

Jiří Kaštura¹

Diagnostika trolejového vedení

Klíčová slova: *trolejové vedení, trolejový vodič, proudový sběrač, trakční vedení*

Úvod

Diagnostika trolejového vedení je proces, při kterém jsou změřeny určité parametry trolejového vedení, které ovlivňují ve svém důsledku jeho životnost, kvalitu spolupráce trolejový vodič - sběrač a rovněž ovlivňují četnost některých poruch na trolejovém vedení.

Základním parametrem trolejového vedení je jeho prostorová poloha nad kolejí. Ta sestává z výškové polohy trolejového vodiče, tzv. výška trolejového vodiče nad temenem kolejnice a stranové polohy trolejového vodiče, tj. směrové odchylky od vertikální roviny proložené osou kolejnicových pásů kolmo na spojnici kolejových pásů tzv. klikatost trolejového vodiče, která se zřizuje z důvodu symetrického opotřebení smykadla sběrače. Hodnoty základních parametrů trakčního vedení jsou vymezeny normou ČSN 34 1530 a EN 50 119.

Dodržení správné hodnoty výšky trolejového vodiče a jejího průběhu spolu s hodnotou klikatosti trolejového vodiče je základním předpokladem pro zajištění optimálního přenosu elektrické energie mezi trolejovým vodičem a sběračem.

Pro trolejové vedení pro rychlosti nad 120 kmh⁻¹ mají na přenos elektrické energie mezi trolejovým vodičem a sběračem vliv další parametry trolejového vedení obecně nazývané dynamickými parametry, správněji interakce trolejový vodič - sběrač. Interakce trolejový vodič - sběrač je specifikována v normě EN 50 367.

1. Metody měření parametrů trolejového vedení

Pro měření prostorové polohy trolejového vedení nad kolejí lze využít různé metody, které dokážou změřit výšku a klikatost trolejového vodiče vůči kolejnicovým pásům. Jedná se vesměs o triangulační metody měření využívající optických nebo ultrazvukových metod nebo „ručního“ měření pomocí měřicí tyče. Tyto metody jsou vhodné k proměřování výšky a klikatosti trolejového vodiče v určitém bodě. Pro analýzu parametrů trolejového vedení je nutné měřit jeho parametry ve více bodech, aby bylo možné zobrazit průběh naměřených parametrů trolejového vedení v závislosti na vzdálenosti.

¹ Ing. Jiří Kaštura, nar. 1955, absolvent VUT Brno, specializace sdělovací elektrotechnika. SŽDC s.o., TÚDC Praha. Vedoucí specializovaného střediska diagnostiky pevných trakčních zařízení, úsek elektrotechniky a energetiky nám. Mickiewicze 67, Bohumín

2. Měření parametrů trolejového vedení měřicím vozem

Měření parametrů trolejového vedení z mobilního prostředku, měřicího vozu, umožňuje získat celkový obraz o stavu trolejového vedení a to jak o jeho prostorové poloze, tak o jeho dynamických vlastnostech. Měření parametrů trolejového vedení z mobilního prostředku má nespornou výhodu v získání celkového obrazu o stavu trolejového vedení v proměřeném úseku v relativně krátkém časovém intervalu, závislém na rychlosti jízdy, která je dána maximální traťovou rychlostí v měřeném úseku trati nebo je omezena maximální povolenou rychlostí jízdy měřicího vozu.

Opakovaná měření stejného traťového úseku pak mohou eliminovat chyby měření a porovnáním měření můžeme získat informace o správnosti případně provedených opravách trolejového vedení. Nicméně si je třeba uvědomit, že měřené parametry jsou ovlivněny dynamickými vlastnostmi vlastního měřicího vozu a snímače použité pro měření parametrů trakčního vedení ať prostorových parametrů trolejového vodiče, nebo dynamických parametrů, jsou umístěny v bezprostřední blízkosti trolejového vodiče a jsou tak na potenciálu trakčního vedení. To sebou přináší některé problémy, jako je korekce měřených hodnot na výkyvy skříně vozu, rušení snímačů apod.

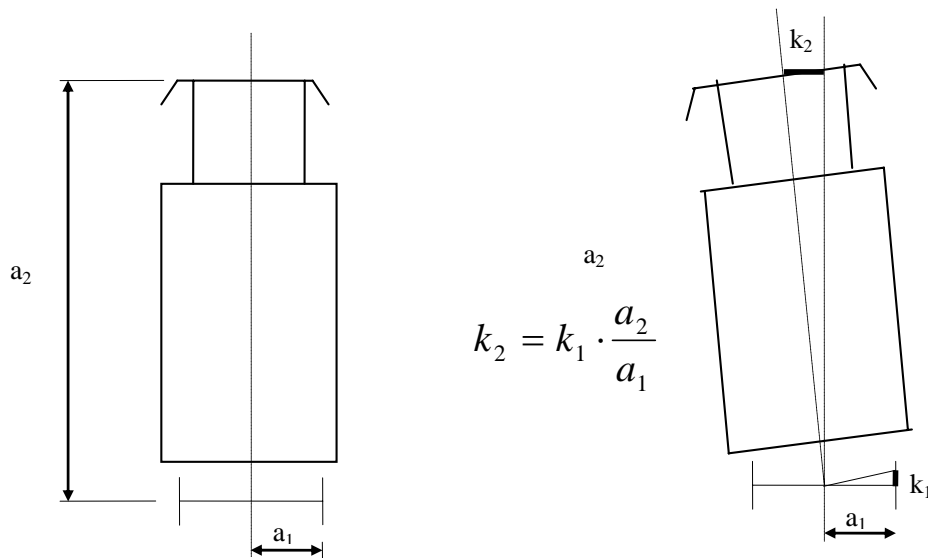
Jak již bylo řečeno v úvodu, je nutno měřit jednak prostorovou polohu trolejového vodiče, tj. hodnotu klikatosti a výšky trolejového vodiče vůči kolejnicovým pásům a dále dynamické parametry trakčního vedení, které se měří na traťových úsecích s traťovou rychlostí nad 120 kmh^{-1} . Pro každou metodu měření je použita samostatná sestava snímačů umístěná na dvou nezávislých sběračích.

