

„Monitoring přítlačné síly pantografu“

Studie

OBSAH

1	Definice problému podle zadání	5
2	Cíle studie.....	6
3	Stav řešení u SŽDC, s.o. a v zahraničí.....	6
3.1	Stávající stav	6
3.2	Návrh umístění zařízení v síti	7
3.3	Způsoby řešení v zahraničí	9
4	Statistiky poruch trakčního vedení způsobených dopravci	9
5	Návrh řešení, technické parametry, funkce	10
5.1	Detekce vlaku a identifikace	10
5.2	Identifikace pantografů	11
5.3	Snímání rychlosti, směru jízdy a dynamické přitlačné síly	12
5.4	Monitorování přitlačné síly pantografu	12
6	Požadavky na napájení a komunikaci	15
6.1	Napájení.....	15
6.2	Datové připojení.....	16
7	Požadavky na umístění	16
8	Přenos a uložení dat	18
8.1	Vazba na technologický server ROSA.	18
8.2	Struktura dat	18
9	Identifikace vozidel a přiřazení dat	19
10	Využití získaných dat	21
10.1	Cílové skupiny pracovníků SŽDC,s.o.	23
11	Rizika projektu.....	23
12	Závěr.....	24

Seznam obrázků a tabulek

Obr. č.1	Mapa sítě zařízení pro monitorování přitlačné síly	7
Tab. č.1	Umístění monitorovacího zařízení pantografů a trakčního vedení	8
Tab. č.2	Počet poruch a nehod	10
Tab. č.3	Počet poruch podle příčin.....	10
Obr. č.2	Blokové schéma možného umístění zařízení	11
Obr. č.3	Příklad korekční křivky	14

Obr. č.4 Lokální solární napájení.....	15
Obr. č.5 Blokové schéma sestavy zařízení.....	16
Obr. č.6 Informační vazby.....	17
Obr. č.7 Příklady umístění identifikačních prvků RFID na vozidle a v kolejišti [10]	19
Obr. č.8 Zařízení StarCam pro optické čtení čísel železničních vozidel.....	20
Obr. č.9 Průběh pružnosti vedení.....	22

Přílohy

A – Monitorovací systémy Micronor (CH)

A1 - Monitorování přítláčné síly pantografu pomocí zdvihu trolejového vedení

A2 - Monitorování teploty troleje

A3 - Monitorování dynamické síly přítlaku pantografu

A4 - Další snímače na optickém principu

B - Zařízení Sicat PMS Siemens

C – Kolejnicové doteky

Použité zkratky

ComposT	CompositionTrain (databázový systém pro evidenci složení vlaků)
EHV	Elektrické hnací vozidlo
ESA	Elektronické stavědlo AŽD Praha s.r.o.
GTN	Graficko-technologická nadstavba
ISOŘ	Informační systém operativního řízení
OAE	Odbor automatizace a elektrotechniky
OZ	Optická závora
PMS	Systém monitorování pantografů
ROSA	Server ROSA – koncentrátor dat z indikátorů horkoběžnosti a plochých kol
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
TÚDC	Technická ústředna dopravní cesty
VZO	Velký zkušební okruh VÚŽ v Cerhenicích
ŽDC	Železniční dopravní cesta
ŽZO	Železniční zkušební okruh VÚŽ v Cerhenicích

Úvod

V souvislosti se zadáním zakázky SŽDC, státní organizace pod názvem „Monitoring přitlačné síly pantografu“ řeší tato studie stávající situaci v problematice sledování přitlačné síly pantografu jedoucích elektrických hnacích vozidel (EHV) v síti SŽDC,s.o., příklady ze zahraničí a možnosti řešení zadaného úkolu v podmínkách provozu na železničních tratích v České republice.

1 Definice problému podle zadání

Obecně specifikované body pro řešení úkolu jsou uvedeny ve výzvě k podání nabídky na podlimitní veřejnou zakázku sektorového zadavatele na služby pod názvem „Monitoring přitlačné síly pantografu“, zveřejněné dne 14.5.2013 pod č.j. S 17939/2013-OAE. Vítězem soutěže se stala společnost Elektrizace železnic a.s. se sídlem v Praze, číslo rozhodnutí SŽDC,s.o. S 30618/2013-OAE.

Ze zadání vyplývají následující podmínky:

- Detekce vlaku a identifikace označení EHV nebo elektrické jednotky.
- Identifikace počtu činných pantografů na EHV , elektrické jednotce nebo vlaku a jejich vzájemná vzdálenost.
- Snímání rychlosti, směru jízdy vlaku a dynamické přitlačné síly, kterou působí pantograf v určeném místě na trolejový vodič (zařízení musí spolehlivě zjistit hodnotu přitlačné síly do rychlosti 200 km/hod, a to i za nepříznivých povětrnostních podmínek jako jsou vítr, déšť, sněžení apod.).
- Měření zdvihu trolejového drátu při průchodu pantografu kontrolním bodem.
- Měření teploty trolejového vodiče v daném místě.
- Možnost přenosu získaných informací protokolem (podle ČSN EN 60870-5-104 ed.2) s napojením na systém dálkového řízení infrastruktury.
- Vizualizace získaných výsledků (popis fungování softwaru pro zpracování a hodnocení získaných dat).
- Návrh algoritmu pro přepočtení zjištěné dynamické přitlačné síly působící na trolejový vodič při dané rychlosti vlaku na statickou přitlačnou sílu, na kterou má vozidlo nastaven pantograf (sloužilo by pro kontrolu), podle ČSN EN 50367 ed.2 v závislosti na trakční soustavě.
- Ukládání a archivace dat.

V zadání jsou citovány následující normy:

ČSN EN 60870-5-104 ed.2 – Systémy a zařízení pro dálkové ovládání – Část 5-104:Přenosové protokoly – Síťové přístup pro IEC 60870-5-101 používající normalizované transportní profily.

ČSN EN 50367 ed.2 – Drážní zařízení – Systémy sběračů proudu – Technická kritéria pro interakci mezi pantografovým sběračem a trolejovým vedením (pro dosažení volného přístupu).

2 Cíle studie

Cílem studie je navrhnout instalaci technického zařízení, které bude ve vybraných bodech nepřetržitě kontrolovat velikost přitlační síly pantografu působící na trolejový vodič a zdvih trolejového vodiče při jízdě EHV a zajistit tak podmínky pro bezporuchový provoz trakčního vedení. V konečném důsledku bude cílem systému přenést získané informace do systému řízení infrastruktury a tak kontrolovat za provozu stav EHV, což umožní včas zasáhnout v případech, kdy nejsou dodrženy normami stanovené hodnoty přitlačné síly.

3 Stav řešení u SŽDC, s.o. a v zahraničí

3.1 Stávající stav

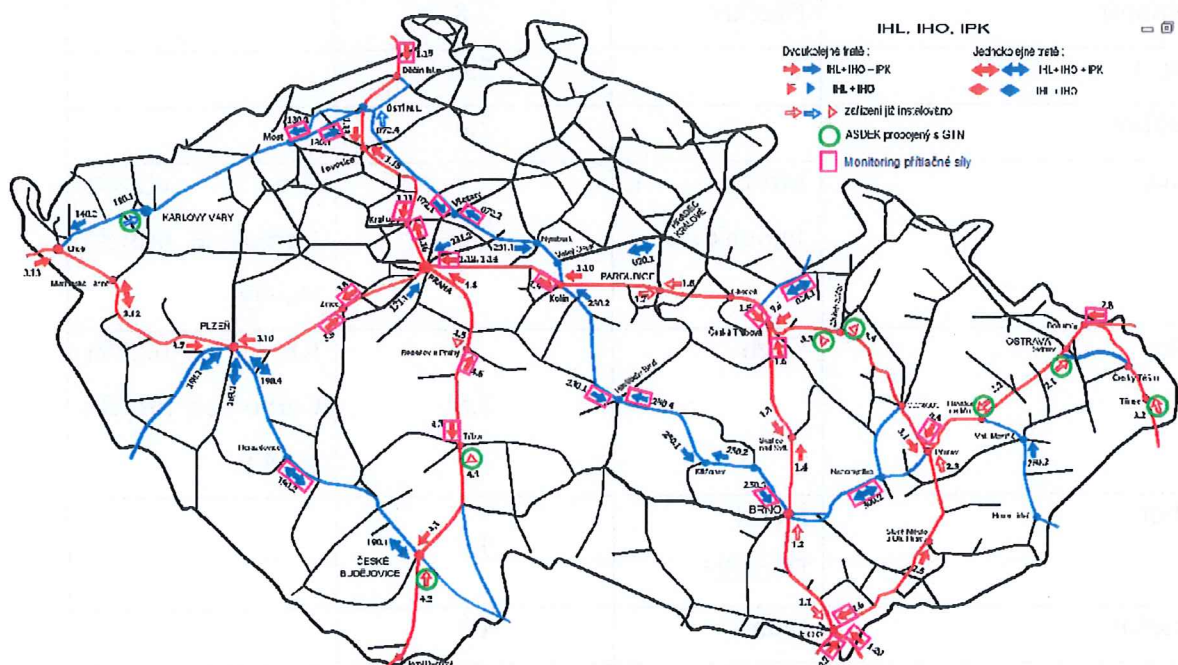
Při průjezdu vlakových souprav s elektrickou trakcí po ŽDC dochází vzájemnou interakcí kontaktní lišty pantografu a trolejového vodiče k opotřebení obou kontaktních povrchů. Toto opotřebení je přímo úměrné přitlačné síle pantografu. Přítlak pantografu musí být sice nastaven tak, aby zajistil dobrý kontakt pantografu s trolejí i při možných nerovnostech kolejového svršku, ale při větších hodnotách přítlaku dochází k většímu opotřebení trolejového vedení a to velmi progresivně. To pak vede k vyšším nákladům na údržbu a opravy trolejového vedení. Kromě toho dochází při nesprávně nastaveném přítlaku k nepřiměřenému nadzvednutí trolejového vodiče a vzniku nebezpečí navlečení sběrače v nájezdech (křížení trolejových vodičů nad výhybkami) nebo kontaktu sběrače s jinou částí trakčního vedení (upevnění bočního držáku, izolátorem ve výměnném poli dělení TV apod.) a následným haváriím. Efekt se zvětšuje v soupravách vlaků s více činnými sběrači a při vyšší rychlosti. Pokud je reálné, že některé vlakové soupravy mají nastaven přítlak pantografu vyšší

než je určité technické optimum je potřeba takové situace monitorovat a příslušné přepravce na to upozorňovat, případně je penalizovat.

V současné době není v železniční síti SŽDC, státní organizace provozováno žádné zařízení pro sledování přitlačné síly pantografu elektrických hnacích vozidel při jejich jízdě na tratích. Z toho důvodu nelze kontrolovat nastavení přitlačných sil pantografů vozidel pohybujících se v síti. Tato skutečnost ztěžuje vyšetřování vzniklých mimořádností, kdy dojde k poškození trolejového vedení a určení příčiny a viníka nehody. Instalací zařízení, které tuto kontrolu umožňuje, by se předešlo anebo alespoň omezilo poškozování trakčního vedení provozováním nesprávně nastavených přitlačných sil pantografů.

3.2 Návrh umístění zařízení v síti

Z výše uvedených důvodů navrhl Odbor automatizace a elektrotechniky SŽDC,s.o. lokality pro umístění těchto zařízení tak, aby byla pokryta co největší část železniční sítě s důrazem na hlavní tratě.



Obr. č.1 Mapa sítě zařízení pro monitorování přitlačné síly

Tab. č.1 Umístění monitorovacího zařízení pantografů a trakčního vedení.

