

Nové měřicí metody ke zjištění kvality zpětné trakční cesty aplikované na koridorových tratích ČD

Jan MATOUŠ

Ing. Jan MATOUŠ, ČD s.o., Technická ústředna dopravní cesty
120 00 Praha 2, Perucká 3

Abstrakt

V přednášce jsou uvedeny nové poznatky, získané při měření kvality zpětné trakční cesty, například při výstavbě nových koridorových tratí. Jde především o zkvalitnění stávajících normativních metod měření, nutných k prokázání elektrických vlastností železničního svršku, ale i o zcela nové měřicí postupy monitorující úniky zpětných trakčních proudů do země. Uvedené měřicí metody slouží k ucelené diagnostice zpětné trakční cesty z hlediska úniků bludných proudů do země a následného možného ohrožení kovových úložných zařízení. Kvalifikovaně provedená měření prokazují kvalitu provedených prací, jejíž prokázání je požadováno Technickými kvalitativními podmínkami staveb ČD nebo přílohou č. 1 k vyhlášce č. 177/1995 Sb.z.

Při provozování především stejnosměrných trakčních proudových soustav dochází k úniku části trakčního proudu do země (vznik bludných proudů), které mohou za určitých podmínek negativně působit na kovová úložná zařízení (tzv. elektrolytická koroze). Na velikosti těchto proudů se významnou měrou podílí elektrické parametry zpětné trakční cesty, především svojí podélnou vodivostí a izolačním stavem kolejnicových pásů proti zemi. Aby byl určen dosah negativního působení zpětných trakčních proudů na úložná zařízení, je nezbytné provést v ohrožené lokalitě korozní průzkum, jehož rozsah je určen dle daných podmínek příslušnými ČSN, EN, Technickými kvalitativními podmínkami Českých drah, přílohou č.1 k vyhlášce č. 177/1995 Sb.z. apod. V případě nově provedené stejnosměrné elektrizace trati nebo při rekonstrukci stávajících stejnosměrně elektrizovaných tratí (koridorové tratě), je nutné zmapovat korozní situaci veškerých dotčených úložných zařízení a zjistit agresivitu prostředí ve vytypovaných místech před a po elektrifikaci stejnosměrnou trakční proudovou soustavou, s případným zakreslením anodických a katodických oblastí. V těchto případech je nutné zjistit i kvalitu elektrických parametrů zpětné trakční cesty, která spočívá především v dobré průchodnosti pro zpětný trakční proud a dostatečně vysokém odporu kolejnicových pásů proti zemi. Výše zjištěnými elektrickými parametry kolejového svršku a na základě analýzy změn korozních podmínek úložných zařízení lze jednoznačně určit jak podíl korozního působení bludných proudů elektrické trakce, tak i možnosti řešení dodatečných protikorozních ochranných opatření. Příslušné protokoly jsou důležitým a nenahraditelným argumentem při případných soudních jednáních o náhrady škod způsobených bludnými proudy z důvodu elektrizace trati nebo při její rekonstrukci.

Korozní průzkumy:

Rozsah korozního průzkumu závisí od druhu úložného zařízení, na požadované životnosti a na důsledcích v případě havárie ohroženého zařízení. Rozsah korozního průzkumu stanoví projektant protikorozní ochrany (dále jen PKO) na základě příslušných ČSN řady 03 83.. a, u mostních objektů a železobetonových konstrukcí i předpisu SR5/7 (S).

Druhy korozních průzkumů:

- **předběžný (základní) korozní průzkum** slouží jako podklad pro vypracování dokumentace staveb a pro návrh protikorozní ochrany. Vždy zahrnuje měření stupně agresivity prostředí a její zařazení dle ČSN 03 8372. U mostních

- a železobetonových konstrukcí jsou tato měření nutná pro návrh speciálních konstrukčních opatření, nezbytných pro životnost uvedeného stavebního objektu;
- kontrolní korozní měření se používá především ke kontrole prováděných prací a měření elektrických parametrů převážně u železobetonových konstrukcí. Tato měření jsou důležitá především z důvodu faktické nemožnosti nápravy při nekvalitně provedené práci (izolace nosné konstrukce, vodivost armatur apod.);
 - dodatečný korozní průzkum (závěrečná měření u mostních objektů) dokladuje opodstatněnost protikorozních opatření, v případě potřeby i návrh dodatečných opatření.

