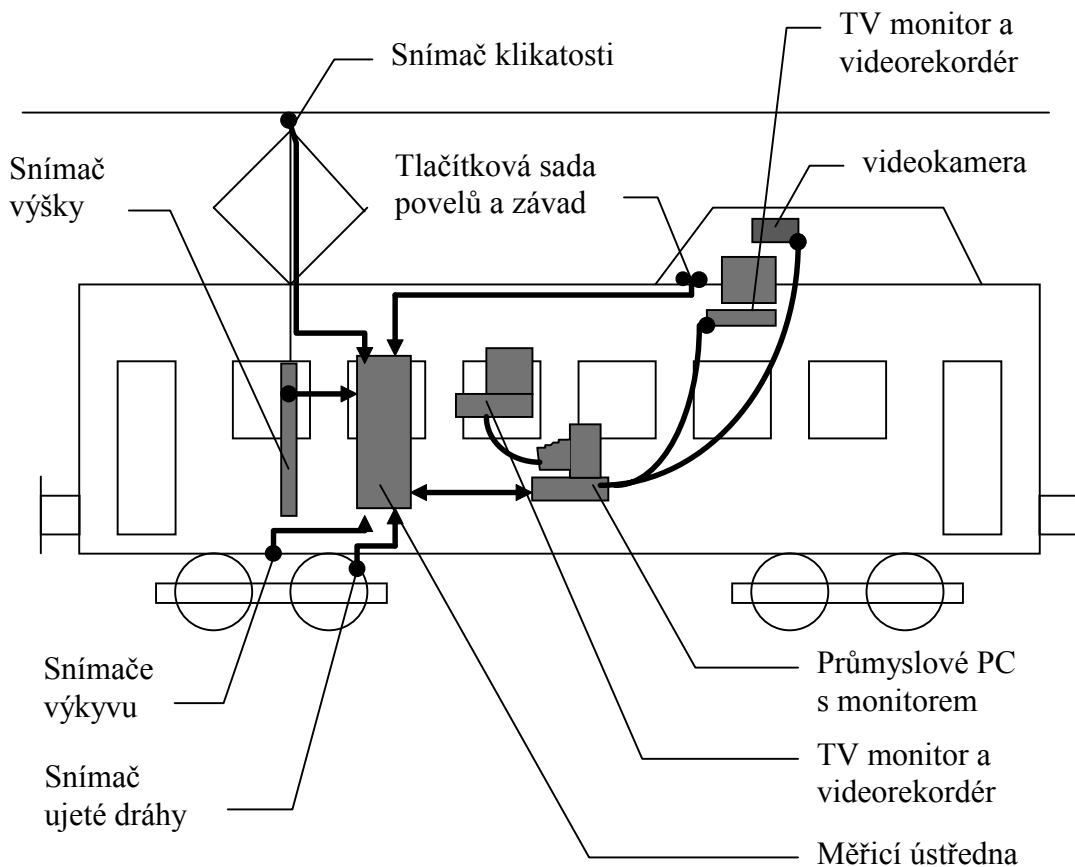
- dynamické rázy na ližině sběrače
- celková přítláčná síla

Měřicí vůz je určen pro měření obou skupin parametrů trakčního vedení do rychlosti 160km/hod. Měření se provádí za jízdy měřicího vozu na tratích:

- stejnosměrné trakce 3 kV
- střídavé trakce 25 kV, 50 Hz
- střídavé trakce 15 kV, 16 ²/₃ Hz

Měření výšky trolejového drátu je odvozeno od svislé polohy sběrače, měření klikatosti se provádí snímačem polohy umístěným na ližině sběrače. Protože skříň měřicího vozu je pružně uložena na podvozku, je nutné korigovat hodnoty výšky a klikatosti s ohledem na pohyb skříně vozu. K určení výkyvu je určena skupina snímačů polohy umístěných na podvozku. Závady na trakčním vedení, jako utržený věšák, vadný izolátor apod. zjišťuje obsluha pozorováním z prohlížecí kabiny měřicího vozu.