Umístění před žel. stanicí	Směr	Označení diagnostického bodu podle směrnice č. 36/2008	Poznámka
Česká Třebová	Děčín	1.6	
Běchovice		1.12	2. traťová kolej
Běchovice		1.14	0. traťová kolej
Kralupy nad Vltavou		1.16	
Břeclav		1.20	
Děčín	Břeclav	1.15	
Kralupy nad Vltavou		1.11	
Kolín		1.9	
Česká Třebová		1.5	
Břeclav	Bohumín	2.7	
Bohumín	Břeclav	2.8	
Přerov		2.4	
Břeclav		2.6	
Zdice	Mosty u Jablunkova	3.5	Km 62,891 Cerhovice, projekt stavby
Zdice	Cheb	3.8	Km 62,891 Cerhovice, projekt stavby
Tábor	Horní Dvořiště	4.3	
Benešov	Praha	4.6	
Všetaty	Kolín	072.1	
Všetaty	Děčín Východ	072.2	
Havlíčkův Brod	Brno	230.1	

Brno – Královo Pole		250.3	
Havlíčkův Brod	Kolín	250.4	
Ústí nad Labem Západ	Ústí nad Labem	130.1	
Most	Cheb	130.2	
Horažďovice	Jednokolejná trať	190.2	
Nezamyslice	Jednokolejná trať	300.2	
Lichkov	Jednokolejná trať	024.1	

3.3 Způsoby řešení v zahraničí

V zahraničí se již provádí monitorování určitých fyzikálních veličin a provozních stavů vyvolaných projíždějí vlakovou soupravou jak na trolejovém vedení, tak na vlastních kolejnicích. Jednotlivé systémy jsou ve větší či menší míře nasazovány podle potřeb národních správců infrastruktury.

Pro monitorování přítláčné síly pantografu se dosud používají nepřímé způsoby monitoringu pomocí zdvihu trolejového vedení způsobeného projíždějí vlakovou soupravou v místě měření. Známý jsou dva systémy snímání zdvihu troleje jeden je založen na speciálním optickém snímači typu enkodér a druhý je na principu laserového měřiče vzdálenosti.

4 Statistiky poruch trakčního vedení způsobených dopravci

Pro ilustraci závažnosti sledované problematiky týkající se poškozování trakčního vedení jsou dále uvedeny statistiky z materiálů SŽDC,s.o. Z prezentovaných údajů vyplývá, že se počty poruch zvyšují a představují tak značný vliv na provoz.

Tab. č.2 Počet poruch a nehod

Odpovědnost	2012	k 31.7.2013
Obsluha EHV	61	28
Technický stav EHV	85	51
Celkem	146	79

Tab. č.3 Počet poruch podle příčin

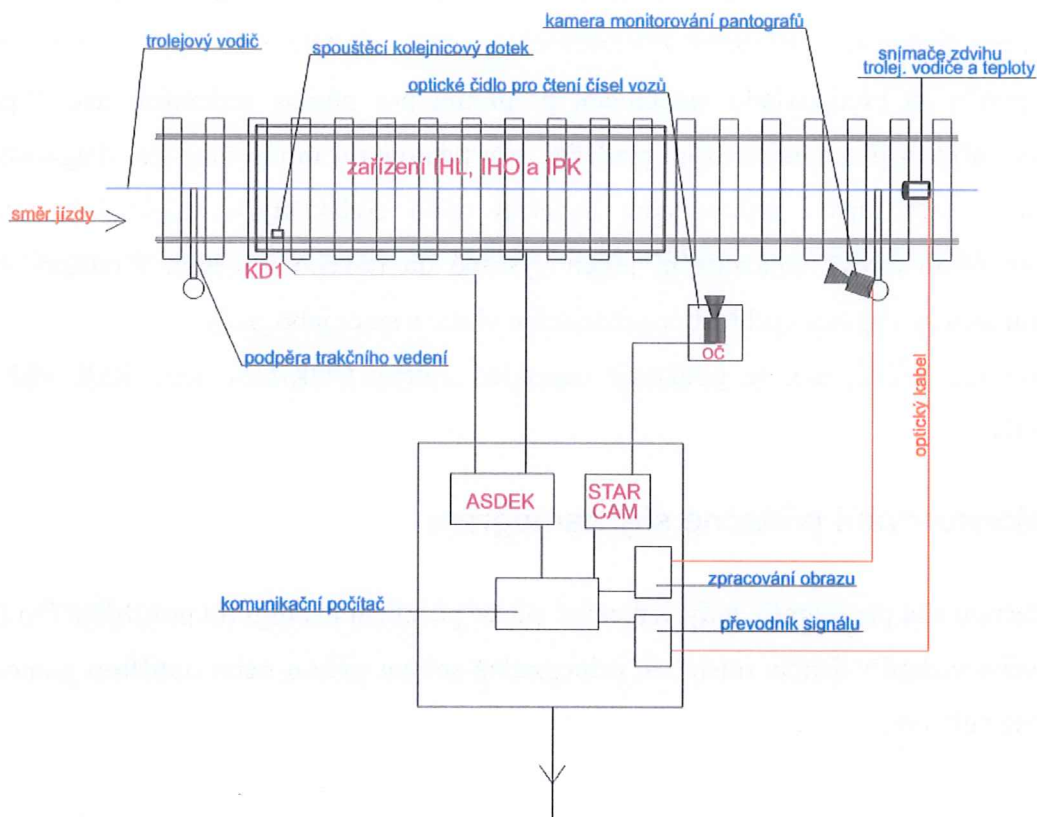
Příčina	2008	2011	2012	k 31.7.2013
Vadné obložení sběrače	11	19	12	1
Závada na sběrači EHV	15	27	30	19
Zkrat v motorové jednotce EHV	3	2	18	16
Nerespektování návěstidla pro elektrický provoz	11	11	33	17
Přepálená trolej při svěšování/odvěšování EHV	-	-	6	-

5 Návrh řešení, technické parametry, funkce

5.1 Detekce vlaku a identifikace

Prvotní podmínku pro použití zařízení pro monitorování pantografů je detekce vlaku a identifikace hnací jednotky nebo elektrické jednotky. V navrhovaném řešení se předpokládá umístění zařízení v bodech instalace indikátorů horkoběžnosti a plochých kol, kde jsou podmínky pro detekci a identifikaci částečně splněny. Jednak jsou zde instalovány kolejnicové doteky pro detekci průjezdu náprav vlaku a vazba na zabezpečovací zařízení prostřednictvím GTN, která poskytuje informaci o čísle vlaku projíždějícího místem detekce.

Kromě toho se předpokládá instalace optického čtení čísel vozů, která by umožňovala přímou identifikaci hnacího vozidla (viz Obr. č.2).



Obr. č.2 Blokové schéma možného umístění zařízení

Pro zvýšení spolehlivosti identifikace se ještě předpokládá zpracování vazeb na informační systémy operativního řízení dopravy (viz odstavec 8).

5.2 Identifikace pantografů

Součástí přiřazení naměřených hodnot a údajů ke sledovanému objektu je i identifikace pantografů v pracovní poloze a jejich vzájemná vzdálenost. Tato skutečnost má vliv na vzájemnou interakci sběračů a trakčního vedení, protože při současném působení více činných sběračů v určitých vzdálenostech od sebe může docházet k rozkmitání sestavy trolejového vedení, s nepříznivými důsledky na jeho provozuschopnost. Pro sledování tohoto stavu lze využít vhodně umístěnou optickou závoru OZ.

5.3 Snímání rychlosti, směru jízdy a dynamické přitlačné síly

Informace o rychlosti a směru jízdy jsou pro každý průjezd vlaku k dispozici v datech zařízení pro diagnostiku jedoucích železničních vozidel – viz Obr. č 2. Pro účely této aplikace je lze použít za předpokladu zpracování programu pro přenos získaných dat. V případě instalace zařízení pro monitorování přitlačné síly pantografu mimo umístění diagnostických systémů je tato funkce nahraditelná instalací dvou dodatečných kolejových doteků a hardwarové/softwarové zpracování jejich výstupů do nového systému. Z odezvy signálů obou snímačů se vypočte rychlost projíždějícího vlaku a směr jeho jízdy.

V provozu SŽDC, s.o. se používají například doteky COK/HSI nebo RSR 180 – viz příloha C)

5.4 Monitorování přitlačné síly pantografu

Přítlačnou sílu pantografu, tedy vzájemné silové působení pantografu projíždějícího EHV a trolejového vedení v daném místě lze principiálně snímat **přímo** nebo **nepřímo** pomocí jiné odvozené veličiny.

Přímá metoda absolutní vyžaduje obecně umístění snímače síly na trolejové vedení tak, aby snímal absolutní hodnotu vektoru síly ve směru působení pantografu. Princip měření síly spočívá v tom, že síla působící na snímač způsobuje vratnou deformaci snímacího elementu, která je současně proporcionálně převáděna na odpovídající elektrický signál. Na tomto principu pracují například tenzometrické nebo piezoelektrické snímače. To ovšem předpokládá, že v daném místě měření by musel být snímací element upevněn na nějaký pevný montážní bod. Ten by ale znemožňoval pohyb (zdvih) troleje v místě měření. Fixace troleje do pevného bodu by však znamenala z hlediska drážního provozu omezení, protože by v tomto místě muselo být vyžadováno podstatné omezení rychlosti projíždějícího EHV. To je zásadní nevýhoda této metody, která se tak pro univerzální použití stává nepoužitelnou.

Přímá metoda relativní. Pokud bychom se chtěli vyhnout vytvoření pevného bodu v místě měření, a tím nucenému provoznímu omezení rychlosti projíždějícího EHV, je možno uvažovat ještě o relativním snímání přitlačné síly. V tomto případě by snímač síly byl namontován mezi trolejové vedení a kyvné rameno vhodné konstrukce, které by umožňovalo pohyb trolejového vedení působením pantografu ve vertikální rovině. Takto aplikovaný snímač síly by pak neměřil absolutní hodnotu síly přítlaču pantografu, ale dynamickou

hodnotu síly, která je sice úměrná přítlačné síle pantografu, ale ve skutečnosti odpovídá druhé derivaci zdvihu trolejového vedení podle času. Přitom se předpokládá, že hmotnost pohybující se soustavy trolejového vedení, jeho závěsů a kyvného ramena snímače je v měřeném úseku konstantní. Je známo, že tento způsob měření síly byl zkušebně aplikován v zahraničí (viz příloha A).

Nepřímá metoda. Vzhledem k tomu, že působením pantografu při průjezdu EHV dochází ke zdvihu trolejového vedení, jehož hodnota je úměrná přítlačné síle pantografu, je možno místo měření síly nepřímo snímat velikost zdvihu troleje jako poměrné veličiny. Tato metoda se v zahraničí nejvíce používá. Je komplexnější, protože průběh signálu poskytuje více informací. Známý jsou konkrétně dva způsoby snímání zdvihu trolejového vedení: snímač na principu optického enkodéru (viz příloha A) a laserové snímání zdvihu (viz příloha B). Rozšířen je zejména první způsob, který je aplikován na desítkách měřicích míst. Monitorovací systém založený na této metodě pak nevyhodnocuje jen maximální hodnotu zdvihu troleje, ale zaznamenává v reálném čase celkový průběh zdvihu troleje a z časového grafu lze pak posoudit například také kvalitu povrchu kontaktní lišty pantografu, kdy se při klikatosti zavěšení troleje drát posouvá přes celou šířku lišty a případné nerovnosti nebo defekty se projeví na grafickém průběhu jako zřetelné kmity. Dynamicky je možno na grafu sledovat při vyšších rychlostech vlnu, kdy pantograf vlivem tření tlačí drát troleje před sebou a vektor síly vzájemného působení má i dopřednou složku.

Vyhodnocení a kalibrace. Přímá relativní metoda měření síly pantografu a nepřímá metoda neměří absolutní hodnotu síly, ale poměrnou veličinu. Naměřená hodnota je pak ovlivněna ještě dalšími faktory. Velikost snímané poměrné veličiny nezávisí tak jen na přítlačné síle pantografu, ale jistý vliv má i faktor rychlosti projíždějící soupravy. S ohledem na fyzikální vlastnosti celé mechanické soustavy zavěšení troleje v daném místě lze prakticky vysledovat určitou nelineární závislost měřené veličiny na rychlosti projíždějícího EHV.

V každém měřeném bodě se uplatňují setrvačné hmoty trolejové soustavy, vlastnosti zavěšení troleje, napínací síly, tuhost a pružnost trolejového vedení a další faktory. Pro měření v jednotlivých místech proto není možné stanovit univerzální algoritmus pro přepočet snímané poměrné veličiny (dynamická přítlačná síla nebo zdvih troleje) při dané rychlosti vlaku na absolutní (statickou) přítlačnou sílu. I kdyby byl teoreticky vytvořen matematický model určité trakční soustavy, skutečné vlastnosti každého měřicího místa budou ovlivněny

mnoha individuálními faktory a budou se v mnoha parametrech odlišovat tak, že by každý ryze teoretický výpočet byl zatížen větší či menší chybou.

