

SLOVENSKÁ SPRÁVA CIEST

ZÁKLADNÉ OCHRANNÉ OPATRENIA PRE OBMEDZENIE VPLYVU BLUDNÝCH PRÚDOV NA MOSTNÉ OBJEKTY POZEMNÝCH KOMUNIKÁCIÍ

Rozborová úloha

Časť I. Sprievodná správa



riešiteľ:



JEKU, s.r.o.
ateliér Praha
Limuzská 8
100 00 Praha 10 - Strašnice
IČO: 250 312 01
DIČ: CZ-25031201

dátum:

November 2008

Základné ochranné opatrenia pre obmedzenie vplyvu bludných prúdov na mostné objekty pozemných komunikácií

Rozborová úloha

Časť I. Sprievodná správa

Obstarávateľ: Slovenská správa ciest
oddelenie 2210
Miletičova 19,
826 19 Bratislava

Zhotoviteľ: JEKU s.r.o.
Limuzská 8
108 00 Praha 10 - Strašnice

Číslo objednávky obstarávateľa a názov úlohy: 660/2210/2008

Obsah

1. Úvod.....	3
1.1 História problematiky.....	3
1.2 Vzťah TP 208 k novým európskym normám.....	3
1.3 NACE TG 356 Korózia spôsobená bludnými prúdmi.....	4
2. Teoretická časť.....	5
3. Ochrana stavieb pred účinkami bludných prúdov – predpisy.....	16
3.1 Pravidlá pre ochranu stavieb pred účinkami bludných prúdov – rešerše základných predpisov	16
3.2 Pravidlá pre ochranu stavieb pred účinkami bludných prúdov – legislatívne nástroje	19
3.3 Pravidlá pre ochranu stavieb pred účinkami bludných prúdov – rešerše zahraničných predpisov	20
3.4 Ďalšie rešerše prác týkajúce sa problematiky korózných účinkov bludných prúdov	21
4. Systém pasívnych ochranných opatrení proti účinkom bludných prúdov.....	25
4.1 Postup pri návrhu ochranných opatrení proti účinkom bludných prúdov	26
4.2 Základný korózny prieskum	26
4.3 Ochranné opatrenia betónových stavieb proti účinkom bludných prúdov.....	31
4.3.1 Základné pasívne ochranné opatrenia.....	31
4.3.2 Koordinácia ochranných opatrení s nadväzujúcimi profesiami, ukoľajnenie	39
4.3.3 Špeciálne prípady návrhu ochranných opatrení.....	40
4.3.4 Prevarovanie výstuže.....	42
5. Realizácia ochranných opatrení v priebehu výstavby.....	44
6. Meranie vplyvu bludných prúdov v priebehu stavby a po dokončení stavby	45
6.1 Špecializované pracovisko	45
6.2 Obsah meraní vplyvu bludných prúdov železobetónových konštrukcií.....	46
6.3 Merania v priebehu stavby	47
6.4 Elektrické a geofyzikálne merania na stavebne dokončenom moste	48
6.5 Záverečné hodnotenie mostného objektu z hľadiska ochrany proti účinkom bludných prúdov a odporúčania pre prevádzkovateľa.....	50
7. Systém aktívnych ochrán.....	52
7.1 Aktívna ochrana proti chemickým vplyvom a proti účinkom bludných prúdov – obmedzenie použitia na železobetónových konštrukciách.	52
7.2 Kritériá funkcie katodickej ochrany.	55
7.3 Cieľ aplikácie katodickej ochrany.	57
8. Nedeštruktívna diagnostika korózie výstuže	58
8.1 Nedeštruktívny systém diagnostiky korózie výstuže CMS.....	58
8.2 Nedeštruktívny systém diagnostiky korózie výstuže CPMP.....	60
8.3 Senzor koróznej rýchlosti.....	61
8.4 Kombinovaný senzor koróznej rýchlosti, výskytu korózie, hĺbky prieniku agresívnych látok k výstuži a pH VŠCHT	62
9 Praktické skúsenosti s aplikáciou predpisov na ochranu stavieb pred účinkami bludných prúdov.	62
10 Návrh novej metodiky na ochranu stavieb pred účinkami bludných prúdov pre SSC.....	69

1.Úvod

S rozvojom výstavby pozemných komunikácií v deväťdesiatych rokoch minulého storočia a prvej dekáde tohto storočia došlo k prudkému rozvoju stavebných technológií mostných konštrukcií. Prevádzku a údržbu mostných konštrukcií dlho sprevádza rad nešvárov. Najmä v oblasti korózneho namáhania, ktoré je zdrojom skracovania životnosti stavieb a teda zvyšovania ekonomickej náročnosti prevádzky mostných stavieb i zvýšených požiadaviek na investície vo výstavbe pozemných komunikácií. Koróznemu namáhaniu mostných stavieb je venovaná pozornosť nielen z hľadiska chemických vplyvov, v súčasnosti je vytvorený systém sledovania porúch mostných stavieb s cieľom predikcie životnosti mostných stavieb pre posudzovanie ekonomickej efektívnosti opráv či výstavby nových mostných stavieb.

1.1 História problematiky

Jednou z významných oblastí v tejto problematike je hodnotenie vplyvu bludných prúdov. Už v päťdesiatych rokoch minulého storočia je v rôznych prácach preukazovaný negatívny vplyv bludných prúdov na korózný stav mostných stavieb. Z týchto prác je nutné uviesť najmä práce VÚIS Bratislava (Ing. Kameníčková) a VÚIS Brno (Ing. Žalman). V ďalších rokoch významne prispeli k objasneniu problematiky práce R. Cignu z Talianska alebo S. C. Dasca z Nórska – pozri zoznam literatúry.

Za racionálny výstup týchto prác s konkrétnym dopadom do praxe je možné považovať vtedy v ČSFR vydaný predpis TP 208, „Ochrana oceľovej výstuže betónu proti korózii v agresívnom prostredí a proti účinkom bludných prúdov“ spracovaný VÚIS Bratislava v roku 1985.

Predpis TP 208 bol donedávna základom princípov ochrany železobetónových stavieb proti koróznym účinkom bludných prúdov. Na základe tohto predpisu vznikali v deväťdesiatych rokoch predpisy ďalšie. Príkladom je rezortná smernica „Základné ochranné opatrenia pre obmedzenie vplyvu bludných prúdov na mostné objekty pozemných komunikácií“, MH ČR, 1992, ktorá bola prevzatá aj pre Slovensko, v ČR nasledovali revízie tohto predpisu predpismi TP 124 pre pozemné komunikácie a pre české železnice bol vytvorený samostatný predpis SR 5/7(S).

Predpis TP 208, ktorý je základom všetkých ďalších zhora uvedených predpisov a donedávna aj základom pre ochranu mostných konštrukcií Železníc Slovenskej republiky, je s ohľadom na zhora zmienený postup v rozvoji technológii, a najmä európskych noriem, materiál prekonaný. Je preto nutné materiály súvisiace s ochranou pred bludnými prúdmi aktualizovať. Vzhľadom na to, že Slovenská správa ciest nedisponuje vlastným materiálom, napríklad technickými podmienkami, ako v Českej republike, kde sa ku koncu roku 2008 dokončuje revízia technických podmienok TP 124 z roku 2000, je na mieste podobný materiál pre cestné mostné objekty pripraviť.

Je na mieste poznamenať, že obdobný a celkom nový predpis dokončujú aj Železnice Slovenskej republiky.

1.2. Vzťah TP 208 k novým európskym normám

Venujme sa úvodom slovenskému materiálu TP 208 ako nosnému materiálu, ktorý bol podkladom aj pre smernicu „Základné ochranné opatrenia pre obmedzenie vplyvu bludných

prúdov na mostné objekty pozemných komunikácií“, MH ČR, 1992, z pohľadu súčasných noriem. Pri podrobnej analýze materiálu zistíme, že v priebehu minulých rokov došlo k zásadným zmenám najmä v európskych a následne aj slovenských štandardoch. V tejto súvislosti je nutné uviesť, že pohľad na princípy návrhu betónov z hľadiska korózneho namáhania sa zásadne normou STN EN 206-1 zmenil. V súčasnosti sú celkom prekonané zavedené princípy vodostavebných betónov, známe a desaťročné zavedené symboly pre vodotesnosť „V4“, „V8“ nielenže nejestvujú, ale predovšetkým nemajú analógiu v novom systéme členenia betónov. Nová norma STN EN 206-1 si vynútila zrušenie normy STN 731208. V súčasnosti sa v rámci napríklad geofyzikálneho (geologického) prieskumu stanovujú vplyvy podľa STN EN 206-1, zmena 3 a podľa vplyvov sa navrhuje kategória betónu s požiadavkou na kryciu vrstvu. V každej kategórii vplyvu sa definuje vlastnosť vodonepriepustnosti. V kategóriách vplyvu v rámci EN 206-1 nie je zohľadnený vplyv bludných prúdov.

Zároveň nie je jednoznačný výklad pre definovanie vzťahov medzi vodonepriepustnosťou betónu a odolnosťou proti prieniku agresívnych látok, ktoré by urýchlili korózne procesy vplyvom bludných prúdov. V zásade iba na základe záverov uvedených v pôvodnej TP 208 je možné takú analógiu stanoviť alebo odhadnúť, a predpísať požiadavku vodonepriepustnosti k danému vplyvu podľa STN EN 206-1, zm. 3. Taktiež rozhodovanie má však značný dopad do ceny stavby a bolo by vhodné v ďalšom období sa tejto problematike venovať a napríklad spoločne s VÚIS Bratislava nájsť vhodný, experimentmi podložený vzťah medzi kvalitou „nových betónov“ podľa ČSN EN 206-1, vodonepriepustnosťou betónu a požiadavkami na odolnosť proti korózii bludnými prúdmi. Vtedy bude možné podať návrh na zmenu ČSN EN 206-1 o doplnenie tohto vplyvu.

Okrem tohto základného problému je v pôvodnej smernici odlišne riešená kvalifikácia korózneho prostredia od zavedených, hoci nešťastným spôsobom zrušených, noriem STN 0383xx. Zrušením týchto noriem došlo k vzniku vákua, kde nejestvuje v súčasnosti žiadna kategorizácia korózneho prostredia. Ak neprihliadneme na zrušené normy alebo napríklad na zavedené predpisy v ČR, ako hodnotiť koróznú situáciu v mieste stavby, nejestvujú v súčasnosti v SR nástroje na úrovni legislatívy (rezortného predpisu).

POZN.: V SR sú zrušené normy STN 038361, STN 038363, STN 038365, STN 038370, STN 038371, STN 038373, STN 038375, ktoré sa danej problematiky v mnohých ustanoveniach dotýkajú. Normu STN 038372, ktorá je v súčasnosti platná, je potrebné zachovať. V ČR sa od roku 2008 pripravuje nová česká norma, ktorá by aktualizovala túto skupinu noriem. Tento materiál uvádza tieto normy ako zdroj dostupných informácií pre navrhovanie ochrany stavieb proti koróznym účinkom bludných prúdov do času vydania nového rezortného predpisu k danej problematike.

Z tohto dôvodu napríklad Železnice Slovenskej republiky spracovali materiál **Smernica pre ochranu kovových a železobetónových konštrukcií uložených v zemi pred koróziou – Revízia technologického predpisu 208 „Ochrana oceľovej výstuže betónu proti korózii v agresívnom prostredí a proti účinkom bludných prúdov“ VÚIS Bratislava, 1985.**

Tento materiál je určený ako spojovací mostík, kým nebude vypracovaná nová metodika pre ochranu stavieb pred účinkami bludných prúdov.

Z uvedeného je zrejmé, že problematika ochrany bludných prúdov je interdisciplinárny problém, ktorý sa dotýka viac stavebných inžinierov a statikov než elektroinžinierov. Ako ukáže ďalší popis problematiky, skutočnosť je taká, že riešenie problematiky vyžaduje komplexný prístup všetkých špecialistov, ktorý sa na návrhu mostnej konštrukcie podieľajú.

1.3. NACE TG 356 Korózia spôsobená bludnými prúdmi

V súvislosti s diskutovanou témou nie je možné opomenúť organizáciu NACE – International, ktorá bola povodne známa pod názvom „The National Association of Corrosion Engineers“. NACE bola založená v roku 1943 jedenástimi koróznymi inžiniermi, ktorí pôsobili v potrubárskom odvetví. Viac ako 60 rokov praxe v rozvíjajúcom odbore korózneho prevencie a korózných štandardov sa NACE stala najvýznamnejšou organizáciou vo svete v odbore korózneho inžinierstva.

V priebehu roku 2008 táto organizácia pripravovala zásadný materiál pre danú problematiku, a to návrh predpisu TG 356 Korózia spôsobená bludnými prúdmi. Ide o materiál, ktorý postihuje kompletne základy a princípy ochrany stavieb proti vplyvu bludných prúdov, ktoré sa uplatňujú v českej a slovenskej republike viac ako 20 rokov. Prvýkrát na úrovni medzinárodných predpisov NACE sa tak popisujú princípy korózie výstuže v betóne popísané v predpisoch TP 208 a nadväzujúcich, zhora uvedených. Niektoré princípy uvedené v tomto materiáli budú citované v ďalšej časti.

2. Teoretická časť

Vráťme sa na samotný začiatok problematiky a pokúsme sa priblížiť, čo bludné prúdy na betónových konštrukciách spôsobujú.

Pre spresnenie problematiky a objasnenie niektorých pojmov sa v nasledujúcej časti uvádzajú základné informácie o princípoch vzniku a pôsobenia bludných prúdov. Cieľom tejto stati je objasniť dôvody, pre ktoré je vhodné sa danou problematikou zaoberať a riešiť s cieľom praktického výstupu.

Problematika pôsobenia bludných prúdov na železobetónových stavbách sa objavila až v druhej polovici tohto storočia, keď na prelome päťdesiatych a šesťdesiatych rokov boli zistené vážnejšie negatívne dôsledky pôsobenia bludných prúdov na železobetónové konštrukcie. Odvtedy bolo spracovaných a publikovaných viacero prác popisujúcich procesy korózie bludnými prúdmi v železobetóne v zahraničí aj v ČR napr.[2], [3], [4], [5], [6]. Je nutné zdôrazniť, že riešenie problematiky bludných prúdov sa týka len niektorých krajín sveta, a to najmä tých, ktoré používajú trakčné neizolované jednosmerné prúdové sústavy. Ide najmä o Švajčiarsko [20], Francúzsko, Taliansko, USA, Japonsko, Indiu, Poľsko, a samozrejme Českú a Slovenskú republiku. V ostatných krajinách (kde boli zavedené trakčné systémy napájané zdrojom striedavého prúdu) sa s problematikou korózie železobetónových stavieb bludnými prúdmi zatiaľ nestretávajú. Korózne účinky striedavých bludných prúdov však sú, hoci vo výrazne menšej miere, preukázané taktiež [7]. Prax ukazuje, že prejavy korózných procesov vyvolané striedavými bludnými prúdmi sa prejavujú najskôr v druhej polovici životnosti stavby.

Bludným prúdom sa nazývajú elektrické prúdy pretekajúce (iónovo) vodivým prostredím (napr. pôdou, vodou) a pochádzajúce z elektrických zariadení nedostatočne izolovaných od tohto prostredia alebo používajúcich zem ako spätný vodič.

Bludné prúdy sa delia podľa druhu:

- na bludné prúdy jednosmerné,
- na bludné prúdy striedavé.

Zdrojom bludných prúdov spravidla sú:

- železničné, električkové a špeciálne trate, prípadne banské trate elektrizované:
 - a) jednosmernou prúdovou trakčnou sústavou

- b) jednofázovou prúdovou trakčnou sústavou využívajúce koľajnice ako spätný vodič pre trakčný prúd (príloha 1, obrázok 1),
- katodické stanice aktívnych ochrán,
- jednosmerné rozvody vo výrobných prevádzkach,
- telurické prúdy (horninové prúdy),
- striedavé trojfázové systémy s uzemneným nulovým vodičom.

Najvýznamnejším zdrojom bludných prúdov je železničná trať elektrizovaná jednosmernou prúdovou trakčnou sústavou využívajúcou koľajnice ako spätný vodič, pričom asi 5 až 60 % z celkového spätného prúdu prechádza zemou. V tejto súvislosti sú za hlavný zdroj bludných prúdov považované často trakčné meniarne. Význam metra z pohľadu tejto problematiky je taktiež významný, nutné je však zdôrazniť, že táto trakčná sústava je vybavená ochrannými opatreniami proti šíreniu bludných prúdov už na úrovni konštrukcie koľaje. Do trakčných sústav patrí aj električková doprava. Električkové trate sú v podmienkach SR elektrizované jednosmerným prúdovým systémom, a to ako s kladnou, tak zápornou polaritou koľaje. Vplyv bludných prúdov od električkových tratí je úmerný kvalite koľajového lôžka a systému odsávacích (spätných) káblov. Príkladom veľmi starostlivého prístupu pre obmedzenie šírenia vplyvu bludných prúdov z tohto systému je v ČR dopravný podnik DP Praha, kde boli vynaložené obrovské finančné prostriedky na zdokonalenie izolačného oddelenia koľajníc od panelového lôžka a teda aj okolia. Naopak, príkladom negatívneho prístupu v deväťdesiatych rokoch bolo mesto Plzeň, kde zanedbaním tejto problematiky dochádza v úzkom pásme okolo električkovej trati k distribúcii bludných prúdov do terénu.

V nadväznosti na výsledky praktických meraní je vhodné zmieniť aj problematiku meniarí. Merania vykonané v posledných rokoch, najmä v Prahe v lokalitách meniarí DP Metro potvrdzujú, že bludné prúdy využívajúce podzemné konštrukcie a zem sa vracajú späť do zdroja. V blízkosti meniarí je tak významne zväčšená koncentrácia elektrických polí v zemi (hustoty bludných prúdov), nie vždy však musí nutne ísť o škodlivé procesy. Najmä, ak je posudzované zariadenie spojené s konštrukciou (uzemnením) meniarne. Posudzované zariadenia sú potom naopak katodicky chránené.

Je nepochybné, že kovové aj betónové zariadenia (rozumej objekty a konštrukcie z betónu železového, predopnutého prípadne z prostého betónu s konštrukčnou výstužou), ak nie sú dobre elektricky izolované od zeme, môžu viesť značnú časť prúdu s intenzitou dosahujúcou až niekoľko desiatok ampérov. Tento prúd však nemusí vždy byť škodlivý. Vzniká tak priestor pre špekulácie o vplyvoch bludných prúdov a niekedy aj strašenie nepriaznivými vplyvmi.

Problematika korózných účinkov striedavých bludných prúdov (najmä na betónovú konštrukciu) bola predmetom viacerých výskumov v minulých desaťročiach a nie je úplne jednoznačne interpretovaná. V súčasnosti je spracovaných viacero výstupov teoretických aj praktických, o ktoré sa je možné pri spracovaní návrhu systému ochranných opatrení oprieť bez toho, aby bolo zásadne významné posudzovať veľkosť tohto vplyvu. Vplyv striedavých bludných prúdov je preukázaný na konštrukcie najmä v spolupôsobení s jednosmernými bludnými prúdmi. Vplyv striedavých bludných prúdov je účinný v bezprostrednej blízkosti zdroja na rozdiel od jednosmerných bludných prúdov.

V zásade sa výstupy vedeckých pracovísk formujú do dvoch základných skupín. Jedna skupina, ku ktorej zástancom patrí väčšina autorov z USA, formuluje poznatky o korózii striedavými bludnými prúdmi do záveru, ktorý najlepšie vystihuje autor S. C. Das [34], totiž, že striedavé bludné prúdy prakticky do celkového korózneho pôsobenia neprispievajú, ich

podiel dosahuje cca 1 %. Druhá skupina vedcov dokazuje usmerňovací efekt na prechodoch ocel – pasivačná vrstva – betón a korózii striedavými bludnými prúdmi prikladá väčší význam, spravidla sa uvádza príspevok striedavých bludných prúdov k celkovej korózii bludnými prúdmi vo výške cca 20 až 30 % [35].

V súčasnosti sa vyskytuje stále viac materiálov prisudzujúcich korózii striedavými bludnými prúdmi väčší význam. Zo získaných materiálov sa uvádzajú dva významné príspevky zo štvrtej medzinárodnej konferencie spoločnosti CEECOR zo septembra 1997 a ďalej príspevok Ing. Stejskala z Naftoprojektu a.s. Poprad uverejnený na seminári OK97 v Prahe.

Ďalej je z priložených materiálov zrejmé, že korózne účinky striedavých bludných prúdov, dané usmernením na prechodoch rôznych materiálov, je možné korigovať katodickou ochranou.

Pre striedavý aj jednosmerný bludný prúd všeobecne platí, že betón sa nepovažuje za izolačný materiál.

Pre ďalšie hodnotenie vplyvu bludných prúdov definujeme, v čom je škodlivosť bludných prúdov pozorovaná.

Problematickou škodlivosti bludných prúdov sa trvale zaoberajú rôzne seriózne aj menej seriózne domáce aj svetové odborné pracoviská. Pre priblíženie pôsobenia elektrického prúdu sa s obľubou používa základná elektrochemická definícia, a totiž, že jednosmerný elektrický prúd s veľkosťou 1 A rozpustí v elektrolyte za jeden rok trvalého pôsobenia podľa vzťahu [8],[9]

$$M = A \cdot I \cdot t$$

9,1 kg ocele a napr. 10,5 kg medi alebo 33,8 kg olova.

A ... elektrochemický ekvivalent

I ... prúd elektrolytického javu

t ... čas pôsobenia

Elektrolytom je v praxi vlhká zemina alebo v niektorých prípadoch taktiež prevlhčený betón, betón obsahujúci chloridy a pod. Z tejto skutočnosti vyplýva dôležité a pre ďalší text zásadné zistenie: bludný prúd neškodí pri prechode vodičom I. triedy – t. j. pri zariadeniach vonkajších vedení neškodí prechodom vodičov, pri prevarenej výstuži neškodí prechodom výstuže a v prevarenom a izolovanom potrubí neškodí samotný prechod kovom potrubia, ale môže škodiť pri prechode bludného prúdu z jedného prostredia do druhého, t. j. pri výstupe bludného prúdu z kovu do zeme alebo betónu. V niektorých špeciálnych prípadoch môže bludný prúd škodiť aj pri vstupe do oceľových častí (výstuže, predopnutých prvkov). Takým prípadom je jav nazývaný deštrukcia ocele vodíkom pri prechránení, t. j. stave, kedy katodická oblasť je namáhaná vysokým záporným napätím ($U_{Cu/CuSO_4} < -1100$ mV).

Miesta možných výstupov bludných prúdov sa samozrejme nachádzajú v spodných stavbách, t. j. v miestach uloženia podpier do zeme, v miestach základových uzemňovačov, pätiiek a uzemňovacích sústav. Nie je možné taktiež vylúčiť, že vplyv bludných prúdov sa uplatní na rozhraní dvoch vodičov, ktoré spolu nie sú spojené elektricky vodivo definovaným stykom. Taký prípad môže byť naštartovaný napr. pri spojení dvoch kovových rozličných materiálov, medzi ktorými vzniká korózný článok (ako prvý faktor elektrochemickej korózie) a ktorými preteká bludný prúd na jednej

strane vo funkcii urýchľovača (anodická oblasť) a na druhej strane vo funkcii spomaľovača (katodická oblasť) korózných procesov.

Na tomto mieste je vhodné poznamenať, že zhora uvedené javy sa uplatňujú pre železo uložené v betóne s výrazne menšou koróznou rýchlosťou než kovových zariadení uložených v zemi bez alkalického prostredia (napr. [11], [12], [13]).

Korózne účinky striedavých bludných prúdov na železobetónovú konštrukciu sú, aj keď v menšom rozsahu, taktiež preukázané. S problematikou korózie striedavými bludnými prúdmi súvisí návrh normy [41] a odborná literatúra [42]. Vplyv striedavých bludných prúdov dosahuje maximálne 30 % vplyvu jednosmerných bludných prúdov. Význam striedavých bludných prúdov sa zvyšuje pri spolupôsobení s jednosmernými bludnými prúdmi.