Měření se provádí po tzv. úsecích, které jsou tvořeny úseky tratí v rámci stanice tj. staniční úseky a úseky mezi sousedními stanicemi tj. mezistaniční úsek. Hodnoty klikatosti a výšky jsou snímány v pravidelných délkových intervalech 0,45 m. Orientace na trati se provádí pomocí tzv. map úseků, které obsahují čísla trakčních podpěr, vzdálenosti mezi nimi, název měřeného úseku a některé další informace.



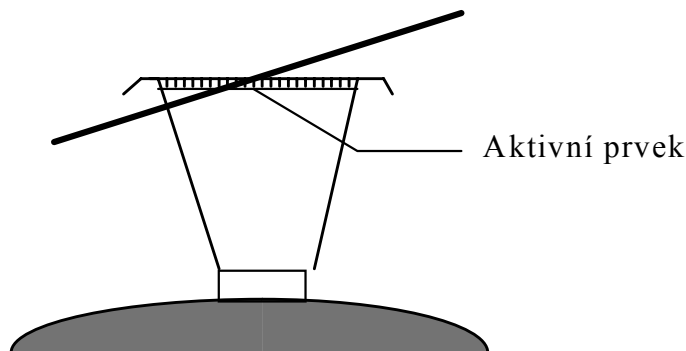
Obr. č. 2 Rozmístění měřícího zařízení na měřicím voze

Měřicí systém je elektronický - digitální, jeho centrální jednotkou je osobní počítač v průmyslovém provedení. Vzhledem k vysokému napětí trakčního vedení a vysoké intenzitě elektromagnetického a elektrostatického rušení, zejména při měření na střídavé trakci 25 kV, jsou klíčové přenosové cesty systému provedeny optickými kabely a připojení snímačů realizováno optickým oddělením optočleny.

Pro získání maximálního množství informací v průběhu jízdy měřícího vozu je oblast sběrače a trakčního vedení snímána videokamerou. Do takto vzniklého obrazu jsou promítnuty některé měřené údaje a celek je pak nahráván dvěma videorekordéry, které jsou součástí měřícího systému. Na obr. č. 2 je zobrazeno rozmístění měřícího zařízení na měřicím voze.

Snímač klikatosti trolejového drátu

Snímač klikatosti trolejového drátu na měřicí ližině pracuje na indukčním principu. Na sběrači je umístěno 31 prvků na levé straně a 31 prvků na pravé straně s rozlišením 20 mm. Prvek snímače je aktivní v blízkosti vodiče. Za normálních podmínek je aktivní pouze jeden prvek.



Obr. č. 3 Umístění indukčních snímačů na měřicí ližině měřicího vozu

Signály z jednotlivých prvků jsou přivedeny do VN kobky a zpracovány dvěma kodéry. Každý kodér obsluhuje jednu skupinu snímačů. Výstupem z kodéru je sériová linka RS 232, na níž je přenos dat iniciován změnou polohy trolejového drátu. Přenášenou informací je jeden byte, který obsahuje hodnotu polohy trolejového drátu vzhledem ke středu sběrače. Údaj je v kódu BCD. Napájení systému je z baterie 12 V umístěné ve VN kobce.

Snímač výšky trolejového drátu

Snímač výšky je realizován jako svislá izolační tyč, spojená se sběračem na jednom konci, na druhém konci je spojena s čidlem délky, umístěným ve VN kobce. Tento snímač produkuje osmi bitový BCD kód, jehož hodnota je dána výškovou polohou sběrače. Rozlišení tohoto snímače je 10mm a rozsah 0 až 1600 mm tj. 160 hodnot. Skutečná výška trolejového drátu nad temenem kolejnice je pak dána součtem této změřené hodnoty a klidové polohy měřicí ližiny (stažený sběrač) nad temenem kolejnice.