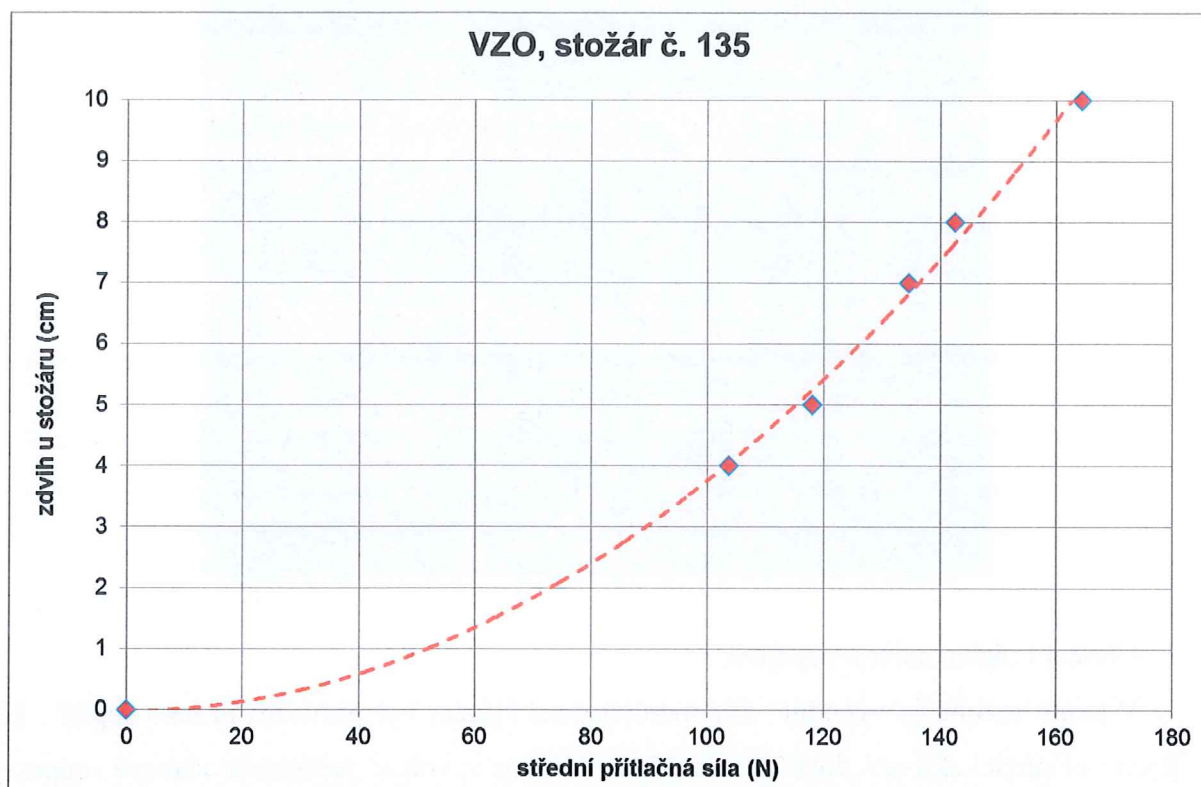
Charakteristickým parametrem pro určitou část trolejového vedení je její pružnost, která závisí na geometrii rozložení věšáků a jejich zatížení, síle napnutí nosného lana a trakčního vodiče a měrné hmotnosti trakčního vodiče i na parametrech konstrukce trakčního vedení v určeném místě (délka rozpětí, vedení s nebo bez přídatných lan, trať v přímém směru nebo v oblouku). Tyto údaje je možno v daném místě empiricky zjistit. Závislost pružnosti trakčního vedení na ostatních dílčích parametrech je podrobně matematicky popsána v kapitole 10. Uvedené vztahy platí pro menší a střední rychlosti projíždějící soupravy. Při velkých rychlostech se budou více uplatňovat dynamické síly setrvačných hmot trakčního vedení a případně i aerodynamické vlastnosti pantografu.

Pro převod naměřených hodnot zdvihu trolejového vodiče na přítlačnou sílu při vyšších rychlostech bude proto nutno sestavit kalibrační křivky, které budou pro každé měřicí místo rozdílné. Pro sestavení přesné kalibrační křivky je nutno provést experimentální zjištění při různých rychlostech a přítlačných silách.

K tomu by bylo možné využít měřicí vůz, který má nastavitelnou sílu přítlaku a nechat jej projíždět měřicím místem různými rychlostmi při různých hodnotách přítlaku a tímto způsobem dané měřicí místo kalibrovat. Výsledky takových měření jsou popsány v dostupné literatuře [11]. V České republice byla podobná měření prováděna v rámci rekonstrukce trakčního vedení na velkém zkušebním okruhu VÚŽ v Cerhenicích. Z hodnot zjištěných těmito měření po jejich případném doplnění pro nižší rychlosti by bylo možno zkonstruovat typovou kalibrační křivku. Pro její implementaci na konkrétní měřicí místo na trati by potom stačilo použít údaje z rutinní jízdy měřicího vozu, čímž by došlo ke značným úsporám nákladů na podrobná měření na všech místech monitorování.

Pro interpolaci mezi naměřenými body kalibračních křivek je vhodné použít dynamických simulačních výpočtů spolupráce sběrače s vedením, vyvinutých v EŽ Praha při ověřování parametrů nových typů vedení J250 a S260.

Při vyšších rychlostech (cca 140 km/h a více) z důvodu blízkosti rezonanční rychlosti dochází k fázovým posunům maxima zdvihu trolejového drátu v rozpětí od středu ke stožáru. Zdvih u stožáru je pak i při shodné střední přítlačné síle pro různé rychlosti různý. Tento jev je obzvlášť patrný u vedení bez přídatných lan. V závislosti na snímané rychlosti by proto systém měl volit různé kalibrační křivky. Pro přesný popis této rychlostní závislosti lze opět použít dynamických simulací.



Obr. č. 3 Příklad kalibrační křivky (Zdroj dat: měření TÚDC na ŽZO)

6 Požadavky na napájení a komunikaci

6.1 Napájení

V záměru OAE se uvažuje s umístěním monitorovacího zařízení do míst instalace diagnostiky železničních vozidel, kde je k dispozici potřebný výkon pro napájení zařízení, jehož spotřeba představuje řádově jednotky wattů.

V případě samostatné instalace je možné systém napájet ze slunečních kolektorů se zálohou v bateriích. Tento způsob se využívá i v zahraničí. Následující obrázek je pohled na konkrétní měřicí místo v Itálii (RFI), kde se optickým enkodérem snímá zdvih trolejového vedení a současně jeho teplota (rovněž opticky). Celý monitorovací systém je lokálně napájen slunečním kolektorem se záložní baterií :



Obr.č.4 Lokální solární napájení

V tomto režimu je výhodné, aby monitorovací systém byl provozován jako „spící“, kdy k jeho okamžité aktivaci dochází na základě události vyvolané průjezdem vlakové soupravy. V záložním režimu (standby) má systém redukováný příkon. Prahovou úroveň měření pro aktivaci systému je možno individuálně nastavit.

6.2 Datové připojení

Připojení na datovou síť je uvažováno prostřednictvím stávajícího napojení diagnostických zařízení železničních vozidel do technologického serveru (ROSA), který je umístěn na TÚDC. Na tomto serveru jsou všechna diagnostická data ukládána, zálohována a tříděna podle potřeby jednotlivých uživatelů. Z něho jsou potom data filtrována a přenášena protokolem 104 dle ČSN EN 60870-5-104,ed.2 uživatelům.

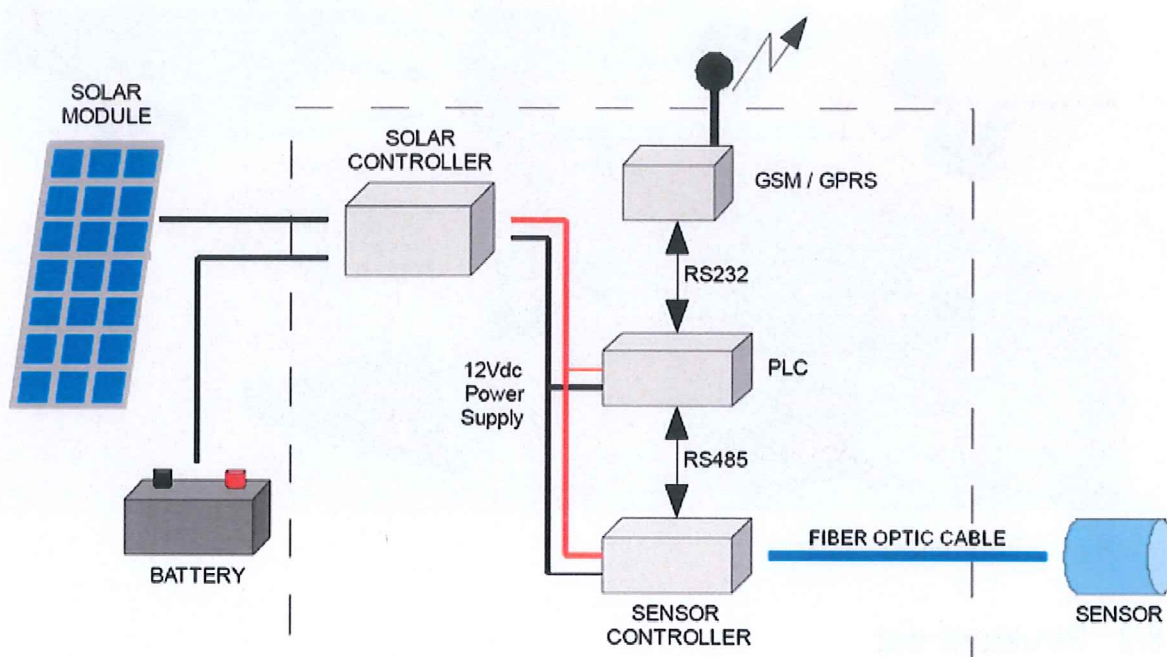
7 Požadavky na umístění

Umístění snímačů a jejich upevnění na trolejovém vedení je dáno technickou dokumentací výrobce. Přívodní optické kabely ke snímačům mohou být až 7 kilometrů dlouhé (viz příloha A) a mohou tak být ukončeny v relativně vzdáleném technologickém domku, kde je umístěno vyhodnocovací zařízení.

Alternativně je možné vyhodnocovací část včetně napájení umístit na sloupu trakčního vedení a data přenášet bezdrátovým přenosem. Konkrétní místo instalace zařízení by mělo být

co nejvíce reprezentativní, tzn. mimo vlivy narušující přesnost měření. Těmito vlivy jsou nejen výměnná pole, děliče, trolejová křížení, ale i oblouky, mosty, tunely a nízké podjezdy. Pro co nejrovnoměrnější závislost mezi zdvihem a přitlačnou silou je též vhodné montovat zařízení na vedení s přídatnými lany.

Následující schéma znázorňuje jako příklad strukturu monitorovacího systému na principu optického snímače. V rozvaděčové skřínce na patě sloupu trakčního vedení je umístěna vyhodnocovací jednotka optického snímače připojeného optickým kabelem, jednotka PLC, modem GSM /GPRS pro bezdrátovou komunikaci s datovou sítí a regulovaný napájecí zdroj. Celý systém je napájen slunečním kolektorem se záložní olověnou baterií (Highpuritytin-leadalloy) 55Ah, která je umístěna v samostatné rozvaděčové skřínce.

