

Měření elektrických veličin na stejnosměrně elektrizovaných tratích

Ing. Jan MATOUŠ, SŽDC, s.o. Technická ústředna
dopravní cesty, Malletova 10, 190 00 Praha 9

Abstrakt

Zpětná trakční cesta na elektrizovaných tratích resp. její elektrické parametry mohou v mnoha případech zásadním způsobem ovlivňovat korozní situaci kovových úložných zařízení, především v okolí stejnosměrných tratí. Při řešení návrhů protikorozních ochranných zařízení je mnohdy nezbytné tyto elektrické veličiny znát, při rozsáhlých korozních průzkumech je nutné rovněž sledovat i trakční odběry v napájecích stanicích a zpětné trakční proudy v kolejích. Komplexní diagnostika zpětné trakční cesty pak mnohdy představuje velmi efektivní způsob při eliminaci úniků bludných proudů do země

Klíčová slova

Zpětná trakční cesta
Železniční koridor
Přechodový odpor
Bludný proud
Průrazka
Izolovaný styk (IS)
Napájecí stanice (NS)

1. Úvod

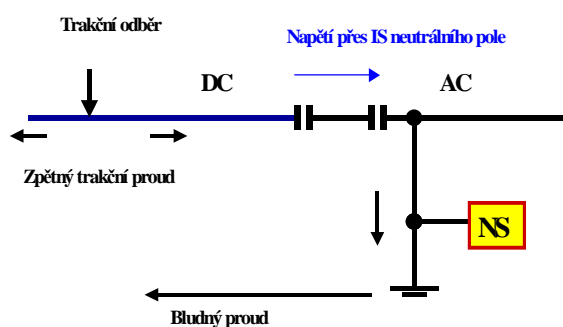
V souvislosti s výstavbou nových stejnosměrně elektrizovaných koridorových tratí, resp. při jejich rekonstrukci, se zásadním způsobem mění elektrické parametry železničního svršku. Používáním nových technologií odizolování kolejových pásů od pražců, ukolejňováním přes regenerovatelné průrazky UPO, resp. UPOG, důsledným

odizolováním netrakčních kolejí a v neposlední řadě i omezeným používáním drenážních ochranných dochází k výraznému zvýšení přechodového odporu kolej – zem. Tyto vysoké hodnoty přechodového odporu mnohdy převyšují hodnotu 100 Ω km (u nerekonstruovaných tratí tato hodnota obvykle bývá okolo 1 Ω km) výrazně omezují úniky bludných proudů do země, což se m.j. pozitivně projevuje snížením korozního ohrožení kovových úložných zařízení v blízkosti tratí. Elektrickou vodivost zpětného kolejnicového vedení, která je pro kvalitu zpětné trakční cesty neméně důležitá, však lze zvýšit pouze v určitém omezeném rozsahu (průřez a materiál kolejnicových pásů se příliš nemění, přípojné lana se již standardně montují ocelová a nové stykové transformátory mají obdobnou konduktanci vinutí, jako ty původní). Lze tedy konstatovat, že další zvyšování vodivosti by zde bylo možné jen za cenu neúměrně vysokých finančních nákladů a je v praxi nereálné. Hodnota přechodového odporu koleje proti zemi je rovněž limitována potřebou ochrany před nebezpečným dotykovým napětím, tedy aby se kolejnice nestala nebezpečným nechráněným vodičem, který by mohl způsobit úraz elektrickým proudem. Vysoká izolace kolejí proti zemi minimalizuje úniky bludných proudů do země a kolejemi protéká výrazně větší podíl zpětného proudu, než v případě nerekonstruovaných tratí. Tento proud tekoucí zpět do měřicího vyvolává úbytek napětí v závislosti na vodivosti, resp. odporu zpětného kolejnicového vedení.