Snímač výkyvu skříně vozu

Protože naměřené hodnoty klikatosti a výšky v sobě zahrnují chování skříně měřicího vozu vůči dvojkolím, musí být naměřené hodnoty klikatosti a výšky korigovány o tyto vlivy. 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. Ke snímání hodnot výchylek skříně měřicího vozu jsou použity snímače polohy v Grayově kódu. Snímané hodnoty výchylek skříně měřicího vozu jsou zpracovávány samostatným počítačem. Výstupem jsou hodnoty korekcí klikatosti a výšky (v mm) a natočení podvozku. Tyto hodnoty jsou dále zpracovávány centrálním počítačem a jsou vzorkovány spolu s ostatními měřenými veličinami.

Snímač dráhových impulsů

Dráhové impulsy informují měřicí zařízení o okamžité poloze měřicího vozu na trati. Snímač dráhových impulsů je vlastní konstrukce. Jedná se o inkrementální čidlo na optickém principu umístěné na ložiskovém domku dvojkolím. Obvodu kola (cca 3 m) odpovídá 60 impulsů.

Měřicí ústředna

Je umístěna v ocelové skříně s proskleným čelem. Obsahuje elektroniku sběru dat, kromě měřicího počítače a prvků videa.

Skříň měřicí ústředny obsahuje:

- počítač a obvody pro zpracování výkyvů skříně vozu
- záložní zdroj UPS s výkonem 1 kVA
- vanu elektroniky se zásuvnými moduly

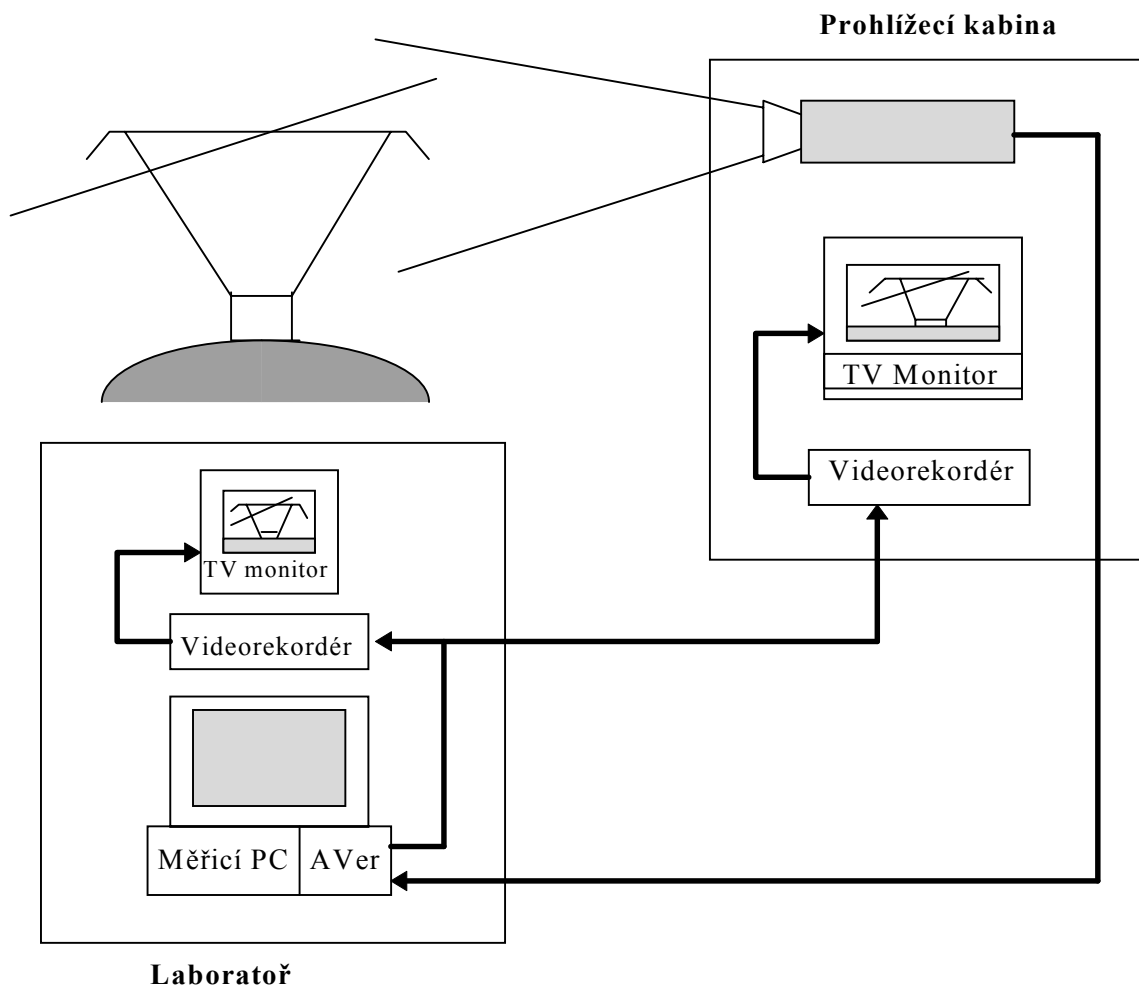
- napájecí zdroje
- některá pomocná zařízení, která přímo nesouvisí s měřicím zařízením