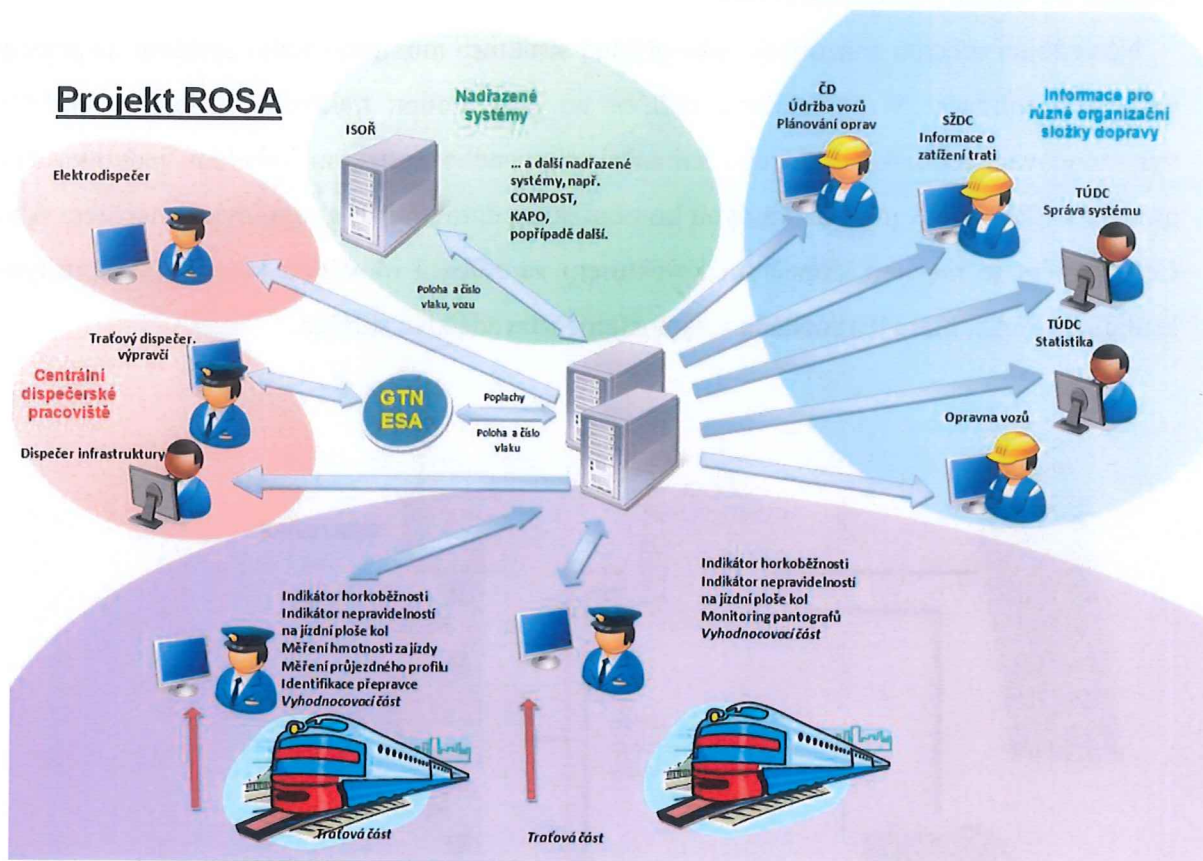


Obr. č.5 Blokové schéma sestavy zařízení

Vzhledem k použití optických snímačů a kabelů je zařízení odolné vůči povětrnostním vlivům a elektromagnetickému rušení.

8 Přenos a uložení dat

8.1 Vazba na technologický server ROSA.



Obr.č.6 Informační vazby

8.2 Struktura dat

Pro potřeby vyhodnocení závad pantografů budou ukládána tato data:

a) Identifikační údaje

- a. Čas
- b. Místo
- c. Sestava zařízení
- d. Číslo vlaku (tam, kde je k dispozici GTN; IS)
- e. Identifikace EHV (provozní IS, optické čtení)

b) Měřená data

- a. Průběh měření zdvihu trol. vodiče při průjezdu vlaku
- b. Průběh měření teploty trol. vodiče
- c. Maximální hodnota zdvihu

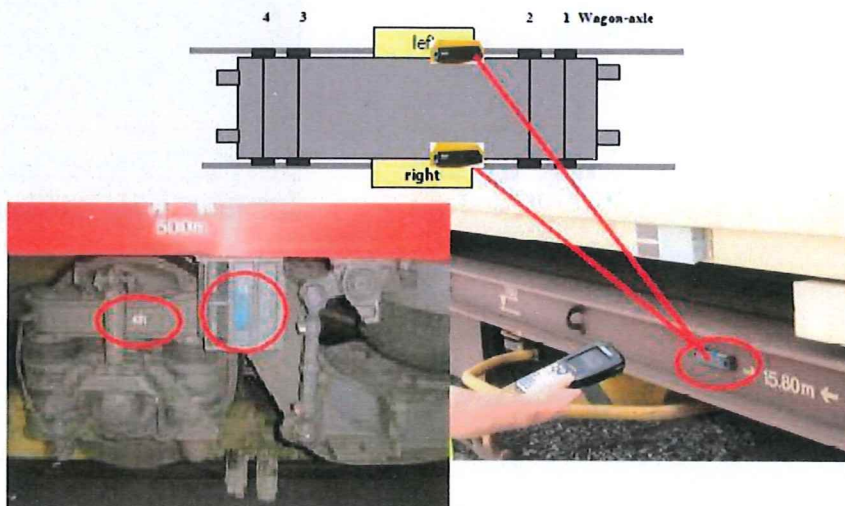
- d. [Maximální hodnota dynamické přitlačné síly (svislé a boční)]
- e. Maximální hodnota teploty
- f. Alarmy při překročení nastavených limitů
- g. Rychlost jízdy
- h. Směr jízdy
- i. Počet pantografů v pracovní poloze
- j. Informace z projektu PMS

9 Identifikace vozidel a přiřazení dat

Velmi důležitým požadavkem pro optimální využití získaných dat je jejich přiřazení ke konkrétním vozidlům. Jedině tak může být dále racionálně postupováno při dohledávání konkrétních případů. Dosud používané způsoby identifikace vozidel u používaných diagnostických zařízení pro zjišťování horkoběžnosti a plochých kol založené na údajích o místě detekce, času průjezdu vlaku, jeho směru a pořadí nápravy od začátku a od konce vlaku těmto požadavkům nevyhovují.

Na tratích vybavených dálkovým ovládáním zabezpečovacího zařízení s přenosem čísla vlaku lze pro tento účel využít graficko-technologickou nadstavbu (GTN), ze které lze přenést informaci o čísle vlaku a alokovat ji k údajům z měřících systémů podle místa, koleje, směru jízdy, pořadí vlaku v mezistaničním úseku a času průjezdu diagnostickým místem.

Ideálním prostředkem pro tento účel je přímá identifikace pomocí pevně umístěných označovacích prvků na vozidle – radiové frekvenční identifikátory (RFID) a čtecích zařízení umístěných v místě snímání dat. Podmínkou tohoto způsobu je vybavení všech vozidel v síti jednotným systémem označení vozidel, které je ale v dohledné době nereálné z důvodu rozsáhlosti vozového parku a množství různých dopravců.





Obr. č.7 Příklady umístění identifikačních prvků RFID na vozidle a v kolejišti [10]

Dalším prostředkem umožňujícím přímou identifikaci vozidel je optické čtení. Zařízení tohoto typu je u SŽDC,s.o. v ověřovacím provozu pod názvem StarCam v rámci projektu „ARVIS Automatická identifikace železničních vagonů a rozpoznání UIC kódů“. Princip zařízení spočívá ve snímání projíždějícího vlaku rychloběžnou kamerou a ze získaných fotografií se softwarově vytřídí a určí identifikační kódy UIC, kterými jsou označeny všechny železniční vozy a hnací vozidla. Potíže s určením čísla vozu nebo hnacího vozidla nastávají v případě znečištění vozidla nebo zakrytím čísla nějakou jeho součástí.

Způsob označování lokomotiv a hnacích vozů je stanoven vyhláškou UIC č. 438-3.

Za optické čtení lze považovat i pořízení fotografie hnacího vozidla při jeho průjezdu místem snímání dat a rovněž softwarovým vyhodnocením jeho identifikačního čísla.



Obr. č.8 Zařízení StarCam pro optické čtení čísel železničních vozidel

Pro identifikaci železničních vozidel lze rovněž využít informační systémy pro řízení dopravy, které obsahují informace o řazení vlaků. Podmínkou však je správné spárování dat

podle místa, času a směru jízdy vlaku v místě detekce. V provozovaných systémech však nejsou zaneseny soupisy všech vlaků. Řešením tohoto problému by mohla být kombinace uvedených způsobů.

10 Využití získaných dat

Za předpokladu měření zdvihu trolejového vodiče z důvodů uvedených v kapitole 5.4 jako vhodného způsobu pro určení přitlačné síly pantografu na trakční vodič musíme vycházet z obecně platných vztahů pro pružnost trakčního vedení při nižších rychlostech:

$$(1) \quad e_{max} = \frac{\Delta h_{max}}{F_M} \quad [\text{mm/N}]$$

kde: e_{max} – maximální pružnost trakčního vedení
 Δh_{max} – maximální zdvih trakčního vodiče
 F_M – střední přitlačná síla

Podobně pro minimální pružnost trakčního vedení platí:

$$(2) \quad e_{min} = \frac{\Delta h_{min}}{F_M} \quad [\text{mm/N}]$$

Pro pružnost trakčního vedení v polovině rozpětí platí:

$$(3) \quad e_{max} = \frac{l}{k(F_{TD} + F_{NL})} \quad [\text{mm/N}]$$

kde: e_{max} – maximální pružnost trakčního vedení
 l – délka rozpětí
 k = 3,5 ..bez přídavného lana
 F_{TD} – tah v trakčním vodiči
 F_{NL} – tah v nosném lanu

Pro pružnost v místě závěsu platí:

$$(4) \quad e_{min} = \frac{x(l-x)}{2l(F_{TD} + F_{NL})} + \frac{2x}{4F_{TD}} + \frac{(F_M - F_v)^2}{F_M \cdot 2x \cdot m_{TD} \cdot F_{TD}} [\text{mm/N}]$$

kde:	e_{min}	- minimální pružnost v místě závěsu
	x	- vzdálenost prvního věšáku od stožáru
	F_M	- střední přitlačná síla
	F_v	- zatížení věšáku ($2x \cdot m_{TD}$)
	m_{TD}	- měrná hmotnost trakčního vodiče
	F_{TD}	- tah v trakčním vodiči
	F_{NL}	- tah v nosném lanu

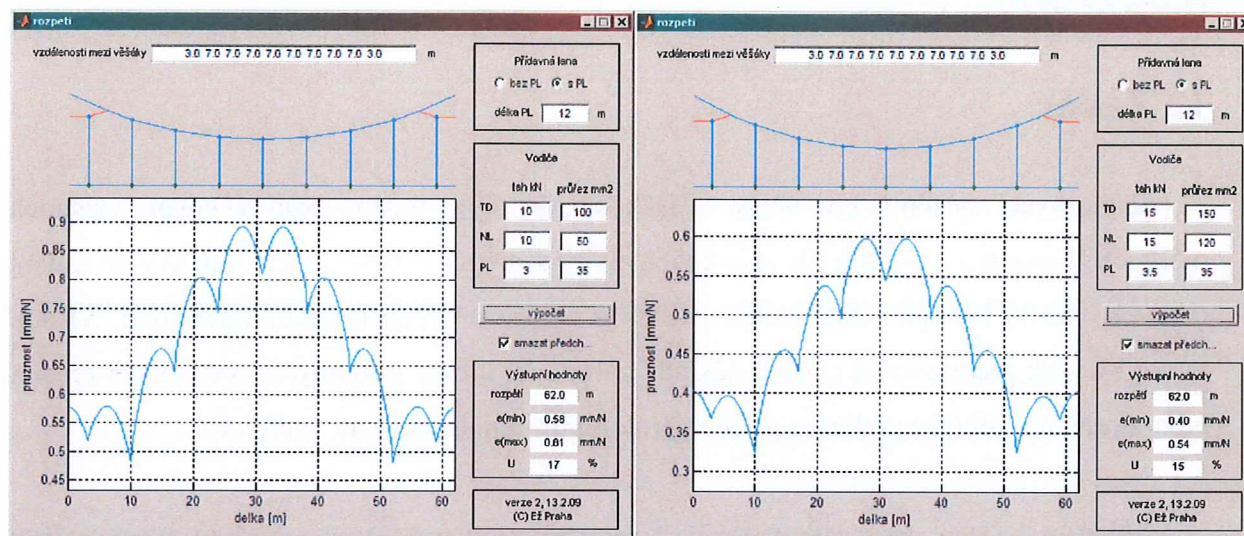
První člen rovnice : $\frac{x(l-x)}{2l(F_{TD} + F_{NL})}$ vyjadřuje polovinu pružnosti u prvního věšáku.