3. Měření prostorové polohy trolejového vodiče

Při měření prostorové polohy trolejového vodiče musíme respektovat vliv náklonu skříně na měřenou hodnotu klikatosti a výšky trolejového vodiče jak je schematicky ukázáno na obrázku číslo 1, kde:

- a_1 polovina vzdálenosti kolejových pásů
- a_2 výška trolejového vodiče nad temenem kolejnice
- k_1 náklon skříně vozu
- k_2 hodnota korekce klikatosti ve výšce a_2

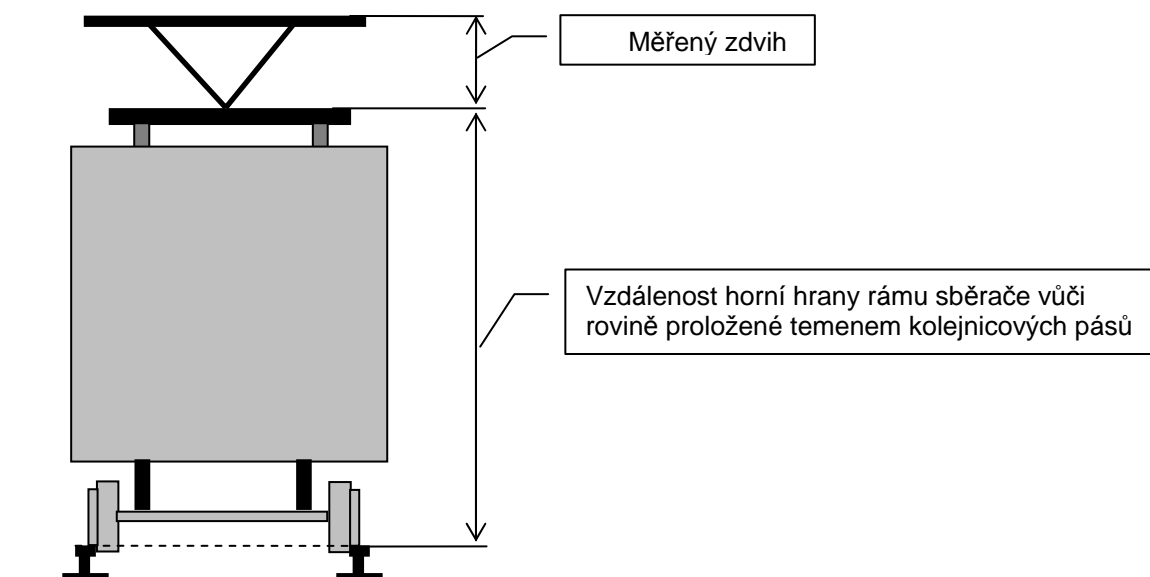
Skutečnost je ještě složitější, protože při jízdě měřicího vozu dochází k pohybu skříně měřicího vozu vůči rovině proložené kolejnicovými pásy ve vertikálním směru (vliv na měřenou výšku) a v horizontálním směru (vliv na měřenou hodnotu klikatosti), kolmo na směr jízdy, vůči ose kolejí. Naměřené hodnoty obou parametrů trakčního vedení je nutno na tyto pohyby skříně měřicího vozu korigovat.



Obrázek 1 - Vliv naklonění skříně vozu na měřenou hodnotu klikatosti

Korekce jsou nutné z toho důvodu, že pohyb skříně je závislý na poloměru oblouku a rychlosti, kterou je projížděn. Opakovaně naměřené hodnoty při různých rychlostech jízdy měřicího vozu bez výše uvedených korekcí by nebyly porovnatelné a použitelné v procesu údržby trolejového vedení, kdy je nutno znát hodnotu výšky a klikatosti trolejového vodiče ve „statickém“ stavu.

Výška trolejového vodiče je dána součtem vzdálenosti horní hrany rámu sběrače vůči rovině proložené temenem kolejnicových pásů a okamžité hodnoty měřeného zdvihu sběrače, jak je zobrazeno na obrázku 2.



Obrázek 2 - Způsob měření výšky trakčního vedení

Ve skutečnosti i zde jsou nutné korekce na vertikální pohyb skříně vozu a pohyb vypružení měřicí lišty.

Hodnoty klikatosti a výšky trolejového vodiče jsou snímány v závislosti na ujeté dráze co 400 mm a ukládány na disk měřicího počítače spolu s ostatními měřenými údaji, jako je rychlost, korekce výšky a klikatosti, informace o orientaci na měřeném úseku tratě apod.