Tento materiál je podkladem pro přejímací řízení;

Pro stavby ČD nebo stavby na dráze, které se nacházejí v blízkosti stejnosměrně elektrizovaných tratí jsou základním kritériem pro posouzení koncepce PKO pásma stupně korozního ohrožení, dle následující tabulce:

Pásma stupně korozního ohrožení	Vymezení pásma
I.	Ochranné pásmo dráhy stanovené v § 8 zákona č. 266/1994 Sb., o drahách
II.	Ochranné pásmo dráhy rozšířené: od osy krajních kolejí do vzdálenosti 150 m od místa připojení zpětných kabelů ke kolejnicím (v blízkosti trakčních měníren) v okruhu do 500 m
III.	Pásma II. Stupně korozního ohrožení rozšířené do vzdálenosti 500 m od osy krajních kolejí
IV.	Pásma III. Stupně korozního ohrožení rozšířené o blíže neohrazené území (viz čl. 4 ČSN 03 8370), ve kterém může vlivem různých podmínek (např. geologických, dle tab. 1 a 2 ČSN 03 8375), dojít k ohrožení úložných zařízení korozí bludnými proudy

V I. Pásmu korozního ohrožení je vždy nezbytné stanovit podmínky PKO na základě výsledků předběžného (základního) korozního průzkumu tj. požadovat:

- nezhoršení korozní situace stávajících úložných zařízení a konstrukcí novou stavbou,
- u nových staveb zajistit účinnou PKO dle výsledku korozního průzkumu,
- v maximální míře využívat nekovových materiálů,
- maximálně omezit interferenční vlivy mezi stávajícími a novými úložnými zařízeními

Ve II. a III. je doporučeno postupovat jako v I. pásmu, pokud se zde nacházejí kovová úložná zařízení ve správě ČD. Ve všech uváděných pásmech je však nutno postupovat dle TKP Českých drah a konzultovat koncepci PKO se specializovaným pracovištěm ČD.

Postup při řešení protikorozní ochrany

1. Projektové řešení protikorozní ochrany

Pro zpracování projektové dokumentace stavby jsou nezbytným podkladem výsledky korozního průzkumu, v případě potřeby i kompletní návrh aktivní protikorozní ochrany,

V případě použití drenážní ochrany je třeba dodat Protokol o měření střídavé složky proudu v drenážním vodiči, který je připojen k trakční kolejnici. Součástí protokolu jsou podmínky připojení drenážního zařízení ke kolejím, konfigurace potřebných omezovacích prvků a kontrolního obvodu.

2. Odsouhlasení a převzetí hotového díla

Odsouhlasení provedených prací provádí stavební dozor nebo na jeho žádost specializované pracoviště ČD. Odsouhlasení provedených prací souvisejících s PKO je pro možnost zahájení navazujících prací. Zhotovitel odsouhlasených prací za ně odpovídá až do doby ukončení převzetí prací/ukončení přejímky hotového díla. Vady a nedodělky

zjištěné při odsouhlasení provedených prací/ukončení přejímky hotového díla odstraňuje zhotovitel.

V rámci odsouhlasení a převzetí prací je nezbytné posoudit hotové dílo z hlediska porovnání a vyhodnocení výsledků z předběžného/základního a dodatečného korozního průzkumu, jakož i z hlediska výsledků kontrolních korozních průzkumů a měření. Toto posouzení musí vyjadřovat hodnocení korozního ohrožení úložných zařízení/konstrukcí.

Odsouhlasení provedených prací a převzetí hotového díla musí být v souladu s platnými předpisy a respektovat čl. 41 až 48 ČSN 03 8376. Při převzetí hotového díla PKO musí být přítomen budoucí provozovatel, fyzické a právnické osoby, jejichž kovová úložná zařízení/konstrukce by mohla být ohrožena provozem zařízení aktivní PKO.