Druhý člen rovnice: $\frac{2x}{4F_{TD}}$ vyjadřuje pružnost mezi prvními věšáky.

Třetí člen rovnice: $\frac{(F_M - F_v)^2}{F_M \cdot 2x \cdot m_{TD} \cdot F_{TD}}$ vyjadřuje vliv pokrčení věšáků.

Z rovnice (4) vyplývá, že pro určení střední přitlačné síly je nutné znát veličiny týkající se rozměrů prvků v trakčním vedení v daném místě, hodnoty sil v trakčním vodiči a v nosném lanu, zatížení věšáku a měrnou hmotnost trakčního vodiče – to jsou parametry, které lze pro určité místo zjistit. Hodnotu pružnosti trakčního vedení je e_{min} je nutné pro konkrétní místo zjistit experimentálně na základě vztahu (2). Postup pro zjištění pružnosti vedení je zpracován na TÚDC Středisko Bohumín.

Pro předběžné zjištění pružnosti kteréhokoliv místa vedení lze též použít výpočet na základě maticového popisu silového působení v místech jednotlivých věšáků. Tento způsob byl na EŽ Praha vypracován a ověřen v roce 2009. Výpočty lze použít pro všechny běžné typy trakčního vedení. Viz obr. č. 9.



Obr. č.9 Průběh pružnosti vedení

10.1 Cílové skupiny pracovníků SŽDC,s.o.

Získané informace o zdvihu trakčního vedení, potažmo o přítláčných silách jsou určeny pro kompetentní pracovníky Správy elektrotechniky a energetiky – elektrodispečery, kteří mohou na základě svých zkušeností a dodaných dat rozhodnout o případném zásahu. Množství takto předaných dat by mělo být jen to nejnutnější s ohledem na nepřetěžování provozních pracovníků nepodstatnými informacemi. Z toho vyplývá nutnost stanovení limitních hodnot, při jejichž překročení dojde k upozornění dispečera na možné nebezpečí.

Konkrétní úroveň těchto hodnot bude možné stanovit až po získání odpovídajících zkušeností z provozu.

Zůstává však nutnost všechna naměřená data archivovat a umožnit jejich zpětné prohlížení a vyhodnocování na základě volitelných filtrů. Oprávnění k přístupu do archivních dat stanoví Správa Elektrotechniky a energetiky. Navržená struktura dat je uvedena v kapitole 8.2.

Nepředpokládá se předávání údajů z těchto databází dopravcům.

11 Rizika projektu

Pro úspěšné monitorování pantografů podle výše uvedených zásad a postupů je důležitá spolehlivost a důvěryhodnost vybraných zařízení, použitých k tomu účelu.

Jejich správná funkčnost by měla být průběžně diagnostikována pomocí dálkového přístupu a správy.

12 Závěr

Monitorovací systémy pro účely SŽDC, s.o. by bylo možno řešit vývojem vlastních měřicích snímačů a navazujících vyhodnocovacích systémů. Uspokojující výsledky po zadání takového úkolu by bylo však možno očekávat nejdříve v řádu měsíců, spíše roků. Vlastní vývoj by však představoval nemalé náklady zahrnující kromě samotných vývojových prací a laboratorních testů také realizace prvních prototypů a jejich provozní ověřování.

Vzhledem k tomu, že v zahraničí se už roky instalují a úspěšně používají monitorovací drážní systémy pro různé provozní parametry, lze doporučit převzetí určitých klíčových částí monitorovacích systémů přímo od jejich zahraničních výrobců a implementovat je do stávajících datových informačních struktur (např. projekt ROSA apod.). Převzít by bylo vhodné zejména měřicí snímače a jejich vyhodnocovací jednotky, jejichž principy zahrnují podstatnou část know-how v oblasti měření a jejichž systémy jsou již dlouhodobě provozně ověřené. Navazující část systému, která se týká vyhodnocování naměřených údajů a jejich datového zpracování, má těžiště realizací zejména v oblasti programování a IT technologiích a ty jsou již snáze řešitelné vlastními prostředky. Tak by bylo možno monitorovací systémy a jejich výstupy operativně lépe přizpůsobit specifickým potřebám a provozním podmínkám tuzemských železnic a požadavkům SŽDC.

V příloze této studie jsou informativně popsány konkrétní měřicí a monitorovací systémy aplikované v zahraničí. Pro monitorování přítláčné síly pantografu používají shodně nepřímou metodu měření pomocí snímání zdvihu trolejového vedení při průjezdu vlakové soupravy. V řešení vlastního snímače se však liší. Švýcarská firma Micronor vyvinula vlastní snímače na optickém principu, které od roku 2002 již nasadila v několika evropských státech ale také v Japonsku a JAR. Celkem vybavila na železnicích přes 80 měřicích míst. Její systémy jsou provozně ověřené v různých klimatických podmínkách, kromě alpských republik také v zemích s vyšším teplotním průměrem. Vedle monitorování zdvihu pantografu má k dispozici i snímače teploty, síly, vibrací, zrychlení a zvuku, všechny na optickém principu. Své snímače aplikuje nejen pro monitorování trolejového vedení, ale i pro měření na kolejovém svršku. Systémy této firmy mají jednoduchou montáž a jsou prakticky

bezúdržbové. Další firmou je Siemens, která se touto problematikou zabývá okrajově. Používá laserové odměřování vzdálenosti trolejového vedení od snímače. Poloha troleje je snímána pomocí odrazové plošky namontované na trolejovém vedení. Tento princip by mohl způsobovat zkreslení při námraze nebo sněžení. Známa je jedna realizace v roce 2010 ve Španělsku. V oblasti kolejnicových dotyků a počítadel náprav nabízí snímače rakouská firma Frauscher, která má v tomto oboru dlouholetou tradici a své snímače má nasazeny v mnoha zemích světa.

Pokud budou vytipovaná měřicí místa (viz kapitola 3.2) primárně osazena monitorovacím systémem přitlačné síly pantografu pomocí zdvihu trolejového vedení jako jediným měřicím systémem, lze doporučit, aby z nich bylo vybráno aspoň jedno měřicí místo, které by bylo vybaveno jako referenční ještě dalšími snímači. Podle informací uvedených v příloze by bylo možno monitorovat oteplení troleje, dynamickou sílu přitlaku, boční síly a vibrace. Protože lze předpokládat, že pantografy nových EHV se budou do budoucna vyvíjet co se týká konstrukce a použitých materiálů, pak takové referenční místo by mohlo sloužit jako zkušební pro komplexnější shromažďování poznatků o působení pantografů různých konstrukcí na trolejové vedení.

Normy a předpisy

- [1] ČSN EN 50367 ed.2, 2013 – Drážní zařízení – Systémy sběračů proudu- Technická kritéria pro interakci mezi pantografovým sběračem a trolejovým vedením (pro dosažení volného přístupu)
- [2] ČSN EN 60870-5-104 ed.2,2007 – Systémy a zařízení pro dálkové ovládání – Část 5-104: přenosové protokoly – Síťový přístupno IEC 60870-5-101 používající normalizované transportní profily
- [3] Ing. J. Náprstek CSc: Mechanické spolupůsobení troleje a sběrače při vysokých rychlostech, říjen 1992; Československá akademie věd, Ústav teoretické a aplikované mechaniky.
- [4] ČSN EN 50121-4: Drážní zařízení - Elektromagnetická kompatibilita

- [5] ČSN EN 50122-1 & 2: Drážní zařízení - Pevná trakční zařízení - Elektrická bezpečnost, uzemňování a zpětný obvod
- [6] ČSN EN 50125-2: Drážní zařízení - Podmínky prostředí pro zařízení
- [7] ČSN EN 60794-1-2: Optické kabely - Část 1-2: Kmenová specifikace
- [8] ČSN EN 60793-1-1: Optická vlákna - Část 1-1: Měřicí metody a zkušební postupy
- [9] ČSN EN 50516-2-1: Průmyslové konektorové soubory a spojovací součástky pro optické vláknové řídicí a komunikační systémy
- [10] Martin Novak: Accurate data allocation with the „Rail-Reader“
- [11] Frage A84: Verhalten der Stromabnehmer und Fahrleitungen bei Geschwindigkeiten über 160 km/h. Arbeitsergebnis Nr. 1 – Nr. 11, ORE, Utrecht 1966 – 1970

Přílohy:

A) Monitorovací systémy Micronor (CH)

Firma Micronor aplikovala své monitorovací od roku 2002 již v těchto zemích :

- Švýcarsko (SBB, BLS)
- Německo (DB)
- Itálie (FN, RFI)
- Rakousko (ÖBB) (speciálně v tunelech na tzv. Neubaustrecke)
- Japonsko (JR)
- Velká Británie (BritRail)
- Jižní Afrika (soukromé železnice)

Snímače použité pro monitorovací systémy pracují **výhradně na optickém principu**. Nemají žádné elektrické napájení ani nepracují s elektrickými signály a jsou tedy elektricky zcela pasivní. Tím jsou také plně odolné vůči elektromagnetickému rušení (EMI) a rušení radiovými frekvencemi (RFI).

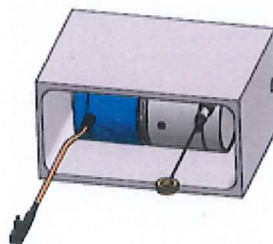
Unikátnost této koncepce spočívá v tom, že vlastní snímač je s vyhodnocovací jednotkou propojen pouze vícejádrovým optickým kabelem. Zdroj světla (laser) je umístěn ve vzdálené vyhodnocovací jednotce a vysílá světelný signál jedním kanálem optického kabelu do snímače. Zde se světlo na měřicím elementu rozkládá úměrně aktuální hodnotě měřené fyzikální veličiny a výsledný signál se druhým kanálem optického kabelu vrací zpět do vyhodnocovací jednotky k výslednému zpracování a převodu na elektrický signál nebo datový

údaj. Vzdálenost mezi vlastním snímačem a vyhodnocovací jednotkou pak může být řádově v kilometrech.

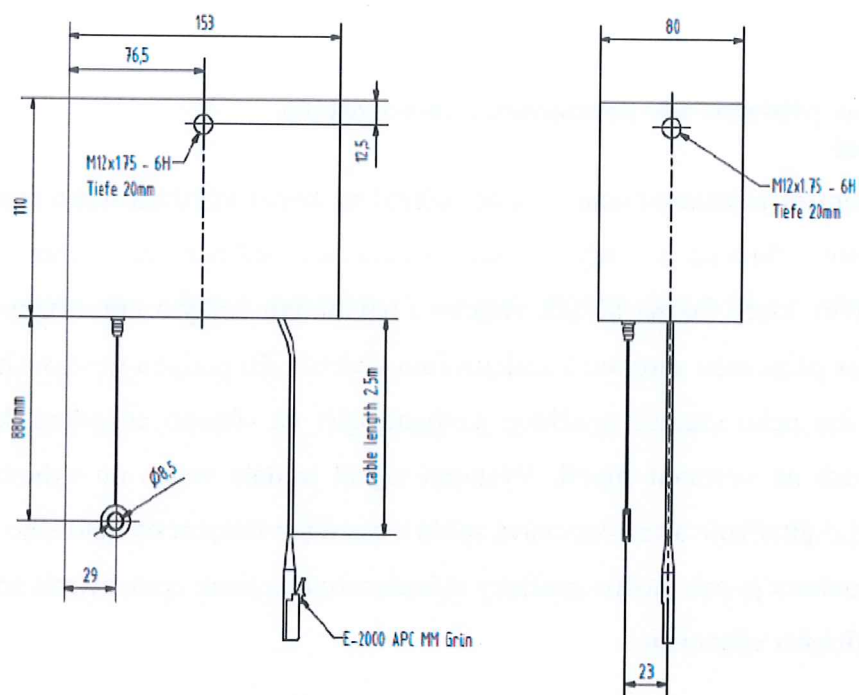
A1) Monitorování přítláčné síly pantografu pomocí zdvihu trolejového vedení

Snímací element je namontován v místě měření na konci výložníkového ramena nad trolejovým vedením. Snímač je celý umístěn v ochranné skříňce. Je tvořen optickým rotačním enkodérem, který má na hřídeli vřeteno s navinutým tenkým nerezovým lankem. Konec lanka je pak připevněn svorkou k trolejovému vedení. Při pohybu trolejového vedení je lanko vytahováno nebo vratnou pružinou navíjeno zpět na vřeteno enkodéru, který pak tento pohyb převádí na výstupní signál. Výstupní signál je dále veden do vyhodnocovací jednotky, která jej digitalizuje a zaznamenává spolu s časovým údajem do datového souboru. Uložené datové soubory je pak možno graficky vyhodnocovat a jinak zpracovávat speciálním programem s grafickým výstupem.