2. Důsledky změny elektrických parametrů zpětné trakční cesty na železničním svršku

Výrazné snížení úniků bludných proudů do země vlivem vysoké izolační hladiny kolejí proti zemi s sebou nese i některé negativní jevy na zpětné trakční cestě. V první

řadě je to zvýšené napětí trakční koleje proti zemi v důsledku vysoké hodnoty izolačního odporu, kdy trakční kolejnice vlastně přestává být přizemněná. Velikost napětí proti zemi tedy závisí na úbytku napětí mezi trakčním odběrem (lokomotivou) a zdrojem (trakční měnící stanicí). Tento podélný úbytek napětí je dle Ohmova zákona součinem trakčního proudu v kolejích a odporem zpětného kolejnicového vedení (zpětné trakční cesty). U rekonstruovaných tratí je však proud tekoucí trakční kolejí výrazně vyšší, než u tratí s nízkým izolačním stavem (úniky bludných proudů jsou minimální), proto i uvedená skutečnost může potenciál trakční kolejnice proti zemi významně ovlivnit. V těchto nově vzniklých podmínkách se úniky bludných proudů soustřeďují do míst se sníženým izolačním stavem (např. přímá ukolejnění trakčních stožárů s odpojovací atd.), nebo při zkratování některých izolovaných styků (dále jen IS) přejezdem vlakové soupravy. Při splnění určitých podmínek může na IS docházet k jiskření, resp. hoření elektrického oblouku. V současné době se problematika hoření IS vyskytuje především na neutrálních polích nově rekonstruovaných tratí mezi DC a AC trakční proudovou soustavou, problematika jiskření je častá u IS mezi kolejovými obvody, kde je absence propojení středů stykových transformátorů (nezbytné pro správnou činnost kolejových obvodů) a u IS oddělujících DC a nezávislou trakci.



Obr. 1: Princip vzniku napětí přes IS neutrálního pole

Z obr. 1 je patrné, že při zkratování neutrálního pole vlakovou soupravou mohou téci zpětnými vodiči do uzemnění NS značné

stejnoseměrné proudy (trakční koleje střídavě elektrizované trati jsou galvanicky propojeny s uzemněním napájecí stanice). Část těchto proudů vystupuje do země a způsobuje elektrolytickou korozi uzemňovací soustavy, část teče zemnicími lany a fázovými vodiči linky vvn transformovny 110/22kV, která má s trakční NS společnou zemnicí soustavu. Při výluce blízké měnící stanice, kdy napájení zajišťuje vzdálenější měnící stanice, se mohou v některých případech proudy tekoucí do zemnicí sítě NS mnohonásobit

3. Elektrická měření na zpětné trakční cestě

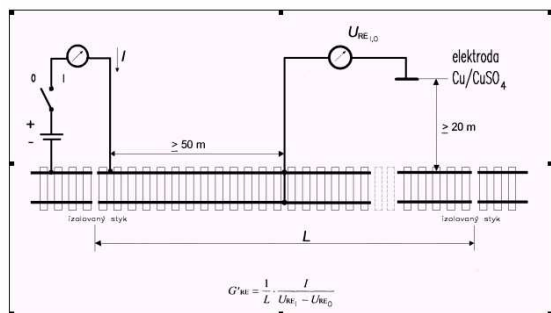
- Vodivost zpětné trakční cesty

Je daná podélnou vodivostí samotných kolejnicových pásů, vodivostí stykových transformátorů včetně jejich připojení k trakční kolejnici a dále vodivostí podélných a příčných propojení kolejnicových pásů a kolejí. Parametry vodivých propojení jsou uvedeny v příslušných normách, požadavky na kvalitu zpětné trakční cesty jsou uvedeny např. v ČSN 03 8371.

- Izolace mezi kolejnicí a zemí

Vyhláška č. 177/1995 Sb. (§ 18, § 25) požaduje, aby stav součástí železničního svršku v místech provozu kolejových obvodů trvale vykazoval nižší než stanovené hodnoty měrné svodové admitance (obdobu čl. 27 normy ČSN 03 8371). Hodnoty stanovené touto vyhláškou jsou důležité i pro únik zpětných trakčních proudů a tím i pro korozní situaci úložných zařízení, zejména pro úložná liniová zařízení situovaná v blízkosti stejnosměrně elektrifikovaných tratí. V ČSN EN 50 122-2 jsou vyznačeny doporučené hodnoty měrné svodové vodivosti, resp. měrné svodové konduktance pro jednokolejné tratě. Pro vznik elektrolytické koroze na úložných zařízeních je významná právě tato reálná složka svodové admitance. Hodnoty měrné svodové admitance získávané měřením při použití nenulové frekvence (což se běžně používá při kontrole podmínek pro bezpečnou činnost kolejových obvodů), jsou proto ke

zjišťování možnosti úniků stejnosměrných bludných proudů nepoužitelné.