POZNÁMKA: Technická zařízení pro ochranu před negativními účinky zpětných trakčních proudů podléhající dozoru podle zákona č. 266/1994 Sb. nesmí být m.j. zdrojem ohrožení dráhy podle § 10 téhož zákona. Proto zařízení aktivní PKO musí být schváleno (homologováno) pro použití u ČD Odborem automatizace a elektrotechniky Divize dopravní cesty, o.z.. Není-li schváleno, pak u staveb ČD je nutno postupovat ve smyslu platného opatření výše uvedeného odboru ČD (viz kap. 27 TKP).

Předávané dokumenty a naměřené hodnoty z dodatečného korozního průzkumu

Při přejímacím řízení musí provozovatel obdržet veškerou dokumentaci související s PKO (viz též ČSN 03 8350), jakož i hodnoty veličin naměřených výrobcem, zhotovitelem podle a specializovaným pracovištěm (hodnoty veličin z kontrolního korozního průzkumu a měření). Naměřené hodnoty veličin z dodatečného korozního průzkumu, který smí provádět specializované pracoviště, musí být předány ve formě Protokolu o korozním měření pokud možno nejpozději při přejímacím řízení.

Měření elektrických parametrů kolejiště prováděná na koridorových tratích ČD z hlediska úniků bludných proudů do země

Kvalita zpětné cesty trakčního proudu je dána především vodivostí od místa odběru trakčního proudu zpět ke svému zdroji (měnirně) a velikostí izolačního odporu kolejí proti zemi. Při trakčním odběru vzniká na kolejnici úbytek napětí, jehož velikost je daná především:

- typem použitých kolejnic, resp. jejich materiálem a průřezem,
- vzdáleností trakčního odběru od měření, resp. rozdělením trakční zátěže k jednotlivým měnirnám,
- velikostí trakčního odběru
- použitými propojkami, jejich materiálem a přechodovým odporem v místě připojení,
- stykovými transformátory,
- přípojnými lany stykových transformátorů, jejich materiálem a přechodovým odporem v místě připojení
- délkou a materiálem obcházečích lan a lanových propojení a jejich přechodovým odporem v místě připojení

Vzniklý úbytek napětí má snahu podle Ohmova zákona protlačit do země proud, který je přímo úměrný potenciálu kolej - zem a nepřímo úměrný přechodové rezistenci kolej - zem. Přechodová rezistance kolej - zem je závislá na:

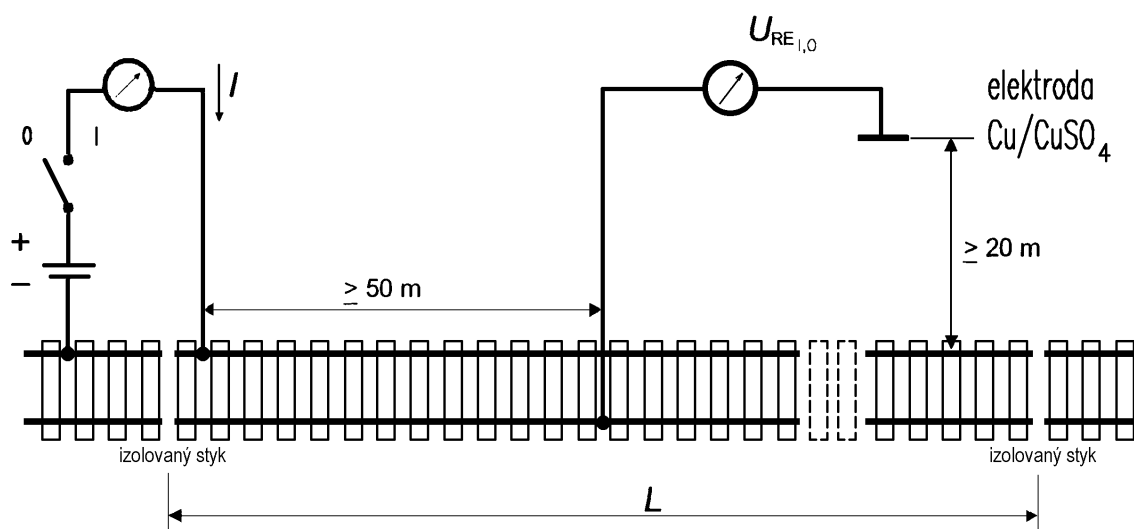
- kvalitě železničního svršku a spodku,
- způsobu odizolování kolejnicových pasů od žel svršku,
- ochraně ukolejněním dle ČSN 34 1500, zejména čl. 6.4.1
- použité drenážní ochraně a místě jejího připojení
- kvalitě odizolování trakční kolejnice od kovových částí mostních konstrukcí
- odizolování neelektrifikovaných tratí a vleček
- způsobu ochrany místní rozvodné sítě v prostoru POTV před nebezpečným dotykovým napětím dle ČSN 34 1500 čl. 6.6