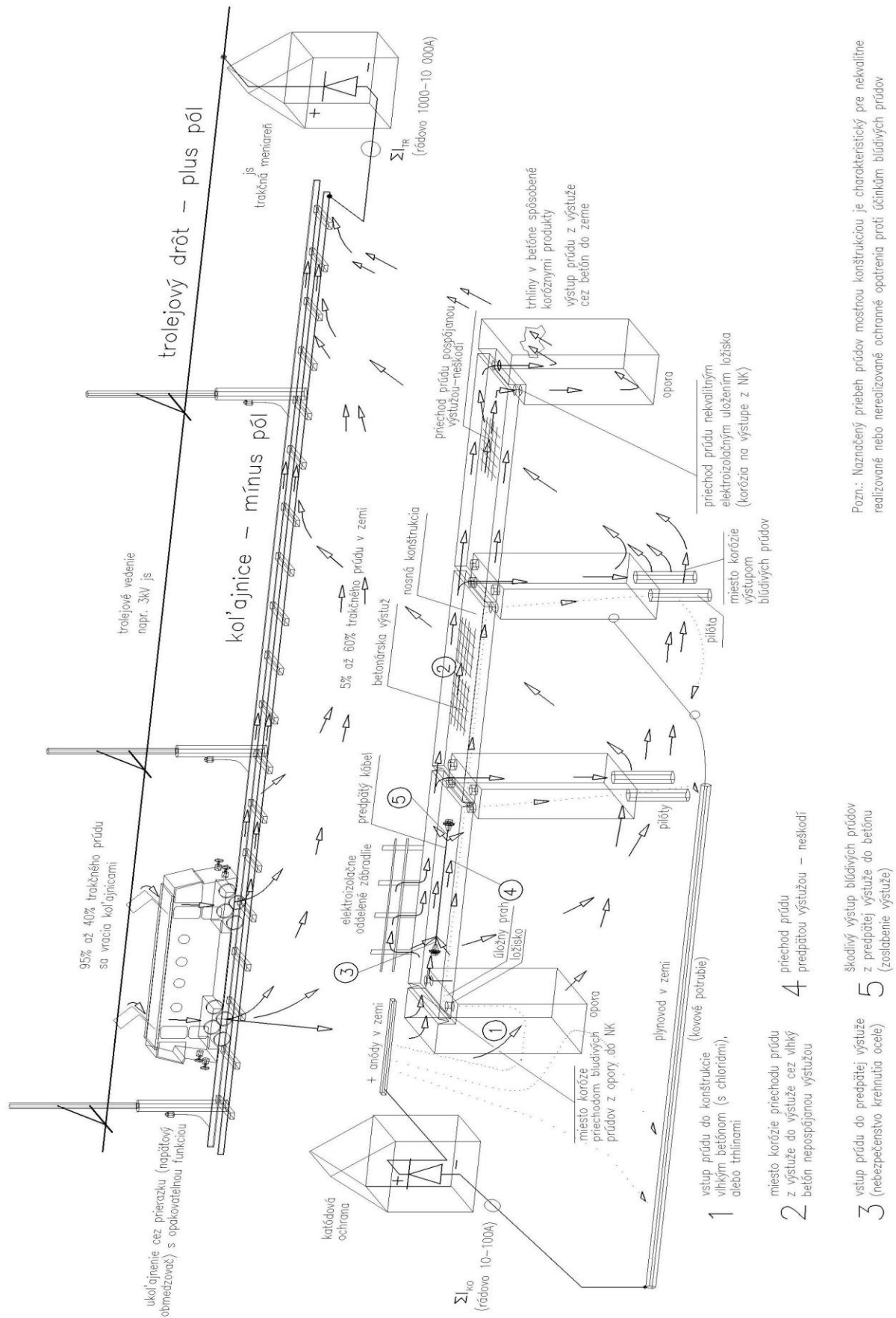
Je možné teda zhrnúť, že korózia spôsobená bludnými prúdmi sa uplatní vždy na prechode dvoch rôzne vodivých vrstiev, z ktorých najbežnejšími je sústava železo – zem a železo – betón; naopak, bludné prúdy nebudú poškodzovať žiadne kovové časti – vodiče I. triedy, ktorými sa bludný prúd iba šíri. Ďalej je vhodné poznamenať, že škodlivosť bludného prúdu v zmysle výrazného zrýchlenia korózneho rýchlosti sa uplatňuje vždy v súvislosti s inými faktormi. Pri líniových zariadeniach uložených v zemi ide o chyby v izolácii a následný koncentrovaný vstup a výstup bludných prúdov z konštrukcie, pri železobetónových konštrukciách ide spravidla o chyby a nekvalitu betónu za prispenia prítomnosti agresívnych látok (chloridov) a trhlin betónu.

Obr. 1 zobrazuje princípy pôsobenia bludného prúdu na mostnú konštrukciu.

Obr. 2 ukazuje typický príklad pôsobenia vplyvu bludného prúdu na potrubie.

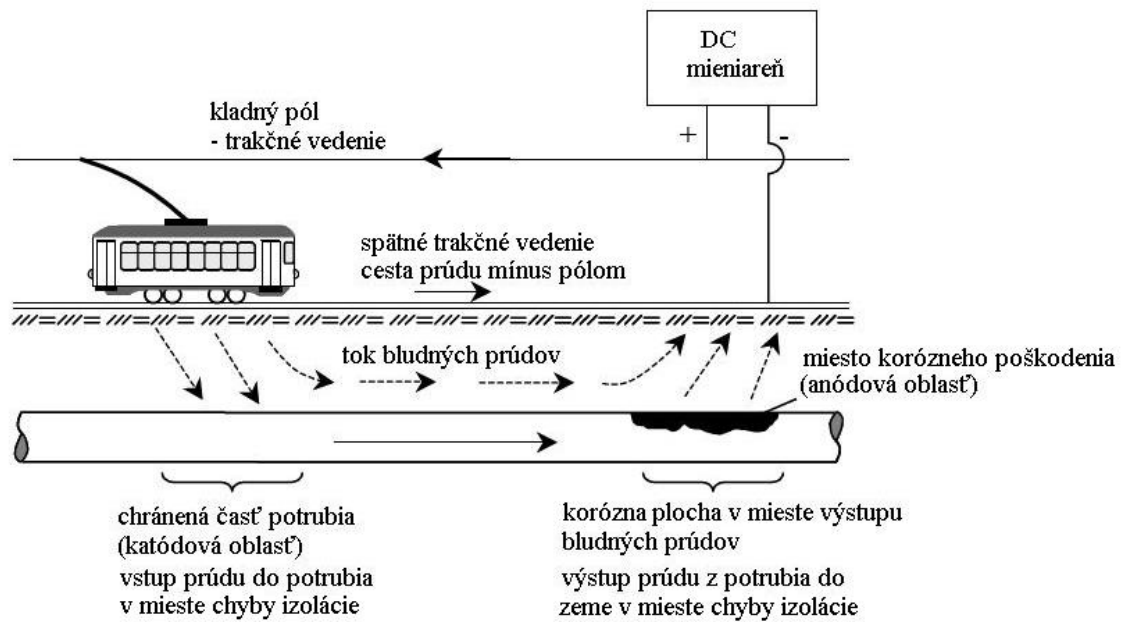
Obr. 3 zobrazuje korózne pôsobenie bludného prúdu medzi dvoma neprepojenými kovovými prvkami – výstužou v betóne pri pôsobení katodickej ochrany. Obrázok má zásadný význam pre navrhovanú metodiku ochrany stavieb pred účinkami bludných prúdov. Pôsobenie katodickej ochrany je možné nahradiť akýmkoľvek zdrojom bludných prúdov v teréne napr. na mostnú stavbu s nepospájanou výstužou.

Obr.1. Schematické znázornenie pôsobenia bludných prúdov

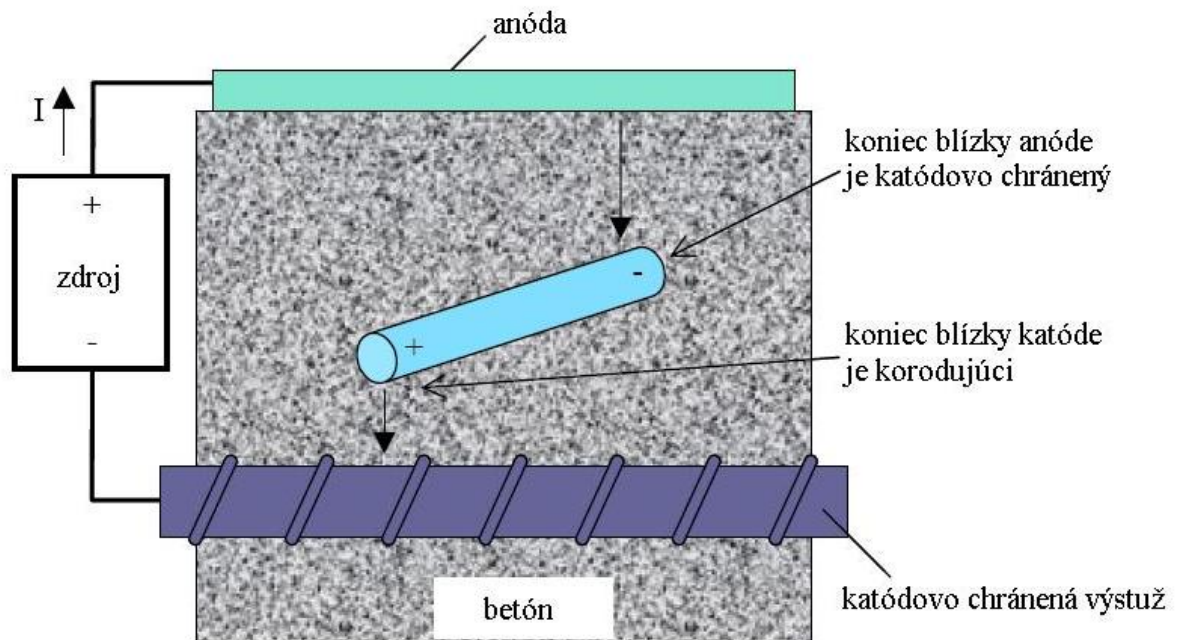


Pozn.: Naznačený priebeh prúdov mostnou konštrukciou je charakteristický pre nekalitne realizované alebo nerealizované ochranné opatrenia proti účinkom blúdivých prúdov

Obr.2. Pôsobenie bludného prúdu na potrubie plynovodu



Obr. 3. Zjednodušená schéma zobrazujúca koróziu výstuže pri chybnom pospájaní výstuže a pôsobení katódovej ochrany



S prihliadnutím na pripravovaný materiál NACE TG 356 sú ďalej uvádzané niektoré zásady ochrany stavieb pred účinkami bludných prúdov.

Podmienky pre koróziu ocele v betóne za prítomnosti bludných prúdov sa značne líšia od podmienok ocele vystavenej pôsobeniu „neutrálnych“ elektrolytov, ako sú napríklad pôda a voda, pretože alkalita okolitého betónu vedie k pasivácii zabetónovanej ocele.

Pôsobenie bludného prúdu nemá vždy za následok koróziu výstuže v betóne. Poškodenie betonárskej ocele závisí od niekoľkých parametrov, ako sú napríklad: skutočnosť, či prúd do ocele vstupuje, alebo či z nej vystupuje (t. j. či je oceľ katóda alebo anóda – v tomto poradí voči vyššie uvedenému), od intenzity prúdu a od času trvania jeho aplikácie, od prítomnosti prerušenia v cirkulácii prúdu, od obsahu iónov chloridu v betóne, od merného odporu betónu, od stavu ocele (či je pasívna alebo aktívna) a, konečne, od typu prúdu – DC alebo AC). Množstvo náboja, ktorý je potrebný pre iniciáciu korózie, je väčšie, ak je hustota prúdu nízka, ak betón neobsahuje chlorid, alebo ak nie je prúd jednosmerný (t. j., ak je periodicky prerušovaný). O pôsobeniach niektorých z týchto parametrov sa pojednáva v nasledujúcich odsekoch.

Polarita ocele (anóda alebo katóda)

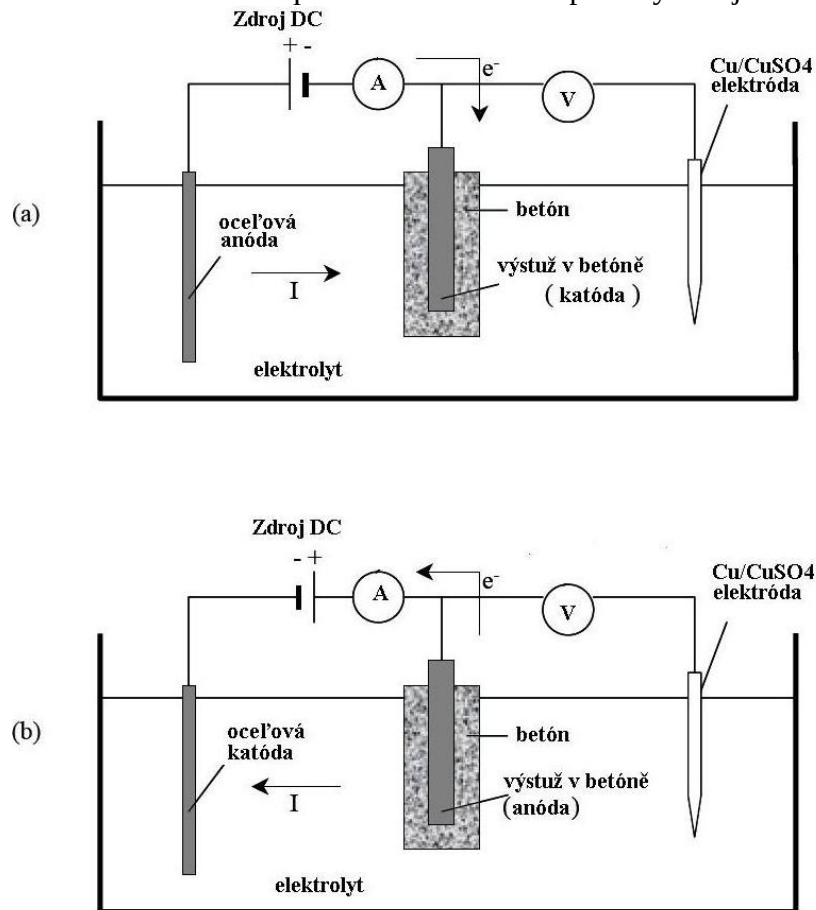
G. Scott, v r. 1962, a D. Hausmann, v r. 1964, boli prví, kto pomocou laboratórnych experimentov demonštrovali mechanizmus korózie ocele v betóne vystavenom pôsobeniu priloženého prúdu. V závislosti od smeru toku prúdu môže betonárska oceľ fungovať ako katóda alebo ako anóda. V štúdiách zaoberajúcich sa koróziou spôsobenou bludným prúdom používa tok prúdu pozitívnu prúdovú konvenciu (opačne voči prúdeniu elektrónov), t. j. od kladnej svorky cez obvod do svorky negatívnej. Hausmann došiel vo svojich štúdiách k záveru, že oceľ zaliata v betóne má silnú odolnosť voči ako kumulácii, tak vypúšťaniu prúdu v rozmedzí potenciálu od približne +0,6 do -1,0 V (Cu/CuSO₄). V rámci tohto širokého rozmedzia je prúd primárne riadený polarizačnými efektmi, nie ohmickým odporom betónu.

Ak je pasívna betonárska výstuž katódou podľa obr. 4a, je reakciou, ku ktorej dôjde na kovovom povrchu na rozhraní betón/ocel', elektrolýza vody a vývin vodíkového plynu (H₂) tak, ako je vyjadrené rovnicou (2) pri potenciáloch, ktorých negativita presahuje hodnotu -1060 mV (Cu/CuSO₄). Holá oceľová elektróda, ktorá pôsobí ako anóda, skoroduje tak, ako je vyjadrené rovnicou (3).



Vzniknutý atomický vodík môže penetrovať do kovovej mriežky a vyvolať škodlivé účinky – krehnutie ocele. Pri bežnej uhlíkovej oceli sú tieto následky zanedbateľné, avšak v prípade predpínacej ocele dochádza ku krehnutiu vodíkom.

Obr. 4 Zobrazenie toku bludného prúdu v závislosti od polarita zdroja



Ak je pasívna betonárska oceľ anóda podľa obr. 4b, môže dochádzať k niekoľkým typom reakcií. Predovšetkým je možná korózia ocele anodickou reakciou podľa rovnice (3). Ďalšia možná reakcia je reakcia kyslíkového poločlánku: ióny hydroxidu z poréznej cementovej kaše uvoľňujú voľný kyslík a vodu podľa rovnice (4). Taktiež môže dochádzať k vývinu kyslíka tak, ako je vyjadrené pomocou rovnice (5). Holá oceľová elektróda (katóda) bude katódovo chránená.



Pri nízkych alebo striedavých hustotách bludných prúdov je väčšinou vyprodukovaná kyslosť na rozhraní oceľ/betón neutralizovaná objemovou alkalitou betónu, a to počas obdobia absencie bludných prúdov. V prípade silného a pretrvávajúceho prietoku prúdu však betón, ktorým je oceľ obklopená, nie je schopný kyslosť (aciditu) neutralizovať. Úbytok iónov OH^- mení chemické zloženie betónu v blízkosti rozhrania oceľ/betón a eliminuje alkalitu na povrchu ocele. V dôsledku vyššie uvedeného dochádza k zníženiu pH na hodnoty, pri ktorých už nie je pasívna vrstva na povrchu ocele stabilná, pasivita je porušená a začína koróznym proces – pozri rovnicu (3).

Preto sa v oblastiach, kde bludný prúd do betonárskej ocele vstupuje (katóda), sa žiadna korózia nevyskytuje. Bludný prúd by dokonca mohol pre túto oblasť ocele zaistiť katodickú ochranu. V prípade, že bludný prúd z betonárskej ocele vystupuje (anóda), môže dochádzať ku koróznym procesom.

Intenzita a čas trvania prúdu

Z praktického hľadiska to nie je celkové množstvo DC prúdu, ktoré je významné vo vzťahu k závažnosti korózie, ale lokálna hustota prúdu. Experimentálne štúdie preukázali účinok hustoty prúdu a času trvania prietoku prúdu na koróziu betonárskej ocele a ocele predpínacej.

Zníženie hustoty prúdu vedie k významnému zníženiu agresivity bludných prúdov. Bolo zistené, že v cementovom mlieku, v ktorom sa nenachádza chlorid, nezačala tvorba korózie dokonca ani po uplynutí 14 mesiacov nepretržitej aplikácie pôsobenia prúdu DC pri hustote s hodnotou 1 A/m^2 a pri celkovej hustote náboja presahujúcej hodnotu 10000 A h/m^2 (930 A h/ft^2). Avšak iba 10 dní pri hustote náboja s hodnotou 2200 A h/m^2 postačovalo na začatie korózneho procesu pri anódovej hustote prúdu s hodnotou 10 A/m^2 .

V rámci obdobných testov vo vzťahu k predpínacej oceli zaliatej v malte nebola pri predpínacej oceli pozorovaná žiadna korózia po 33 týždňoch pri uplatnení anódového prietoku DC a pri hustotách prúdu pod hodnotou $0,269 \text{ mA/m}^2$. Pre hustoty prúdu s hodnotou $1,08$ až $1,61 \text{ A/m}^2$ bola korózia identifikovaná pri 50 % povrchu predpínacej ocele, a to opäť po 33 týždňoch aplikácie prúdu. Pri hustote prúdu s hodnotou $10,8 \text{ A/m}^2$ korózia spôsobila popraskanie okolitej malty, a to po iba dvoch týždňoch prietoku prúdu. Tieto závery citované v navrhovanom predpise TG 356 a napr. v [39] sú zásadným podkladom pre návrh princípov ochranných opatrení proti účinkom bludných prúdov.

Bludné prúdy môžu spôsobiť koróziu betonárskej ocele v pasívnom stave, ak je interferenčné pole silné a trvalé. Môžu taktiež urýchliť koróziu oceleovej výstuže, ktorá je v aktívnom stave (t. j. už došlo k porušeniu pasivačných vrstiev ocele v betóne z akýchkoľvek iných dôvodov).

V prípade pasívnej ocele v neporušenom, zdravom betóne vedie vývin kyslíka k vyčerpaniu alkality v blízkosti anódových oblastí, čo môže viesť k porušeniu pasivity ocele.

V aktívnej oceli už len nastáva reakcia deštrukcie železa. Je preukázané, že bludný prúd DC je schopný zvýšiť koróznou rýchlosť výstuže v betóne.

Chlorid v betóne

Riziko korózie bludnými prúdmi pri oceli v neporušenom betóne, ktorý neobsahuje alkálie a chlorid, je veľmi malé. Prítomnosť malého množstva chloridov však môže viesť k citeľnému zníženiu nutného náboja, ktorý je nutný pre spúšťanie korózneho procesu. V prípade betónových konštrukcií, ktoré sú kontaminované chloridom, môžu mať bludné prúdy veľmi vážne následky aj pri obsahu chloridov, ktorý je príliš nízky na to, aby spôsobil proces jamkovej korózie. Chloridy v betóne znižujú jeho merný odpor a uľahčujú tak cirkuláciu bludných prúdov. Okrem vyššie uvedeného môžu bludné prúdy hnať ióny chloridu na povrch ocele, čo môže podporovať rast počiatočných jamiek v prípade korózie spôsobenej chloridom a rozširovať tak korodujúcu oblasť. Bolo zistené, že ak sa obsah iónov chloridu v betóne zvyšuje, dochádza k dramatickému zníženiu náboja DC, ktorý je nutný pre spustenie korózneho procesu. Za prítomnosti dokonca hoci aj len malých množstiev chloridu, s hodnotou $0,1$ a $0,2 \%$ hmotnosti cementu, ktoré nie sú ohľadom jamkovej korózie ocele pri absencii bludného prúdu nebezpečné, môže korózný proces spustiť aj prúd DC, ktorého hodnota je iba tak málo ako 1 A/m^2 . Bludné prúdy stimulujú spúšťanie jamkovej korózie, lebo uvádzajú potenciál ocele na hodnoty, ktoré sú väčšie, než potenciál jamkový. Škodlivý účinok chloridov v betóne bol preukázaný taktiež pri prúde AC (pozri nasledujúci odsek).

Korózia striedavými bludnými prúdmi

Všeobecne je známe, že striedavé bludné prúdy sú pre oceľ menej škodlivé než bludné prúdy jednosmerné. Účinok bludných prúdov striedavých je komplexnejší než účinok pôsobenia bludných prúdov jednosmerných.

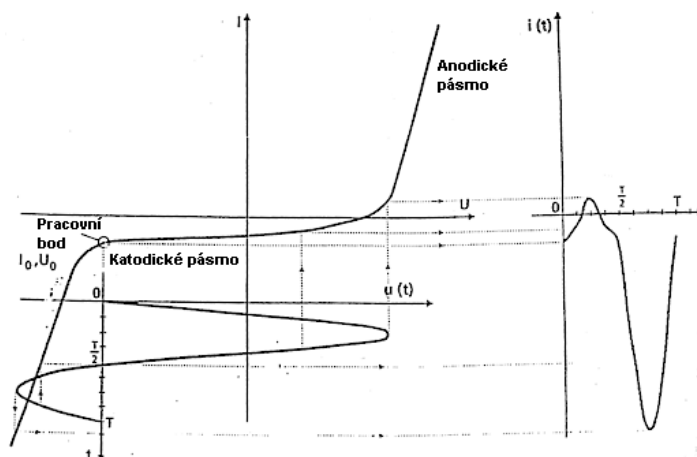
Experimenty vykonávané na oceli v simulovanom poréznom betóne preukázali, že striedavý bludný prúd značne znižuje obsah chloridov, ktorý je potrebný pre spustenie jamkovej korózie: až do jednej pätiny pri hustote striedavých bludných prúdov s hodnotou $500,0 \text{ A/m}^2$ a až do tretiny pri hustote s hodnotou $30,0 \text{ A/m}^2$.

V prípade ocele zaliatej v betóne nevedli hustoty striedavého prúdu do hodnoty $50,0 \text{ A/m}^2$ aplikované počas piatich mesiacov na pasívnu oceľ v betóne pri množstve až do 0,4 % chloridov k spusteniu korózneho procesu. Avšak v prípade ocele v betóne pri množstve chloridov s hodnotou 0,8 % hmotnosti cementu oceľ korodovala ešte pred aplikáciou striedavého prúdu, po jeho aplikácii sa rýchlosť korózie zvýšila.

Je možné predpokladať, že spoločný účinok jednosmerných a striedavých bludných prúdov bude pôsobiť zvýšenie korózných rýchlostí výstuže v betóne.

Pri prechode striedavého bludného prúdu dvoma prostrediami (železo – betón) dochádza k jednocestnému usmerneniu striedavej zložky. Striedavý bludný prúd sa tak stáva pulzový jednosmerný s väčším koróznym vplyvom na železobetónovú konštrukciu, ako ukazuje obr. 5.

Obr. 5. Usmernenie striedavej zložky bludného prúdu na rozhraní dvoch materiálov s rozdielnymi vlastnosťami (napr. železo – betón)



Účinok prietoku prúdu na väzbu medzi oceľou a betónom

Ak preteká prúd betónom k oceli, betón na povrchu betonárskej ocele postupne mäkne, čo je spôsobené postupnou koncentráciou alkálií na anóde. Mäknutie betónu na povrchu betonárskej ocele, hoci sa väčšinou obmedzuje len na relatívne tenkú vrstvu, postačuje na to, aby prakticky zničil väzbu medzi oceľou a betónom a spôsobil tak oslabenie alebo aj zničenie celej konštrukcie ako takej.