Kde: I je napájecí proud v A
 L délka měřeného úseku, v km
 ΔU_{RE} napětí mezi kolejnici a zemí, ve V
 G'_{RE} podélná vodivost mezi vyvýšenou kolejí a zemí, v S.km⁻¹

Obr. č. 2: Metoda měření přechodové konduktance mezi kolejí a zemí dle ČSN EN 50 122–2

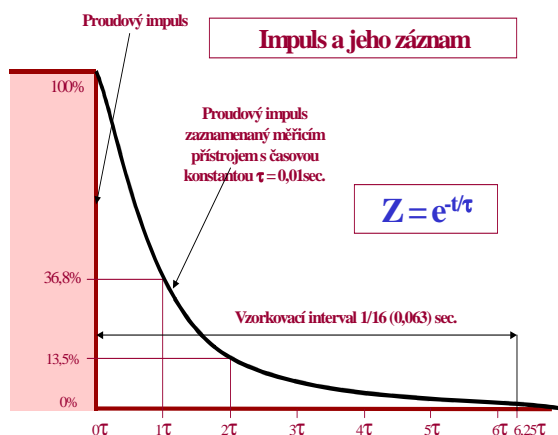
Princip uvedený v EN 50 122–2, je podán v obecné formě, tzn. je zde zobrazeno schéma zapojení se vzorcem pro výpočet naměřených hodnot. Metodu je možno použít na izolačně oddělený úsek kolejnic do délky cca 2 km.

Norma ČSN EN 50 122–2 vychází z předpokladu ustáleného stavu, bez cizích rušivých vlivů, tedy konstantního potenciálu kolejového pasu proti vzdálené zemi při konstantním měřicím proudu. V praxi tento případ nastává pouze v úseku trati bez elektrického trakčního napájení (před uvedením do el. provozu, nebo v případě rozsáhlé výluky). V ostatních případech (za el. trakčního provozu) se vždy vyskytují cizí, časově proměnné rušivé vlivy proudových polí v zemi. Tato skutečnost se projevuje

výraznými změnami potenciálu koleje proti referenční elektrodě (vzdálené zemi) a změnami měřicího proudu tekoucího z pomocného DC zdroje do koleje, resp. kolejnicového pasu. Naměřené hodnoty pak bývají zatíženy značnou chybou (nepřesností měření).

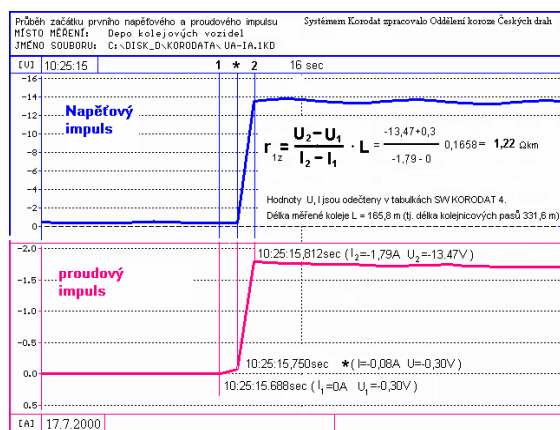
K potlačení uvedených nedostatků Středisko koroze autorsky dopracovalo metodiku měření přechodového odporu kolejnicových pasů. Uvedená metodika využívá periodické přerušování proudu měřicího zdroje s délkou proudových impulsů cca 10 sec. K měření je využíván stejnosměrný proud, zpravidla z autobaterie, který je veden do kolejnice izolovaného úseku. Po dosažení žádaného počtu impulsů (min. počet impulsů je potřebný k vyjádření nejistoty měření) je polarita baterie obrácena a měření pokračuje s proudovými impulsy opačné polarity.

Vyhodnocení vyvolaných napěťových impulsů měřených na kolejnici proti referenční elektrodě, společně s impulsy vnuceného proudu z baterie, dává podklad pro stanovení měrného přechodového odporu, resp. měrné svodové vodivosti. Předpokladem pro potlačení vlivů proměnných vnějších bludných proudů je co nejpřesnější určení výšky čela proudových a napěťových impulsů, a to z rozdílu hodnot měřených při náběhu čela impulsu, v co nejkratším časovém odstupu. Hodnoty je třeba odečítat synchronně jak pro proudové, tak i pro napěťové impulsy. Pro měření je v tomto případě z důvodu max. přesnosti nutno používat přístroje s krátkou časovou konstantou a malým vzorkovacím intervalem ($\tau =$ cca 0,01sec, $T =$ max. 0,1 sec). Synchronnost odečtů hodnot měřicími přístroji je zajišťována synchronizací času z jednoho počítače.