Pozn. Doporučené parametry průřazek s opakovatelnou funkcí a elektrické parametry ukolejňovací tlumivky a drenážní tlumivky jsou v ČSN 34 2613 přílohy B a C

Při měření zpětné trakční cesty je zjišťován vztah mezi proudem unikajícím z kolejiště a izolačním odporem proti zemi. Tyto hodnoty jsou určující pro stanovení kvality železničního svršku z hlediska elektrických parametrů a v případě zjištěných abnormalit (vysokém úniku proudu při dobrém izolačním stavu kolejiště) prokazatelně potvrzují závadu ve zpětné trakční cestě (vadné ukolejnění, vodivý izolační styk apod.). Výše uvedená měření je proto třeba provádět kvalifikovaně, se správně zvolenými měřicími postupy a speciální měřicí technikou s vyhovující přesností.

Měření izolačního stavu kolejiště dle EN 50 122-2

Toto měření je dané Vyhláškou č. 177/1995 Sb. (§ 18 , § 25) která 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. Hodnota izolačního odporu trakční kolejnice je však v případě nově rekonstruovaných tratí (koridorů) výrazně vyšší, především z důvodu kvalitně provedeného železničního svršku a použitím nových izolačních materiálů a technologií. Měření izolačního stavu kolejiště dle EN 50 122-2 je proto použitelné na tratích s vysokou hladinou izolačního odporu kolejí proti zemi za předpokladu eliminace rušivých vlivů, vznikajících nerovnoměrným trakčním odběrem. Tato eliminace spočívá v přesně definovaných a synchronně měřených náběhových hranách proudových impulsů, dle schéma zapojení uvedeného v citované EN:



$$G'_{RE} = \frac{1}{L} \cdot \frac{I}{U_{RE1} - U_{RE0}}$$

Měření je prováděno záznamníky KORODAT 5, s technickými parametry upravenými pro tato měření a umožňujícími provádět v současné době proudová i napěťová měření jedním přístrojem. Tímto způsobem naměřené hodnoty jsou zcela synchronní v čase a zaručují maximální přesnost při výpočtech měrné svodové vodivosti kolejí proti zemi.

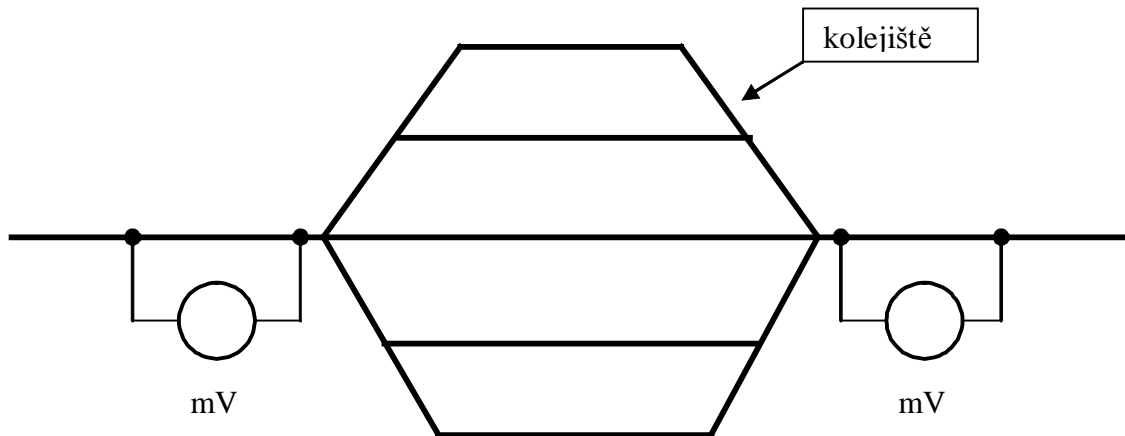
Měření velikosti trakčních proudů v kolejích