Boli vykonané štúdie ohľadom účinku pôsobenia jednosmerného prúdu na pevnosť väzby medzi oceľou a betónom. Pri hustotách prúdu s hodnotou $1,08$ až $10,8 \text{ A/m}^2$ sa môže pevnosť väzby znížiť, a to dramaticky, už po niekoľkých mesiacoch prietoku prúdu. Štúdie taktiež poukázali na skutočnosť, že došlo k zmäknutiu betónu na povrchu betonárskej ocele, pričom sa má za to, že tento jav je spôsobený akumuláciou iónov

sodíka a draslíka na povrchu ocele. Panuje názor, že táto akumulácia iónov je spôsobená elektrickým poľom, ktoré vzniká priloženým prúdom. Pri nízkych hustotách prúdu, s hodnotami 0,055 až 1,94 A/m² sa počas štyroch rokov pevnosť väzby ocele neznížila. Podobné výskumy boli vykonané pri aplikácii katodickej ochrany, a to prúdom 32 mA/m². Bolo preukázané, že pevnosť väzby medzi výstužou a betónom sa po uplynutí 3,5 roku až 4 rokov v porovnaní s kontrolnými vzorkami znížila. Okrem vyššie uvedeného bolo na základe analýzy zistené, že na povrchu ocele dochádza k akumulácii iónov sodíka a draslíka.

Praskanie betónu

Praskanie betónu okolo betonárskej ocele je priamym následkom niektorých procesov, ku ktorým dochádza na povrchu korodujúcej ocele. Korózia ocele zaliatej v betóne a akumulácia korózných produktov na jej povrchu v dôsledku pôsobenia bludného prúdu môže mať za následok vznik popraskania betónu.

Zhora uvedené závery rôznych vedeckých prác sú formulované v navrhovanom predpise NACE TG 356 „Stray-Current-Corrosion“. Uvedené závery sú plne v zhode s navrhovanými princípmi pasívnych, ale aj ochranných opatrení tak, ako sú zavedené na území ČR a SR a sú plne v súlade s pripravovanou metodikou podľa časti 2 tejto rozborovej úlohy.

Obr. 6 Poškodená mäkká výstuž mosta, vek 70 rokov, po cca 35 rokoch prevádzky elektrizovanej trati v blízkosti mostnej stavby. Mostná stavba bola zbúraná. Pri chemických analýzach sa nepodarilo preukázať, že korózia je spôsobená práve bludným prúdom. Iba typické ohraničenie tvaru korózných plôch zodpovedá pôsobeniu (vyzobanie materiálu) bludným prúdom. Ide o kombináciu spolupôsobenia chloridov a bludných prúdov.



Obr. 7 Cestný most Košice – Pereš – nevhodná kombinácia všetkých negatívnych vplyvov – chybné konštrukčné riešenie v danom koróznom prostredí, nekvalita stavby, nekvalita vodotesných izolácií nad nosníkmi a spolupôsobenie bludných prúdov zásadne skrátiло životnosť stavby – most bol v roku 2006 pripravovaný pre skúšobnú aplikáciu katodickej ochrany proti chemickým vplyvom.



3. Ochrana stavieb pred účinkami bludných prúdov – predpisy

3.1 Pravidlá pre ochranu stavieb pred účinkami bludných prúdov – rešerše základných predpisov

Spracovateľ považuje za významné uviesť v rešeršnej časti súčasný stav legislatívy týkajúcej sa ochrany zariadení a stavieb pred účinkami bludných prúdov.

Vzhľadom na to, že korózia bludnými prúdmi trápila predovšetkým prevádzkovateľov líniových zariadení, boli stanovené základné pravidlá pre ochranu pred účinkami bludných prúdov pre tieto zariadenia ako prvé a východiskové aj pre ďalšie odbory. Oveľa neskôr boli stanovované požiadavky na ochranu betónových stavieb a v podstate vychádzali z požiadaviek na ochranu líniových zariadení (napr. VÚIS Bratislava, pracovisko Bratislava a pracovisko Brno, Ing. Žalman). Vznikla tak skupina noriem 03 83xx, ktorá bola a je určená problematike korózie a najmä podskupina 03 83XX sa týka prevažne problematiky korózných účinkov bludných prúdov. Medzi najvýznamnejšie normy patria alebo patrili normy STN 03 8370, ktoré definujú základné princípy ochrany a najmä požiadavky na zisťovanie vplyvu bludných prúdov, ďalej STN 03 8372, kde sa o. i. objavujú požiadavky na ochranu betónových stavieb. Rad uvedených noriem tak postihuje pomerne podrobne problematiku v oblasti líniových úložných zariadení. V oblasti železobetónových konštrukcií existuje zhora uvedený predpis VÚIS TP 208, Smernica MH ČR z roku 1992. Od roku 2000 je uvedená do účinnosti novela tejto smernice v ČR – technické podmienky TP 124 MD ČR „Základné ochranné opatrenia pre obmedzenie vplyvu bludných prúdov na mostné objekty a ostatné betónové konštrukcie pozemných komunikácií“. Tento materiál podrobne stanovuje požiadavky najmä v oblasti pasívnej ochrany ako mostných stavieb, tak aj ostatných betónových stavieb. Materiál taktiež prvýkrát stanovuje požiadavky pre použitie aktívnych ochrán pre železobetónové konštrukcie a venuje sa jednou kapitolou

elektrickým zariadeniam súvisiacim s výstavbou železobetónových konštrukcií. Od roku 2009 bude tento predpis taktiež novelizovaný.

Nie je bez zaujímavosti, že v podmienkach Českých dráh (t. j. najväčšieho zdroja bludných prúdov) sa podobný materiál podarilo uviesť do života až v roku 1997. Služobná rukoväť SR 5/7(S) „Ochrana železničných mostných objektov proti účinkom bludných prúdov“. Oba posledné materiály sú sprevádzané základnou metodikou pre meranie vplyvu bludných prúdov a kontrolu realizovaných ochranných opatrení.

V podmienkach Železníc Slovenskej republiky je využívaný už zmienený predpis VUIS TP 208 s doplňujúcim vnútorným predpisom Železníc Slovenskej republiky.

Pre ostatné pozemné stavby a líniové zariadenia (vrátane vonkajších vedení) k dnešnému dňu neexistuje žiadny záväzný predpis, ktorý by podrobne požiadavky na ochranu proti účinkom bludných prúdov upravoval. Ochrana proti účinkom bludných prúdov pri pozemných stavbách – mienené železobetónových konštrukciách budov – v súčasnosti prebieha viac-menej náhodne a so značnou dávkou ľudovej tvorivosti. Vzhľadom na malú informovanosť investorov, projektantov a inžinierskych organizácií sa je možné často stretnúť s extrémnymi prípadmi, kedy buď je stavba úplne zanedbaná z dôvodu snahy o minimálne investičné náklady, alebo naopak, kedy nekvalifikovaným prístupom takzvaného špecializovaného pracoviska sú navrhované nezmyselné a finančne veľmi náročné opatrenia. Pri vonkajších vedeniach sa táto problematika doteraz neriešila vôbec. Pri mostných objektoch na Slovensku sa využíva predpis z roku 1992 a TP 124 z roku 2000. Skúsenosti spracovateľa úlohy s projekčnou prípravou mostných a tunelových stavieb a realizáciou týchto stavieb za rok 2007 a 2008 sú skôr žalostné. Situácia je podobná situácii v ČR v prvej polovici deväťdesiatych rokov, kedy každý, kto mohol, skúsil „niečo“, ale v teréne sa starostlivosti požiadavkám na danú problematiku venoval len okrajovo.

Z uvedených zhora citovaných a v niektorých prípadoch na Slovensku nešťastne zrušených noriem sa vyberajú ustanovenia týkajúce sa ochrany stavieb proti korózii účinkom bludných prúdov:

STN 03 8374:

Úvodné ustanovenie: ... Zásady platia pre všetky druhy korózneho ohrozenia podzemných kovových zariadení, a to ohrozenia prostou pôdnou koróziou, koróziou bludnými prúdmi a škodlivými vplyvmi elektrických prúdov z aktívnej ochrany jedného podzemného zariadenia na susedné (interferencia). ...

... Podzemnými kovovými zariadeniami sa v tejto norme rozumejú podzemné kovové potrubia, nádrže, armatúry, káble ... a betónové konštrukcie s oceľovou výstužou

čl.1. ... Každé podzemné kovové zariadenie musí byť vybavené protikoróznou ochranou ...

čl.8. ... Mimoriadnu pozornosť je potrebné venovať výberu spôsobu protikorózneho ochrany v oblastiach s výskytom bludných prúdov, kde musí byť obvykle kombinovaných niekoľko ochranných opatrení. ...

čl.14. ... Súčasťou každého projektu podzemného zariadenia musí byť podrobný návrh jeho protikorózneho ochrany...

čl. 17. ... Podzemné kovové zariadenie musí byť vyprojektované tak, aby sa na ňom dali vykonávať predpísané kontroly stavu a funkcie protikorózneho ochrany ...

ČSN 03 8370, čl.18. Ak je nebezpečenstvo, že nové úložné zariadenie privedie bludné prúdy do oblasti bludnými prúdmi doteraz neohrozenej a ak nie je možné tomu zabrániť iným riešením ..., musí byť už pri projektovaní navrhnuté a pri výstavbe zaistené všetky technicky dostupné a národohospodársky účelné opatrenia pre zníženie množstva privádzaného elektrického prúdu ...

Na úrovni nie štandardov, ale iba rezortných predpisov sú v ČR v účinnosti už zhora zmienené predpisy týkajúce sa predovšetkým železobetónových konštrukcií:

- 1/1995 MD ČR, odbor pozemných komunikácií
Metodický pokyn – Dokumentácia elektrických a geofyzikálnych meraní betónových mostov pozemných komunikácií, č. k. 20680/95 – 230 z 26.6.1995, účinnosť od 1. júla 1995.
Dokumentácia (ďalej len DEM) obsahuje najmä:
- všeobecné zásady
 - konštrukčné úpravy prvkov pre vykonanie merania
 - základné platné predpisy
 - postup pri vypracovaní dokumentácie
 - špecifikáciu odporúčaného elektrického a geofyzikálneho merania
 - hlavné zásady postupu prác pri vykonávaní merania
 - kritériá pre hodnotenie vplyvu cudzích elektrických polí na korózne procesy pri jednotlivých konštrukčných častiach mosta a mosta ako celku
- 2/1997 ČD, divízia dopravné cesty
Služobná rukoväť – Ochrana železničných mostných objektov proti účinkom bludných prúdov, ČD SR 5/7(S), č. k. : 55625/97 – S 13, s účinnosťou od 1.6.1997 (od roku 2001 v revízii)
Služobná rukoväť obsahuje najmä:
- kap. I Úvodné ustanovenia
 - kap. II Základné ustanovenia vr. postupov pri zaistovaní ochrany pre obmedzenie účinkov bludných prúdov
 - kap. III Základné pasívne ochranné opatrenia pre obmedzenie vplyvu bludných prúdov na mostné objekty obsahujúce primárnu a sekundárnu ochranu, konštrukčné opatrenia a ochranu pred preťažením
 - tab. 1 : Stupne základných pasívnych ochranných opatrení pre obmedzenie vplyvu bludných prúdov
 - príloha 1 : DEM (pozri pol. 5/1995) upravená pre potreby ČD
- 3/2000 MD ČR, odbor pozemných komunikácií
Základné ochranné opatrenia pre obmedzenie vplyvu bludných prúdov na mostné objekty a ostatné betónové konštrukcie pozemných komunikácií. Technické podmienky: Schválené MDS – OPK č. k.: 30085/99 – 120 zo dňa 20.12.1999 s účinnosťou od 1.1.2000.
Technické podmienky obsahujú najmä:
- základné pasívne ochranné opatrenia pre obmedzenie vplyvu bludných prúdov na úložné zariadenia
 - monitorovacie systémy pre diagnostiku bludných prúdov a prítomnosti korózie vo výstuži
 - dokumentáciu elektrických rozvodov a zariadení pre kontrolu vplyvu bludných prúdov
 - aktívnu ochranu úložných zariadení
 - pokyny pre údržbu
 - tab. 1 Stupne základných pasívnych ochranných opatrení pre obmedzenie vplyvu bludných prúdov
 - príloha 4 Príklad záväzného minimálneho obsahu hodnotenia základného korózneho prieskumu
- (Pozn.: TP boli spracované v rámci rovnomennej úlohy pre MD ČR, B. Kučera, JEKU, s.r.o., december 1999 a sú nahradené novelou uvedenou do účinnosti 1.1.2009)

Slovenská republika doteraz vedie v účinnosti len Smernicu z roku 1992.

3.2 Pravidlá pre ochranu stavieb pred účinkami bludných prúdov – legislatívne nástroje

Ochrana stavieb pred účinkami bludných prúdov sa realizuje v súlade so zákonmi SR a ich vykonávacími predpismi, najmä Zákonom č. 135/1961 Z. z. o pozemných komunikáciách (cestný zákon) a nariadeniami.

Povinnosť riešiť ochranu stavieb pred vplyvmi bludných prúdov je stanovená predpismi v platnom znení:

- Zákon č. 109/1998 Z. z.: úplné znenie zákona z 27. apríla 1976 č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov
- Zákon č. 237/2000 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- Vyhláška č. 453/2000 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia stavebného zákona
- Zákon č. 164/1996 Z. z. o dráhach a o zmene zákona č. 455/1991 Zb. o živnostenskom podnikaní (živnostenský zákon) v znení neskorších predpisov
- Vyhláška č. 250/1997 Z. z., ktorou sa vydáva dopravný poriadok dráh
- Zákon č. 135/1961 Z. z. o pozemných komunikáciách (cestný zákon)
- Zákon č. 669/2007 Z. z. o jednorazových mimoriadnych opatreniach v príprave niektorých stavieb diaľnic a ciest pre motorové vozidlá a o doplnení zákona Národnej rady Slovenskej republiky č. 162/1995 Z. z. o katastri nehnuteľností (katastrálny zákon) v znení neskorších predpisov
- Vyhláška č. 55/2008 Z. z. o projektovej dokumentácii stavieb diaľnic a ciest pre motorové vozidlá
- Úprava FMD z 5.5.1975 č. 12241/75 o pôsobnosti správ celoštátnych dráh ako dráhových správnych orgánov
- Predpis ŽSR VTKPS,
- STN EN 50122-2 (341505): 2003 Dráhové aplikácie. Pevné inštalácie. Časť 2: Ochranné opatrenia proti účinkom bludných prúdov vytváraných jednosmernými trakčnými sieťami
- STN EN 50162 (341507): 2004 Ochrana proti korózii bludným prúdom z jednosmerných systémov
- STN 038372: 1977 Zásady ochrany proti korózii nelíniových zariadení uložených v zemi alebo vo vode
- STN 038374: 1975 Zásady protikoróznej ochrany podzemných kovových zariadení
- STN 73 6201 Projektovanie mostných objektov
- Technické kvalitatívne podmienky stavieb pozemných komunikácií
- Technicko-kvalitatívne podmienky pre opravy a rekonštrukcie mostov

- Technické kvalitatívne podmienky pre dokumentáciu stavieb pozemných komunikácií

3.3 Pravidlá pre ochranu stavieb pred účinkami bludných prúdov – rešerše zahraničných predpisov

Úvodom tohto odseku je nutné poznamenať, že problematikou ochrany stavieb pred účinkami bludných prúdov sa zaoberá seriózne len málo pracovísk na svete. Väčšina prác, ktoré sa tak dostávajú do legislatívnej podoby, vychádza zo skúseností špecialistov na ochranu proti korózii líniových zariadení. Za obdobie takmer tridsiatich rokov zhromažďovania dostupných literárnych prameňov a informácií o tejto problematike je možné konštatovať, že v Európe patria k významným inštitúciám zaoberajúcim sa touto problematikou tri organizácie. Za najvýznamnejšiu je možné pravdepodobne považovať švajčiarsku komisiu SGK www.astra.admin.ch, ktorá vydáva štandardy týkajúce sa danej problematiky. Druhá je medzinárodná organizácia združujúca predovšetkým špecialistov na líniové zariadenia a ktorej náplňou je problematika korózneho inžinierstva v danej oblasti – ide o spoločnosť CEOCOR www.ceocor.lu. Vybrané predpisy a práce publikované pod hlavičkou jednej či druhej organizácie sú uvedené ďalej. Ďalším inštitútom je už zmienená organizácia USA - NACE www.nace.org. Krajinou, kde tamojšie Ministerstvo dopravy venuje problematike značnú pozornosť už od sedemdesiatych rokov, je Česká republika www.mdcr.cz a napr. http://www.pjpk.cz/z_r_p.htm. Z iných krajín či kontinentov sa je možné dopracovať k predpisom týkajúcim sa danej problematiky už značne náročne. Spravidla je možné nájsť dokumenty týkajúce sa korózie bludnými prúdmi v prímorských oblastiach – ide najmä o USA, Kuvajt, Saudskú Arábiu, Indiu a Japonsko. Štandardy získané z týchto krajín sa spravidla týkajú už len aktívnych ochrán pre líniové oceľové a železobetónové stavby a nie sú pre daný účel vhodné. Hoci sa daná problematika dotýka aj ďalších európskych krajín, s výnimkou Švajčiarska nie sú žiadne predpisy týkajúce sa problematiky bludných prúdov dostupné.

Základným predpisom, ktorý bol podkladom pri zostavovaní metodík pre MD ČR a ČD s.o. v ČR, bol švajčiarsky predpis vydaný komisiou SGK:

4/1995 Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streustrome von Gleichstromanlagen. (Smernica pre ochranu proti korózii spôsobovanej bludnými prúdmi z jednosmerných zariadení).

Predložená smernica sa vzťahuje ako na ohrozujúce, tak na ohrozené stavby. Pre obe sú ochranné opatrenia možné a žiaduce, pre jedny, aby sa vzniku bludných prúdov, ak je to možné, zabránilo, pre druhé, aby sa koróznym vplyvom bludných prúdov na zariadenia uložené v zemi vylúčil alebo aspoň zredukoval na únosnú mieru.

Voľba vhodných ochranných opatrení predpokladá rozumnú spoluprácu medzi producentmi bludných prúdov a majiteľmi ohrozených zariadení. Pri zámere stavať nové stavby, meniť alebo sanovať ohrozujúce aj ohrozované zariadenia, majú už v predstihu byť vzájomne dohodnuté ochranné opatrenia, ktoré majú najväčšie vyhliadky na úspech.

Uvedená smernica posudzuje:

- všeobecné pojmy
- opatrenia na ohrozujúcich stavbách
- ochranné opatrenia proti bludným prúdom pre ohrozené zariadenia
- príloha I – merania
- príloha II – všeobecne o korózii vplyvom bludných prúdov

Materiál bol niekoľkokrát aktualizovaný.

V rámci tohto odseku nie je možné vynechať európsky a dnes už aj slovenský štandard 5/1993 EN 50162 Protection Against Corrosion by Stray Current from Direct-Current Systems, (CENELEC)

(Ochrana proti koróznym účinkom bludných prúdov z jednosmerných systémov)

Ide o všeobecný predpis úplne nedostatočného všeobecného obsahu. Tu je vhodné poznamenať, že v ČR sa podarilo doplniť normu stručným národným dodatkom uvádzajúcim postup pri návrhu ochranných opatrení vrátane odkazu na rezortné predpisy.

Iné predpisy a štandardy týkajúce sa najmä vplyvu bludných prúdov neboli.

3.4 Ďalšie rešerše prác týkajúce sa problematiky koróznych účinkov bludných prúdov

Voľba nasledujúcich rešerší bola vykonaná tak, aby poskytla ucelený prehľad problematiky koróznych účinkov bludných prúdov. Sú zahrnuté rešerše týkajúce sa jednak teoretickej osvetly danej problematiky, ďalej praktických výsledkov vplyvu bludných prúdov na oceľové konštrukcie v zemi aj na železobetónové konštrukcie. Rešeršnou formou je dotknutá problematika striedavých bludných prúdov. Rešerše sú vybrané z databáz získavaných postupne už od roku 1984; najvýznamnejším zdrojom informácií a kooperantom v tejto oblasti bol SVÚOM (Státní výzkumný ústav materiálu Praha). Čerpané bolo z databázy rešerší sústredných pre podobný účel pre MD ČR. Niektoré z uvedených rešerší sú dostupné spracovateľmi úlohy v plnom texte.

6/1980 MEDZINÁRODNÉ SYMPÓZIUM ŠTOKHOLM
„Odporúčania FIP z 12/1980 – Vplyv bludných prúdov na trvanlivosť konštrukcií z predopnutého betónu“

Uvedená publikácia posudzuje:

- bludné prúdy v kovových vodičoch a ich účinky
- účinky anódovej korózie na vystužené a predopnuté konštrukcie
- katódové účinky
- účinky bludných prúdov v betóne
- faktory ovplyvňujúce skrehnutie predpínacej výstuže
- ochranu proti škodlivým účinkom bludných prúdov
- všeobecné odporúčania

7/xxxx HEIM, G.
Korrosionsschäden an erdverlegten Stahl-und Gussrohrleitungen.
(Korózne škody na oceľových a liatinových v zemi uložených potrubíach)

Na príklade troch prípadov korózneho poškodenia podzemného oceľového potrubia sa popiera vplyv rozptylových prúdov z jednosmerného zariadenia. Taktiež v neagresívnych pôdach môže dôjsť ku korózii, ak je potrubie vodivo spojené s oceľovou výstužou železobetónových základov. V takých prípadoch vznikajú veľké katódické aktívne plochy železobetónu, ktoré vedú k príliš vysokým hodnotám anodických rozpúšťacích prúdov v miestach malých poškodení potrubných izolácií. V pôdach obsahujúcich uhlík je taktiež nutné počítať s veľkoplošnými katódami, vedúcimi už po veľmi krátkom čase k prederaveniu potrubnej steny. Na príkladoch z literatúry a z vlastného výskumu sa uskutočnil pokus stanoviť časovú závislosť korózneho napadnutia v zemi uložených rúr z ťažnej liatiny v časovom

- rozmedzí asi desiatich rokov. Päť stručných diskusných príspevkov s údajmi v ďalších, poprípade odlišných pozorovaniach.
- 8/1979 KASAHARA, K. – SATO, T.
An improved method for measuring pipe-to-soil potential and current density at cathodic protected pipelines.
(Zdokonalená metóda merania potenciálov potrubia v pôde a prúdové hustoty katodicky chránených potrubí).
Materials Perform., 18, 1979, č.3, s.21-25
9 obr., lit.4
Bola vyvinutá metóda merania polarizačného potenciálu a miestnej prúdovej hustoty katodicky chránených potrubí uložených v pôde. Metódu je možné použiť aj za podmienok pôsobenia bludných prúdov. Metóda bola použitá pre potrubia chránené polyetylénovým povlakom a katodickou ochranou.
- 9/1955 HÄUSERMANN, S.
Streustrombesinflussung durch Gleichstrombahnen.
(Ovplyvňovanie bludnými prúdmi z jednosmerných tratí)
Techn. Mittlg. PTT, 55, č.7, s.332-336
9 obr., 2 diagr., lit.1
Diskutované o zdrojoch rušivých bludných prúdov, o bludných prúdoch pôsobených jednosmernou trakciou, prebrané opatrenia pre zníženie bludných prúdov a opatrenia pre ovplyvňované zariadenia pasívnou aj aktívnou protikoroziou ochranou.
- 10/1982 KOTELNIKOV, A.V. – TERENTJEV, V.N.
Pribory kontrolja istočnikov bluždajuščich tokov.
(Prístroje pre kontrolu zdrojov bludných prúdov).
Korroziya Zašč. neftegazov. Prom. (Ref. nauč. – techn. inf.), 16, 1982, II, č.2, s.21-23
3 obr.
Elektronický dvojpólový integrátor potenciálov SV-F-605 na báze počítačových hodín jednosmerného prúdu. Princíp jeho funkcie a bloková schéma. Výsledky prevádzkových skúšok skúšobných vzoriek a prednosti. Schéma spojenia dvoch počítačov SV-F-605 pre oddelenú registráciu potenciálov. Snímač maximálnych potenciálov kofajnica-pôda a jeho principiálna schéma. Využitie prístrojov pri ochrane podzemných stavieb koróziou bludnými prúdmi.
- 11/1979 POHLMANN, H.W.
Zur Gefährdung der Versorgungsnetze durch Streustromkorrosion.
(K ohrozovaniu vodovodných a teplovodných potrubí koróziou spôsobenou bludnými prúdmi)
Stadt- und Gebäudetechnik, 33, 1979, č.9, s.278-280
3 obr., 2 tab., lit.8
Autor bližšie skúma príčiny vzniku bludných prúdov (napr. v miestach, kadiaľ je vedená električková doprava) a ich vplyvu na potrubné rozvody uložené pod povrchom vozovky (vrátane možností, kedy bludný prúd pod zemou „preskočí“ v miestach kríženia alebo vzájomného priblíženia potrubných trás z jednej trasy na druhú a jeho výskyt sa tak stáva ťažko kontrolovateľným). Na skúsenostiach z Karl-Marx-Stadtu článok dokladá spôsoby rozoznávania bludných prúdov, typy obzvlášť ohrozených oblastí, možnosti ochrany potrubia a pod. Zároveň sú uvedené zásady na rizikových trasách.
- 12/1996 RONAY, D.
Galvanic anode systems for the corrosion protection of underground steel structures.
(Galvanické anódové systémy k protikorozinej ochrane podzemných oceľ. konštrukcií)
Magy. Kem. Lapja 36, 1981, č.6, s.294-302 (maďarsky).
Ref.: CA 96, 1982, č.2, ref. 13037
Článok sa zaoberá predovšetkým ochranou rúr a potrubí.
- 13/1979 POTOČNY, S.
Telephone pole guy rod corrosion by stray currents.
(Korózia vzpier pre telefónne stĺpy spôsobená bludnými prúdmi).
Materials Perform. 18, 1979, č.12, s.19-25
8 obr., tab.6
Elektrotechnická metóda merania poklesu napätia bola prispôbena pre detekciu a zaistovanie rozsahu poškodenia koróziou vzpier pre telefónne stĺpy. Vzpery boli vystavené korózii v pôde a vplyvom

bludných prúdov. Boli zostavené tabuľky, podľa ktorých je možné na základe rozmerov vzpier určiť ich životnosť.