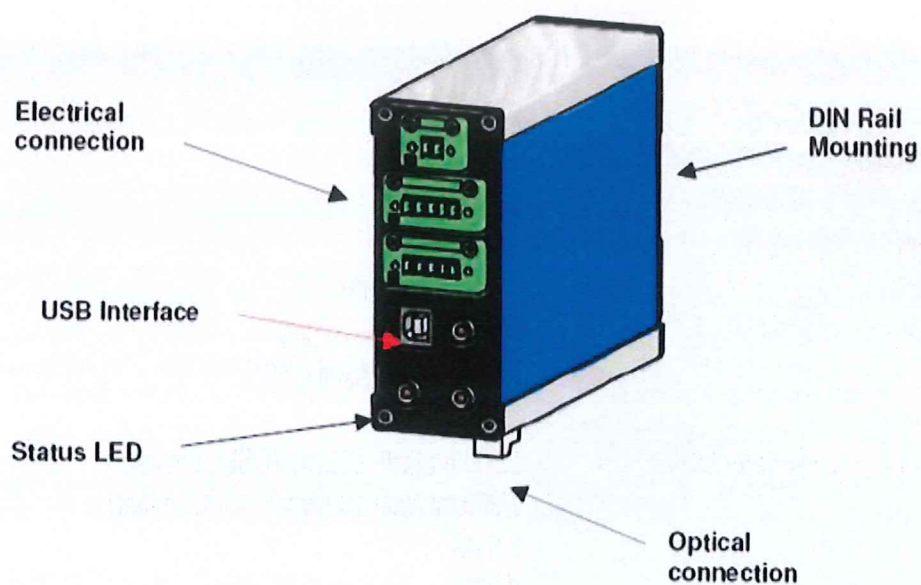
Technická data optického enkodéru:



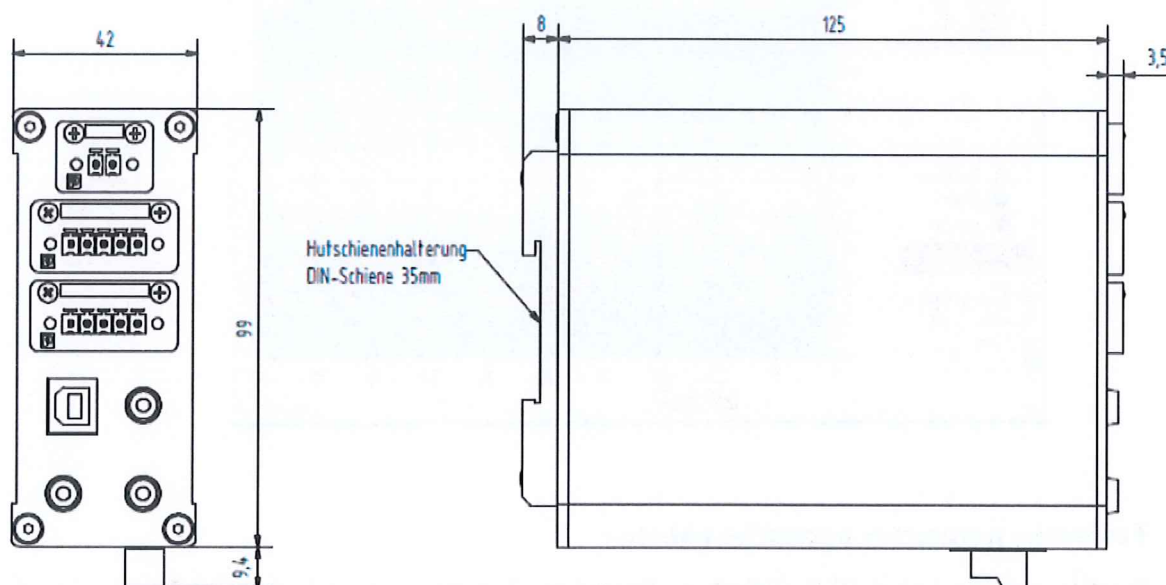
Parameter	Value
Angle Ratio	360 ppr
Encoder/Pulley Ratio	1:1
Linear Definition	0,4 mm/pulse
Iron-Cable length	1500 mm
Max speed	3 m/s (1250 rpm)
Max acceleration	200 m/s ²
Max load	Radial = 80N; Axial = 40N
Optical Interface	ST-PC plug
Max length of fiber optic (Sensor / ORU)	3'000 mt (with 850vm VCSEL emitter) 7'000 mt (with 1300vm VCSEL emitter)
Max loosing	6,5 dB
Linearity	0,05%
MTBF	1.36 x10 ⁶ Hours (50% of max load and 2500 rpm calculated)
Weight	1,8 Kg
Temperature	-40° / +80°C (optional -60° / +150°C)
Atex classification	I/II 80°C/T6 (optional I/II 150°C/T3)
IP	64



Technické parametry vzdálené vyhodnocovací jednotky:



Parameter	Value
Power Supply	24VDC (15-32VDC range)
Power consumption	60mA
Analog Output	Current: 4-20mA Tension: +/- 10VDC
Serial Interface	RS422/RS485/USB
Temperature	-10 °/+55 °C
IP	40



Vyhodnocovací jednotku lze umístit do samostatné rozvaděčové skříňky na sloup trakčního vedení.

Funkce zařízení:

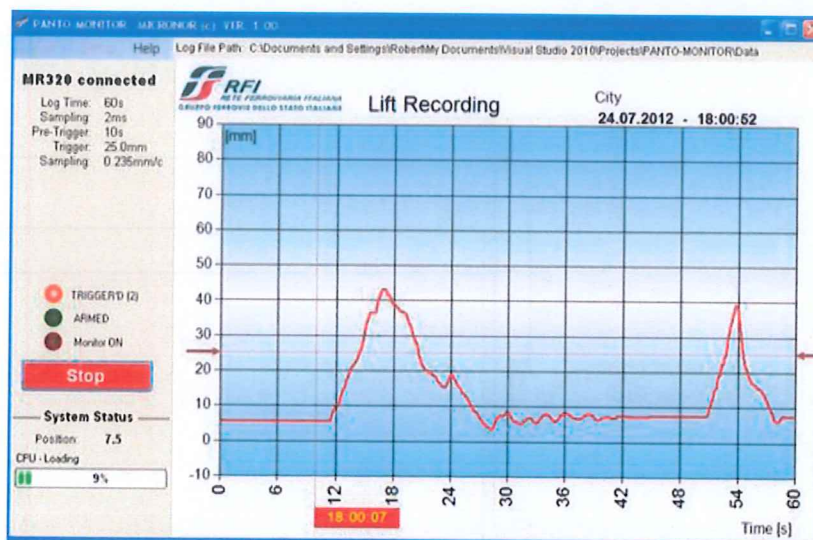
Systém kontinuálně monitoruje výšku troleje v reálném čase. Událost vyvolaná pohybem troleje se automaticky zaznamenává s časovým údajem do datového souboru. Každý datový soubor odpovídající průjezdu vlakové soupravy se zaznamenává do paměti.

- Nastavitelná perioda vzorkování 1ms, 2ms, 5ms, 10ms, 20ms
- Okno události od 30 do 300 s (0,5-5 min.)
- Nastavitelná prahová úroveň pro záznam události
- Nastavitelná doba sledování před spuštěním záznamu
- Nastavitelná cesta pro uložení souboru
- Formát datového souboru: ASCII znaky oddělené čárkou (.CSV)

- Výstupní grafický soubor pro každý záznam s možností jeho tisku
- Export grafického souboru (formáty bmp, png, jpg, ...)

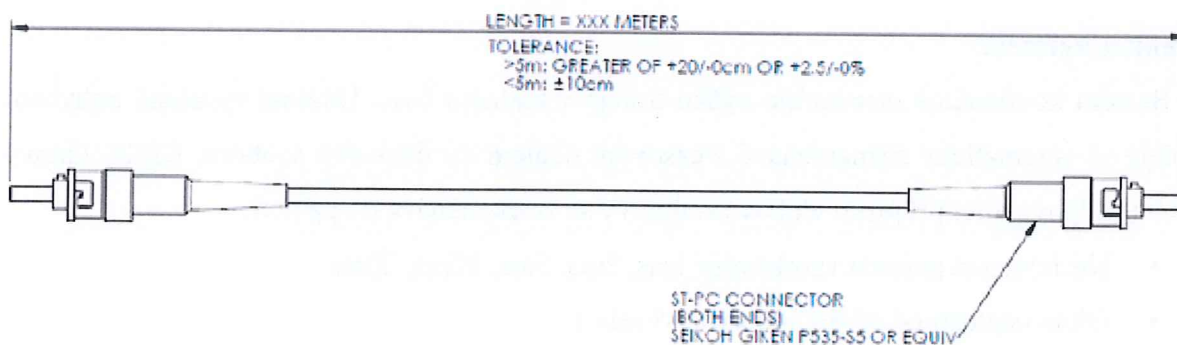
Výstupy

Příklad grafického výstupu se záznamem o průjezdu vlaku na měřicím stanovišti v Itálii (RFI) :



Technické parametry optického kabelu :

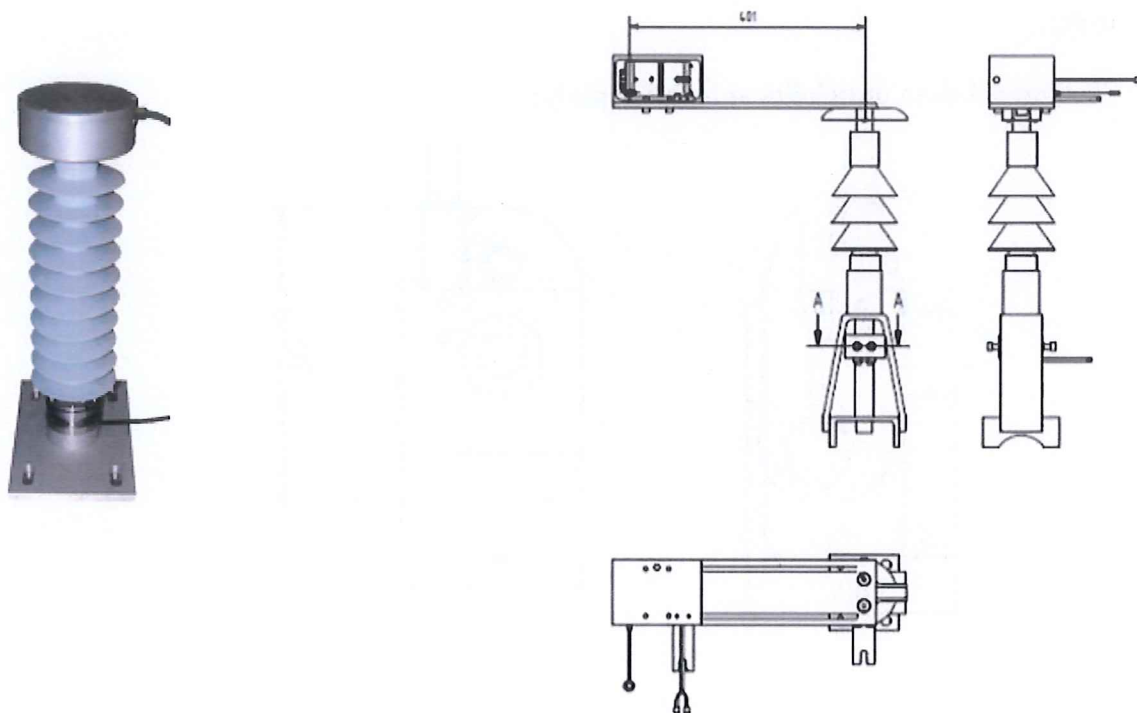
Použitý optický kabel EPR (Ethylene Propylene Rubber) má izolaci, která ho chrání před vlivy vnějšího prostředí. Samotný plášť kabelu má vysoký izolační odpor a je možno jej instalovat v prostorách vysokého napětí na trolejovém vedení.