Obr. č. 3: Záznam proudového impulsu měřicím přístrojem s časovou konstantou τ

Vzhledem k volbě velmi malé časové konstanty přístrojů a k synchronním hodnotám mezi DC proudem a potenciálem kolej – zem, lze při sledování čel změnových impulsů odečítáním hodnot po dvou vzorkovacích intervalech 1/16 sec. zcela jednoznačně eliminovat vlivy cizích proudových polí potenciálu kolej - zem. Uplatnění velmi malé časové konstanty a snímací periody měřicího přístroje je i v jiných případech, např. při záznamu časového průběhu vypínacích potenciálů.



Obr. č. 4: Zobrazení čela napěťového a proudového impulsu ($T = 1/16 \text{ sec} = 0,0625 \text{ sec} = 6,25 \tau$).

Poznámka: Při měření proměnných veličin je důležité, aby časový rozdíl následných hodnot (tj. časový odstup mezi dvěma odečítanými hodnotami použitými pro výpočet) alespoň řádově přesahoval délku časové konstanty přístroje

- Měření trakčních proudů v kolejích

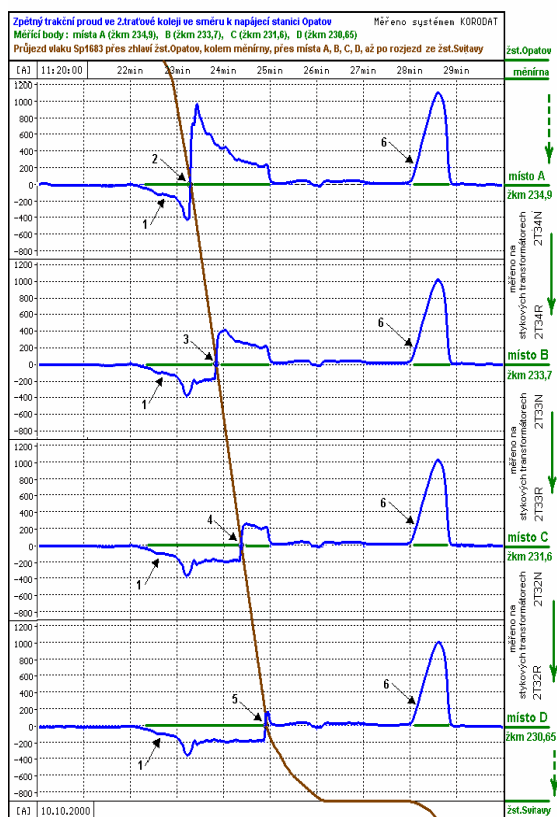
V některých případech je nezbytné zjistit skutečnou velikost proudové složky (bludného proudu) unikající z trakčních kolejí do země. K tomuto účelu Středisko koroze TÚDC autorsky zpracovalo metodu, umožňující synchronní měření zpětných trakčních proudů na DC elektrizovaných tratích. Měření spočívá v synchronním odečtu DC úbytků napětí na trakčních kolejnicích, jejich přepočítání na ekvivalentní hodnoty proudů a jejich porovnání v jednotlivých úsecích proměřovaného traťového úseku. K synchronnímu záznamu úbytků napětí na kolejnicových páslech je třeba použít záznamníky s větší časovou konstantou ($\tau = 0,1 \text{ sec.}$, resp. $\tau = 1 \text{ sec}$), která maximálně omezí ovlivnění měřených hodnot signálem kmitočtů zabezpečovacích zařízení. Přepočty se provádějí na základě technických parametrů kolejnicových pásů daných výrobcem

Legenda k následujícímu obr. č. 5 (body v grafických záznamech označené jako 1, 2, 3, 4, 5, 6)

1 - Trakční záběr spěšného vlaku Sp 1683 na zhlaví žst. Opatov se na všech měřicích stanovištích A,B,C,D projevil zápornými hodnotami zpětného proudu v kolejnicích. Polarita měřených zpětných proudů je shodná v záznamech na všech stanovištích A,B,C,D (neboť ze všech stanovišť je poloha lokomotivy na zhlaví ŽST. Opatov ve stejném směru).