14/1979 ZASTROW, O.W.

Stray current corrosion coordination of power facilities with pipeline rectifiers and other DC sources.

(Koordínácia korózie energetických zariadení s usmerňovačmi a jednosmernými zdrojmi bludnými prúdmi).

Mater. Performance, 18, 1979, č.7, s.22-27

15 obr., 1 tab., lit.2

Navrhujú sa ochranné opatrenia ako najlepšie a najhospodárnejšie prostriedky pre zabránenie škodám spôsobovaným bludnými prúdmi na energetických systémoch, potrubí a podzemných kovových konštrukciách. Sú popisované situácie, kde sa zberajú alebo kde vystupujú jednos. alebo str. prúdy, spôsoby identifikácie týchto miest a druhy materiálu a inštalácií nimi ovplyvňovaných, spolu so spôsobmi, ako týmto javom čeliť.

15/1982 Conference 22, Australasian Corrosion Association.

(Zborník prednášok z 22. konferencie Austrálsko-ázijskej spoloč. v r. 1982).

Conr. Australas. Corros. Assoc. 22, Tech. Pap. Hobart. Tasmania, Aust.

Nov. 8-12 1982, Publ. by Australasian Corrosion Assoc., Tasmanian

Branch, Hobart. Tasmania, Aust, 1982.

Ref.: EX 1984, č.2, ref. 9221

Konferencia sa okrem iného zaoberá koróziou bludnými prúdmi a ochranou pred ňou (prevažne katodickou ochranou potrubia).

16/1982 BIRD, C.E. – CALLAGHAN, B.G.

Corrosion of Reinforcing Steel and other Metals in Concrete, and the Possible Effects of Galvanic and Stray Currents.

(Korózia výstužovej ocele a iných kovov v betóne a možné vplyvy galvanických a bludných prúdov).

Technická správa, 27 strán, National Building Research Institute,

Pretória, JAR. (objednávkové číslo PB82-186446).

Ref.: CA 97, 1982, č.14, ref. 117373

17/1984 FUMI, A. – NANNARONE, G.

Le correnti disperse ed i pericoli di corrosione nei ferri di armatura dei viadotti e delle gallerie.

(Bludné prúdy a nebezpečenstvo korózie železných konštrukcií viaduktov a tunelov).

Ing. Ferrov. 39, 1984, č.5, s.251-259 (taliansky)

Autori sa zaoberajú problémom bludných prúdov vznikajúcich pri železničných a mestských elektrických tratiach so zvláštnym zreteľom na nebezpečenstvo korózie železných konštrukcií tunelov a viaduktov. Výsledky sú udané v grafickej forme a môžu byť platnou pomôckou pri projektovaní. Dostatočnou kontrolou môže byť meranie rozdielu potenciálu a je možné určiť medzný potenciál, ktorý nemá byť vzhľadom na nebezpečenstvo korózie prekročený.

Ref.: Bába dát Compendex, EX 84, príř.č. 1011631

18/1982 GAEOS, G. (Editor)

Conference Eurocor '82, Event of the European Federation for Corrosion, 115th, 1982.

(Zborník prednášok z konferencie Eurocor '82).

Gepipari tudományos egyesület, Budapešť, 1982, 4 sv., 855 str.

Zborník 100 prednášok z konferencie konanej 18. – 22.10.1982 v Budapešti. Práce sú rozdelené do 4 sekcií (zväzkov) – mechanické a korózne vlastnosti kovových povlakov; organické povlaky; anodická oxidácia, fosfátovanie a chromátovanie, korózne skúšky a i.; anodická a katodická ochrana kovových konštrukcií.

Ref.: Bába dát Compendex, EX 84, príř. č. 0409772

19/1984 JONES, A.S. – FERGUSON, D.B.

Interaction between a cathodic protection rectifier and electrical utility grounding.

(Interakcia medzi usmerňovačom katodickej ochrany a uzemnením elektrického zariadenia).

Ontario Hydro, 700 University Avenue, Toronto, Ontario, Canada

M5G 1x6

Corrosion, 84/363, NACE, Houston, Tx., 3 US dol.

Už skôr bola pozorovaná existencia jednosmerných bludných prúdov pri neutrálnych vodičoch, uzemnení a ukotvení zariadení primárneho distribučného systému. Táto správa informuje o veľkosti bludných prúdov a o výslednom poškodení.

Ref.: Corr. Abs. 24, 1985, č.3, s.210, ref. 210-24

20/1982 JORE, T.

Corrosion protection of steel structures with Zn coatings.

(Protikoročná ochrana oceľových konštrukcií zinkovými povlakmi).

Tekhn. Ukebl. 129, 1982, č.8, s.50, 52 (nórsky)

Ref.: Ž. korrozija i zaštita ot korrozii 1982, 6K446

Je preberané použitie žiarovo zinkovanej ocele na konštrukcie pre ochranu pred atmosférickou koróziou vo vodnom prostredí a údaje o rýchlosti korózie Zn v poľnohospodárske, morskej a priemyselnej atmosfére a v morskej a sladkej vode.

Ref.: Corr. Abs. 23, 1984, č.2, s.92, ref. 92-52

21/1982 Korózia vyvolaná bludnými prúdmi a galvanická korózia výstužovej ocele v betóne –

R. L. Miller, W.H. Hartt, R. P. Brown

Pokusy boli vykonané s vystuženým hydraulickým betónom, ktorý bol vystavený pôsobeniu morskej vody a simuloval mostný objekt. Spojenia a obvody boli rôzne usporiadané, aby sa dali zmerať elektrické parametre na kovoch konštrukcie. Na objekt pôsobili potenciály jednosmerného aj striedavého prúdu na rôznych miestach za účelom určenia ich účinku na elektrickú konfiguráciu konštrukcie a účinkov, ktoré je možné v budúcnosti očakávať v prípade pôsobenia bludných prúdov alebo galvanických vplyvov. Bolo zistené, že malé zväčšenia bludného prúdu môžu napadnúť oceľ resp. spôsobiť praskanie betónu. Striedavý prúd je možné mierne usmerniť. Nedal by sa určiť, keby striedavý prúd ovplyvňoval normálnu pasivitu ocele v betóne. Veľkosť bludných prúdov v betóne je skôr dôsledkom činnosti elektrochemických reakcií na styku ocele s betónom než dôsledkom odporu betónu. Kovové prepojenia k vystuženému betónu vyžadujú dostatočnú izoláciu, aby sa zabránilo elektrickým obvodom prechádzajúcim povrchovými chloridmi alebo saturovaným betónom alebo umelou hmotou. Galvanická väzba s kovmi alebo oceľou, ktorej „roztokové“ potenciály sa líšia od vystuženia, môže spôsobiť výrazné prúdy. Malé oblasti anodickej ocele môžu polarizovať oceľ uzatvorenú v betóne.

Železobetón sa už oddávna používa preorské stavby, predovšetkým pre ich relatívne jednoduchú konštrukciu, údržbu a úspornosť. Avšak tento materiál je náchylný na koróziu, a to predovšetkým v dôsledku prenikania vlhkosti a chloridov do stykovej oblasti ocele – betón. Následná korózia ocele vedie k akumulácii produktov reakcie v betóne, čím dochádza k napínaniu, praskaniu a drobeniu.

Poškodenie tohto druhu zvlášť prevláda na Floride, kde je viac než 4000 mostov, z ktorých mnohé sú vystavené takmer tropickej morskej klíme. Extrémnym príkladom je cesta cez more na Key West, kde je viac než 40 veľkých mostov. Väčšina z nich sa klenie nad otvoreným morom a najdlhšia má dĺžku viac než 11,4 km.

Praktické problémy s koróziou sú často prisudzované prítomnosti bludného prúdu, ktorý môže byť vyvolaný prevádzkou príslušného elektrického zariadenia. Takto koróziou spôsobené poškodenie je považované za závažné v problematike zhoršovania stavu mostov na Floride. Mostné prepojenia, ako mestské a súkromné inžinierske siete, stoja v popredí záujmu v tejto otázke, a to predovšetkým vtedy, kedy je prepojenie zapustené v niektorom z koncov mosta a má svoj vlastný systém katodickej ochrany. Približne 500 floridských mostných objektov má toto vodivé prepojenie a podľa všeobecného pozorovania vyžadovali väčšiu údržbu a opravy.

Navzdory závažnosti korózie spôsobenej bludnými prúdmi bolo vyvinuté iba pomerne malé úsilie zamerané na jej výskum a kvantifikáciu variantov, ktoré sú dôležité.

22/1980 JUCHNIEWICZ, R. – SOKOLSKI, W.

Evaluation of the Corrosion Hazard of Metal Structures in the Reaction Field of Stray Alternating Currents.

(Hodnotenie nebezpečenstva korózie kovových konštrukcií v poli striedavých prúdov).

Pr. Nauk. Inst. Technol. Nieorg. Našozow miner. Politech. Wroclaw 19, 1980, s.139-142

Ref.: CA 94, 1981, č.22, ref. 182498

23/1987 KALMYKOV, V.V. – LJACHOVECKAJA, L.L.

Memory effect of plastic deformation on the corrosion

Corrosion resistance of steel reinforcements in concrete foundations subjected to alternating current and chloride media.

(Korózna odolnosť oceľovej výstuže v betónových základoch vystavených pôsobeniu striedavého prúdu a chloridového prostredia).

Izv. Vysš. uč. zaved., Stroit. Archit. 1987, č.7, s.9-11 (rusky)

Modelovanie procesov.

Ref.: CA 88 (dok.č. 80799); CA 108, 1988, č.10, ref.č. 80803

24/1979 BERTOCCI, U.

AC induced corrosion. The effect of an alternating voltage on electrodes under charge-transfer control.

(Korózia striedavým prúdom. Vplyv striedavého napätia na elektródy, ktorých správanie je určované prenosom náboja).

Corrosion, 35, 1979, č.5, s.211-215

2 obr., 2 tab., lit.13

25/1979 MILLER, R.L. – HARTT, W.H. – BROUN, R.P.

Stray current and galvanic corrosion of reinforcing steel in concrete.

(Bludné prúdy a galvanická korózia výstuží ocele v betóne).

Mater. Perform. 15, 1979, č.5, s.20-27

17 obr., 1 tab., lit.13

Boli vykonané skúšky ocelí vystužujúcich hydraulický cement, vystavených tečúcej čerstvej morskej vode napodobujúcej pôsobenie na mostnú konštrukciu. Bolo využitých viacero konfigurácií kontaktov a obvodov a merané elektrické parametre na kovoch konštrukcie. Boli vložené ako jednosmerné, tak striedavé prúdy na konštrukciu na rôznych miestach, aby boli zistené vplyvy rôznych konfigurácií a ich pôsobenie vzhľadom na výskyt bludných prúdov alebo galvanických javov. Nebol zistený vplyv str. prúdu na pasivitu ocele v betóne. Veľkosť bludných prúdov má skôr funkciu elektrochemických reakcií než odpor betónu na styčných plochách.

26/1987 SCHMIDT, W. – GREUNER, E. – GRESSMAN, R.

Einbeziehung von Fundamentern in dem Verbund korrosionsschutz.

(Zapojenie základového uzemnenia do združenej protikoróznej ochrany).

Korrosion 18, 1987, č.6, s.324-327

Vplyv katodickej polarizácie na koróziu ocele výstuže základového uzemňovacieho systému bol študovaný katodickou polarizáciou (30 dní) ocelových vzoriek (St T-IV) v cementovom roztoku a stanovením úbytku Fe, a expozíciou (30 týždňov, 2,5 roku) katodicky chránených ocelových vzoriek vo vlhkom štrku so stanovením ochrannej prúdovej hustoty a skúšaním ocele (adhézia betónu, skorodované miesta). Bolo konštatované, že je možné spojiť katodickú ochranu ocele výstuže s domovou prípojkou.

4. Systém pasívnych ochranných opatrení proti účinkom bludných prúdov

Pripomeňme stručne princíp systému pasívnych ochranných opatrení tak, ako sú zavedené v zhora citovanej Smernici ... resp. TP 124 MD ČR:

Základom ochrany betónových konštrukcií pred účinkami bludných prúdov je komplexné riešenie pasívnych ochranných opatrení. To pozostáva s ochranných opatrení upravujúcich požiadavky na kvalitu betónu, postavenie výstuže v betónovej konštrukcii, využitie systému vodotesných izolácií a systému konštrukčných opatrení, ktorých účelom je upraviť stavebné, ale aj technologické časti mostných stavieb tak, aby korózne účinky bludných prúdov boli maximálne obmedzené.

Je nutné zdôrazniť, že návrh ochrany proti účinkom bludných prúdov nie je výsadou korózneho technika alebo špecializovaného pracoviska zaoberajúceho sa koróziou betónových stavieb, ale súčinnosťou investora, projektanta stavebnej časti, projektantov špecialistov a taktiež korózneho technika.

4.1 Postup pri návrhu ochranných opatrení proti účinkom bludných prúdov

V ideálnom prípade prebieha postup návrhu ochrany mostnej stavby proti účinkom bludných prúdov takto:

1. Investor v súlade so stavebným zákonom alebo zadávacími podmienkami stanoví požiadavku na zahrnutie ochrany stavby proti korózii do celkového riešenia stavby. (Pozn.: Niektorí zahraniční investori, najmä zo SRN a Rakúska, problematiku bludných prúdov zo svojich krajín nepoznajú.)
2. Generálny projektant v rámci spracovania dokumentácie DÚK (dokumentácia pre územné konanie) zaistí spracovanie podrobného prieskumu (pôvodne v zmysle STN 03 8370, čl.14).
3. V prípade, že podrobným prieskumom preukáže existenciu možných zdrojov bludných prúdov, zaistí pred ďalším stupňom spracovania projektovej dokumentácie základný korózný prieskum, v opačnom prípade sa základný korózný prieskum nespracováva a žiadne ochranné opatrenia sa nenavrhujú.
4. Základný korózný prieskum a najmä jeho vyhodnotenie – podľa navrhovanej metodiky je základným podkladom pre spracovanie projektovej dokumentácie stavby v stupni k stavebnému povoleniu. Na základe vyhodnotenia základného korózneho prieskumu a najmä stanovenia stupňa ochranných opatrení zapracujú projektanti stavebnej časti pasívne ochranné opatrenia, projektanti elektrických zariadení navrhnu svoje zariadenia tak, aby tieto do konštrukcie nezavliekali bludné prúdy napr. nulovými vodičmi, priamym ukoľajnením a pod.
5. V prípade, že sa stavba nachádza v lokalite, kde bol stanovený stupeň ochranných opatrení č.4 alebo č.5, spracováva projektant stavby v spolupráci so špecializovaným pracoviskom samostatnú časť dokumentácie, obsahujúcu najmä niektoré technické detaily navrhnuté spoločne s projektantom stavebnej časti stavby, ďalej sa v niektorých prípadoch navrhuje prepájacie a meracie vedenie, navrhujú sa prvky pre diagnostiku korózie výstuže a stanovuje postup pre kontrolné meranie v priebehu stavby a po jej dokončení. Riešenie je rozdelené na spracovanie koncepcie pre projektovú dokumentáciu k stavebnému povoleniu a vlastné riešenie pre ďalší stupeň projektovej dokumentácie. Je nepochybné, že špecializované pracovisko zaoberajúce sa ochranou betónových stavieb musí byť oboznámené s konštrukčnými detailmi stavby.

4.2 Základný korózný prieskum (ZKP)

Aby základný korózný prieskum mal zmysel a bol podkladom pre ďalšiu prácu projektanta, nestačí, aby jeho výstupom bolo stanovenie stupňa agresivity pôdy a hustoty bludných prúdov podľa STN 03 8372. Tieto závery základného korózneho prieskumu, ktoré sa bohužiaľ vyskytujú v praxi veľmi často, sú podkladom na posúdenie chráneného objektu – líniové radu typu potrubia uložené v zemi. Výsledkom základného korózneho prieskumu je stanovenie stupňa ochranných opatrení doteraz napr. podľa TP 124 (po novom podľa navrhovanej metodiky v časti 2 tejto RÚ). Až na základe stanovenia stupňa

ochranných opatrení je spracovateľ dokumentácie stavby schopný navrhnuť základné pasívne ochranné opatrenia v stavebnej časti projektovej dokumentácie a je schopný posúdiť, či k riešeniu ochrany proti účinkom bludných prúdov bude nutná spolupráca so špecializovaným pracoviskom.

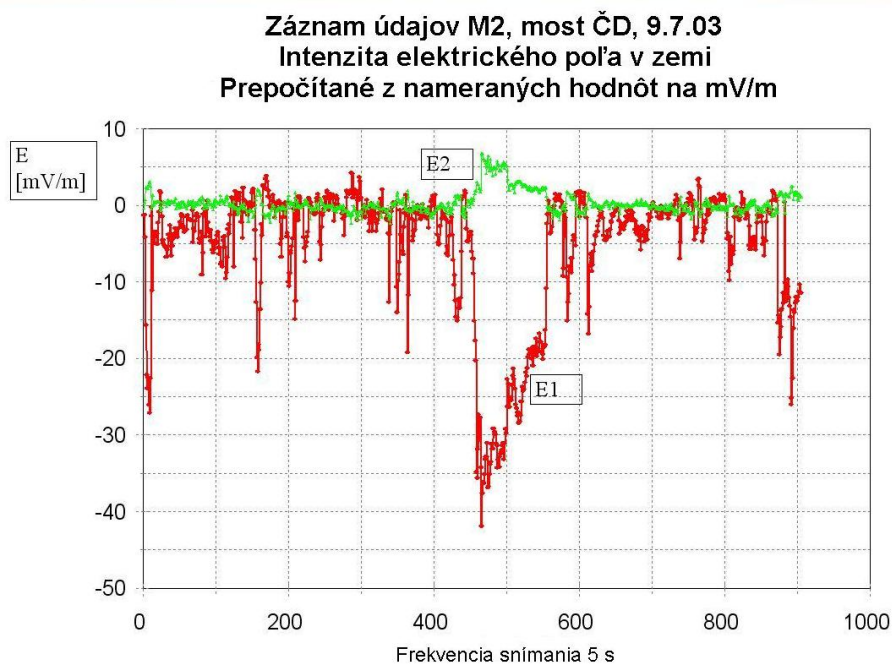
Obr. 8 Príklad vyhotovenia nepolarizovateľných meracích sond spravidla používaných pre účely merania. V súčasnosti je možné nahradiť sondami gélovými alebo vyhotovením sond so zaručenou dlhou životnosťou. Zobrazené sondy vyžadujú pravidelnú údržbu a obnovu roztoku Cu/CUSO_4 v súlade s normou.



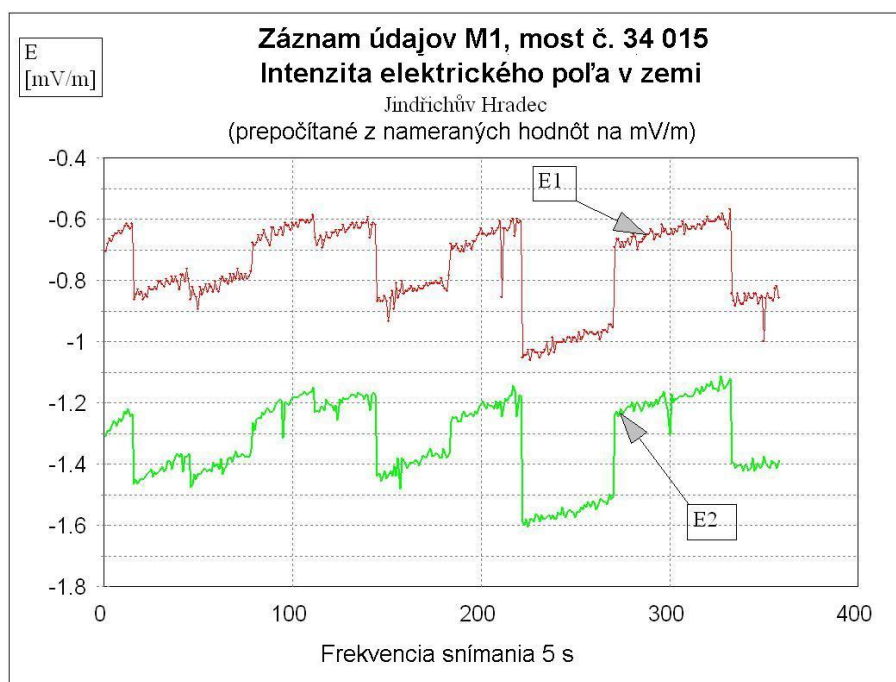
Obr. 9 Príklad vybavenia pracoviska pre meranie základných korózných prieskumov a meranie vplyvu bludných prúdov. Pre zaistenie správnej vypovedacej schopnosti o meraných veličinách je nutná viackanálová meracia jednotka alebo viac decentralizovaných jednotiek zvládajúcich multitaskingové meranie (meranie na všetkých kanáloch v rovnakom čase). Napr. uvedená ústredňa je schopná merať napätie, prúdy teploty a tenzie.



Obr. 10 Typický výstup meraného elektrického poľa v lokalite s vplyvom bludných prúdov. Z grafu je možné vysledovať vplyv trakčnej sústavy aj prejazd vlakovej súpravy v blízkosti meraného objektu.



Obr. 11 Meranie elektrického poľa v teréne so zachytením pôsobenia blízkej katodickej ochrany. I tu je zrejmé, že výsledok pre interpretáciu vyhodnotenia základného korózneho prieskumu vyžaduje viac než len krátkodobý odpočet hodnoty ampérmetrom.



Pozn.: Na Slovensku je možné sa stretnúť s hodnotením základného korózneho prieskumu vykonaného v jednom bode pre hodnotenie navrhovanej cestnej alebo diaľničnej trasy v dĺžke niekoľkých kilometrov. Taký postup je samozrejme úplne nezmyselný. Pri rozhodnutí, ako početný je nutný korózný prieskum pre navrhovanú trasu diaľnice alebo cesty, sa volia spravidla lokality s mostnými stavbami a počet meraných bodov sa volí tak, aby, ak možno, v blízkosti mostnej stavby boli aspoň dva merané body alebo sa početnosť pri veľkých mostných estakádach uvažuje cca po 100 až 150 m.

Obr. 12 Príklad spracovania a vyhodnotenia nameraných výsledkov základného korózneho prieskumu. Meranie zemného odporu Vennerovou metódou, rozdelenie nameraných hodnôt elektrického poľa do kvadrantov a vyhodnotenie po kvadrantoch, stanovenie stupňa agresivity podľa normy STN 038372 – podklad pre grafické zobrazenie výsledkov a stanovenie stupňa ochranných opatrení. (Príklad prevzatý s prieskumu v ČR)

tab.3 Záznamový měrný odpor půdy v místech M1, M2

podmínky: slunečno, sucho, teplota +18st.C

datum měření: 9.7. 2003

Praha, ul Jandova, most ČD

bod M1

vzdál. elektrod [m]	R [ohm]	rozsah [ohm]	koeficient	r_0 [ohm.m]	stupeň agresivity
1	8.19	20	1.1	56.6	II.
3	1.65	20	1.1	34.2	III.
5	0.95	20	1.1	32.8	III.