Toto měření umožňuje určit velikost zpětného trakčního proudu, který v měřeném úseku přechází z trakčních kolejí do země a stává se tak vlastně bludným proudem. Tímto způsobem je možno změřit např. unikající trakční proud jednoho kolejnicového

pásu, ale je možno např. zjistit i unikající proud v kolejích celého staničního úseku. Pro uvedené účely se zjišťuje velikost proudové složky na obou zhlaví měřené stanice v závislosti na velikosti a místě trakčního odběru. V tomto případě je pak možno např. zjistit unikající proud v nově rekonstruovaném úseku staničních kolejí a spolu s ostatními měřeními tak dokladovat kvalitu provedených prací elektrických parametrů železničního svršku.

Oddělení koroze provádí měření trakčních proudů v kolejích pomocí synchronních měření úbytků napětí na kolejnici. Napětí je snímáno dle typu použité kolejnice obvykle na několika metrech kolejnicového pasu (u kolejnic UIC je to 307 cm pro snadný přepočít mV/A).

Únik zpětných trakčních proudů v rozsáhlém kolejišti lze zjistit z rozdílu naměřených trakčních proudů před a za kolejovým rozvětvením:



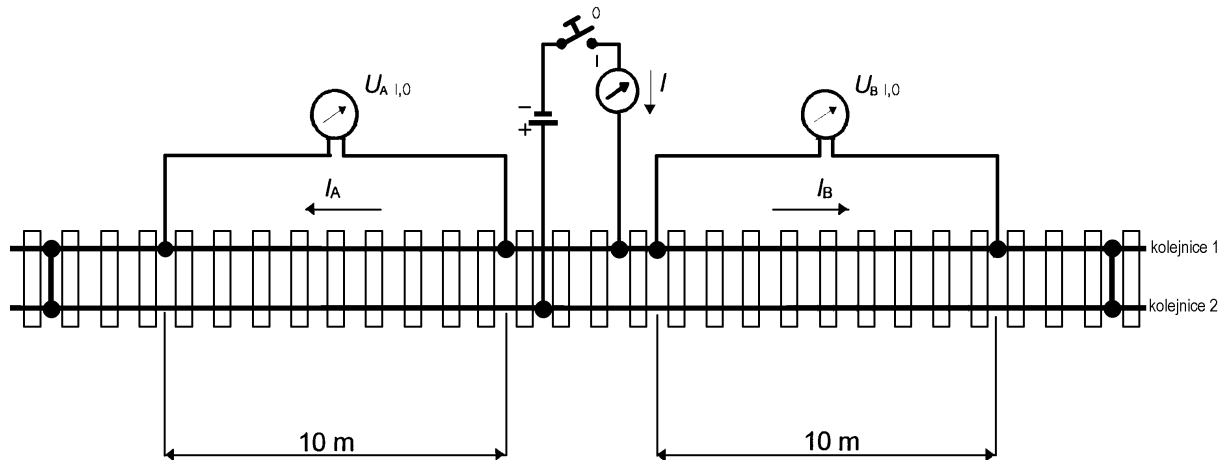
Při výše uvedeném měření je třeba znát elektrické parametry kolejí, t.j. měrný odpor použitého materiálu, průřez kolejnice a délku měřeného úseku. První dva elektrické parametry je možno většinou nalézt v příslušném protokolu od výrobce:

Příklad odporů některých typů kolejí používaných u ČD:
(Třinec, a.s., D5, Elektrotechnické dílny, Protokol o měření měrného odporu, Třinec 15.5.1996)

Druh materiálu	Odpor ($m\Omega$) 1)	ρ ($\Omega \cdot mm^2/m$)	Možný tvar kolejnice
900A	1,254	0,243	UIC 60, R65, T, S49