4. Měření interakce trolejové vedení – sběrač

Každý elementární úsek trolejového vodiče, který nutí proudový sběrač k pohybu, je více opotřebováván. Zvláště jsou nevhodné krátké změny ve výškovém průběhu, které při vyšších rychlostech způsobují rázové jevy. Místně takto vzniká výraznější opotřebení trolejového vodiče. Tato místa se zvýšeným opotřebením jsou pak často příčinou častější výměny trolejového vodiče. Sledování a měření těchto jevů může výrazně přispět ke zvýšení spolehlivosti systému trolejové vedení – proudový sběrač. Pomocí přitlačné síly jsou vzájemně vázány dva kmitající systémy s rozdílnými hmotami, pružícími a tlumícími vlastnostmi a vlastními kmitočty. Proudový sběrač nadzvedává trolejový vodič do té míry, do jaké mu to dovolí jeho pružnost. Pružnost stožárového pole, dle druhu konstrukce, kolísá, neměla by však přesáhnout určité meze. Tato skutečnost vede k periodickému pohybu proudového sběrače nahoru a dolů, jehož velikost je určena výsledným působením síly. S touto střední hodnotou přitlačné síly se směšují setrvačné síly hmoty, které jsou závislé na časové změně výškových pohybů. Proudový sběrač musí všechny výškové rozdíly pomocí rychle působících konstrukčních prvků vyrovnat. Některé konstrukční parametry složek systému musí být mezi sebou sladěny, má-li být odběr proudu bez poruch a s nepatrným opotřebením.

Se zvyšující se rychlostí je přitlačná síla vyjádřena více dynamickou složkou, tyto změny síly by však neměly překročit určitý dynamický rozsah. Velikost kolísání je na jedné straně důsledek vzájemného působení budících veličin a na straně druhé je závislá na postupujícím kmitavém pohybu systému proudového sběrače dle rychlosti jízdy a především na konstrukčních prvcích obou složek systému. V úzké souvislosti s průběhem sil jsou výškové pohyby proudového sběrače. Rovnoměrný průběh nadzvedávání charakterizuje klidný běh proudového sběrače s nepatrnými dynamickými změnami sil. Z výškového průběhu je možno nejvíce usuzovat na příčinu poruchového místa.

Pro určení parametrů se nabízí použít metod matematické statistiky a teorie pravděpodobnosti. Z mnoha výzkumů a zkoušek četnosti sil realizovaných v minulosti vyšlo přibližně Gaussovo normální rozdělení. Tímto jsou pevně stanoveny i vztahy k nejdůležitějším měřeným hodnotám. Jako vyhodnocující kritéria přicházejí zde v úvahu následující veličiny:

- střední přitlačná síla F_m
- směrodatná odchylka přitlačné síly s
- extrémní hodnoty sil:
 - maximální přitlačná síla F_{max}
 - minimální přitlačná síla F_{min}

Směrodatnou odchylku přítláčné síly je možno zavést jako přímé chování kontaktu. Pro četnost hodnot normálního rozdělení platí obecně známé vztahy, přičemž hodnoty $F_m - 3.s$ a $F_m + 3.s$ vymezují celkový dynamický rozsah. Součtové hodnoty ze střední hodnoty a směrodatné odchylky určují takto celkové zatížení systému a jeho opotřebením, přičemž rozdílové hodnoty charakterizují zvýšení kontaktního odporu a možnost vzniku elektrických oblouků. Pomocí směrodatné odchylky síly je možné za stejných rámcových podmínek porovnat různá trakční vedení a proudové sběrače v jejich kontaktním chování a změnou konstrukčních parametrů jejich vlastnosti optimalizovat. Vedle těchto kritérií střední a minimální hodnoty zůstává jako další měřítko jakosti kritérium extrémní hodnoty s místním maximálním opotřebením.

Výše uvedené parametry trolejového vedení mohou být ovlivněny i závadou na svršku, např. „propadnutí“ kolejového pásu má vliv na změnu všech výše uvedených parametrů trakčního vedení, rovněž průjezd nesprávně nastavenými výhybkami může mít vliv na interakci trolejový vodič - sběrač.

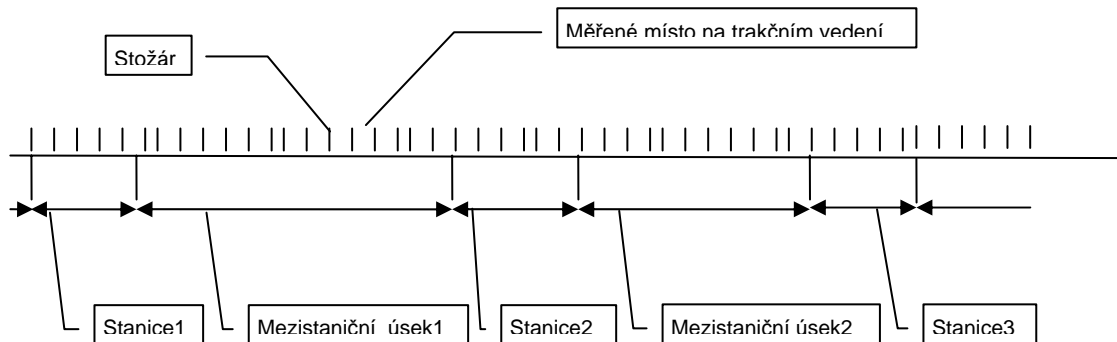
Pro měření interakce je na měřicím voze použit sběrač s integrovanými snímači síly v každém bodě úchyty pojezdových lišt, tj. celkem jsou pro měření sil použity čtyři snímače sil. Navíc je v těchto bodech snímáno zrychlení ve dvou osách. Osa „Z“ představuje svislou rovinu, osa „X“ představuje vodorovnou rovinu ve směru jízdy.