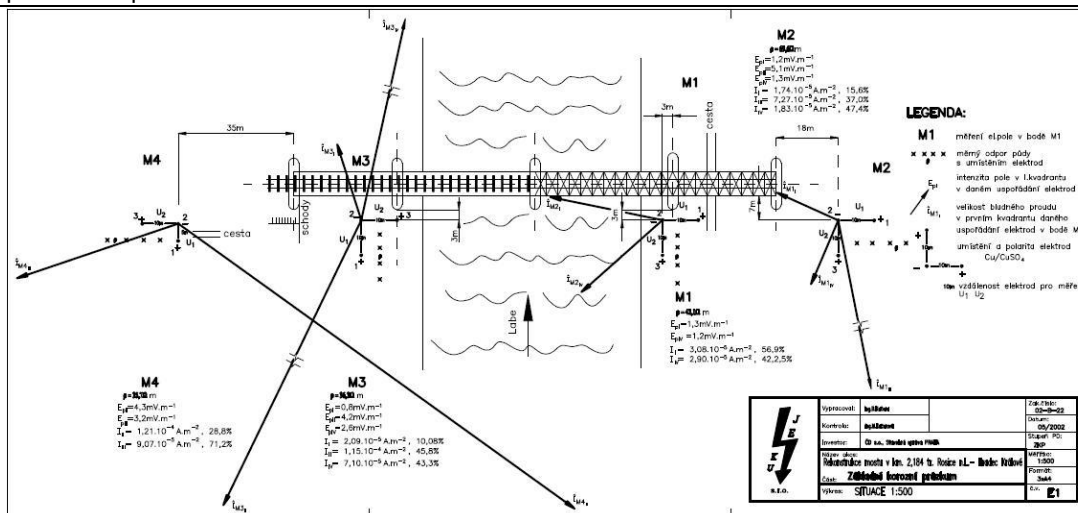
bod M2

vzdál. elektrod [m]	R [ohm]	rozsah [ohm]	koeficient	r_0 [ohm.m]	stupeň agresivity
1	14.76	20	1.1	102.0	I.
3	2.36	20	1.1	48.9	III.
5	1.22	20	1.1	42.2	III.

tab.4 Výpočet pole bludných proudů v bodech M1, M2

	četnost [%]	E_p [mV.m-1]	směr [st.]	r_0 [ohm.m]	I [A.m-2]	stupeň agresivity
M1 I.kv. ++	1.7	6.7	85.2	32.8	2.05E-04	IV.
II.kv. +-	78.3	3.1	118.9	32.8	9.44E-05	III.
III.kv. --	5.2	1.5	222.7	32.8	4.52E-05	III.
IV.kv. -+	14.9	7.7	307.5	32.8	2.36E-04	IV.
M2 I.kv. ++	2.3	0.7	12.4	42.2	1.69E-05	III.
II.kv. +-	47.5	11.0	173.3	42.2	2.60E-04	IV.
III.kv. --	30.7	1.9	195.4	42.2	4.55E-05	III.
IV.kv. -+	19.5	1.3	326.8	42.2	3.13E-05	III.

Obr. 13 Zobrazenie výsledkov základného korózneho prieskumu v situácii s vyznačením smerov toku bludných prúdov (prevzaté s prieskumu v ČR)



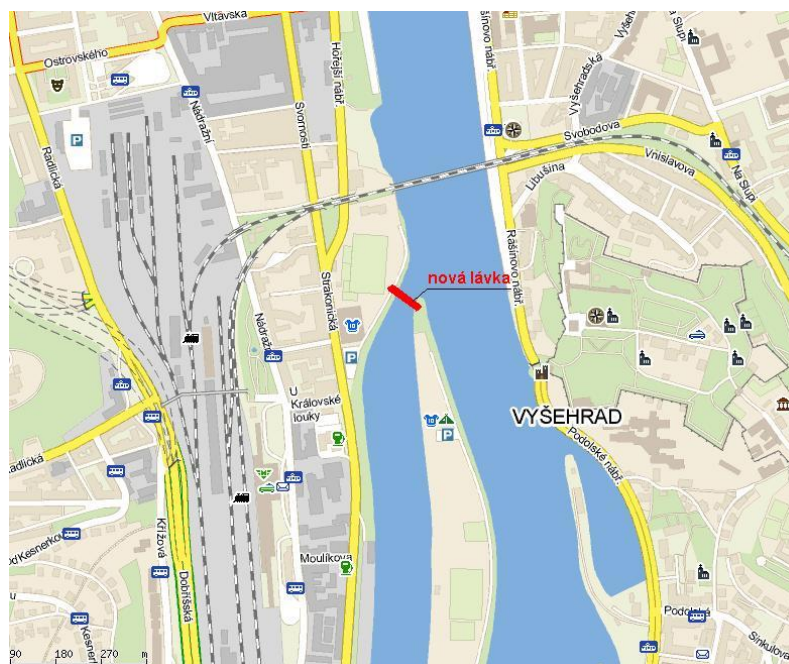
Podkladom pre spracovanie základného korózneho prieskumu, najneskôr jeho súčasťou, musí byť výsledok podrobného prieskumu, t. j. vyšetrenie zdrojov bludných prúdov v teréne podľa mapových podkladov a informácií správcov podzemných zariadení o aplikácii zdrojov aktívnych ochrán a chránených líniových zariadení.

Príklad podrobného prieskumu:

V rámci Základného Korózneho Prieskumu (ZKP) bol vykonaný podrobný prieskum v zmysle STN. Prehliadkou mapových podkladov bolo zistené, že stavba sa nachádza v blízkosti električkovej trate DP Praha elektrizovanej jednosmernou prúdovou trakčnou sústavou (zastávka Smíchovské nádraží). Vzdialenosť električkovej trate od miesta výstavby je cca 300 m. Električková meniareň sa nachádza vo vzdialenosti cca 500 m.

Trasa metra B sa nachádza vo vzdialenosti cca 500 m (stanica Smíchovské nádraží). Železničná trať obklopuje budúcu lávku z troch strán. Zo železničného uzla stanice Smíchov pokračujú koľaje na železničný most smerom do Nuslí. Ide o trať medzi meniarňami Chuchle a Palmovka. Vzdialenosť od trate SŽDC je cca 300 m.

Obr. 14. Vyznačenie sledovaného objektu v mapovom podklade so zdrojmi bludných prúdov



Požiadavky na základný korózný prieskum sú uvedené v prílohe navrhovanej metodiky v časti tejto RÚ.

Výstupom základného korózneho prieskumu je stanovenie stupňa ochranných opatrení – podkladu pre návrh ochranných opatrení.

Príklad stanovenia stupňa ochranných opatrení podľa metodiky TP 124 (platí analogicky pre návrh metodiky v časti 2 tejto RÚ)

Výsledky merania hustôt bludných prúdov podľa tab.4 v dvoch miestach v lokalite novej stavby podľa TP 124 „Základné ochranné opatrenia pre obmedzenie vplyvu bludných prúdov na mostné objekty a ostatné betónové stavby pozemných komunikácií, Praha 2009“, tab. 1, sú hodnotené:

Stanovenie nasávacieho efektu tunela:

$$K_s = k_{sm} + k_k + k_p$$

k_{sm} (vlastný nasávací koeficient stavby) . . . 2

k_k (konštrukcia) . . . 1 (oddelená NK od spodnej stavby)

k_p (prostredie) . . . 2 (blízkosť zdrojov bludných prúdov)

$$K_s = 5$$

Výsledná prúdová hustota bludného prúdu:

$$J_v = K_s \cdot J; \quad J_v \in <3,92 \cdot 10^{-5}; 3,09 \cdot 10^{-4}> \text{ A/m}^2$$

kde J_v je prepočítaná prúdová hustota zmeraná pre stanovenie stupňa ochranných opatrení

Stupeň ochranných opatrení pre stavbu lávky podľa tab. 1 TP 124 sa stanovuje: č.4.

4.3 Ochranné opatrenia betónových stavieb proti účinkom bludných prúdov

Základným princípom riešenia ochrany stavby pred účinkami bludných prúdov je návrh pasívnych ochranných opatrení, teda opatrení, ktoré samy a bez cudzieho zdroja elektrickej energie zaistia taký stav železobetónovej konštrukcie, kedy výstuž bude dlhodobo chránená vlastnou pasiváciou v alkalickom prostredí, ktoré predstavuje betón alebo cementové mlieko, t. j. prirodzenými podmienkami. Cieľom návrhu pasívnych prostredí je maximálne obmedziť a eliminovať vplyvy, ktoré by také prostredie narušilo, t. j. napr. malé krycie vrstvy betónu nad výstužou, ľahký prístup chloridov k výstuži, obmedzenie prístupu bludných prúdov vhodným delením konštrukcií, prípadne využitie systému izolácií proti vlhku a vode, atď. Jedným z významných princípov pasívnej ochrany je zaistenie elektricky definovaného prepojenia výstuže v takých korózných prostrediach, kde je to pre ochranu výstuže a najmä predopnutej výstuže nutné.

4.3.1 Základné pasívne ochranné opatrenia

Základné pasívne ochranné opatrenia navrhuje projektant stavebnej časti mostnej stavby, nie špecializované pracovisko (korózne techniky). S prihliadnutím na stupeň

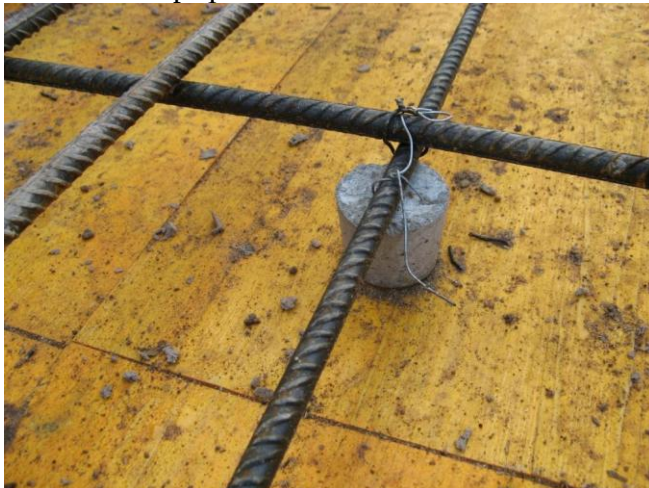
ochranných opatrení volí projektant stavby primárnu a sekundárnu ochranu tak, ako ju pozná z platných STN a STN EN a postupuje podľa platnej metodiky v časti 2 tejto RÚ (v súčasnosti postupuje podľa predpisu MD ČR TP 124).

Primárnou ochranou je voľba dostatočného krytia výstuže betónom a stanovenie parametrov betónu. Tu je nutné doplniť, že táto základná a najúčinnnejšia ochrana proti účinkom bludných prúdov nadobúda zmysel až s kvalitnou prácou dodávateľa stavby, použitím vhodných dištančníkov medzi výstužou a debnením a za predpokladu dodržania požiadaviek na veľkosť trhlín – v súčasnosti plne v súlade s postupom stanoveným STN EN 206-1, najmä zmena 3. Metodika stanovuje požiadavku na krytie výstuže betónom hr. 50 mm. Hodnota je zvýšením normovaných hodnôt o 10 mm. Zvýšenému krytiu výstuže potom zodpovedá požiadavka na vodonepriepustnosť betónu podľa ČSN EN 206-1, zm.3 s veľkosťou 30 mm. Napriek všetkým úskaliam spojeným so zvýšenou krycou vrstvou betónu nad výstužou, ktoré sú dané predovšetkým náročnejšou voľbou výstužových vložiek vo vzťahu k požiadavke na minimalizáciu trhlín v betóne, je táto požiadavka rešpektovaná a hodnotená ako správna už od počiatku osemdesiatych rokov.

Obr. 15 Krytie výstuže 50 mm je štandardom



Obr. 16 Správne použitie betónových dištančníkov. Použitie plastových a kovových dištančníkov na vonkajších stenách sa nepripúšťa.

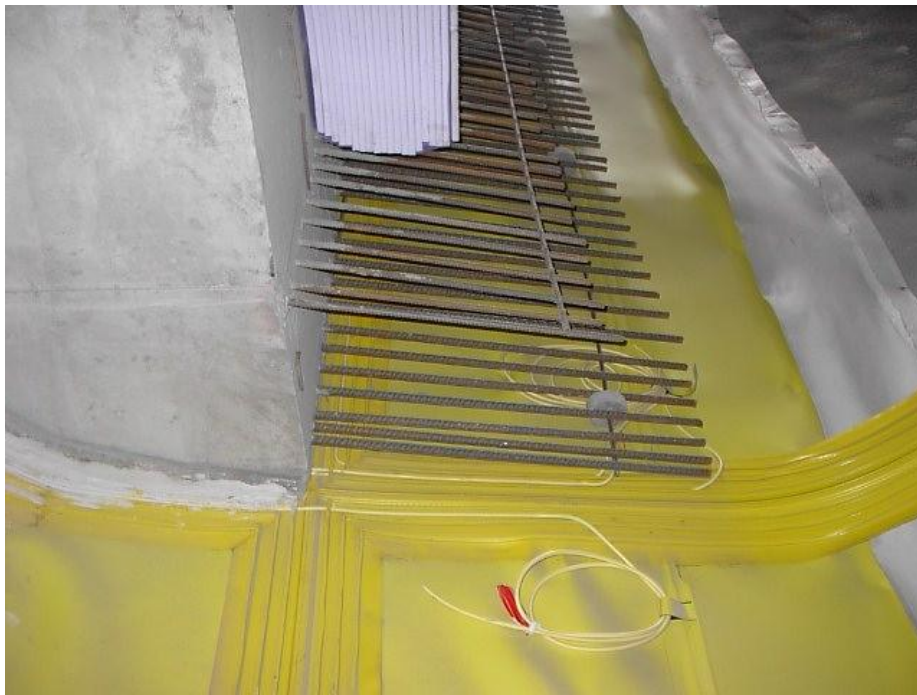


Obr. 17 Krytie výstuže 50 mm spodnej klenby – nevhodné plastové dištančníky (inštalácia diagnostiky korózie výstuže CMS na krajnom vystuženom prvku)



Sekundárnou ochranou sa rozumie využitie všetkých ochranných opatrení na úrovni systémov vodotesných izolácií, ale aj za určitých podmienok vodotesných náterov, ktoré navrhuje projektant stavebnej časti proti agresívnym vplyvom zemín, zemnej vlhkosti, vzliňajúcej vode a pred klimatickými vplyvmi. Do tejto kategórie ochrán patrí doteraz nerozšírená ochrana, a to je používanie povlakovaných výstuží. Povlakované výstuže sú rozšírené v USA, Veľkej Británii a Japonsku. V našich podmienkach ide zatiaľ o cenovo nedostupné ochranné opatrenie. Zatiaľ čo systémy vodotesných izolácií sú neúčinné pri aplikácii na spodné stavby – pilóty a mikropilóty a nepoužívajú sa, v súčasnosti sa už s modernými materiálmi darí ochranu napr. pätiiek a železobetónových vaní realizovať úspešne (napr. s využitím materiálov typu SIKA TUNEL a pod.). Ochranné elektroizolačné obaly – sekundárnu ochranu spodnej stavby – špecializované pracovisko navrhuje z dôvodu ochrany proti účinkom bludných prúdov len výnimočne, napr. v bezprostrednej blízkosti meniarne alebo pri podpere medzi koľajami a pod. Obvykle sa využije návrh takého opatrenia pri návrhu ochrany proti agresivite spodných vôd a špecializované pracovisko iba koriguje typ navrhovaného materiálu z hľadiska elektricky izolačných schopností.

Obr. 18 Sekundárna ochrana vo vyhotovení celoplošnej izolácie spodnej stavby zváranou fóliou



Konštrukčné opatrenia. Túto súčasť pasívnych ochranných opatrení navrhuje podľa rozsahu stavby projektant stavebnej časti sám alebo za účasti špecializovaného pracoviska (korózneho technika). Ide najmä o definovanie požiadaviek na prevarovanie výstuží v spodných stavbách aj nosných konštrukciách, definovanie meracích vývodov z výstuže, stanovenie požiadaviek na elektrické izolačné oddelenie (napr. časti mostnej konštrukcie) vhodnou voľbou úpravy častí stavby (mostných ložísk a mostných záverov a pod.) Medzi konštrukčné pasívne ochranné opatrenia patrí aj vhodná voľba systému ochrany proti prepätiu a proti nebezpečnému dotyku a špecifikácia požiadaviek na uzemňovaciu sústavu. Táto problematika nabrala na význame aj náročnosti riešenia s účinnosťou noriem radu STN 33 2000. Veľkú pozornosť je nutné venovať

požiadavkám na ukoľajnenie v blízkosti elektrizovaných tratí Železníc Slovenskej republiky. Postupuje sa podľa STN EN 50122-1, 5012-2, (predtým STN 34 1500).

Špeciálne sa stanovujú požiadavky na ochranu niektorých stavebných prvkov. Ide najmä o ochranu predopnutej výstuže – trvalých zemných kotiev, predopnutých káblov v mostných konštrukciách v blízkosti elektrizovaných systémov dopravy, atď. Sú stanovené požiadavky na elektrické izolačné vlastnosti predpínacích systémov a na kontrolu ich parametrov.

Zhora popísané pasívne ochranné opatrenia majú jeden spoločný a základný cieľ, a to obmedziť prechod bludných prúdov konštrukciami na prijateľnú úroveň (s dôsledkom prijateľnej koróznej rýchlosti). Úspech návrhu týchto opatrení závisí od mnohých faktorov, najmä však od typu navrhovanej konštrukcie.

Obr. 19 Správne vykonanie prevarenia výstuže pomocnými bodovým zvarmi



Obr. 21 Vrstva polymérnej malty pre oddelenie spodnej stavby od nosnej konštrukcie pod každým ložiskom



Obr. 20 Dlhodobé účinky neprevarenej výstuže a pôsobenia bludných prúdov



Obr. 22 Polymérna malta pod ložiskom s trňmi

Súčasťou konštrukčných opatrení je taktiež návrh prepájacích a meracích vedení umožňujúcich sledovanie vplyvu bludných prúdov. Tieto zariadenia sa navrhujú iba vo vybraných prípadoch, spravidla pre mostné stavby veľkých rozmerov. Trvalé rozvody predstavujú systém káblových vedení uložených v mostnej konštrukcii, ktorý umožní z pripravených vývodov centralizované spoločné meranie vplyvu bludných prúdov a korózneho stavu sledovanej stavby. Centralizované meranie, napr. s ústredňou podľa obr. 9, umožňuje jednoduchšie multitaskingové meranie stavby, t. j. meranie viackanálovou ústredňou súčasne zo všetkých sledovaných miest – vývodov stavby a ďalší rad meraní je s ohľadom na terén alebo podmienky (železnica) v teréne vykonateľný. Voľba a rozhodnutie o inštalácii trvalých rozvodov pre ten-ktorý most je úlohou pre špecializované pracovisko v spolupráci s investorom.

Obr. 23 Príklad vykonania vzduchového iskriska – latentného spoja pre ochranu pred bleskom podľa navrhovanej metodiky – aplikácia ochranného opatrenia pre časť elektro.



Obr. 24 Aplikácia typizovaného vývodu (C.R.M.) z prevarovanej výstuže pre hornú časť. Doska sa uloží na dno debnenia a fixuje sa jednak prevarením, jednak prichytením do debnenia.



Vývody z výstuže sa zhotovujú zásadne z výstuže prevarovanej. Výstuže z neprevarenej výstuže nemajú zmysel ani iné využitie, nie je možné ich využiť pre žiadne metódy akéhokoľvek merania, a to ani poločlánkovou metódou slúžiacou na zisťovanie korózneho potenciálu výstuže na povrchu betónu. Vývoj meracích vývodov za uplynulých dvadsať rokov viedol k riešeniu, ktoré predstavuje pohľadový prvok, zaručiteľnú zvariteľnosť s výstužou a koróznou odolnosť na povrchu betónu. Vo funkcii vývodov sa používajú ocelové dosky z koróziivzdornej ocele s rozmermi 100x100x10 mm, vybavené uzatvoreným závitom proti preniknutiu cementového mlieka do závitov a otvorom pre merací banánik. Antikorová doska je vo výrobnom závode zvarená s výstužovým prvkom s priemerom 10 mm. Výrobok je potom možné na stavbe fixovať k debneniu a štandardným spôsobom zvariť s prevarovanou výstužou.

Monitorovací systém korózie výstuže je popísaný v ďalšej časti tejto RÚ. Cieľom inštalácie diagnostiky korózie výstuže je podchytiť miesta, ktoré sú alebo môžu byť korózne namáhané tak, aby prevádzkovateľ stavby mohol včas indikovať začatie korózných procesov a vykonať opatrenia pre obmedzenie korózných procesov alebo opravu stavby v počiatočných štádiách s malými nákladmi na údržbu. V súčasnosti diagnostika stavby predstavuje inštaláciu nenáročných zariadení, ktoré nedeštruktívnym

spôsobom umožňujú sledovať vznik a prítomnosť korózie na výstuže mäkké aj predopnuté, hĺbku prieniku agresívnych látok k výstuži krycou vrstvou, sledovať merný odpor betónu a sledovať koróznú rýchlosť ocele v betóne. Pre budovy sa tieto zariadenia navrhujú skôr výnimočne.

Prvky diagnostiky sa navrhujú prednostne spoločne s ďalšími zariadeniami pre sledovanie stavu mostnej stavby – ide najmä o tenzometre, dynamometre, teplomery a pod.

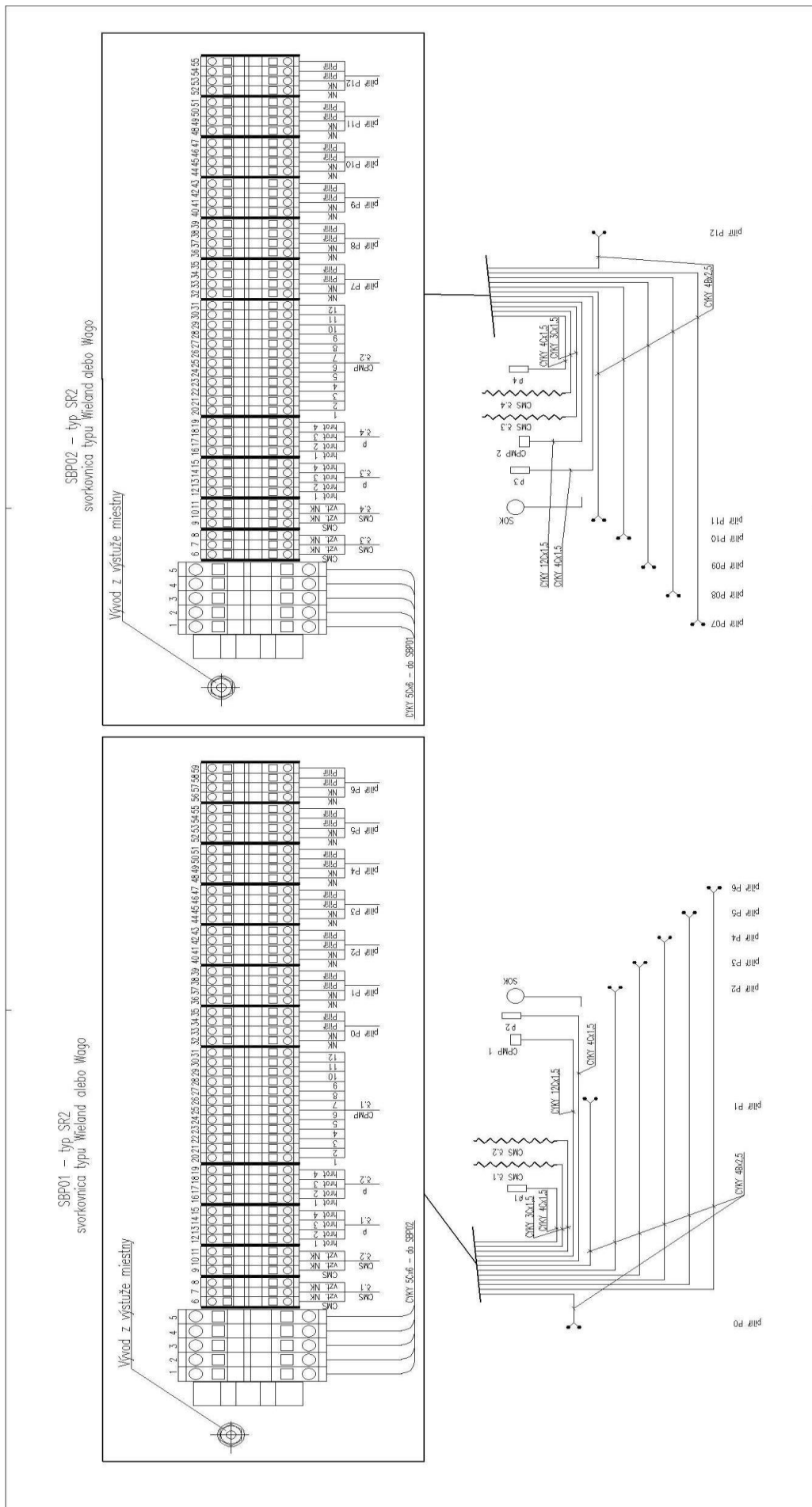
Obr. 25 ukazuje typické riešenie návrhu sledovania trvalých rozvodov pre rozsiahly mostný objekt, kde nebolo možné použiť jednu spoločnú meraciu skriňu, boli navrhnuté dve skrine. Zahrnuté sú ako káblové vedenia pre centralizované meranie, tak prvky diagnostiky. Meracie skrine a káblové vedenia sa zásade umiestňujú tak, aby ich nebolo možné odcudziť. Káblové vedenia sa ukladajú do betónu priamo, skrine sa prednostne umiestňujú do komôr mosta, výnimočne do opôr mosta. Malé skrinky (škatule) napr. vo vyhotovení antikorových rámcikov s dvierkami s rozmermi 100x150 mm je možné umiestniť do podpier.

Špeciálne postupy sa uplatňujú pri návrhu diagnostických prvkov do predpínacích káblov a trvalých zemných kotiev. Tu sa postupuje podľa špeciálnych postupov, napr. [43].