2 - Průjezd vlaku v žkm 234,9 přes měřicí stanoviště A (projevuje se změnou polaritě zpětného proudu měřeného ve stanovišti A, tj. v horním záznamu)

- 3 - Průjezd vlaku v žkm 233,7 přes měřicí stanoviště B (projevuje se změnou polaritý zpětného proudu měřeného ve stanovišti B, tj. v druhém záznamu shora)
- 4 - Průjezd vlaku v žkm 231,6 přes měřicí stanoviště C (projevuje se změnou polaritý zpětného proudu měřeného ve stanovišti C, tj. ve třetím záznamu shora)
- 5 - Průjezd vlaku v žkm 230,6 přes měřicí stanoviště D (projevuje se změnou polaritý zpětného proudu měřeného ve stanovišti D, tj. na spodním záznamu)
- 6 - Trakční záběr lokomotivy při rozjezdu vlaku ze žst Svitavy do Brna se na všech měřicích stanovištích ABCD projevil kladnými hodnotami zpětného proudu v kolejnicích. Polarita měřených zpětných proudů je shodná v záznamech na všech stanovištích A,B,C,D (neboť ze všech stanovišť je poloha lokomotivy v žst.Svitavy ve stejném směru)



Obr. č. 5: Záznamy zpětných trakčních proudů v úseku žst.Opatov až žst.Svitavy

- Ukolejnění

Dalším faktorem významně ovlivňujícím kvalitu zpětné trakční cesty je ukolejnění kovových zařízení (např. trakční podpěry), které se nacházejí v prostoru POTV (prostor ohrožený trakčním vedením dle ČSN 34 1500). Přímé ukolejnění nebo ukolejnění přes proraženou průrazku tak představuje snížení přechodového odporu koleje proti vzdálené zemi se všemi negativními důsledky, v souvislosti s ohrožením kovových úložných zařízení bludnými proudy. Samostatnou kapitolou je vědomé propojení liniového úložného zařízení (drenážování), které se řídí především závazným kritériem bezpečnosti kolejových obvodů. Návrh drenážní ochrany a zejména její připojení ke kolejím je proto vždy nutno řešit v souladu s TKP (technické kvalitatívni podmínky) staveb státních drah kapitola 25

- Nezávislá trakce (neelektrizovaná trať)

Do oblasti problematiky zpětné trakční cesty patří rovněž neelektrizované tratě, kde při nedostatečném izolačním oddělení od tratí elektrizovaných (např. při vadném izolačním styku) mohou zejména vlečkové koleje s množstvím mnohdy nekontrolovatelných ukolejnění způsobovat značné úniky zpětných trakčních proudů.

Měření izolačních styků probíhá bez výluky vlakové dopravy, pro měření se využívá existujících zpětných trakčních proudů, takže do kolejiště nejsou vnášeny žádné měřicí zdroje, které by mohly ovlivnit činnost zabezpečovacího zařízení. Měření odporu izolovaných styků se provádí metodou synchronního měření úbytku napětí v trakční kolejnici před izolačním stykem (měření proudu) a velikosti napětí přes izolovaný styk.

4. Závěr

Z dosavadních zkušeností je zřejmé, že uvedená problematika souvisí nejen ze zpětnou trakční cestou, resp. s jejími elektrickými parametry, ale současně i se soustavou blízkých i vzdálených úložných zařízení, zemními sítěmi, elektrickými rozvody linek vvn, aktivními ochranami (drenážemi) úložných zařízení, rozložením NS na stejnosměrně ale i střídavě

elektrizovaných tratích, výlukami NS apod. Každá svědomitá analýza příčin vzniku negativních jevů na koridorových tratích (úniky bludných proudů z kolejí, jiskření a hoření na IS apod.) tedy znamená poměrně velký rozsah měření při různých

podmínkách provozu na trati včetně provedení korozního průzkumu. Je to ale jediný, skutečně účinný způsob pro návrh účinných ochran na zpětné trakční cestě, ale i pro řešení korozní problematiky souvisejících úložných zařízení, zemních sítí apod.

Literatura

[1] ČSN EN 50122-2

[2] TKP (technické kvalitativní podmínky) staveb ČD kapitola 25

Ing. Jan MATOUŠ, narozen r. 1956 v Jičíně, vystudoval VŠ strojní a elektrotechnickou v Plzni, fakulta elektro, zaměření silnoproudá elektrotechnika. V současné době zaměstnán u SŽDC, s.o., Technické ústředny dopravní cesty jako vedoucí Specializovaného střediska diagnostiky korozních vlivů.