Hodnoty sil, zrychlení a výšky trolejového vodiče jsou snímány v závislosti na ujeté dráze co 400 mm a ukládány na disk měřicího počítače spolu s ostatními měřenými údaji, jako je rychlost, korekce výšky, informace o orientaci na měřeném úseku tratě apod.

5. Identifikace měřeného místa na trati

Pokud máme naměřené hodnoty prostorové polohy trolejového vodiče, nebo interakce, musíme znát jejich polohu. Pro účely identifikace případné závady na trakčním vedení je potřeba znát jejich polohu pokud možno co nejpřesněji.

I když se v dnešní době nabízí využití systému GPS, byla odzkoušena a několik let je již využívána jiná metoda. Na tratích SŽDC jsou jednotlivé trakční podpěry ve stanici nebo mezistaničním úseku označeny číslem, to znamená, že stačí pro přesné a jednoznačné určení polohy znát polohu objektu mezi příslušnými trakčními podpěrami. Měřené místo je pak jednoznačně identifikováno směrem jízdy, číslem koleje, číslem stožáru a vzdáleností od tohoto stožáru. Používaná měřicí metoda na měřicím voze umožňuje identifikaci polohy měřeného bodu a tím i polohu případné závady na trakčním vedení s přesností danou vzorkováním měření, přičemž možnost omylu je prakticky nulová. Měřené parametry trakčního vedení jsou vzorkovány co 0,4 m ujeté dráhy a naměřená data jsou ukládána v průběhu měření na pevný disk, přičemž název souboru s ukládanými daty je odvozen od názvu měřeného úseku a to tak, že název souboru měřených dat ve stanici je odvozen ze jména stanice a směru jízdy, který je dán jménem již projaté stanice a jménem následující stanice, název souboru s měřenými daty mezistaničního úseku je pak složen ze jmen sousedících stanic. Název je navíc doplněn číslem koleje, viz obrázek 3.



Obrázek 3 - Identifikace měřeného místa na trakčním vedení ve stanici a mimo stanici

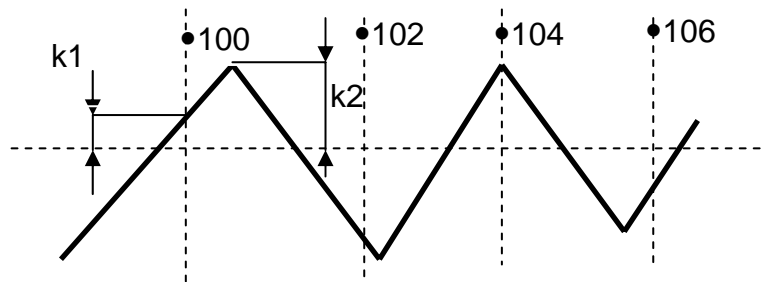
Podle obrázku 3 jsou dle tohoto pravidla názvy souborů s naměřenými parametry trakčního vedení:

Stanice2-1k-směrStanice1-Stanice3 = název souboru s naměřenými daty ve Stanici2 měřeno na první koleji

Stanice1-Stanice2-1k = název souboru s naměřenými daty v mezistaničním úseku mezi stanicemi 1 a 2 měřeno na první koleji

Název úseku měřené trati je tedy jedinečný a přesně identifikovatelný v celé železniční síti. Protože průběh měření parametrů trakčního vedení je odvozen z referenčního souboru dat, který obsahuje mapu tratě, probíhá měření zcela automaticky. Obsluha pouze občas opraví polohu identifikace trakční podpěry na základě akustické signalizace odvozené automatikou orientaci.

Poloha trakčních podpěr (na obrázku 4 je to bod s číslem nad průběhem klikatosti) není v naměřených datech umístěna přesně v místě úchytu trolejového vodiče. Důsledek této skutečnosti je na obrázku 4. Umístění trakční podpěry v naměřených datech s určitou délkovou tolerancí způsobí, že hodnota klikatosti neodpovídá hodnotě v místě úchytu. Na obrázku 4 by byla vyhodnocena u trakční podpěry číslo100 hodnota klikatosti k_1 , přičemž správná hodnota je k_2 . Správná poloha úchytu trolejového vodiče je v maximech a minimech průběhu funkce klikatosti, jak je tomu u trakční podpěry číslo104 na obrázku 4. Tato skutečnost není příliš na závadu, pokud se jedná pouze o prohlížení dat v grafické podobě, kdy je zřejmé, kam přiřadit polohu trakční podpěry.