Videosystém

Výsledkem měření trakčního vedení je kromě změřených data zaznamenaných na pevném disku počítače také videozáznam jízdy. V něm je na pozadí pohledu na sběrač měřicího vozu promítnuta část grafického uživatelského rozhraní programu měřicího počítače s některými důležitými údaji o měření.

- Datum a čas
- Ujetá dráha od počátku aktuálního úseku
- Poloha trolejového drátu
- Název měřeného úseku
- Číslo koleje
- Okamžitá rychlost
- Výška trolejového drátu
- Číslo předchozí a následující trakční podpěry
- Režim identifikace trakční podpěry

Následující obr. č. 4 ukazuje propojení jednotlivých prvků videosystému měřicího vozu. Propojení videosignálů je provedeno koaxiálním kabelem s impedancí 50 Ω . K projekci obrazu grafického rozhraní programu běžícího na měřicím počítači slouží ISA karta AVer instalovaná v měřicím počítači. Videorekordér a TV monitor v laboratoři slouží k záznamu a prohlížení průběhu měření pro potřeby dalšího zpracování naměřených dat, videorekordér a TV monitor v prohlížecí kabině slouží k záznamu a prohlížení průběhu měření pro mistra traťového úseku, který je obvykle přítomen měření a vyžaduje kopii videozáznamu ihned po ukončení měření na daném úseku.



Obr. č. 4 Uspořádání videosystému měřicího vozu

Do okruhu dálkového ovládní videorekordéru v laboratoři je včleněn modul, který na základě přicházejících dráhových pulsů uvádí videorekordér do stavu PAUSE nebo zpět do režimu nahrávání. Pokud dráhové impulsy nepřicházejí (vůz stojí), je nahrávání přerušeno, pokud se dráhové impulsy objeví (vůz se rozjede), nahrávání se obnoví. Tato úprava zvyšuje komfort obsluhy - není třeba při každém zastavení vypínat nahrávání, aby se zbytečně nezaznamenával neměnný obraz.