– rozměry měřeného vzorku podle normy výrobce

V případě, že typ použité kolejnice není možno zjistit, je třeba použít měřicí metodu ke stanovení odporu kolejnice dle měřicí metody, která je uvedena v EN 50 122-2:

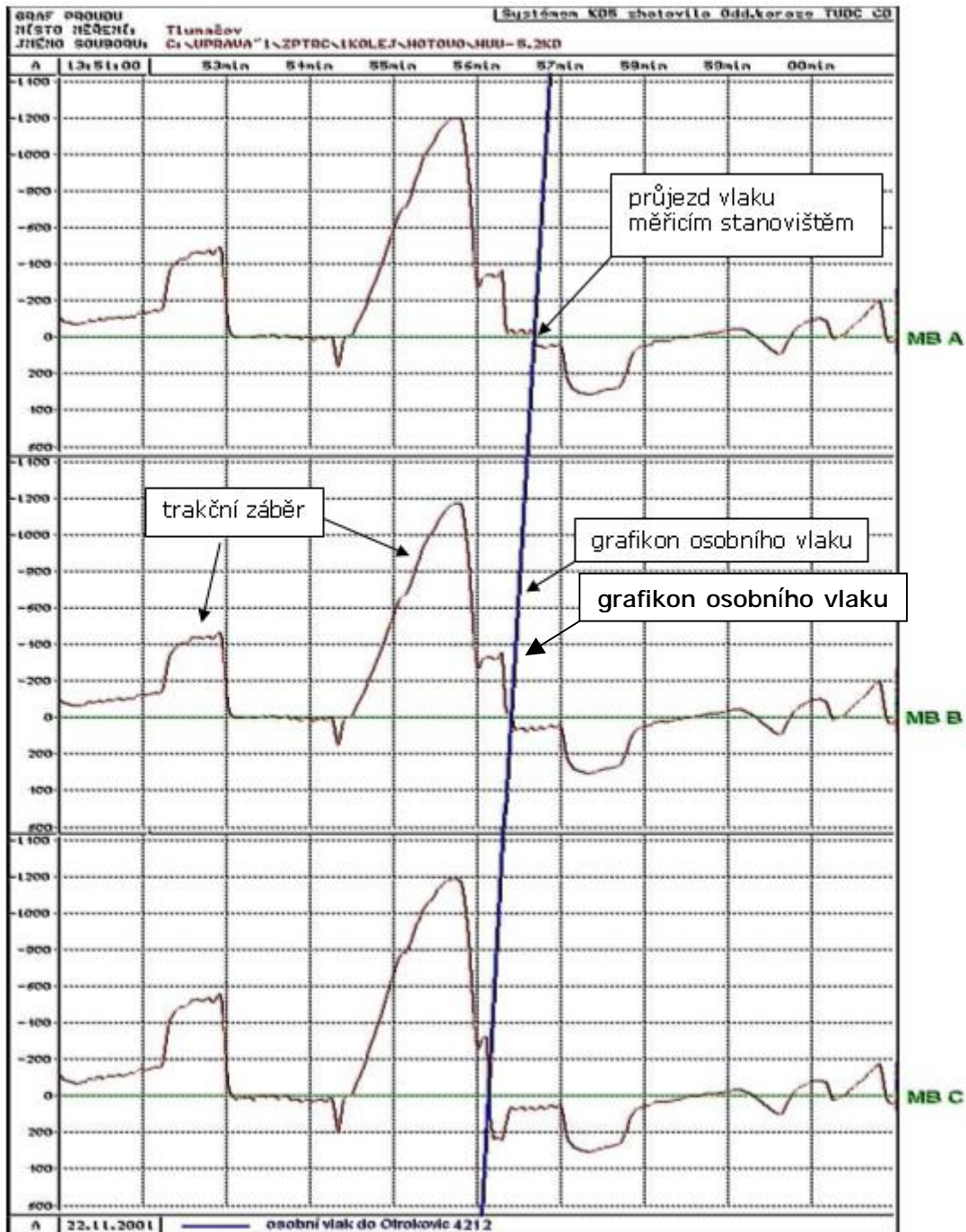


$$R_{kolej10m} = \frac{(U_{A1} - U_{A0}) + (U_{B1} - U_{B0})}{I}$$

Princip spočívá ve změření úbytku napětí na danou délku kolejnicového pásu (10 m) a jeho podělením protékajícím proudem. Vliv cizích proudů v kolejnicovém pásu (trakčních proudů) se vyloučí kompenzací tak, že úbytky napětí se měří na obě strany od připojení vnějšího zdroje.