Obrázek 4 - Vliv nesprávné polohy trakční podpěry v naměřených datech na hodnotu klikatosti trakčního vedení

Problém nastane tehdy, chceme-li vypsat ze souborů naměřených parametrů trakčního vedení hodnoty v místě trakční podpěry. Tehdy by hodnoty neodpovídaly skutečnosti. Z tohoto důvodu jsou naměřená data následně editována v k tomuto účelu vytvořeném programu, jehož algoritmus automaticky usadí polohy stožárů do maxim a minim průběhů klikatosti, přičemž je navíc kontrolována jejich vzájemná vzdálenost s využitím referenční mapy používané v průběhu měření. Tam, kde není extrém v průběhu klikatosti v okolí trakční podpěry, je poloha trakční podpěry změněna pouze na základě referenční mapy. Pro ilustraci nastavení správných poloh trakčních podpěr trvá cca 60 s pro trať 250 km dlouhou, tj. asi 4000 trakčních podpěr.

Kromě správného usazení trakční podpěry umožňuje program změnit číslo trakční podpěry, vložit polohu nové trakční podpěry, vložit dodatečně informaci o vizuální závadě atd. Pokud dojde v průběhu měření k chybě v orientaci měřicího vozu na trati způsobené obsluhou, ale ukládání měřených dat není přerušeno, dají se všechny tyto chyby dodatečně opravit. To je velmi podstatné, protože bez přesné orientace v naměřených datech ztrácí měření smysl a opakování měření zatěžuje ekonomicky proces údržby, nemluvě o nákladech na vlastní měření.

Orientace v naměřených datech je navíc usnadněna videozáznamem obrazu spolupráce sběrače s trolejovým vodičem. Obraz je zaznamenáván na pevný disk počítače. V měřených datech jsou odkazy na jednotlivé videosnímky, takže při grafickém prohlížení naměřených dat je současně k dispozici i aktuální videosnímek konkrétního měřeného místa.

6. Příklady využití měření parametrů trolejového vedení v údržbě

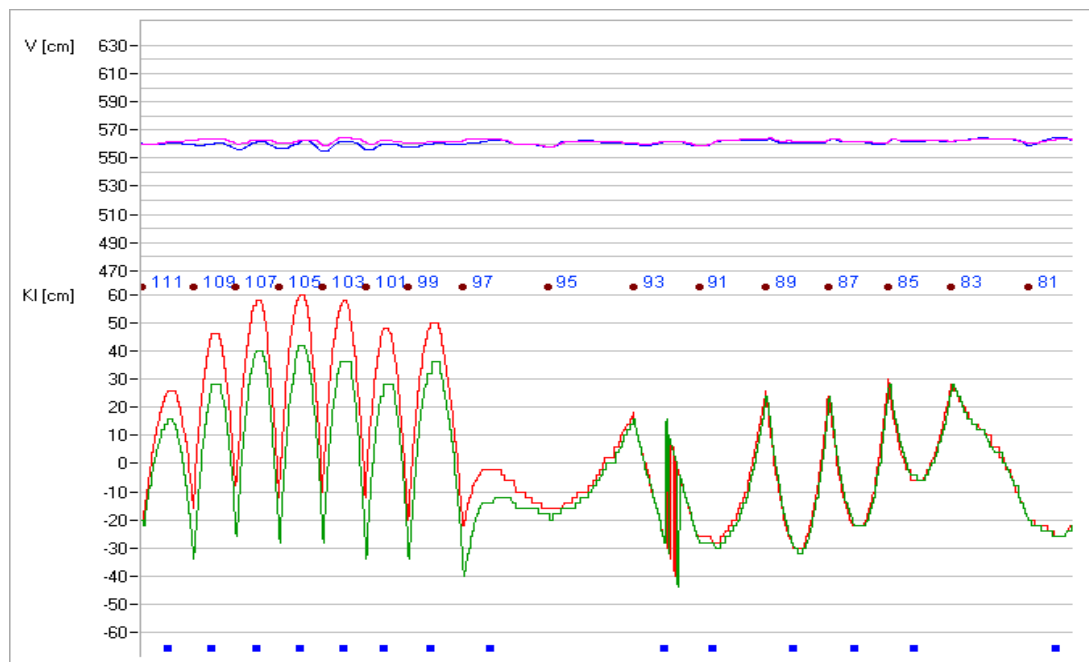
Na následujících obrázcích jsou uvedeny konkrétní případy provedených oprav na trakčním vedení. Na obrázku 5 je uveden případ, kdy klikatost v mezilehlé v oblouku dosáhla hodnoty téměř 60 cm- křivka červené barvy. Po provedené opravě regulací polohy trolejového vodiče se hodnota klikatosti snížila na 42 cm.

Kynšperk nad Ohří – Dasnice 1. Kolej
17.3.2004

— výška
— klikatost

7.12.2004

— výška
— klikatost po regulaci



Obrázek 5 - Oprava hodnoty klikatosti v oblouku změnou polohy úchyty trolejového vodiče v místě bočního držáku

Na obrázku 6 je situace komplikovanější, neboť zde se jedná o chybu v projektu, která byla objevena až jízdou měřicího vozu. Mezi trakční podpěry číslo 134 až 142 bylo nutno vložit ještě jednu a stávající přemístit do nových poloh. Software pro analýzu naměřených parametrů trakčního vedení, který je k dispozici na všech opravách umí řešit i takovýto problém, tj. je možno na základě naměřených hodnot parametrů trakčního vedení vygenerovat data pro novou polohu trakčních podpěr.