Měřicí počítač

Měřicí počítač je průmyslový počítač PC s procesorem Intel 486 vybavený bezdrátovou myší, klávesnicí a 15" LCD TFT barevným monitorem. Ve skříní počítače se kromě procesorové karty a běžných doplňků (videoadaptér, řadiče) nacházejí čtyři speciální karty:

- Modul osmi optických přijímačů a vysílačů - převádí optické spoje přivedené z měřicí ústředny na klasické rozhraní RS 232 vlastní konstrukce
- ISA karta osmi sériových portů RS 232 propojena s modulem optických přijímačů a vysílačů
- Specializovaný grafický adaptér firmy ADDA Technologies, VGA-AVer umožňující projekci vybrané části grafického výstupu počítače do externího televizního signálu, v tomto případě z videokamery sledující sběrač měřicího vozu.
- ISA karta pro zpracování signálu ujeté dráhy.

Obsahuje:

obvody pro dělení frekvence dráhových impulsů, aby přerušení pro vlastní měření bylo vyvoláno po ujetí každých 0,45 metru

obvody pro měření okamžité rychlosti měřicího vozu

obvod pro generování akustického signálu signalizujícího průjezd měřicí ližiny v místě úchyty bočního držáku, tj. identifikace trakční podpěry

obvody pro režim automatické identifikace polohy trakčních podpěr

Počítač pracuje pod operačním systémem MS DOS, programové vybavení pro vlastní měření je vytvořeno ve vývojovém prostředí LabWindows/DOS od firmy National Instruments. V průběhu měření provádí počítač tyto činnosti:

- Příjem měřených data z měřicí ústředny
- Určení okamžiku měření na základě dráhových impulsů
- Ukládání změřených dat na pevný disk
- Orientace na trati na základě map úseků
- Poskytuje uživateli rozhraní (ukazatele, tlačítka...)
- Zpracovává zásahy obsluhy při měření

Základ vlastního algoritmu měření spočívá ve vzorkování měřených hodnot každých 45 cm ujeté dráhy měřicím vozem. V takto nasnímaných datech je v místě trakční podpěry vytvořena orientační značka. Její poloha je dána dráhovými impulsy mezi stožáry. Informace o poloze trakčních podpěr je dána tzv. mapou, což je předem připravený soubor. 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 opraví stiskem příslušného tlačítka v okamžiku, kdy se nachází měřicí ližina v místě trakční podpěry. Kromě této občasně "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.