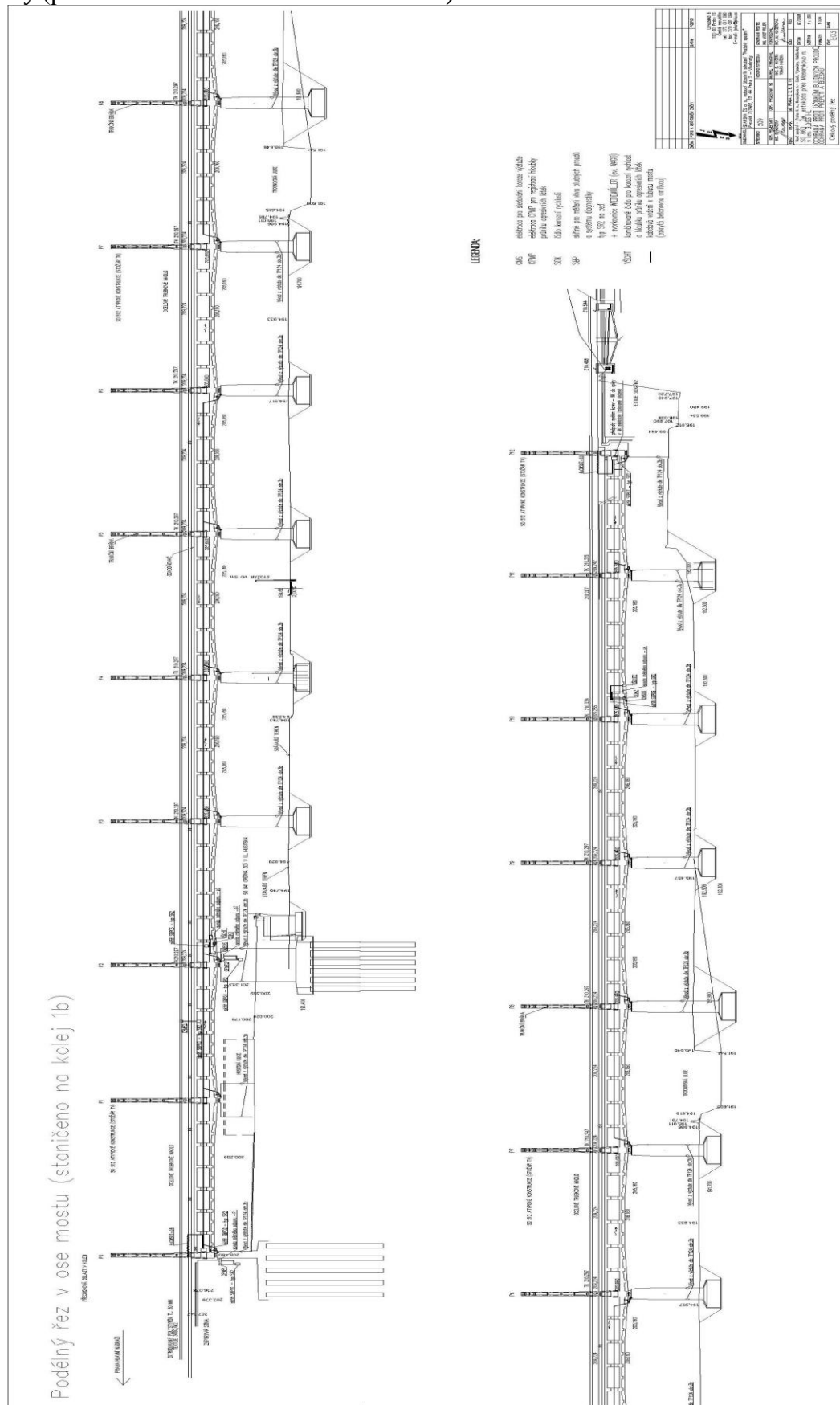
Na obr. 5 sú použité tieto zariadenia:

- CYKY – káblové vedenia
- Špeciálna meracia svorkovnica
- CMS – sonda pre sledovanie vzniku korózie na výstuži
- CPMP – sonda pre sledovanie hĺbky prieniku agresívnych látok k výstuži krycou vrstvou
- SOK – senzor koróznej rýchlosti ocele v betóne
- Ró – senzor pre meranie merného odporu betónu
- SR2 – rozvádzač na stenu do komory mosta

Obr. 25 Schéma trvalých rozvodov pre rozsiahlu mostnú konštrukciu



Obr. 26 Príklad dispozičného rozmiestnenia prvkov diagnostiky korózie výstuže a trvalých rozvodov pre sledovanie vplyvu BP vo výkrese pozdĺžneho rezu mostnej stavby (prevzaté z dokumentácie mosta SŽDC).



4.3.2 Koordinácia ochranných opatrení s nadväzujúcimi profesiami, ukoľajnenie

Táto oblasť sa dotýka najmä časti elektroinštalácií a súbehu so železnicami.

Pri návrhu elektrických zariadení na mostnej stavbe je nutné vždy navrhovať riešenia koordinovane v spolupráci projektant elektrických zariadení/specializované pracovisko. Špecializované pracovisko stanovuje požiadavky na vykonanie elektrického zariadenia tak, aby nedochádzalo k zavliekaniu bludných prúdov do konštrukcie a eventuálne k preklenutiu elektricky izolačne oddelených častí (mostnej) stavby. Požiadavky sa dotýkajú ako silnoprádových inštalácií, tak slaboprádových a riadiacich systémov vrátane napr. signalizácie námrazy. V mostných komorách sa využívajú prednostne systémy spotrebičov s triedou izolácie II a prípadne oddelené obvody. Takto navrhnuté systémy sú doplnené lokálnym neuzemneným pospájaním. Táto kapitola kladie značné nároky na skúsenosti ako projektantov, tak dodávateľov. Typickým príkladom chybného postupu je nesprávne zvolený systém osvetlenia na mostnej stavbe, obvykle dodávateľ osvetlenia znalý miestnych pomerov v tamojšej obci realizuje štandardne verejné osvetlenie na mostnej konštrukcii a pominie požiadavky na ochranné opatrenia, t. j. napr. riešenie napájania s oddeleným obvodom a kotvenie stožiarov verejného osvetlenia do nosnej konštrukcie s prevarením výstuže v rímse alebo inak riešeným lokálnym neuzemneným pospájaním. Iným klasickým prípadom nekvalifikovaného prístupu je pri dodržaní podmienok na elektrické izolačné oddelenie nosnej konštrukcie od spodnej stavby opakované pospájanie nosnej konštrukcie so spodnou stavbou prepojeniami na zvodidlách. A konečne tretím prípadom klasického porušovania požiadaviek je realizácia rozvádzačov pre systémy slaboprádových zariadení, kedy výrobca napr. rozvádzača pre portál s dopravným značením nerešpektuje požiadavky na systém oddeleného napájania a v rozvádzači je preklenuté oddelenie nosnej konštrukcie od spodnej stavby.

Zvláštnu pozornosť pri návrhu ochranných opatrení vyžaduje riešenie ukoľajnenia. V Slovenskej republike nie je dobre zavedený systém požiadaviek na ukoľajnenie cudzích stavieb voči Železnicám Slovenskej republiky a nie sú stanovené majetkovo-právne vzťahy. Táto situácia bola riešená v ČR od roku 1995 do roku 1999 priebežne.

Predovšetkým je potrebné zdôrazniť a uviesť, že ukoľajňovanie sa vykonáva podľa ČSN EN 50122-1 iba v prípadoch stanovených normou, nikdy preventívne a zbytočne navyše.

Ukoľajňujú sa iba neživé časti nachádzajúce sa v ochrannej zóne ZTVZ (zóna trolejového vedenia a zberača) a zábrany v zmysle platnej normy. T. j. **ZÁSADNE SA NEUKOĽAJŇUJE MOSTNÁ STAVBA SAMOTNÁ, AK JE ZO ŽELEZOBETÓNU**, či zasahuje alebo nezasahuje do ZTVZ! Objavili sa v praxi prípady, kedy na dokončené mostnej stavbe či dokonca opornej stene došlo k šramovaniu výstuže len preto, aby sa mostná stavba ukoľajnila. Také postupy sú zakázané.

Ďalším zásadným problémom v SR sú majetkovo-právne vzťahy. Je neprípustné, aby Železnice Slovenskej republiky svojvoľne vykonávali ukoľajnenie cudzích stavieb. Ak k takej situácii musí dôjsť (napr. spriahnutá konštrukcia s oceľovými nosníkmi v ZTVZ alebo zábrana na nosnej konštrukcii do 2 m nad trakčným vedením), Železnice Slovenskej republiky vyzvú správcu mostného objektu (napr. SSC) na dojednanie nápravy. Správca mostného objektu je povinný zaistiť spracovanie dokumentácie, z ktorej napr. vyplynie nutnosť ukoľajnenia a spôsob ukoľajnenia aj z hľadiska požiadaviek na ochranu stavby pred účinkami bludných prúdov – t. j. voľbou prierazky s opakovateľnou funkciou, vhodným uložením prierazky a vodičov na mostnej stavbe.

Ďalej je nutné prerokovať preberacie miesto ukoľajnenia. Spravidla je takým miestom prierazka, ktorá je v majetku ŽSR a medzi ŽSR a správcom mostného objektu budú dohodnuté a odsúhlasené pravidlá vykonania a údržby ukoľajnenia. Tieto pravidlá je nutné rešpektovať z titulu platnosti navrhovaného predpisu a s ohľadom na súčasný stav je možné predpokladať, že budú musieť byť zakotvené vyšším právnym predpisom po dohode oboch strán. V každom prípade je neprípustné, aby pracovníci Železníc Slovenskej republiky svojvoľne a necitlivo zasahovali do mostných objektov slovenských ciest, a to ani pod rúskom bezpečnosti prevádzky.

4.3.3 Špeciálne prípady návrhu ochranných opatrení

Okrem štandardných postupov hore uvedených sa pri navrhovaní mostných stavieb stretávame aj so špeciálnymi prípadmi riešenia.

Jedným z typických prípadov je riešenie vyžadujúce návrh trvalých zemných kotiev. Trvalé zemné kotvy bývajú súčasťou nadväzujúcich oporných stien alebo kotvenia základov podpier (napr. často pri oblúkových mostoch). Trvalé zemné kotvy do prostredia s vplyvmi bludných prúdov podliehajú špeciálnemu riešeniu a špeciálnym požiadavkám na ich vykonanie. Trvalá zemná kotva musí byť vybavená podkotvovou ochranou, ochranou voľnej dĺžky a koreňovej dĺžky. Veľmi citlivými miestami trvalých zemných kotiev sú miesta prechodu z voľnej na koreňovú dĺžku a špičky kotiev. Jednotliví výrobcovia trvalých zemných kotiev v súčasnosti spravidla vedia takú zemnú kotvu vyrobiť (napr. Stump, VSL, DIWIDAG, Zakládání Group a ďalší). Výroba, doprava a inštalácia takých kotiev podlieha špeciálnemu režimu kontroly, kedy sa každý krok kontroluje meraním. Prvé meranie sa vykonáva vo výrobnom závode, ďalšie po doprave kotvy na miesto, pred zapustením do vrtu, po zapustení a po napnutí. Pravidlá pre vykonanie sú súčasťou návrhu metodiky v časti 22 tejto RÚ.

Iným špeciálnym prípadom je kotvenie konzol a kotiev do stien mostných stavieb a nadväzujúcich oporných stien s využitím elektrických izolačných schopností kotviacich prvkov a elektricky izolačných podloží.

Konečne je nutné sa pozastaviť pri predpínacej výstuži. V prostredí s vplyvmi bludných prúdov v stupni 5 vždy a v stupni 4 vo vybraných prípadoch je požadované navrhovať systémy predpätia so zvýšenou ochranou proti korózii. Bežným riešením pre stupeň ochranných opatrení č.4 je prevarenie mäkkej výstuže okolo systému prepätia a zvarenie prevarenej výstuže jedným zvarom na roznášacej doske predpínacieho kábla s mäkkou výstužou na oboch koncoch predpínacieho kábla. Zvýšenou ochranou je potom použitie systému elektrického izolačného uloženia pre predpínací systém v podobe PE rúr a hláv. Tu sa výrobcovia líšia medzi úplne elektricky izolačne uzatvoreným systémom, ktorý sa pre dané prostredie uprednostňuje, a systémom s PE rúrami bez izolačného uloženia hláv kotiev. V niektorých prípadoch sú použité hlavy materiálov so zvýšenou koróznou odolnosťou. Systémy bez elektrického izolačného oddelenia hláv nie sú z hľadiska kvality elektrického izolačného uloženia kontrolovateľné.

V prípade mŕtvych kotiev, t. j. kotiev, kedy jedna strana je tvorená rozpletenými pramencami do cibuliek a druhá strana je vybavená klasickou hlavou pre prepínanie, sa až na výnimky rúry PE nepoužívajú, dôsledne sa zaisťuje systém prevarenia mäkkej výstuže a rozpletená oceľ predpätia sa prevarí v jednom drôte za cibulkou na konci s mäkkou výstužou; oceľ predpätia nesmie byť poškodená kdekoľvek v aktívnej dĺžke.

Obr. 27 Inštalácia prepínacej výstuže v PE ochranných rúrach s elektrickou izolačnou schopnosťou



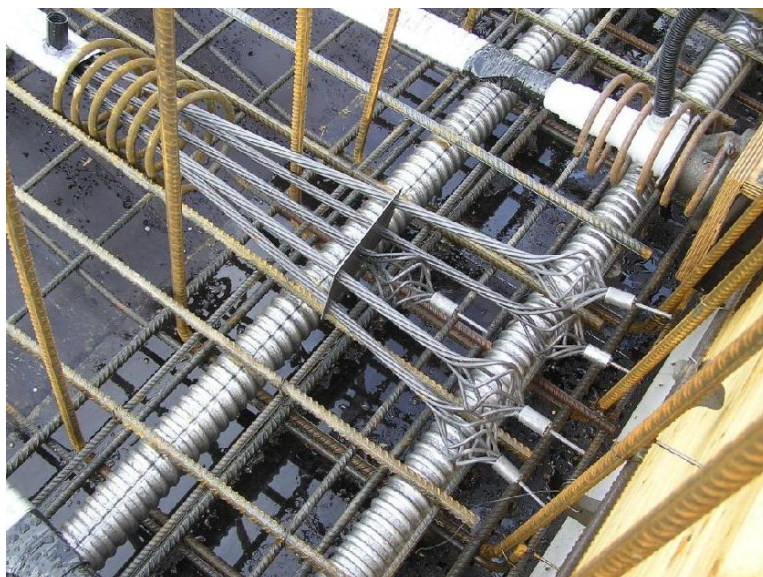
Obr. 28 Systém predpätia s izolovanými rúrami a neizolovanými hlavami káblov



Obr. 29 Systém predpätia s elektricky izolačnými rúrami a ochranou hláv káblov



Obr. 30 Mŕtve (pasívny) kotvy – typické vyhotovenie s rozpletením do cibulky, prevarenie sa vykoná na konci drôtu za cibulkou. (Na obrázku nie je dokončená výstuž)



Obr. 31 Mŕtve (pasívne) kotvy – zakončenie rozpletenia predpínacej výstuže bez cibuliek, prevarenie sa vykoná v rohoch zadnej dosky.



4.3.4 Prevarovanie výstuže

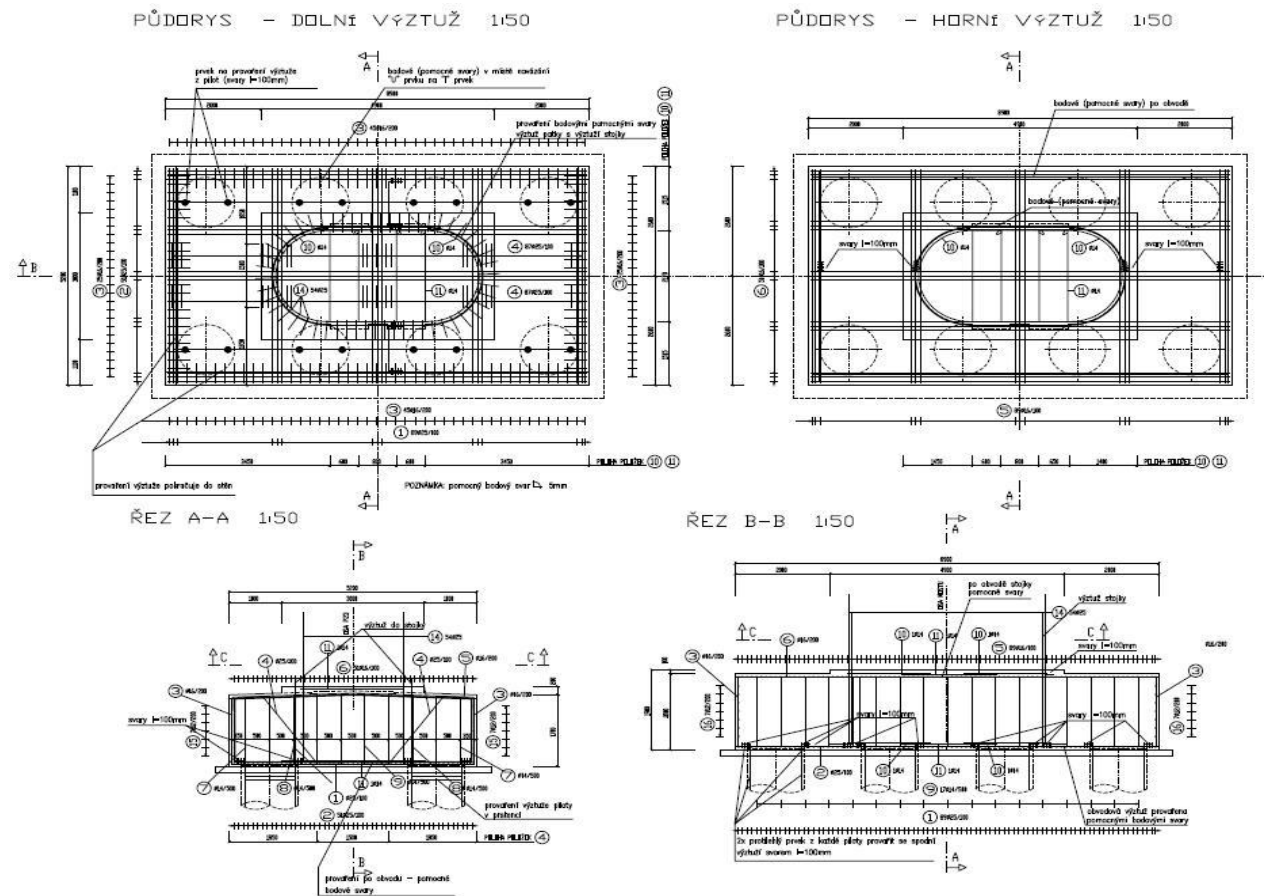
Ide o najcitlivejšie ochranné opatrenie z celého zavedeného systému ochranných opatrení. Systém prevarovania výstuže sa doslova laď v ČR viac než 20 rokov. Tu požiadavky na prevarenie výstuže jednoznačne definované z hľadiska ochrany proti účinkom bludných prúdov narážajú na obavy statikov o poškodenie a mechanické a tepelné pretvorenie vlastností výstuže. Z tohto dôvodu je v navrhovanej metodike v časti 2 venovaný prevarovaniu výstuže značný priestor. Pre stanovenie požiadaviek sa odkazuje nielen na európske normy pre

prevarovanie výstuže, ale aj na rezortný predpis MD ČR TP 193, ktorý stanovuje požiadavky na prevarovanie výstuže nielen do kvality prevarovania, ale taktiež z hľadiska požiadaviek na kvalifikáciu osôb zaisťujúcich prevarovanie výstuže. Ukazuje sa, že hoci je v SR prevzatá TP 124 z roku 2000, v praxi prevareníu nikto nevenuje pozornosť. Zavedením nového predpisu, a najmä, ak bude dodržiavanie predpisu vyžadované kvalifikovanými dozormi investora, dôjde ku kvalitatívnej zmene u dodávateľov stavieb, ktorá bude vyžadovať trpezlivosť a osvetu. Všeobecne je potrebné vziať do úvahy, že zavedenie nového systému ochranných opatrení a požiadaviek na kontrolu a meranie spôsobí u dodávateľov komplikácie pri realizácii a snahu systém obchádzať alebo ho riešiť ex post.

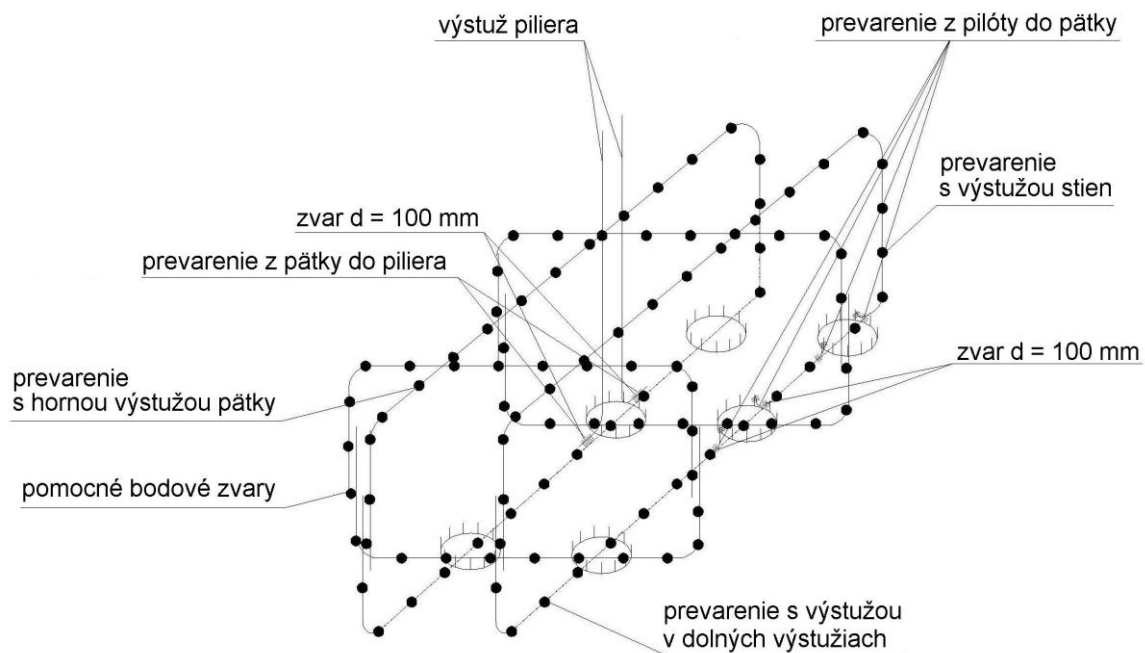
Pri aplikácii metodiky je nutné veľmi prísne dodržiavať požiadavky na „pomocné bodové zvary“ pre ochranu pred bludnými prúdmi a zvary pre systém uzemňovačov a zvodov s dĺžkou zvaru 100 mm, resp. 2 x 50 mm podľa navrhovanej metodiky.

Obrázky k danej problematike sú súčasťou navrhovanej metodiky v časti 2 tejto RÚ.

Obr. 32 Príklad výkresu výstuže pätky, do ktorého špecializované pracovisko vyznačí požiadavky na prevarenie výstuže, prípadne doplní jednoduchým schematickým výkresom. Systém prevarenia sa potom uvedie vo výkresoch výstuže pre stavbu a prevarenie zaisťuje dodávateľ výstuže pracovníkmi so zodpovedajúcou kvalifikáciou (prevzaté z projektu ČR, D8).



Obr. 33 Príklad jednoduchej skice prevarenia výstuže pätky piliera pre stavbu.



5. Realizácia ochranných opatrení v priebehu výstavby

Pre úspešnú realizáciu ochranných opatrení je nutné, aby zhotoviteľ stavby dostal od projektanta základný koróznny prieskum, ktorý je podkladom pre ďalšie meranie a vyhodnotenie vplyvu bludných prúdov v priebehu stavby a po dokončení stavby, ďalej časť v PD s popisom ochranných opatrení a prípadne zložku dokumentácie s označením Ochrana stavby pred účinkami bludných prúdov a ochrana stavby pred prepätím a bleskom, prípadne ukoľajnenie. Všetky tieto tri zložky dokumentácie sú spolu previazané a súvisia s realizáciou ochranných opatrení pred účinkami bludných prúdov.

Zhotoviteľ realizuje ochranné opatrenia buď sám, alebo v spolupráci so špecializovaným pracoviskom. Najmä ak sú kladené požiadavky na prevarenie výstuže, odporúča sa účasť špecializovaného pracoviska pri začatí prevarovania výstuže. V tomto okamihu sa vykoná zároveň dohoda o postupe realizácie ochranných opatrení a meraní vplyvu bludných prúdov v priebehu stavby. Bez súčinnosti s dodávateľom stavby nie je možné riadne zaistiť meranie v priebehu stavby. Zhotoviteľ stavby je povinný vyzvať špecializované pracovisko na viacero úkonov, napr. na meranie kvality polymérnej malty pod ložiskami, na meranie elektrického odporu nosnej konštrukcie pred osadením mostných záverov atď.

Špecializované pracovisko vybaví zhotoviteľa zodpovedajúcimi dokladmi pre prebiehajúcu stavbu – pozri ďalej.

Spolupráca so špecializovaným pracoviskom nie je nutná do stupňa ochranných opatrení č. 3 vrátane. V stupni ochranných opatrení č.4 kvalifikovaný dodávateľ pri bežných mostných stavbách pre postup výstavby a vykonania spravidla špecializované pracovisko nemusí vyžadovať. Pri rozsiahlych mostných konštrukciách a stupni ochranných opatrení č. 4 a č.5 je súčinnosť na mieste od začiatku výstavby.