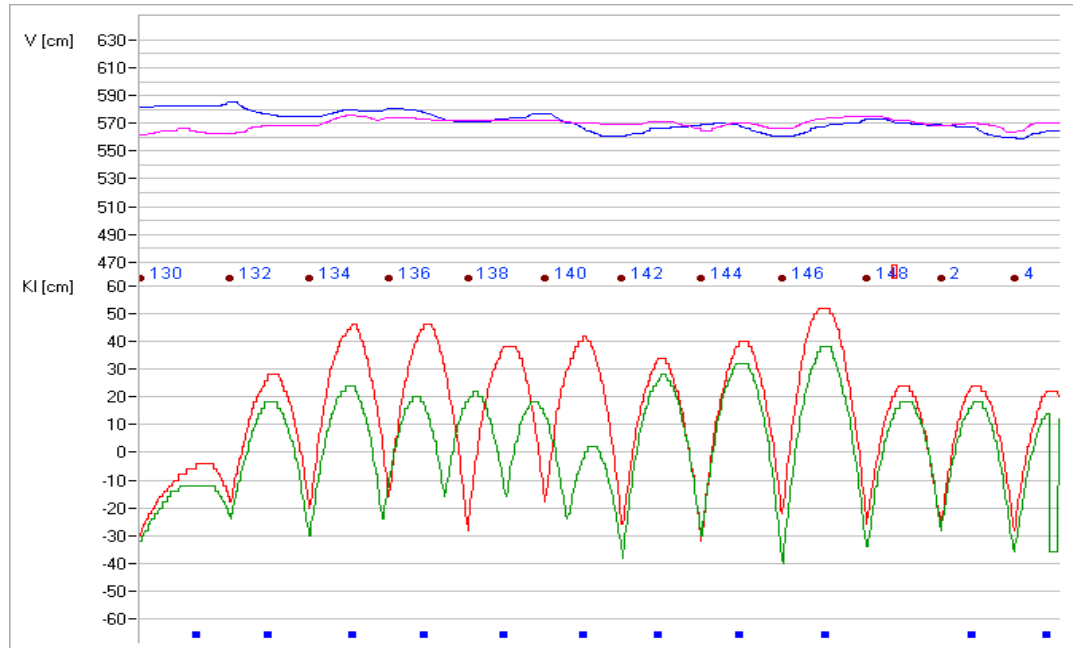
Kynšperk nad Ohří – Dasnice 1. Kolej

17.3.2004

— výška
— klikatost

8.12.2004

— výška
— klikatost po rekonstrukci
(vlození stožáru)

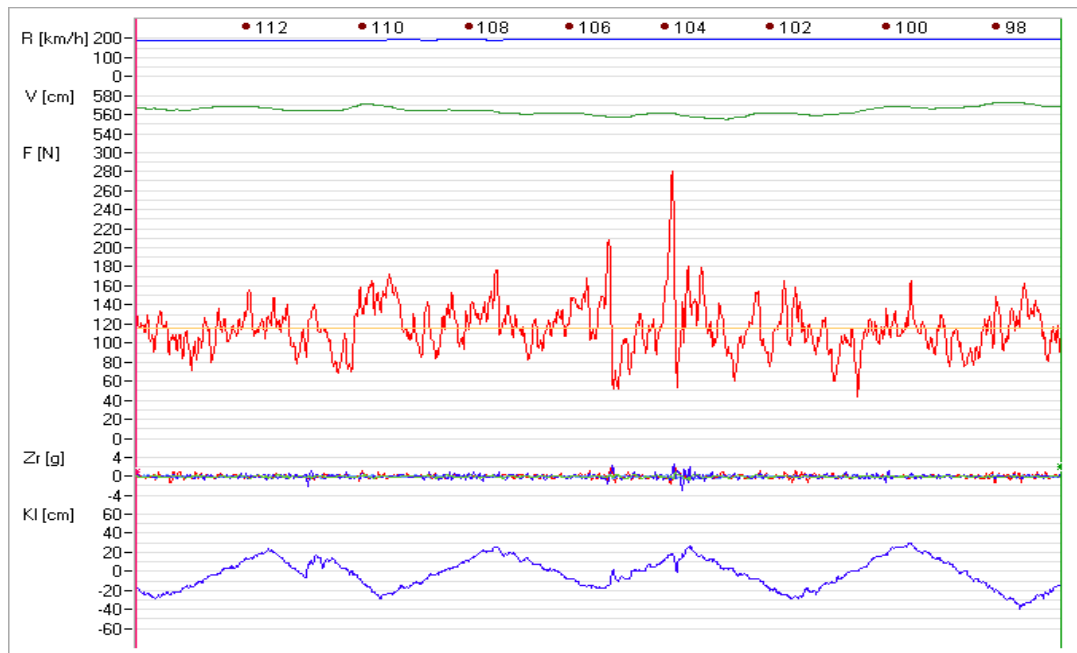


Obrázek 6 - Oprava hodnoty klikatosti v oblouku změnou počtu trakčních podpěr

Samostatnou kapitolou je měření interakce mezi sběračem a trolejovým vedením. Toto měření získává na prioritě při provozu vysokorychlostních tratí. Vadná místa na trolejovém vedení, jejichž původ byl popsán výše, nejsou zjistitelná měření klikatosti a výšky trolejového vedení, ani analýzou videozáznamu, pomíneme-li skutečnost, že analyzovat videozáznam při rychlosti 160 kmh^{-1} a výše je prakticky nemožné.