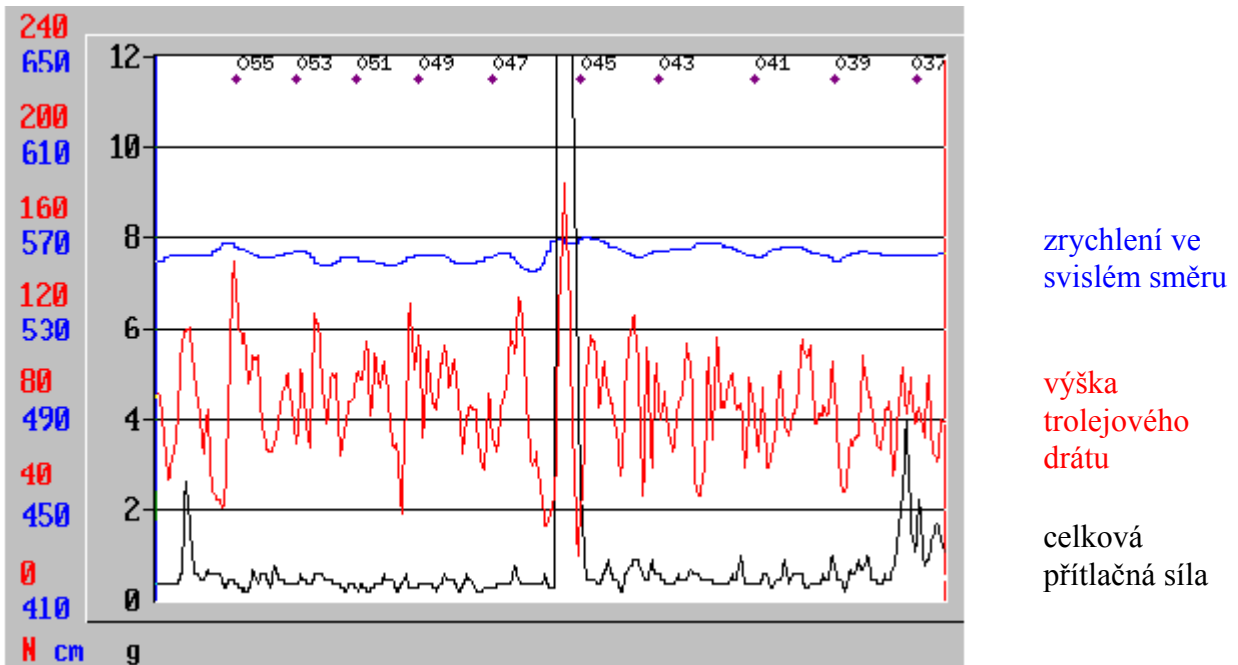
3. Měření dynamických parametrů

Pro spolehlivý přenos proudu s trakčního vedení na hnací vozidlo je nutno zajistit co nejlepší kontakt mezi trolejovým drátem a sběračem proudu v celém rozsahu pojižděných rychlostí. Spolupráce mezi sběračem a trolejovým drátem je závislá jak na vlastnostech sběrače, tak na vlastnostech trakčního vedení, neboť se jedná o kmitavý systém. Cílem bezchybné spolupráce je dosáhnout minimálních změn přítlačné síly vůči statickému přítlaku a minimálních vibrací na smykadle, což má příznivý vliv i na opotřebení trolejového drátu a vlastního smykadla sběrače proudu. Moderní sběrače proudu, které dnes nabízejí přední evropské výrobci, jsou konstrukčně optimalizovány tak, aby bylo dosaženo co nejlepšího kontaktu s trolejovým drátem až do rychlosti 350 km/h i více. Druhou složkou je samotné trakční vedení. Tady jde o typ trakčního vedení (tzv. sestavu) a jeho mechanické nastavení. K extrémním dynamickým účinkům dochází především v místech s chybnou regulací, např. výměnné pole trolejového drátu, strmá změna výšky a dále nerovnoměrnosti a deformace trolejového drátu. Velikost těchto dynamických účinků měříme speciálně upravenou ližinou na sběrači měřicího vozu.