6. Meranie vplyvu bludných prúdov v priebehu stavby a po dokončení stavby

Požiadavka merania vplyvu bludných prúdov bola pôvodne zakotvená ustanoveniami v normách série STN 03 83xx, ktoré boli v SR z väčšej časti zrušené a nahradené nie úplne adekvátnymi európskymi normami najmä pre účely inštalácie a merania na katódových ochránach líniových zariadení. Požiadavka merania je vágne formulovaná v STN EN 50 162. V rezorte ministerstva dopravy ČR a Českých dráh boli pravidlá pre meranie vplyvu bludných prúdov rozpracované do samostatných metodík a na tieto metodiky je doplnený odkaz v ČSN EN 50162.

Predmetom tejto rozborovej úlohy nie je metodika merania vplyvu bludných prúdov. Vzhľadom na to, že cieľom úlohy je návrh metodiky pre riešenie ochrany stavieb pred účinkami bludných prúdov, je nutné sa aj touto kapitolou, hoci len v stručnosti, zaoberať. „Meranie vplyvu bludných prúdov“ predstavuje súbor úkonov nielen pre kontrolu výskytu a pôsobenia vplyvu bludných prúdov, ale ide aj o úkony a merania, ktorých cieľom je overovanie kvality realizovaných ochranných opatrení na mostných objektoch aj ďalších betónových stavbách.

Metodika merania v súčasnosti je vykonávacím predpisom oboch zhora uvedených predpisov MD ČR a SŽDC (predtým ČD), t. j. technických podmienok TP 124 a služobnej rukoväti SR 5/7(S). Metodické pokyny pre meranie vplyvu bludných prúdov na uvedené predpisy nadväzujú. Ak metodika pre meranie vplyvu bludných prúdov nebude pre Slovenskú republiku v prvej fáze zavedená spoločne s metodikou pre návrh ochranných opatrení, je potrebné pre prvé roky formou prílohy aspoň definovať požiadavky na meranie a kontrolu ochranných opatrení. V ďalšej časti je systém merania vplyvu bludných prúdov priblížený tak, aby mohol byť implementovaný do návrhu metodiky v rámci časti 2 tejto úlohy.

6.1 Špecializované pracovisko

V tejto súvislosti je nutné sa venovať termínu „špecializované pracovisko“, ktorý sprevádza túto RÚ od samého začiatku. Tento termín vznikol na základe viac než dvadsaťročnej skúsenosti s výstupmi meraní vplyvu bludných prúdov. Prax ukázala, že je snaha meranie akokoľvek obísť z dôvodu ceny aj časovej náročnosti na túto činnosť. Výsledkom takých snáh sú potom akékoľvek papierové výstupy s označením „Meranie bludných prúdov“ spravidla s rozsahom jednej až dvoch strán, ktoré pripravujú spravidla revízni technici pre dodávateľa stavby bez toho, aby čokoľvek o problematike merania bludných prúdov a kontroly ochranných opatrení tušili. Ak z druhej strany prichádza zástupca investora taktiež bez akejkoľvek vedomosti o tejto problematike, stráca celá činnosť, úsilie a náklady na ochranné opatrenia zmysel.

Bolo teda nutné rozhodnúť akým spôsobom zaistiť kvalifikáciu takých pracovísk a ako ich činnosť kontrolovať. Prvým krokom bolo vytvorenie metodiky meraní – pre prípad slovenských ciest bude nahradené prílohou metodiky navrhutej v rámci časti 2 tejto RÚ. Druhým krokom bolo ustanovenie špecializovaného pracoviska – zhotoviteľa meraní, ktorý by bol preukázateľne kvalifikovaný a disponoval by oprávnením na také činnosti. Z tohto dôvodu boli činnosti súvisiace s pôsobením pracovísk zaoberajúcimi sa problematikou bludných prúdov zaradené do činností vyžadujúcej špeciálne oprávnenie. Úlohou špecializovaného pracoviska so zodpovedajúcim oprávnením je zaisťovať meranie vplyvu bludných prúdov v priebehu stavby a po dokončení stavby a vypracovanie záverečnej správy DEMS (Dokumentácia elektrických a geofyzikálnych meraní – záverečná správa), vykonávať prehliadky stavby z hľadiska pripravenosti na meranie vplyvu bludných prúdov a z hľadiska kontroly (overenia) realizovaných ochranných opatrení na stavbe. „Špecializované

pracovisko“ je tak v ČR vybavené spôsobilosťou pre zaistenie akosti takých prác, t. j. disponuje pracovníkom s Oprávnením podľa metodického pokynu k systému akosti v odbore pozemných komunikácií, MD č. k. 20840/2001-120, v znení neskorších zmien, časť II/2-prieskumné a diagnostické práce.

Porušenie tejto zásady je potom v konečnom dôsledku porušením zákona.

Tento nástroj sa v ČR osvedčil a je možné len odporučiť, aby v SR bolo postupované zhodne. Slovenské dráhy postupujú trochu odlišne, lebo disponujú útvarom, ktorý túto činnosť pre Železnice Slovenskej republiky zaistuje a rozhoduje, akým spôsobom sa bude pri meraniach postupovať. Tu je nutné poznamenať, že aplikácia nových metodík Železníc Slovenskej republiky bude uvedená do praxe taktiež od roku 2009 alebo 2010 a predpokladá sa v tejto oblasti ešte korekcia postupu podľa spätnej väzby z praxe.

Značným úskalím pôsobnosti špecializovaných pracovísk sú obchodné vzťahy. V ČR sa doteraz nepodarilo špecializované pracoviská uviesť do postavenia nezávislých pracovísk od dodávateľa stavby. Každé špecializované pracovisko je tak závislé od toho, ktorá z dodávateľských firiem si jeho činnosť objedná. Samozrejme s prihliadnutím, koľko takých dodávateľských firiem sa na trhu pohybuje, je pôsobnosť špecializovaných pracovísk značne zviazaná s dodávateľom stavby. Výstupom činnosti špecializovaného pracoviska potom prakticky nemôže byť negatívne stanovisko alebo nesúhlas s činnosťou dodávateľa stavby. Ide o pomerne vážny problém, ktorý v začiatku slovenská strana môže riešiť zaradením špecializovaných pracovísk do skupiny dozorov stavby, ktoré si platí sám investor a nie dodávateľ stavby. Potom bude dosiahnutá nezávislosť pri hodnotení činnosti dodávateľov stavby. Spracovateľ úlohy odporúča zadávateľovi, aby tento moment nepodcenil a včas zaistil nielen podmienky pre ustanovenie špecializovaného pracoviska, ale aj jeho nezávislosť od dodávateľa stavby. Výstupy takého pracoviska budú objektívne a nezávislé.

Nutnou podporou pre funkčnosť špecializovaných pracovísk je potom školenie dozorov investora. Táto skupina špecialistov je potom schopná nutné úkony vyžadovať, ale aj kontrolovať kvalitu spracovaných výstupov špecializovaných pracovísk.

6.2 Obsah meraní vplyvu bludných prúdov železobetónových konštrukcií

Ako vyplýva z predchádzajúceho textu, činnosti súvisiace s meraním vplyvu bludných prúdov prebiehajú už od projektovej prípravy, pokračujú meraniami v priebehu stavby a dôraz je kladený najmä na merania po dokončení stavby.

Definujeme tri kategórie meraní:

- **meranie pred začatím stavby** – základný korózný prieskum vrátane vyhodnotenia a stanovenia stupňa ochranných opatrení podľa tab. 1 metodiky podľa časti 2 tejto RÚ.

- **meranie v priebehu stavby** – cieľom je získať čiastkové údaje o stavbe, ktoré po dokončení stavby už nie sú merateľné, overiť kvalitu realizácie stavby, resp. navrhnutých ochranných opatrení. Výsledky meraní sú z priebehu stavby podkladom pre záverečné hodnotenia elektrických a geofyzikálnych meraní vplyvu bludných prúdov.

- **elektrické a geofyzikálne merania po úplnom dokončení stavby** – špecializované pracovisko vyhodnotí efektívnosť navrhnutých a realizovaných

ochranných opatrení, stanoví odporúčania pre prevádzkovateľa v oblasti údržby z hľadiska ochrany proti účinkom bludných prúdov a eventuálne odporučí doplňujúce ochranné opatrenia. V nasledujúcom texte sa budeme podrobnejšie zaoberať každou z uvedených oblastí.

6.3 Merania v priebehu stavby

Tieto merania v priebehu minulých dvadsiatich rokov postupne nabrali na význame a v zásade je možné dnes konštatovať, že merania sú nutnou podmienkou pre úspešné vyhodnotenie záverečných meraní po dokončení stavby. Merania v priebehu stavby sú merania prevažne na čiastkových častiach stavby a medzi jednotlivými časťami stavby. V rámci spracovania PD pre mostné objekty so stupňom ochranných opatrení č.4 a č.5 spracováva projektant (príp. špecializované pracovisko) súpis elektrických a geofyzikálnych meraní. Tieto merania obsahujú najmä:

- meranie na spodnej stavbe
- meranie napätia a prúdu po preklenutí alebo čiastkovom preklenutí spodnej stavby nosnou konštrukciou bez príslušenstva a doplnkových konštrukcií
- meranie a prehliadka stavby pred uvedením stavby do prevádzky

Meranie na spodnej stavbe obsahuje:

- meranie kvality zemného odporu základových uzemňovačov (podklad pre ochranu proti blesku a prepätiu aj hodnotenie vplyvu bludných prúdov)
- potenciálové a prúdové merania medzi jednotlivými časťami spodnej stavby (pilótami)
- meranie kvality prevarenia výstuže (výstuže pilierov)
- meranie na trvalých zemných kotvách
- meranie kvality elektricky izolačných prvkov (vrstvy polymérnej malty pod ložiskami)

Meranie napätia a prúdu po preklenutí alebo čiastkovom preklenutí spodnej stavby nosnou konštrukciou bez príslušenstva a doplnkových konštrukcií obsahuje:

- potenciálové a prúdové merania medzi spodnou stavbou a časťou nosnej konštrukcie uloženej na elektricky izolačne oddelených prvkoch; merania sa vykonávajú prevažne už ako multitaskingové, t. j. zberom hodnôt z viacerých miest stavby súčasne
- meranie elektrického izolačného odporu časti alebo celej NK voči spodnej stavbe

Meranie a prehliadka stavby pred uvedením stavby do prevádzky

- kontrolné merania na príslušenstve stavby – obvykle signálne merania ručnými prístrojmi za účelom kontroly kvality vykonania jednotlivých detailov stavby
- podrobná prehliadka stavby; vizuálne sa kontrolujú všetky kritické miesta z hľadiska ochrany proti účinkom bludných prúdov – napr. chybné priame ukofajnenie, preklopenie izolácie oddelenia nosnej konštrukcie od spodnej stavby a pod.

Medzi najdôležitejšie merania v priebehu stavby patria merania kvality elektrického izolačného odporu vrstvy polymérnej malty pod ložiskami a merania elektrického izolačného odporu nosnej konštrukcie mostnej stavby.

6.4 Elektrické a geofyzikálne merania na stavebne dokončenom moste

Po dokončení stavby mosta sa v prípade stupňa ochranných opatrení č.4 a č.5 spracováva „Dokumentácia elektrických a geofyzikálnych meraní“ – DEMS mostného objektu.

DEMS pozostáva z meraní na stavebne dokončenom moste a celkového hodnotenia stavby z hľadiska ochrany proti účinkom bludných prúdov.

Elektrické a geofyzikálne merania, ktoré sú predmetom merania po dokončení stavby, určuje metodický pokyn DEM, ktorý je v danom prípade nahradený prílohou k metodike uvedenej v časti 2 tejto RÚ. V nasledujúcich bodoch sú zmienené iba stručné informácie k niektorým meraniam.

Prehliadka stavby pred začatím merania

Ide o veľmi dôležitú činnosť špecializovaného pracoviska. Prehliadka stavby špecializovaným pracoviskom má za úlohu nájsť vizuálne chyby stavby pred začatím vlastných meraní. Merania po dokončení stavby sú často veľmi obsiahle a trvajú jeden či viac dní. Bez vykonanej kontroly môže dôjsť k znehodnoteniu vykonaných meraní napr. nekvalitne zhotoveným zvodidlami nad dilatáciou, zle pripraveným iskrištami, či plechom pod mostným záverom. Prehliadkou stavby je možné v spolupráci s dodávateľom stavby viacerým komplikáciám súvisiacim s odovzdaním diela predísť.

Meranie potenciálu výstuže podpery – pôda

Základné jednoduché a orientačné meranie, pre ktoré bol zavedený názov „meranie zmesového potenciálu“, je východiskovým referenčným meraním vypovedajúcim o správaní stavby. Meranie vykonáva nielen špecializované pracovisko, ale je schopný si ho zaistiť správca mosta v rámci ďalších periodických meraní sám. Cieľom týchto meraní je najmä zistiť východiskový (referenčný) stav potenciálu výstuže podpery (stavby) uloženej v zemi proti referenčnej elektróde (Cu/CuSO₄) umiestnenej v blízkosti podpery.

Meranie zmesového potenciálu je meranie s tzv. chybou IR spádu. Meranie sa vykonáva na všetkých podperách. Meranie, hoci neposkytuje presný fyzikálny obsah meraného údaj, je veľmi účinným ukazovateľom možných komplikácií pri riešení problematiky korózie bludných prúdov na danom mostnom objekte.

Pozn.: Štandardné hodnoty meraného potenciálu na nových, železobetónových konštrukciách bez extrémneho namáhania cudzím elektrickým poľom dosahujú hodnoty cca -0,5 až -0,65 V (Cu/CuSO₄).

Meranie pre stanovenie polarizačného potenciálu U_{pol} výstuže podpier

Meranie sa špecifikuje obvykle pre kritické miesta stavby z hľadiska výstupu a vstupu bludných prúdov. Voľba miest a počet bodov sa volia obvykle až na mieste stavby v priebehu záverečných meraní.

Cieľom merania je získať dáta pre stanovenie polarizačného potenciálu s vylúčením chyby IR spádu.

Metódy a postupy pre odstránenie chyby IR spádu sú uvedené v rôznych literárnych prameňoch. Nie všetky metódy sú účinné a je možné ich aplikovať pre železobetónové konštrukcie uložené v zemi. Je nutné neopomenúť, že ide o pomerne mohutné konštrukcie dosahujúce relatívne malý zemný odpor. Ak stavba nie je vybavená celoplošnými izoláciami (sekundárnou ochranou), je často uplatnenie tejto metódy nadbytočné. Preto sa táto metóda aplikuje len vo výnimočných prípadoch.

Meranie elektrického poľa v zemi

Meranie sa nazýva dodatočným prieskumom. Ide o významné meranie po dokončení stavby, ktoré umožňuje vyhodnotiť zmenu prúdových polí pred začatím stavby a po jej dokončení – overenie nasávacieho efektu. Rozsah merania zodpovedá základnému koróznemu prieskumu.

Meranie potenciálového spádu a elektrického odporu medzi susednými podperami

Toto meranie slúži na doplnenie údajov pre potenciálovú mapu, t. j. pre určenie anodických a katodických miest spodnej stavby, resp. možných výstupov a vstupov bludných prúdov do a zo stavby. Meranie je možné vykonávať bežnými voltmetrami, prednosť však dávame viackanálovým simultánnym (alebo časovo blízkym) meraniam, ktoré majú väčšiu celkovú vypovedaciu schopnosť. Rozsah týchto meraní stanovuje špecializované pracovisko podľa konštrukcie stavby.

Meranie zemného odporu podpier a elektrického odporu nosnej konštrukcie na stavebne dokončenom moste metódou vzdialenej zeme

Meranie je v podstate vysvedčením o kvalite realizovaných opatrení pre elektrické izolačné oddelenie nosnej konštrukcie od spodnej stavby. **Meranie sa vykonáva na úplne dokončenej stavbe**, t. j. po inštalácii všetkého príslušenstva.

V súčasnosti sa na kvalitne vykonaných mostných stavbách dosahujú hodnoty rádovo v stovkách ohmov. V niektorých prípadoch sú tieto priaznivé výsledky z hľadiska problematiky ochrany proti účinkom bludných prúdov v rozpore s požiadavkami na ochranu proti nebezpečnému dotyku. V takých prípadoch je nutné mostnú konštrukciu doplniť ďalšími opatreniami pre zaistenie bezpečnosti stavby.

Meranie nosnej konštrukcie – koľajnica/koľaj

Meranie vyžaduje kvalifikáciu voči správcovi trate a predovšetkým prediskutovanie so správcom trate. Vyskytli sa už prípady, kedy špecializované pracovisko bolo považované za teroristickú jednotku, ktorá ohrozuje mostnú stavbu.

Sleduje sa potenciál stavby voči koľaji, prúdové zaťaženie stavbou v prípade preklenutia oddelenia koľaje od stavby. Meranie elektrického odporu je možné vykonávať len špeciálnymi metódami.

Merania napätia a el. izolačného odporu na zábradlí, odpadovom zariadení atď.

Merania sa vykonávajú prevažne ručnými prístrojmi.

Merania na prierezke ukol'ajňovacieho vodiča

- kontrola funkčnosti prierazky, meranie elektrického odporu a napätia, preklenovacieho prúdu.

Merania na nulovom vodiči elektrického rozvodu (pre osvetlenie na moste)

Merania sa vykonávajú ručnými prístrojmi a vykonáva ich pracovník so zodpovedajúcou kvalifikáciou z hľadiska bezpečnosti práce na elektrickom zariadení.

6.5 Záverečné hodnotenie mostného objektu z hľadiska ochrany proti účinkom bludných prúdov a odporúčania pre prevádzkovateľa

Záverečné hodnotenie je súhrnnou správou o všetkých meraniach vykonaných v priebehu stavby a po dokončení stavby. Správa pozostáva z textovej časti, časti nameraných výsledkov v podobe tabelovaných dát a grafických priebehov, hodnotenia zavedených kritérií a odporúčaní pre prevádzkovateľa stavby. Správa je doplnená výkresovou časťou, najmä tzv. potenciálovou mapou pre prehľadné vyhodnotenie anodických a katodických pásem stavby.

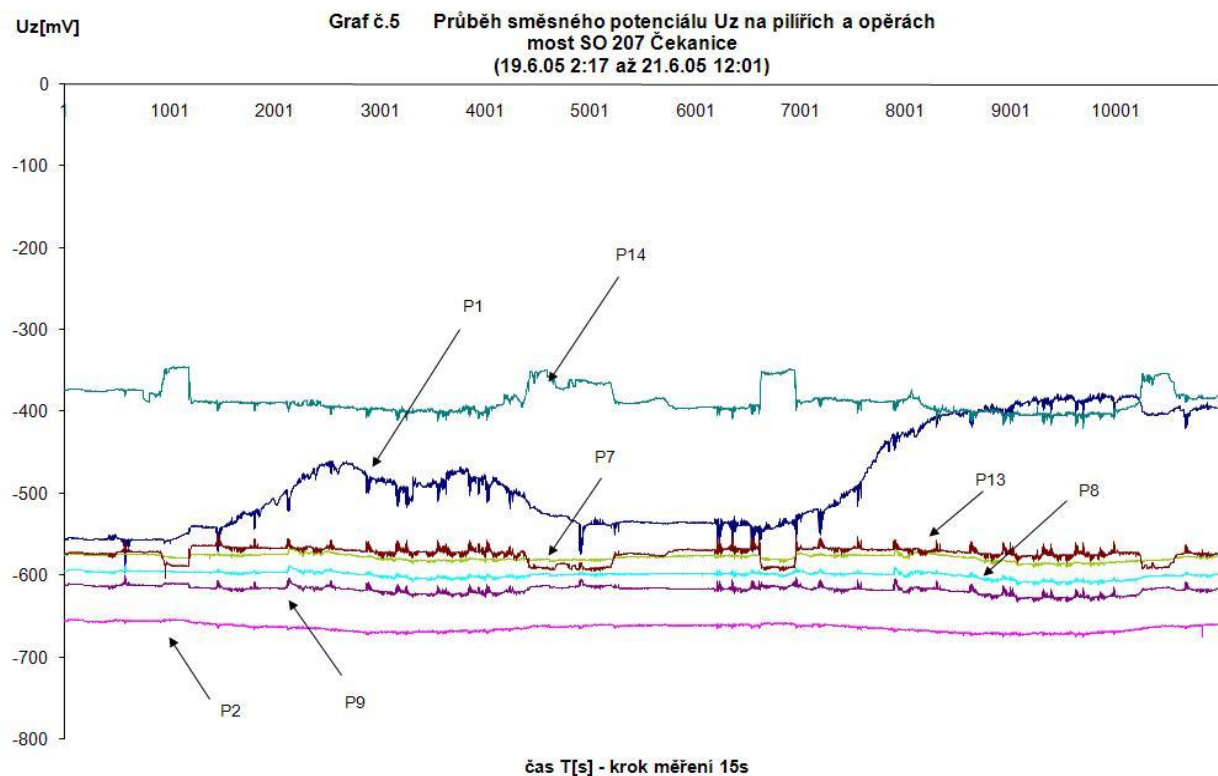
V rámci popisu stavby sa uvedú informácie o zistených poruchách a o neúspešných meraniach.

Základným výstupom správy sú nasledujúce informácie:

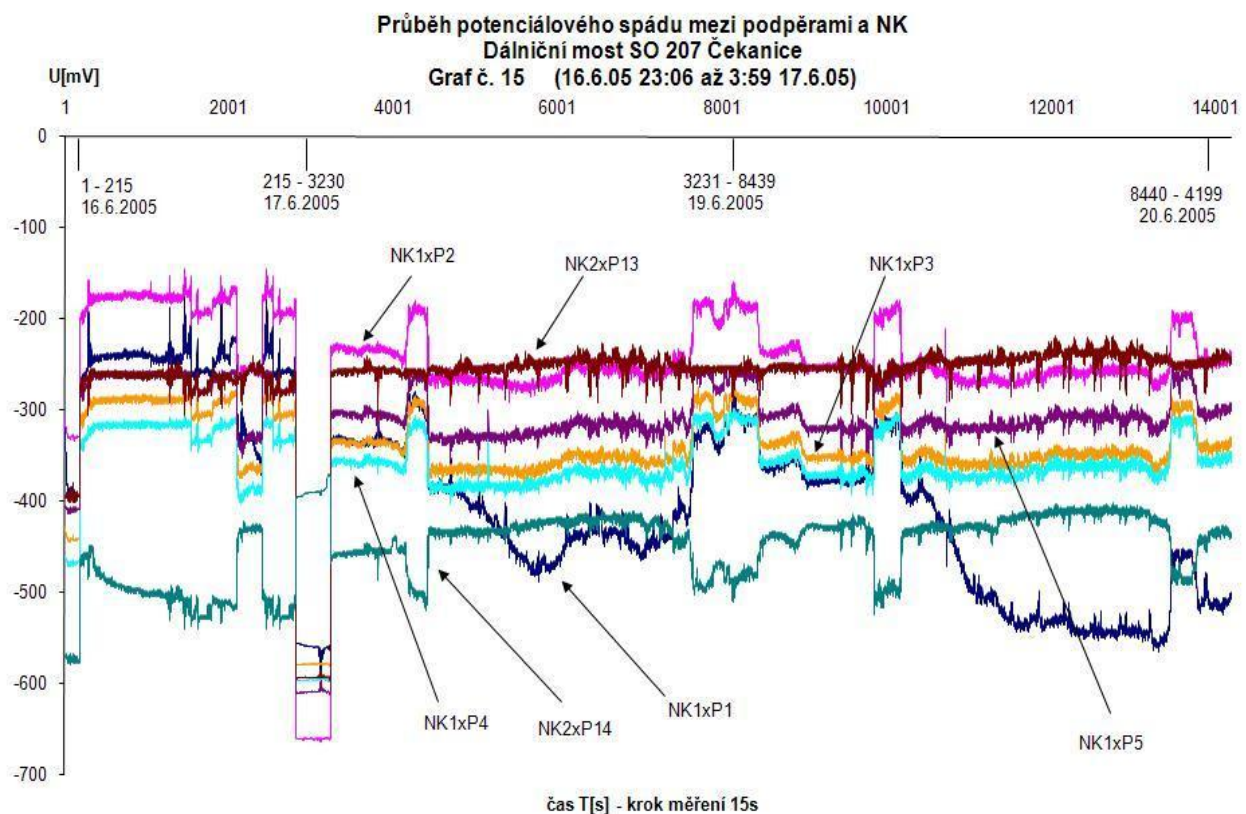
- zaradenie mostného objektu podľa klasifikácie uvedenej v DEM
- zhodnotenie ochranných opatrení realizovaných v priebehu stavby (kvalita elektrických izolačných oddelení častí stavby a pod.)
- overenie stupňa ochranných opatrení stanovených v rámci projektovej prípravy a zisteného podľa skutočne nameraných hodnôt na stavebne dokončenom moste
- stanovenie prúdových pomerov v mostnej konštrukcii
- určenie anodických a katodických pásem mostného objektu, určenie miest ohrozených koróziou bludnými prúdmi
- odporúčania pre prevádzkovateľa obsahujúce:
 - odporúčania týkajúce sa periodických kontrolných meraní (frekvencia a rozsah meraní, stanovenie jednoduchých kritérií pre rozhodovanie prevádzkovateľa o nutnosti účasti špecializovaného pracoviska v prípade zistených anomálnych stavov a pod.)
 - odporúčania pre odstránenie zistených chýb, v ktorých dôsledku je mostný objekt vystavený zvýšenému namáhaniu bludnými prúdmi.
 - eventuálne odporúčania pre dodatočné ochranné opatrenia

Príklady grafických výstupov sú uvedené nižšie. Ide o výsledky pomerne unikátnych meraní, kde merania prebiehali s minimálnymi prestávkami počas piatich dní. Obvykle merania trvajú rádovo hodiny, výnimočne 24 hodín.