Výsledkem měření interakce mezi trolejovým vedením a sběračem jsou data obsahující 4 hodnoty sil v bodech úchytu lišt a 8 hodnot zrychlení rovněž v těchto bodech. Současně je pochopitelně měřen průběh výšky trolejového vedení a napětí v trolejovém vedení, průběh klikatosti je následně vypočten z průběhu sil. Vzhledem k velkému množství dat a nedostatečné zkušenosti pracovníků opraven s použitím naměřených dat interakce sběrač-trakční vedení, jsou naměřená data analyzována pracovníky měřicího vozu a do procesu údržby jsou předávány grafy a protokoly, které vymezují oblast nutného zásahu s udání polohy a druhu závady. Toto měření lze provádět i ze sběrače lokomotivy, jak tomu bylo v minulých letech při homologaci jednotek řady 680.

Na obrázku 7 je vidět náhlou změnu přítláčné síly doprovázenou nárůstem zrychlení. Toto bylo způsobeno chybně nastavenými děliči mezi trakčními podpěrami číslo 106 a číslo 104. Při rychlostí 200 kmh^{-1} došlo dokonce k vylomení uhlíkového obložení. Pokud by tato závada nebyla odstraněna, kromě značného opotřebení a případného poškození uhlíkového obložení smykadel sběračů lokomotiv, mohlo dojít i k havárii na trolejovém vedení.

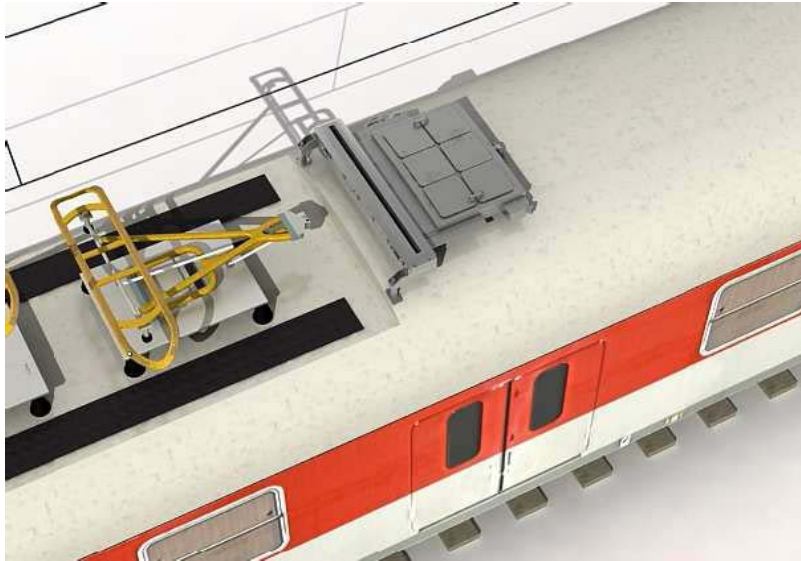


Obrázek 7 - Vliv dynamických vlastností trakčního vedení na přítláčnou sílu mezi sběračem a trakčním vedením

7. Bezkontaktní měření prostorové polohy trolejového vodiče

V bodě 4 je popsána metoda měření prostorové polohy trolejového vodiče. Při tomto měření je měřicí lišta v kontaktu s trolejovým vodičem a mezi měřicí lištou a trolejovým vodičem působí určitá síla, která způsobí jeho nadzvednutí. Pro kontrolu projektovaných hodnot výšky by bylo vhodné měřit výšku trolejového vodiče metodou, která nikterak nepůsobí na trolejový vodič, jinak řečeno, že při měření není měřicí snímač v kontaktu s trolejovým vodičem.

V roce 2009 bylo zakoupeno a instalováno na měřicím voze zařízení pro bezkontaktní měření parametrů trolejového vedení od firmy MERMEC (www.mermec.com). Měřicí zařízení umožňuje kromě měření klikatosti a výšky trolejového vedení měřit i opotřebení trolejového vodiče. Jedná se o optickou metodu měření, která ale vykazuje chyby při měření za plného slunečního svitu a je nepoužitelná za deště a sněžení. Tato metoda není proto vhodná pro pravidelná měření trolejového vedení, protože jak z dopravního, tak ekonomického hlediska nelze tato měření organizovat s ohledem na počasí.