Montáž s pomocí izolátoru :

Snímač je upevněn v místě měření k výložníkové vzpěře, která je fixována k izolované části infrastruktury. Tento způsob montáže se používá ve střídavých napájecích soustavách (15 kV, 25 kV a 3,6 kV).

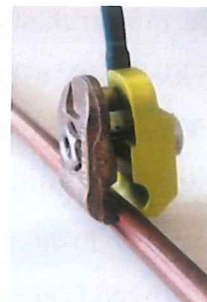
Ve stejnosměrných napájecích soustavách (750V, 1,5 kV a 3 kV) se montáž provádí prostřednictvím izolátoru, který je svorkami fixován ke konstrukci infrastruktury a na jehož konci je výložníkové rameno pro instalaci snímače. Součástí systému je vlastní izolátor, který je pro tento účel certifikován evropskými zkušebnami.



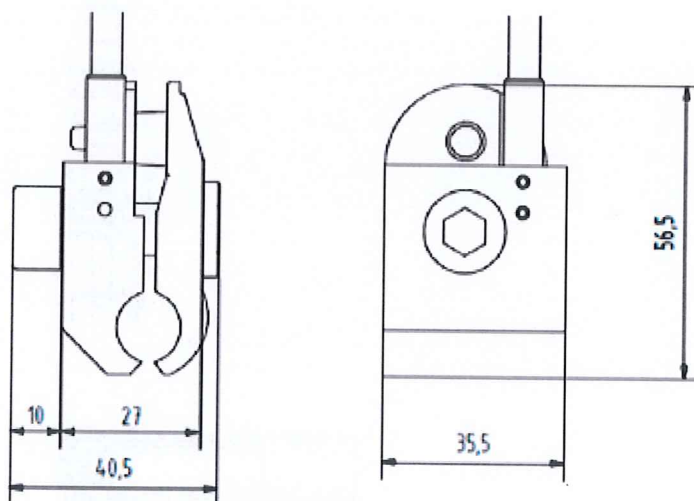
Parameter	Value
Dielectric strength – radial	18kV/mm
Dielectric strength – longitudinal	33kV/mm
Insulation resistance	15000 MOhm x Km
Cable diameter	7,2 mm
Cable weight	50 kg/km
Min bending radius - without tensile loading	100 mm
Min bending radius - with tensile loading	150 mm
Max tensile strength - long term	700 N
Max tensile strength - short term	1000 N
Max crush resistance	200 N/cm
Combustion energy	0,97 MJ/m

A2) Monitorování teploty troleje

Tento snímač, který pracuje také na optickém principu, se používá pro monitorování oteplení trolejového vedení v důsledku tření lišty pantografu při průjezdu vlaku. Monitorování teploty se instaluje jako druhé měření do stejného místa jako snímač zdvihu pantografu. Vlastní měřicí element je umístěn přímo do mechanické svorky, kterou se snímač připevňuje k troleji. Ze snímače je vyveden samostatný optický kabel. Vzdálená vyhodnocovací jednotka je stejného typu jako u optického enkodéru pro monitorování zdvihu troleje.



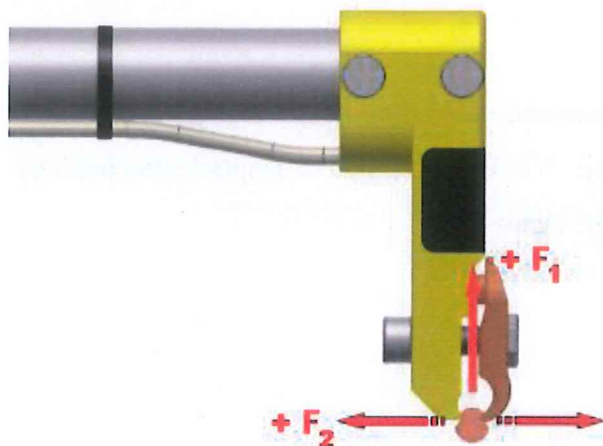
Technická data optického snímače teploty:



Parameter	Value
Temperature Range	-30°C to +80 °C
Accuracy	+/- 0.2 °C
Melting time	2.0 s
Cable coating	PTFE
Connector	ST-PC plug
Max length of fiber optic (Sensor / ORU)	3'000 mt (with 850nm VCSEL emitter)
MTBF	1.36 x 10 ¹⁰ Hours
Weight	0,2 Kg
Atex classification	I/II 80°C/T6
IP	64

A3) Monitorování dynamické síly přitlaku pantografu

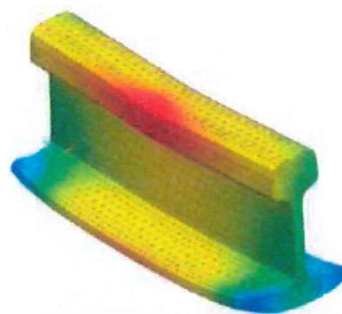
Tento systém monitorování používá optický snímač přitlačné síly pantografu. Připevňuje se svorkou, která je na jednom konci snímače, přímo k trolejovému vedení. Příruba snímače se pak montuje k výložníkové vzpěře, která je kyvná ve vertikální rovině a umožňuje pohyb troleje ve vertikálním směru.



Tento snímač je dvojsystémový a umožňuje měřit kromě vektoru dynamické síly F_1 , působící kolmo na trolejové vedení ve svislé rovině, také vektor boční síly F_2 , působící na trolej kolmo v horizontální rovině. Výstupy obou snímačů jsou vedeny jediným optickým kabelem do vzdálené vyhodnocovací jednotky.

A4) Další snímače na optickém principu

- optický snímač teploty
 - kromě monitorování oteplení trolejového vedení se obdobný snímač teploty používá pro monitorování oteplení výhybek
- optický snímač síly v tlaku nebo tahu
 - kromě monitorování dynamické síly přitlaku pantografu se obdobný snímač používá pro monitorování tahové síly vyvíjené napínacími zařízeními vodičů trakčního vedení a dále pak pro monitorování mikrodeformace kolejnice při průjezdu vlaku. Tato mikrodeformace je přímo úměrná zatížení kolejnice při průjezdu drážního vozidla.
- optický snímač vibrací (akcelerometr)
 - vibrace trolejového vedení
 - vibrace kolejnice



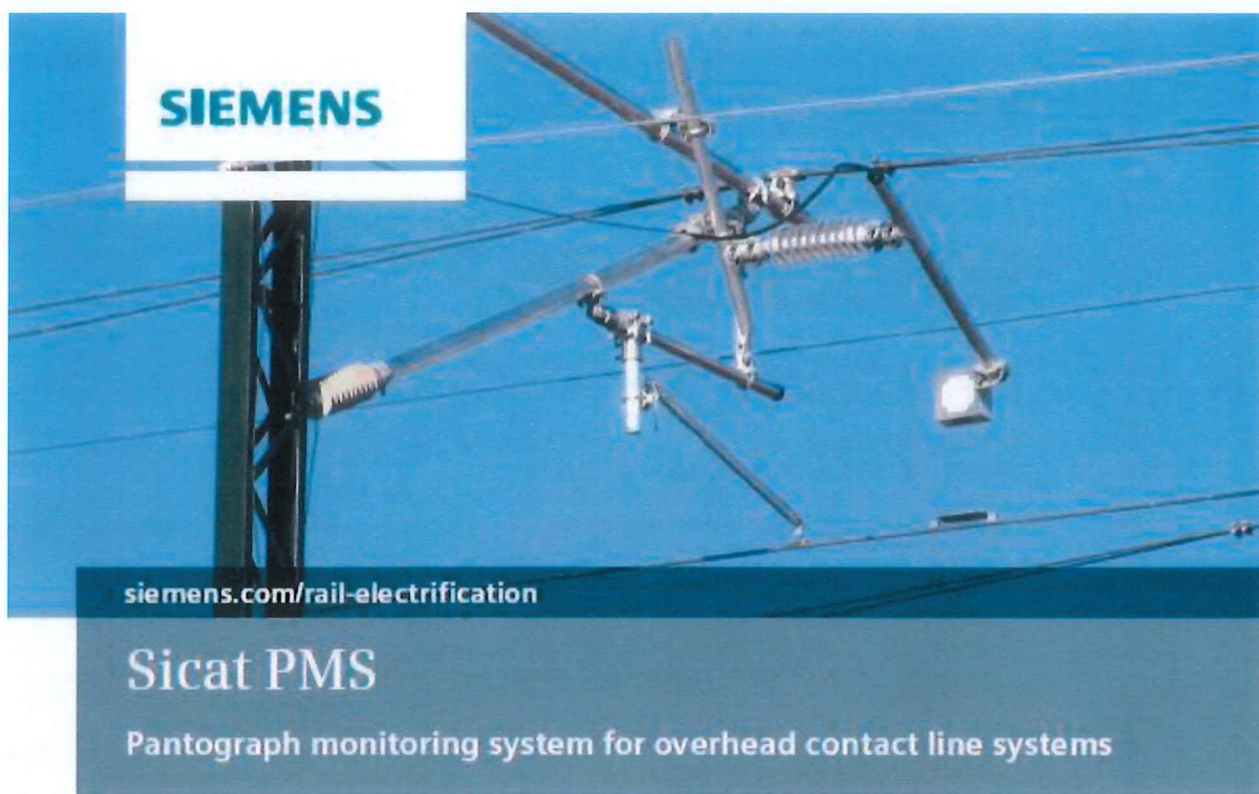
- optický snímač zvuku (mikrofon)
 - akustické spektrum pro detekci stavu kolových náprav vagónů projíždějícího vlaku (detekce vadných ložisek nebo plošek na obvodu kola)



B) Zařízení Sicat PMS Siemens

Zařízení pracuje na principu laserového snímače, měřícího zdvih trolejového vodiče odrazem od reflexní destičky umístěné na troleji. Volitelně lze použít i optickomechanický snímač a měření síly a směru větru, včetně měření vlhkosti.

Katalogový list:



SIEMENS

siemens.com/rail-electrification

Sicat PMS

Pantograph monitoring system for overhead contact line systems

The Sicat® PMS pantograph monitoring system enables measurement of the contact wire uplift caused by passing rail vehicles at the support of an overhead line system. These measurements can be used to assess the contact force of the vehicle pantograph. Incorrectly adjusted or defective pantographs on rail vehicles can be detected and automatically reported to the control center.

Features

- Effortless integration of the sensors into existing components of the overhead contact line
- Reliable measured value acquisition by laser sensor even in adverse weather conditions
- Measurement redundancy thanks to optional opto-mechanical angular position sensor
- Simple and reliable train identification by means of RFID technology (optional)
- Measured value transmission to operations control center via rail network infrastructure, such as wide area network (WAN) or radio system

Technical data	Laser sensor	Optomechanical angular position sensor
Nominal voltage	24 V DC	
Perm. ambient temperature, if necessary with heating	-30...+50 °C	-30...+50 °C
Max. running speed	400 km/h	400 km/h
Operating range (uplift)	-50...200 mm	-50...200 mm
Measuring accuracy	±2 mm	±5 mm
Signal	electrical, 4...20 mA	Optical
Nominal power	> 5W	
Electromagnetic compatibility	EMC certified	No impact from optical sensor

Design

Main components

The Sicat PMS pantograph monitoring system consists of one or more trackside inspection gates which are linked via an existing control system to a central computer in the operations control center.

An inspection gate comprises a data acquisition station and an evaluation station.