Příklad měření úniku bludných proudů měřených v žst. Tlumačov:

Měření bylo prováděno ve třech měřicích stanovištích (MB A, MB B a MB C). Trakční lokomotiva v záběru dává vznik trakčním proudům, tekoucím od lokomotivy ve zpětných kolejnicích na obě strany k měřárnám. Průjezd trakční lokomotivy kolem měřicího stanoviště se jeví jako změna polarity. Grafické záznamy záporných impulsů zpětných proudů znázorňují záběry trakční lokomotivy, nacházející se v krátkém úseku mezi měřicím stanovištěm a měřárnou. Veškeré ostatní záběry trakčních lokomotiv se projevují jako kladné impulsy.

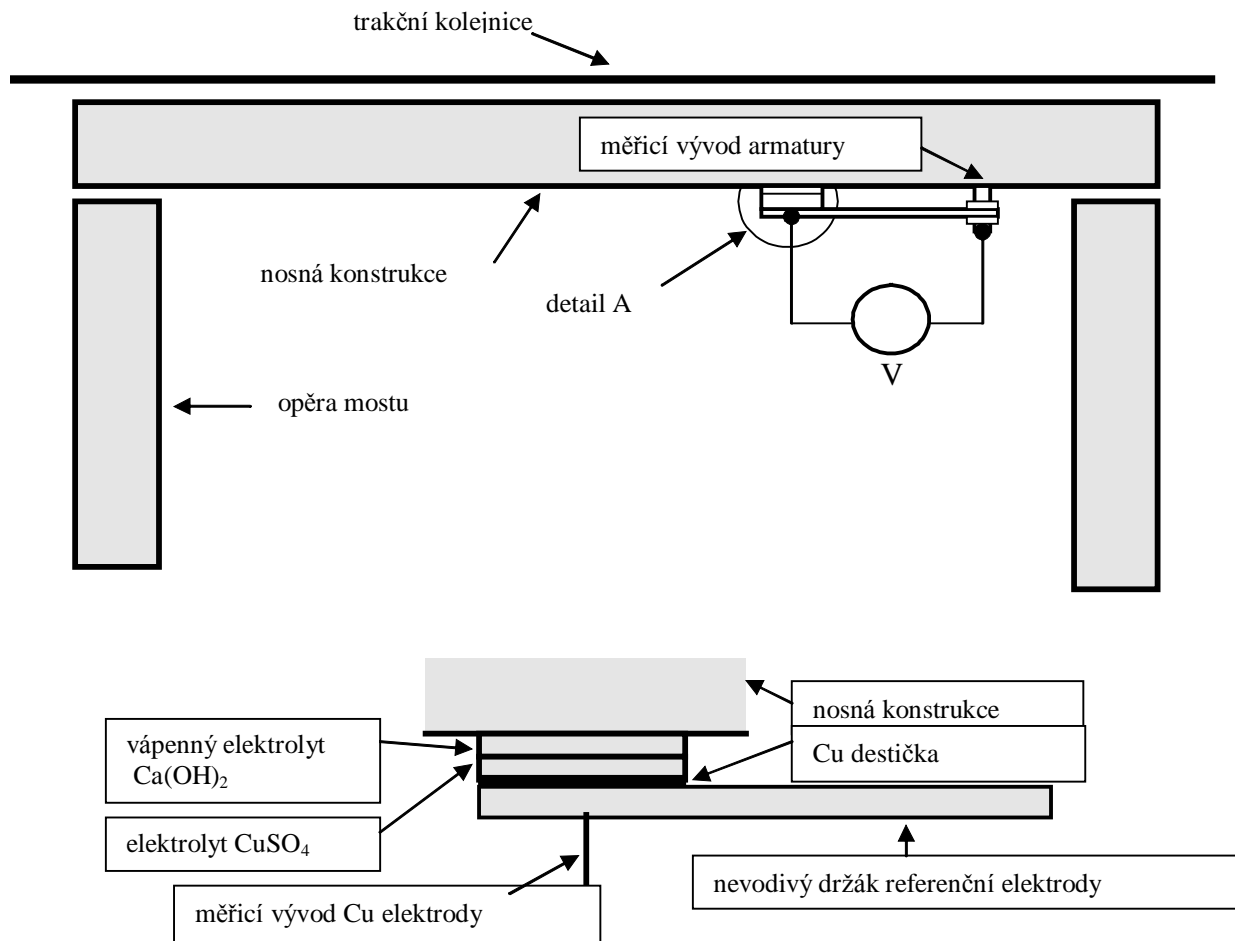


Měření mostních konstrukcí na koridorových tratích

Korozní měření potřebná ke zpracování projektové dokumentace, ke kontrole elektrických parametrů izolací a armatur v průběhu stavby i závěrečná měření potřebná ke kolaudaci mostních a ostatních železobetonových konstrukcí jsou zahrnuta v TKP 25A ČD a ve směrnici SR5/7 (S) pro železniční mosty. V uvedené směrnici jsou zahrnuty i nejčastěji používané měřicí postupy a parametry měřicích přístrojů, používaných při měření. V této souvislosti je však třeba připomenout, že pouze kvalifikovaná měření prováděná zkušenými pracovníky přinášejí při návrhu a kontrole protikorozních ochrany kýžené výsledky. Nevhodně navržené protikorozní úpravy při projektu nebo nedodržení správné technologie prací při výstavbě železobetonové stavby jsou obvykle je velice těžko napravitelné a skoro vždy vyžadují značné finanční prostředky. Naproti tomu prostředky vynaložené na měření jsou v porovnání s cenou

mostu zanedbatelné. Výsledky měření zahrnuté v protokolech pak s vyvozením příslušných závěrů dokladují kvalitu navržených a provedených protikorozních opatření při kolaudaci a přejímce stavby, a jsou podkladem pro kontrolní měření prováděná v průběhu životnosti mostu.