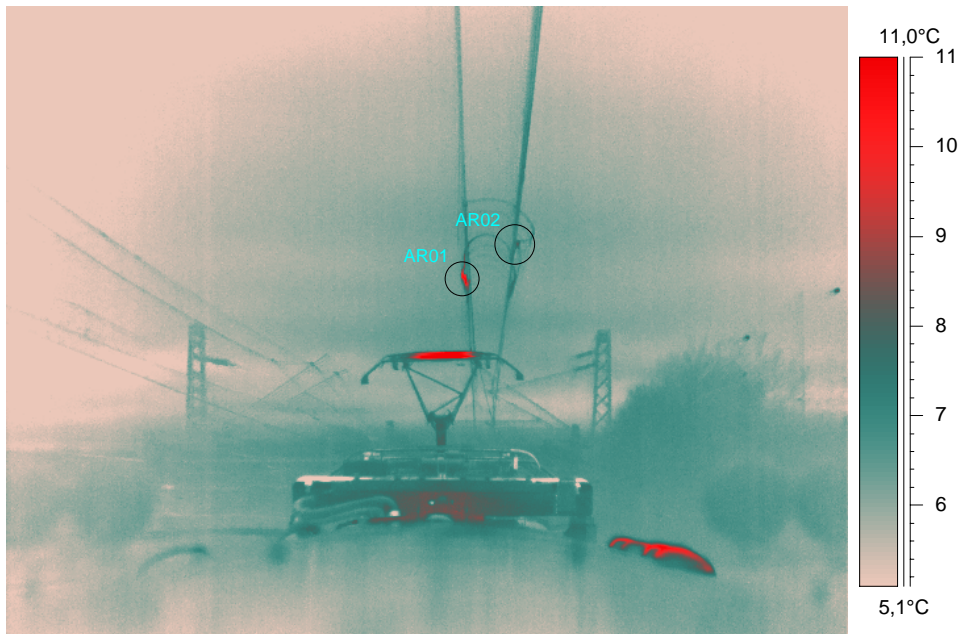


Obrázek 8 - Umístění zařízení pro bezkontaktní měření parametrů trakčního vedení na měřicím voze

8. Termovizní inspekce

Počátkem roku 2009 byla u TÚDC – ÚEE pořízena termovizní technika s příslušenstvím. Hlavním záměrem bylo umožnit snímání teplotního obrazu trakčního vedení za jízdy měřicího vozu tak, aby bylo možno identifikovat a lokalizovat nadměrně oteplené součásti trakčního vedení při pravidelných jízdách měřicího vozu. Dalším záměrem bylo umožnit měření oteplení dle požadavků Oblastních ředitelství na jimi spravovaných zařízeních. Z těchto důvodů byla na měřicím voze nainstalována termovizní kamera s vysokým rozlišením a možností záznamu termografických sekvencí do počítače k následnému zpracování. Lokalizaci dat měřených za jízdy obstarává inerciální navigace s podporou GPS. Montáž systému na měřicí vůz byla provedena v první polovině roku 2009. Součástí systému je i programové vybavení k zachycování měřených dat a k jejich následné analýze. Tyto programy se v současné době stále vyvíjejí.

Přestože je systém stavěný jako bezobslužný, po přenosu naměřených dat na pracoviště musí být naměřená data prohlédnuta pomocí programového vybavení na počítači. Tato prohlídka je časově náročná a vyžaduje znalosti v oblasti termografie. Výstupem jsou termogramy, tedy obrázky míst s nadměrným oteplením a údaje o místě pořízení snímku. Určit závažnost takto nalezených míst není snadné, protože při jízdách měřicím vozem nemůžeme sledovat další potřebné parametry, především proud tekoucí v místě oteplení, dobu jeho trvání a také aktuální rychlost větru, který výrazně ovlivňuje hodnotu oteplení. Oteplení v místě svorky nebo spoje o 5 °C, nebo i méně, pak může indikovat závadu, kterou je potřeba opravit v horizontu několika týdnů.



Obrázek 9 - Příklad termogramu. Snímek pořízený během zkušebního měření, zeměpisná poloha kamery [Loc: 50°5'15.17"N, 14°34'13.833"E](#), spojka proudového propojení, AR01 - max. 11,0 °C, AR02 - max. 8.2 °C

9. Závěr

Aby bylo možno provádět cílenou údržbu trakčního vedení, s minimálními náklady, je nutno na základě měření analyzovat místa závad, určit jejich polohu na trati a tak minimalizovat čas potřebný k identifikaci místa poruchy a jejího odstranění. Je tedy nutné nejen zajistit správnost výsledků měření, ale správně a jednoznačně určit polohu případné závady, s co možná nejvyšší přesností, což se autorům metody popisované v bodě 6 povedlo. Popis software pro následnou analýzu naměřených parametrů trakčního vedení je rozsáhlejší a vymyká se rozsahu této práce. Software umožňuje podrobnou analýzu naměřených parametrů trakčního vedení, tisk protokolárních výstupů a tvorbu dalších podkladů pro údržbu trakčního vedení. Zavedením termovizní inspekce trakčního vedení se v průběhu měřicí jízdy odhalí další závady na trakčním vedení, které by nebylo možné měřením parametrů trolejového vedení nalézt.

Použitá literatura

- [1] VÚD Praha – výzkum součinnosti sběrače proudu s trolejovým vedením, 1974.
- [2] ZBONČÁK, M. – HOLEČEK, M. Measuring and Diagnostic Systems of Overhead Contact Lines for High Speed Lines In *Žilinská univerzita, Veda, vzdelávanie a spoločnosť, 11. medzinárodná vedecká konferencia, 17. – 19. septembra 2003*.

- [3] KAŠTURA, J. Localising the Place of Failure on the Contact Line In *Žilinská univerzita, Veda, vzdelávanie a spoločnosť, 11. medzinárodná vedecká konferencia, 17. – 19. septembra 2003.*
- [4] KONVIČNÝ, Josef – KAŠTURA, Jiří – SEDLÁČEK, Petr. Výsledky zkoušek, měření a diagnostika trakčního vedení měřícími vozy ČD a ÖBB v úseku Břeclav – Vranovce při rychlostech 160 a 200 km/h. *Nová železniční technika, 2002, roč. 10, č. 4, s. 125 – 133. ISSN 1210-3942*

Praha, říjen 2012

Lektoroval: Ing. Petr Chlum
VUZ, a.s.