Measured value acquisition:

- Uplift is measured by means of a laser sensor directly above the contact wire and, optionally, by an potential free optomechanical sensor on the steady arm
- Train detection and speed measurement plus triggering of uplift measurement are performed by two axle counters per track.
- Climate data are acquired by means of wind speed and wind direction sensors and by temperature and humidity sensors. Further climate data acquisition is available as an option

Evaluation station:

- GPS receiver for time synchronization
- CPU for processing measured data
- Communication with operations control center using protocol according to IEC 60870-5-104

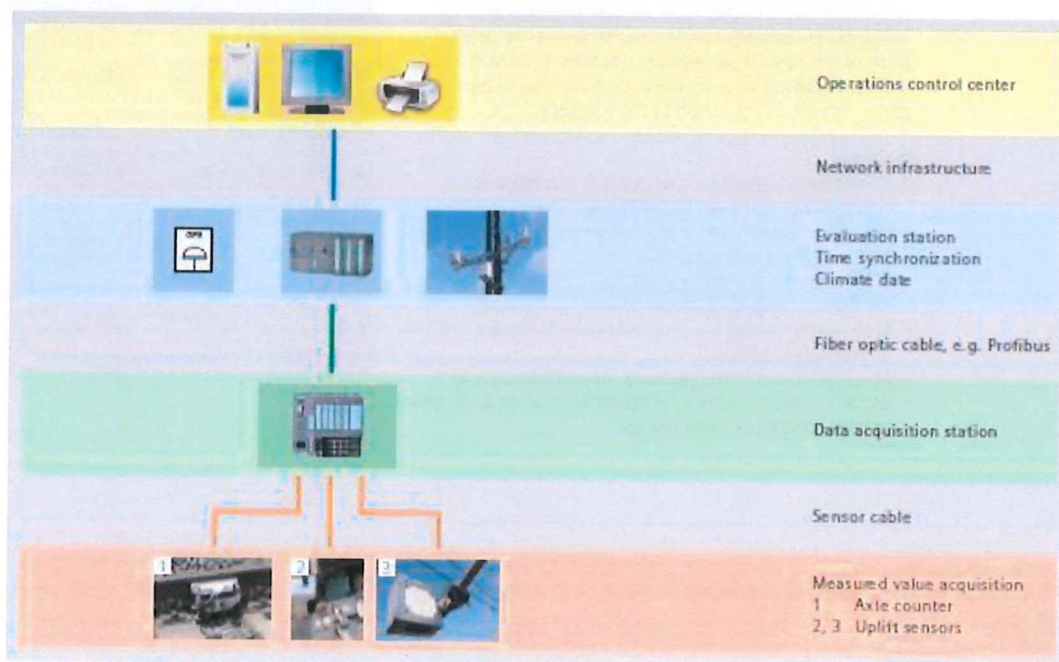
The rail network infrastructure, e.g. WAN or radio system, is used for transmitting information and measured values from the individual inspection gate to the operations control center.

Depending on the customer's requirements, the results of the inspection gate data are compiled on a central computer in the operations control center or maintenance center.

System integration and interfaces

To ensure smooth integration into the overall system, Sicat PMS has various interfaces which have to be clarified in advance for each project:

- Fastening of the sensors on the cantilever
- Cable routing between the sensor and data acquisition station
- Installed location of the evaluation station
- Forwarding of data and communication from the evaluation station to the operations control center
- External power supply for Sicat PMS
- Definition of the indicating and alarm thresholds, such as a function of the vehicle type or speed



Topology of Sicat PMS, schematic diagram

Function

Measured value acquisition

Sicat PMS begins with the acquisition of measured values as soon as a train passes the inspection gate. The axle counter transmits a corresponding activation signal to the data acquisition station. Consequently, the uplift and climate data are first acquired and then recorded and processed in the evaluation station. After the train has passed the inspection gate, measured value acquisition is interrupted until the next train passes the inspection gate. The time synchronization system enables identification of rail vehicles with the assistance of documented train routes.

If the trains are equipped with a functioning RFID tag system, optionally trackside installed RFID readers can be used, for example, to identify passing trains in real time. Other train identification systems can also be integrated into Sicat PMS.

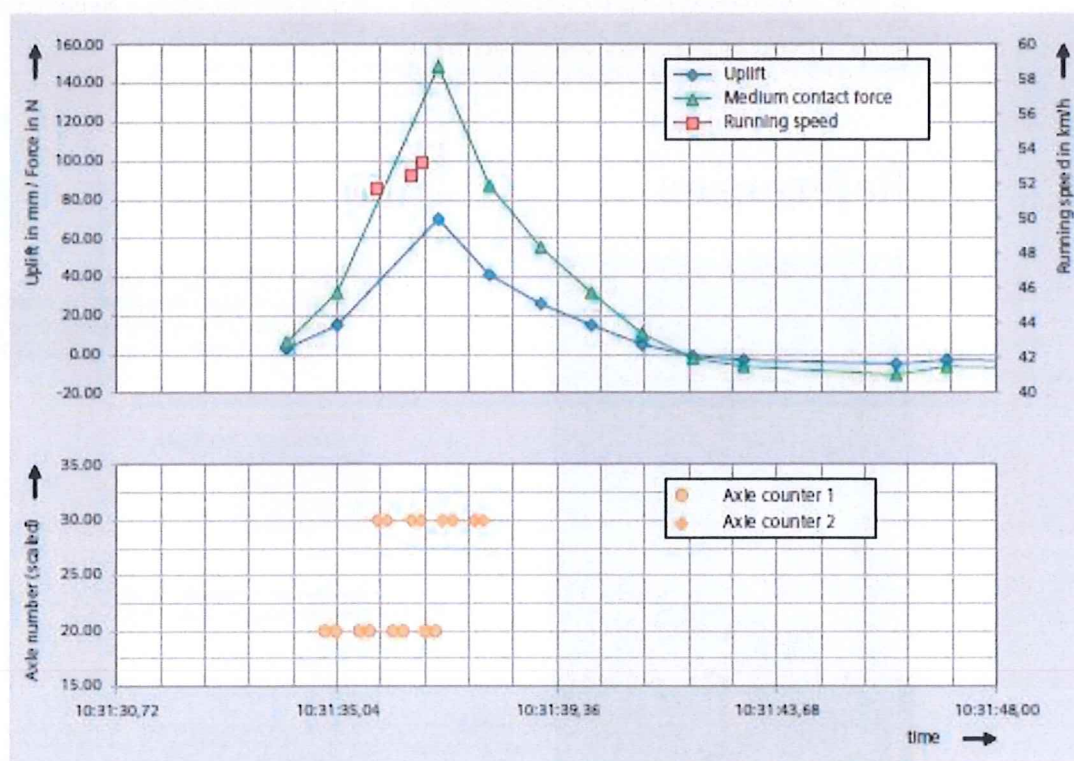
Evaluation and communication

The evaluation station records the measured values of the individual sensors. A programmable logic controller filters and processes the measured values and uses them to determine the contact line uplift at the support in real time. Uplift values exceeding a specified threshold are signaled in the operations control center.

A self-diagnosis function recognizes system errors and component failures and forwards this information to the operations control center.

In the operations control center, the operator receives the following measurement results for the passing rail vehicles as output:

- Location of the inspection gates
- Uplift-time diagram
- Contact force-time diagram
- Wheel axle detection
- Train speed, direction of travel
- Train type
- Pantograph position and number of raised pantographs
- Train ID (optional)



Evaluation diagrams, example of evaluation from Wildenrath Test Center

Fields of application

Philosophy

Progress is continuing to be made in the privatization and internationalization of passenger rail and rail freight traffic, and also in the breakup of enterprises into rail infrastructure companies and rolling stock operators. This has led to increased interest on the part of network operators in strict compliance with the technical specifications for rolling stock within their network.

Monitoring of the pantograph-contact wire interface has therefore taken on a special significance.

Areas of application

Operators of overhead contact line systems and rolling stock maintenance providers can use Sicat PMS in a variety of ways:

Increase system and operational safety

Safety-related concerns prevent trains with defective or improperly adjusted pantographs from running, for instance, on certain sections of track or passing through important tunnels. Sicat PMS detects such pantographs and forwards this information to a control center. The trains concerned can then be stopped or rerouted in time.

Verify damage to the overhead contact line caused by defective pantographs

Defective pantographs can be detected with Sicat PMS. The rail vehicle involved is detected and recorded by means of a unique identification characteristic, such as the train number. Central documentation of the measured data ensures verification of the train involved in case of any damage.

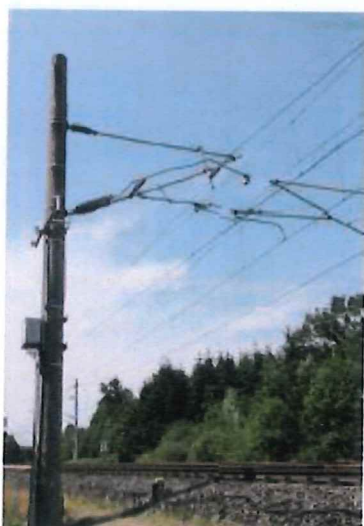
Optimize the cost of operating overhead contact line systems

Measuring the uplift of the contact wire at the support enables conclusions to be drawn with regard to the pantograph contact force. The wear during life-time of the contact wire can be reduced through proper adjustment of the pantograph.

Set up condition-based maintenance of pantographs

An optional contact strip diagnostics function on the infrastructure side enables Sicat PMS to automatically measure the wear allowance of the contact strips during train operation. The contact strips can then be replaced in good time and defects in overhead contact lines can be prevented.

References



Sicat PMS,
Wildenrath Test
Center, Germany

Long-term test with prototypes

- Motilla-Valencia high speed line, Spain since 2010
- Wildenrath Test Center, Germany since 2011
- e-Highway Templin, Germany since 2011

Siemens AG
Infrastructure & Cities Sector
Smart Grid Division
Rail Electrification
Mozartstraße 33b
91052 Erlangen
Germany

electrification.mobility@siemens.com
www.siemens.com/rail-electrification

© Siemens AG 2012

Product Information / Version 1.0.0 / No. A-E200013880060

The information in this document contains general descriptions of the technical options available, which do not always have to be given in individual cases. It is not stated otherwise, we reserve the right to include modifications, especially regarding the stated values and dimensions.

C) Kolejnicové doteky

Kolejnicový dotek COK/HSZ31 dvousystémový (výrobce Voestalpine TENS)

Napájecí napětí	+9 V _{DC} až +24 V _{DC} + 10%
Teplotní rozsah	– 40°C až + 80°C
Vlhkost vzduchu	až 100 %
Max. zátěž.....	750 Ω
Min. průměr kola	300 mm
Max. průměr kola	2 000 mm
Max. rychlost průjezdu	400 km/hod

Kolejnicové doteky RSR 180 (výrobce Frauscher Sensortechnik):

Napájecí napětí	+19 V _{DC} až +72 V _{DC}
Teplotní rozsah	– 20°C až + 65°C
Vlhkost vzduchu	až 95 % bez kondenzace
Max. odpor smyčky	250 Ω
Min. průměr kola	300 mm
Max. průměr kola	2 000 mm
Max. rychlost průjezdu	350 km/hod

Listopad 2013

Ing. Tomáš Krčma, Ing. Ladislav Kovář, Ing. Aleš Uher CSc

1. The first part of the report deals with the general situation of the country and the position of the various groups. It is a very good summary of the situation and is well written. The second part of the report deals with the specific details of the situation and is also well written. The third part of the report deals with the recommendations and is also well written. The fourth part of the report deals with the conclusions and is also well written. The fifth part of the report deals with the appendix and is also well written. The sixth part of the report deals with the bibliography and is also well written. The seventh part of the report deals with the index and is also well written. The eighth part of the report deals with the cover and is also well written. The ninth part of the report deals with the title page and is also well written. The tenth part of the report deals with the preface and is also well written.

The first part of the report deals with the general situation of the country and the position of the various groups. It is a very good summary of the situation and is well written. The second part of the report deals with the specific details of the situation and is also well written. The third part of the report deals with the recommendations and is also well written. The fourth part of the report deals with the conclusions and is also well written. The fifth part of the report deals with the appendix and is also well written. The sixth part of the report deals with the bibliography and is also well written. The seventh part of the report deals with the index and is also well written. The eighth part of the report deals with the cover and is also well written. The ninth part of the report deals with the title page and is also well written. The tenth part of the report deals with the preface and is also well written.

The first part of the report deals with the general situation of the country and the position of the various groups. It is a very good summary of the situation and is well written. The second part of the report deals with the specific details of the situation and is also well written. The third part of the report deals with the recommendations and is also well written. The fourth part of the report deals with the conclusions and is also well written. The fifth part of the report deals with the appendix and is also well written. The sixth part of the report deals with the bibliography and is also well written. The seventh part of the report deals with the index and is also well written. The eighth part of the report deals with the cover and is also well written. The ninth part of the report deals with the title page and is also well written. The tenth part of the report deals with the preface and is also well written.