Příklad ověřování korozního stavu armatury železobetonové nosné konstrukce mostu, používané ČD TÚDC oddělením koroze:



Některá důležitá konstrukční protikorozní opatření, sloužící k prodloužení životnosti mostu a jejich měření:

V průběhu stavby

izolační materiály mezi spodní stavbou a nosnou konstrukcí - měření izolačního odporu ložisek

izolace spodních staveb - měření zemního odporu podpěr

provaženost armatur - podélný elektrický odpor armatur nosných konstrukcí

Závěrečná měření

izolační materiály mezi nosnou konstrukcí a trakční kolejnicí - měření izolačních odporů

izolační materiály mezi nosnou konstrukcí a spodní stavbou - měření izolačních odporů

odizolování zábradlí - měření izolačních odporů

měření potenciálů nosných konstrukcí proti referenční elektrodě

měření potenciálů spodní stavby proti referenční elektrodě

měření potenciálů trakční kolejnice proti referenční elektrodě

měření elektrických zařízení na mostních konstrukcích

měření cizích úložných kovových zařízení na mostních konstrukcích

Závěr

Výše uváděná korozní měření jsou nutná pro zjištění souvislostí mezi kvalitou zpětné trakční cesty a korozním ohrožením úložných kovových zařízení. U zpětné trakční cesty platí zásada minimálního úniku bludných proudů do země, u úložných zařízení je to zásada kvalitních pasivních izolací. Při zjišťování výše uvedených skutečností je pak nezbytná znalost a zkušenost specializovaného měřicího pracoviště.

Literatura

[1] ČSN EN 50 122 – 2

[2] Technické kvalitativní podmínky staveb ČD, kapitola 25 A

[3] ČD SR 5/7 (S) – Ochrana železničních mostních objektů proti účinkům bludných proudů