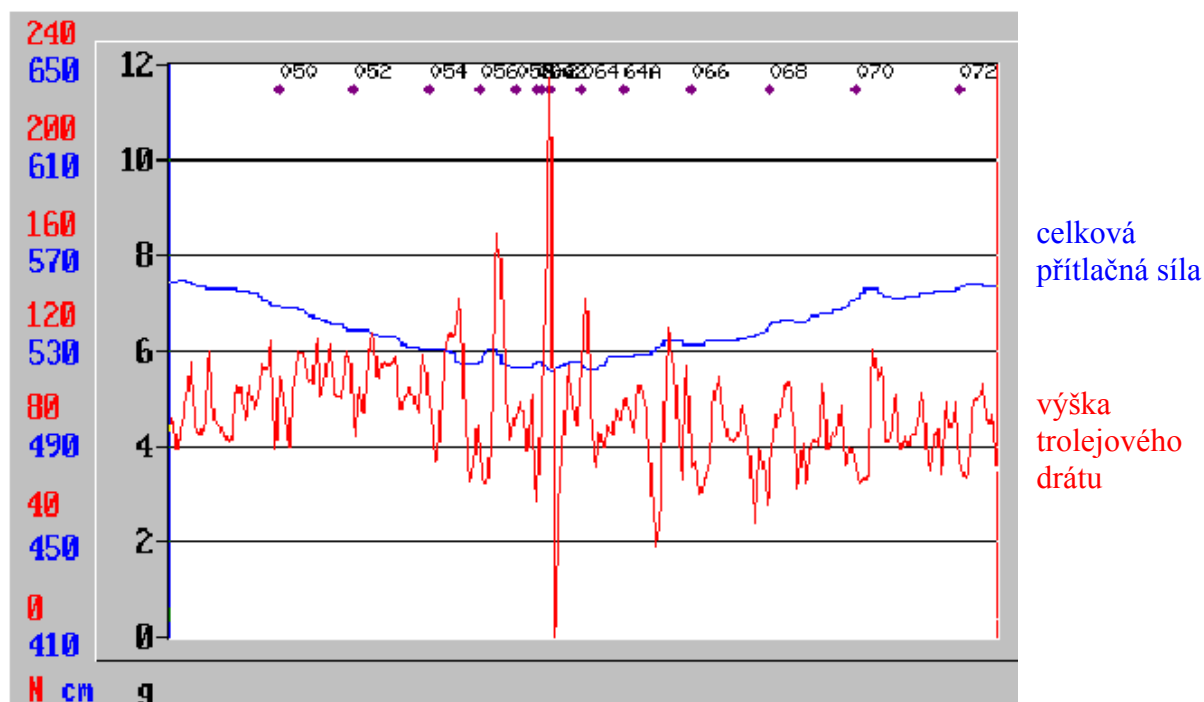
Technický popis

V místech, kde jsou upevněny kluzné lišty smykadla k sekundárnímu vypružení, jsou vloženy celkem čtyři snímače sil. Jsou to standardní ohybové snímače s rozsahem 200 N. Dále je na jedné kluzné liště v jejím středu umístěna trojice piezoelektrických snímačů zrychlení s rozsahem ± 50 g ($g = 9.81 \text{ ms}^{-2}$), která je určena pro měření vibrací. Výstupní signál snímačů je upraven pomocí převodníku napětí - proud a kabely přiveden do centrální jednotky ve vysokonapěťové kobce. Centrální jednotka zabezpečuje napájení systému z akumulátorové baterie 12 V pomocí napěťových měničů a dále vlastní zpracování signálů ze snímačů, to znamená převod z proudového signálu na napěťový a kmitočtovou úpravu. Mikropočítačový modul jednotky zajišťuje vzorkování dat, jejich částečné zpracování a komunikaci s nadřazeným průmyslovým počítačem měřicího vozu.

- výměnná pole trolejového drátu, tzv. mechanická a elektrická dělení, která musí být přesně nastavena
- místa s prudkou změnou výšky trolejového drátu
- místa, kde je spojen starý a nový trolejový drát
- nerovnosti trolejového drátu a jiná tvrdá místa na trolejovém drátu



Obr. č. 6 Mezi stožáry 47 a 45 je mechanické dělení. Celková přítlačná síla dosahuje hodnoty až 186 N. Současně hodnota zrychlení ve svislém směru dosahuje 28 g. Rychlost dosáhla 145 km/h.



Obr. č. 7 Průběh přítláčné síly pod silničním nadjezdem, kde je snižená výška trakčního vedení. Jedná se zde o tvrdé místo, kde dosahuje maximum přítláčné síly 240 N a minimum -8 N. Rychlost dosáhla 112 km/h.

4. Závěr

Dnešní stav v oblasti technických prostředků pro mobilní diagnostiku, pokrývaných organizacemi ČD, lze označit stavem připravenosti. V současné době se již projevuje naléhavá potřeba měření i při vyšších rychlostech než 160 km/h, především na koridorových tratích. To zatím provozovaný měřicí vůz neumožňuje zejména z hlediska jeho stavební konstrukce. Divize dopravní cesty se již řešením této situace zabývá. Jedinou překážkou rychlého řešení je nedostatek finančních prostředků ČD.

V Bohumíně, únor 1999

Lektoroval: Ing. Karel Hlava, CSc.

ČD TÚDC S 24

Ing. Vladivoj Výkruta, CSc.

ČD DDC O14