Obr. 34 Grafické zobrazenie meraní zmesového potenciálu podpier rozsiahlej mostnej stavby. Výstupy ukazujú na veľmi dobré výsledky s posunom jednej podpory (P14) do anodickej oblasti (prevzaté zo výsledku meraní na mostnej stavbe v ČR, D3).



Obr. 35 Grafické zobrazenie potenciálov medzi jednotlivými časťami rozsiahlej mostnej konštrukcie. Z grafu je zrejmé vypnutie trakcie, prejazdy vlakov atď.



- Aktívna ochrana sa navrhuje ako doplňujúce ochranné opatrenie k pasívnym ochranným opatreniam. K jej návrhu sa prikróči až v prípade, keď sú všetky vykonané pasívne ochranné opatrenia neúčinné alebo v prípadoch, keď hodnoty zistené meraním preukázateľne vypovedajú o deštruktívnych účinkoch bludných prúdov na úložné zariadenie.

- Aktívnu ochranu navrhuje výhradne špecializované pracovisko.

- Na mostných konštrukciách s predpínacou výstužou sa aktívna ochrana s vonkajším zdrojom prúdu nenavrhuje kým nebude preukázané, že nemôže spôsobiť poškodenie predpínacej výstuže.

- Zásadne sa nenavrhuje aktívna ochrana s vonkajším zdrojom energie pre úložné zariadenie už v rámci výstavby nového zariadenia. Pokiaľ stupeň ochranných opatrení dosiahne č. 5, navrhujú sa v priebehu spracovania projektovej dokumentácie opatrenia v rámci predchádzajúcich kapitol, ktoré sú prípravou pre aplikáciu aktívnej ochrany. Medzi tieto opatrenia patrí najmä:

- prevarenie výstuže
- meracie vývody a vývody na pripojenie napájania aktívnej ochrany
- príprava na uloženie napájacích káblových vedení, ktoré sa vykoná v rámci stavby
- v rámci spracovania projektovej dokumentácie sa pripraví položka pre možné dodatočné ochranné opatrenie (event. vrátane použitia aktívnej ochrany)
- dbá sa so zvýšenou starostlivosťou v priebehu stavby na dodržanie kvality pasívnych opatrení
- za oprávnený je možné považovať návrh aktívnej ochrany s vonkajším zdrojom elektrickej energie v prípade, že potenciál betonárska výstuž – zem (merané pomocou nepolarizovateľnej elektródy Cu/CuSO₄) dosahuje počas šiestich mesiacov zo 75 % sledovaného času potenciál¹ viac než +100 mV pri pH menšom než 10 alebo pokiaľ hodinový priemer prekročí napätie +500 mV podľa [16].
- Pre účel navrhovania aktívnych ochrán mostných konštrukcií sa definuje „Ochranný potenciál“ výstuž – zem, meraný pomocou nepolarizovateľnej elektródy Cu/CuSO₄ v rozpätí -600 až -700 mV² ako postačujúci a najvhodnejší. Ochranný potenciál zápornejší než -900 mV je neprípustný.
- Pred aktívnou ochranou s vonkajším zdrojom napätia sa uprednostňuje použitie obetných elektród a galvanických anód.

Zatiaľ čo katodická ochrana proti chemickým vplyvom dostala mimo územia SR svoje uznanie a bola postupne štandardizovaná ako v zámorí tak na európskom kontinente (STN EN 12696), napr. v ČR, napriek tomu, že štandard bol prevzatý tiež, je na túto ochranu pozerané so značnými obavami a dešpektom. Tomuto stanovisku zodpovedá i ekonomická náročnosť aplikácie aktívnych ochrán. V Slovenskej republike bolo navrhnutých niekoľko projektov pre tento systém ochrany, podľa dostupných informácií k realizácii projektov však nedošlo (napr. Ochrana nosníkov na cestnom moste v obci Košice – Pereš, 2007, JEKU s. r. o., Ing. Kučera, Ing. Stejskal – pozrite obr. 7 hore).

Katodická ochrana proti účinkom bludných prúdov, v tej podobe, ako ju poznáme z aplikácií pri ochrane líniových zariadení (plynovodov a vodovodov), nie je dosiaľ na železobetónových konštrukciách zavedená a normovaná a skúsenosti s touto ochranou sú len

¹ t. j. pri sledovaní počas jednej sezóny min. 1 x mesačne aspoň 1 hodinu, pričom aspoň jedno meranie musí trvať 24 hodín

² prihliadne sa na konkrétnu chránenú konštrukciu - rozmery, členenie stavby, požiadavky na kapacitu zdroja, výsledky merania pH atď.

obmedzené – pozrite [39] [40]. Ako ukazujú výsledky meraní, systém ochrany je realizovateľný, je účinný, ale poskytuje i rad rizík, ktoré môžu negatívne pôsobiť na životnosť stavby. Ide o riešenia spravidla značne komplikované a v niektorých prípadoch i rizikové. Tieto obavy boli zhrnuté v zavedenom štandarde MD ČR TP 124 a sú v rámci možností i prevzaté pre túto úlohu. Metodika stanovuje veľmi starostlivo, čo všetko musí byť diagnostikované pred rozhodnutím o inštalácii katodickej ochrany. Ide o rad meraní najmä elektrických parametrov – t. j. predovšetkým štandardné meranie vplyvu bludných prúdov podľa platnej metodiky. Tieto merania sa potom dopĺňujú ďalšími podpornými meraniami vypovedajúcimi o stave výstuže.

V ideálnom prípade by výstupom pre návrh aktívnej – katodickej ochrany bola súčinnosť štandardnej diagnostiky mostnej stavby doplnená o meranie vplyvu bludných prúdov.

Ukazuje sa však, že tento postup nemusí viesť k žiadanému cieľu včas. Dôvodom je skutočnosť, že meranie vplyvu bludných prúdov poskytuje informáciu o okamžitom (a spravidla trvalom) koróznom namáhaní cudzími elektrickými poľami bez toho, aby ešte mohlo ku koróznym procesom dochádzať, zatiaľ čo ak budeme očakávať rozhodujúcu informáciu z výstupu diagnostiky mosta, t. j. štandardné meranie a vyhodnotenie podľa platných metodík³, budeme čakať až na prejavy korózných procesov. Tu sa zdá, že nastavené prísne kritériá do určitej miery blokujúce nasadenie aktívnej ochrany, sú prehnané.

Tu vyzdvihneme niektoré dôležité poznatky z práce pánov Bertoliniho, Carsanu a Pedferriho prednesené na konferencii EUROCORR 2001 v Taliansku, ktorí skúmali vplyv bludných prúdov na železobetónovú konštrukciu v laboratórnych podmienkach.

Výstupom práce sú významné skutočnosti, ktoré sú dôležitým podkladom pre ďalšie riešenie úlohy:

„Jednosmerný bludný prúd môže spôsobiť koróziu ocele v cementovej zmesi alebo v betóne, a to na plochách, kde sa vyskytujú anodické oblasti. Korózia môže byť iniciovaná až po určitom čase pôsobenia bludného prúdu. Javí sa, že inicializácia korózie nie je jednoducho vzťahovaná na čas, prúdovú hustotu a prechádzajúci náboj (dodané množstvo energie). Náboj, ktorý je nutné dodať pre inicializáciu korózie, vzrastá s klesajúcou prúdovou hustotou, pokiaľ betón neobsahuje chloridy alebo pokiaľ prúd nie je stacionárny (tzn. bol periodicky prerušovaný).

V bezchloridovej cementovej zmesi nebola korózia inicializovaná počas 14 mesiacov trvale aplikovanej hustoty 1 A/m^2 , pri dodaní náboja 10.000 A.h/m^2 , zatiaľ čo iba 10 dní a náboj 2.200 A.h/m^2 stačil na inicializáciu korózie s anodickou prúdovou hustotou 10 A/m^2 . Výsledky dosiahnuté na vzorkách s oceľou v betóne boli v súlade s výsledkami dosiahnutými na vzorkách ocele z cementovej zmesi. Prítomnosť malého množstva chloridov viedla k citelnému poklesu náboja potrebného na inicializáciu korózie. Bolo dokázané, že jednosmerný bludný prúd môže tiež zvýšiť koróznou rýchlosť ocele, ktorá už koroduje v prostredí kontaminovanom chloridmi, pretože bludný prúd môže podporiť inicializáciu vznikajúcich jamiek alebo ich rozšíriť na korodujúcej ploche ocele.

Analýzy cementovej zmesi v blízkosti ocele namáhanej bludným prúdom spôsobujúcim koróziu nepreukázali žiadne citelné zmeny pH alebo množstva chloridov vo vzťahu s inicializáciou korózie.

Striedavý bludný prúd sa ukázal ako omnoho menej nebezpečný než jednosmerný bludný prúd; v skutočnosti prúdová hustota 50 A/m^2 nebola schopná iniciovať koróziu ocele. Naproti tomu striedavý bludný prúd môže stimulovať makročlánky, ktoré sa nachádzajú

³ napr. MD ČR TP 121 alebo návrh MD ČR TP na predikciu životnosti železobetónových konštrukcií

v betóne medzi pasívnou a korodujúcou oceľou a môže spôsobiť nárast korózneho rýchlosti ocele v betón kontaminovanom chloridmi.“

Text je tu citovaný pre objasnenie skutočnosti, do akej miery existuje tesná väzba medzi elektrickými meraniami a diagnostikou stavby (mosta) pre rozhodnutie o aplikácii katodickej ochrany.

7.2 Kritériá funkcie katodickej ochrany.

V úlohách pre MD ČR, ktoré sa problematikou aktívnych ochrán zaoberali v rokoch 1984 až 2004, ako už bolo poukázané zhora, vedú k obmedzeniu hromadného používania katodickej ochrany na železobetónových konštrukciách v praxi, je vyjadrená značná obava o inicializáciu korózných procesov vnútenými zdrojmi, t. j. vnúteným prúdom. Je nutné pripustiť, že taký stav môže za určitých podmienok nastať pri lokálnych nehomogenitách uloženia kovových prvkov v betóne a najmä na predpäťoch výstužiach. Môže tak dôjsť k vzniku miest na ploche výstuže, kde bude prúd vystupovať koncentrovane z jedného miesta v neprípustných prúdových hustotách, t. j. bude existovať dôvod, pre ktorý by mohlo dochádzať namiesto ochrany konštrukcie k jej poškodzovaniu (bez ohľadu na vstup prúdu, t. j. tzv. „prechránením“ alebo výstup prúdu t. j. anodickým rozpúšťaním). Táto obava je samozrejme umocnená pri použití predpäťoch výstuží, ktoré sú až desaťnásobne citlivejšie na korózne procesy. Navonok – pri monitorovaní správania katodického zdroja, taká skutočnosť nie je zistiteľná a prúdové hustoty budú vykazované prijateľné.

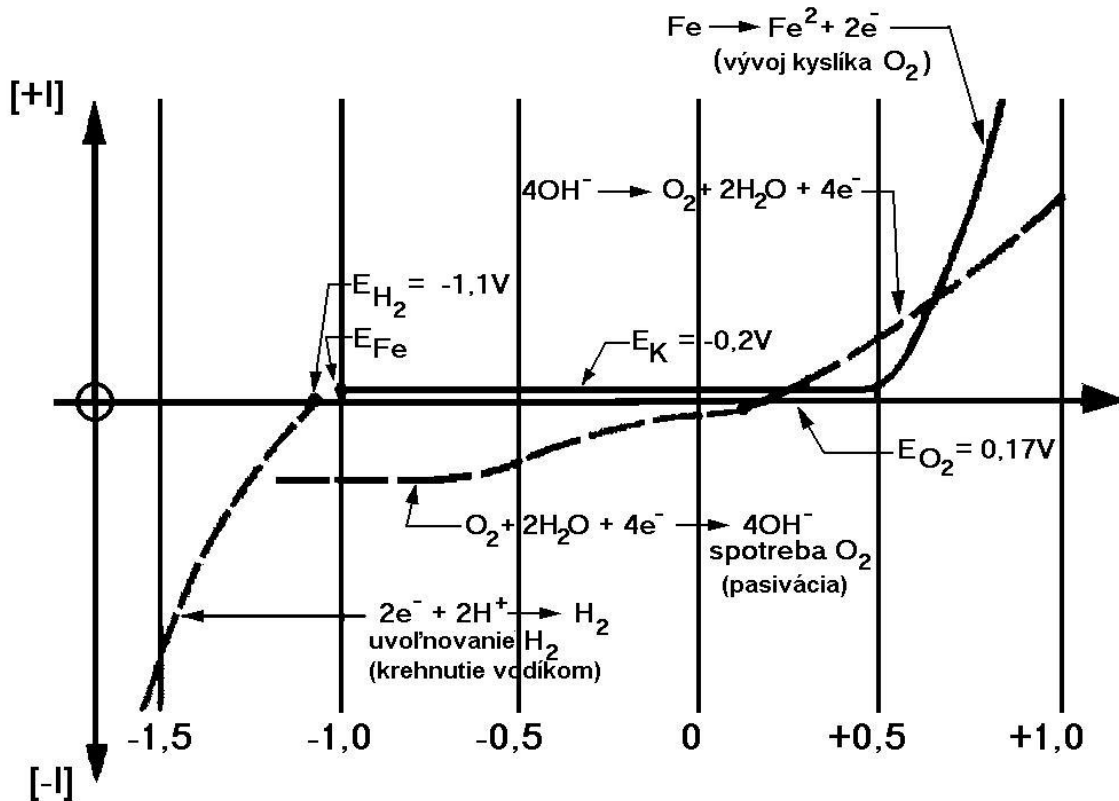
Túto skutočnosť potvrdzuje i práca jedného z popredných odborníkov v tejto oblasti S. C. Dasa prezentovaná na konferencii v Sheffielde v roku 1994 vo Veľkej Británii „Kritériá katodickej ochrany pre oceľ v betóne, niektoré teoretické a praktické skúsenosti“. Text tejto prednášky, napriek tomu, že jej pôvodné určenie sa týka aplikácie katodických ochrán proti chemickým vplyvom, je zásadný i pre riešenie tejto úlohy a je uvedený tiež v prílohe tejto úlohy.

Hore uvedený text predpokladá, že čitateľ je zoznámený so základnými princípmi korózie kovov a ani v ďalšej časti sa nebudeme až na výnimky teoretickým detailom venovať. Pre úplnosť sa odkazuje na dostupnú literatúru (pozrite zoznam literatúry v prílohe) s tým, že pre túto prácu sa uvádzajú dva rozhodujúce grafy, ktorých pochopenie je nevyhnutné pre ďalšiu diskusiu o možných aplikáciách akýchkoľvek aktívnych ochrán.

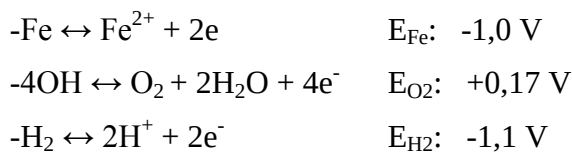
Na obr. 37 je uvedená pre ilustráciu a predovšetkým pre upozornenie na možné riziká aplikácie katodických ochrán schematická (potenciostatická) polarizačná krivka ocele v betóne. Na osi x je uvedený polarizačný, resp. korózný potenciál „E“, na osi y prúdová hustota „j“. Prúdovú hustotu je možné zjednodušene a pre obraznosť interpretovať ako koróznou rýchlosť.

Pri praktických aplikáciách uloženia železa v betóne bude polarizačná krivka upravená. Zmena tvaru bude definovaná predovšetkým použitou oceľou – pre výstuže sa používajú prevažne nízkouhlíkové ocele tr. 10 (event. tr. 11) [45]. Tvar krivky platí pre pH 12. Priložený graf bol vypracovaný v rámci praktickej úlohy ochrany mostnej stavby dlhej 15 km [46].

Obr. 37 Potenciokinetická polarizačná krivka pre výstuž uloženú v betóne (s dostatočne vysokým pH).



Porovnaním oboch grafov je zrejmé, že krivky majú zachované obe medze – pre katodickú a anodickú reakciu, pre výstuž v betóne sú uvedené i zodpovedajúce potenciály na základe týchto vzťahov:



Pri uvedených potenciáloch sú chemické reakcie v rovnováhe. Všetky potenciály sú vzťahované k referenčnej elektróde Cu/CuSO₄.

Oceľová elektróda (výstuž) je pri potenciáli -1,0 V v rovnováhe. Vzrast potenciálu spôsobuje (ako vyplýva z diagramu) rozklad ocele. Tento rozklad je však silne redukovaný, ako už bolo uvedené vyššie, pasivačnými účinkami betónu [47]. Preto až do +0,5 V je množstvo rozpustenej ocele prakticky nezávislé od potenciálu; hustota pasivačného prúdu je cca 1 $\mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-1}$. Kyslíková elektróda je v rovnováhe pri potenciáli 0,17 V. Pri vyšších potenciáloch sa tvorí kyslík, pri nižších hodnotách potenciálu je pri korózných reakciách kyslík redukovaný a pôsobí ako agresívny činiteľ. Korózne napätie ocele v betóne je určené kyslíkom ako agresívnym činiteľom. Pri koróznom potenciáli E_K (-200 mV) je anodická prúdová hustota rovná katodickej.

Zaoberajme sa teraz otázkou, aký potenciál pre chránenie výstuže v betóne je optimálny. Úloha vedie k optimalizácii prevádzkových nákladov pri následnom návrhu ochrany. Z praxe vieme, že výstuž uložená v „zdravom“ čerstvom betóne dosahuje potenciál až -650 mV. Zhora uvedené poznatky ponúkajú pre ochranný potenciál dostatočne široké pásmo od cca -200 mV do -1 V. Prienikom nám teda zostáva pre funkčnú katodickú ochranu interval -650 až -1000 mV. Tieto medze bude v praxi nutné stanoviť s určitou rezervou (napr. 10 %), t. j. dostávame sa na ochranný potenciál cca -900 až -700 mV. Touto otázkou sa zaoberal už prof. Cigna v Taliansku [48]. Závěry práce „Katodická ochrana železobetónových

výstuží“ nadväzujú na staršiu prácu zo šesťdesiatych rokov (Hausmann) a vedú k týmto výsledkom:

- ochranný potenciál nižší než -850 mV je plytvaním elektrickej energie
- hodnota potenciálu, pod ktorou nemá dochádzať ku korózii sa mení v závislosti od obsahu chloridov, ale nikdy nie je vyššia než -500 mV; od tejto hodnoty nižšie je výstuž chránená katodicky
- z prác Evika a Heriksen, ktoré R. Cigna tiež využil, vyplýva, že potenciál, pri ktorom určite nastáva katodická ochrana i za prítomnosti vysokých koncentrácií chloridov je cca -630 mV
- bolo zistené (70-te roky, Vrable), že ochrana je účinná, ak je priložený potenciál o 140 mV nižší než potenciál samovoľný; bol vyslovený záver, že najvhodnejší ochranný potenciál pre akékoľvek podmienky sa rovná hodnote -770 mV
- pokusmi R. Cigna bolo potvrdené, že železobetónové výstuže sú chránené vtedy, ak je potenciál nižší než -680 mV (všetko vzťahnuté k Cu/CuSO₄). Tento údaj bol uznaný ako optimálny i s ohľadom na rozdielne podmienky v teréne z hľadiska agresívnych látok v betóne.

7.3 Cieľ aplikácie katodickej ochrany.

Spomeňme, čo je cieľom aplikácie katodickej ochrany, pretože táto je rôznymi špecialistami najmä z oblasti systémov ochrán plynovodov preceňovaná alebo nesprávne aplikovaná.

Predovšetkým je potrebné pripomenúť, že všetky hore uvedené teoretické závery a práce sú vykonávané na vzorkách a majú presnú vypovedaciu schopnosť a väzbu pre zariadenia – katodické ochrany inštalované priamo na konštrukcii, t. j. na systém výstuž – betón. Pre našu aplikáciu, t. j. osadenie anód mimo železobetónového prvku alebo konštrukcie je nutné analyzovať rad ďalších faktorov.

S ohľadom na hore uvedené skutočnosti je vhodné definovať, čo vôbec je cieľom katodickej ochrany proti účinkom bludných prúdov:

1. Eliminácia anodických pásiem stavby, ktoré sú spôsobené (silnými) cudzími elektrickými poľami a v ktorých by mohlo z akýchkoľvek dôvodov dochádzať ku koróznym procesom katalyzáciou bludnými prúdmi.
2. Nastaviť ochranný potenciál stavby tak, aby vplyv bludných prúdov bol eliminovaný na prijateľné minimum.
3. Zaviesť ochranný potenciál takým spôsobom, aby zdroj katodickej ochrany bol schopný reagovať na dynamické zmeny trakčných sústav, a to nielen v zmysle eliminácie trakčných spätných prúdov, ale predovšetkým tiež, aby sám zdroj ochrany pri absencii dynamických zložiek trakčných prúdov konštrukciu neohrozil.
4. Definovať (aspoň na účely overenia) ochranný potenciál v závislosti od parametrov stavby, najmä s ohľadom na prítomnosť chloridových iónov a pH konštrukcie.
5. Pokiaľ bude chránená konštrukcia už z časti napadnutá koróznymi procesmi, musia byť nastavené také kritériá, ktoré zabránia prehlbovaniu korózných procesov, t. j. korekcia ochranného potenciálu pre zastavenie korózných procesov a z toho vyplývajúce požiadavky na vhodné obmedzenie možností zdroja.

6. Katodická ochrana musí byť schopná kedykoľvek a priebežne poskytovať informáciu o svojej funkcii, t. j. stanovujú sa požiadavky na kontrolu stavu ochrany, zber dát a histórie funkcie s požiadavkou na diaľkový prenos dát (bezobslužná prevádzka).
7. Katodická ochrana môže byť uvedená do prevádzky len na takej konštrukcii, kde je zaručené elektricky definované spojenie výstuže.

Hore uvedené skutočnosti boli rešpektované pri návrhu znenia metodiky v časti druhej, kapitola aktívnej ochrany.

8 Nedeštruktívna diagnostika korózie výstuže

V súčasnosti existuje rad podporných metód, ktoré umožňujú diagnostikovať nedeštruktívnym spôsobom korózný stav výstuže. Tieto metódy sú aplikované na vybraných mostných konštrukciách, pre ktoré je stanovený stupeň ochranných opatrení č. 4 alebo 5.

8.1 Nedeštruktívny systém diagnostiky korózie výstuže CMS

Príkladom je patentovaný systém VETEK 2000 od Corrosion Monitoring Systems (CMS) zavedený v Európe v Rakúsku, Taliansku, Nemecku, pôvodne bol vyvinutý v USA pre mostné stavby a kontrolu stavu predpätých výstuží. Aplikácie sú tiež v Číne. V ČR bol systém uplatnený v r. 1995 pri riešení ochrany cca 500 ks trvalých zemných kotiev na stavbe v Korade Česká Třebová [28]. Systém používa patentovaný merací elektródový systém na určovanie skutočných, aktuálnych elektrochemických podmienok ocele zapustenej v cementovej malte alebo betóne. V2000 je schopný detegovať jednoduchú koróziu tenšiu než jeden milimeter, rovnako ako pokročilú koróziu, bez deštruktívnych skúšok alebo testov akéhokoľvek druhu. V zásade ide o aplikáciu nedeštruktívneho systému diagnostiky korózie výstuže, keď v priebehu stavby je k výstuži prikladaná špeciálna elektróda v tvare drôtu s perforovanou izoláciou. Po inštalácii a zabetónovaní, t. j. po doplnení elektrolytu – cementového mlieka – sa meria potenciál medzi elektródou a výstužou, podobne ako pri meraní poločlánkovou metódou. Referenčná elektróda je tvorená zo zliatiny striebro – chlorid striebra.

V súčasnosti je systém v ČR bežne používaný pri tunelových stavbách a na rozsiahlych mostných stavbách v podmienkach pozemných komunikácií i železníc.

Vzniknutý elektrický potenciál medzi elektródou a oceľou je merateľný na konci oboch oddelených elektród. Tento potenciál medzi referenčnou elektródou a oceľou sa mení podľa elektrochemického napätia v kove. Ak dôjde k zmenám potenciálu, budú tieto spôsobené oceľou, pretože sama referenčná elektróda nereaguje na zmeny betónu ako elektrolytu. Vzhľadom na to, že betón je alkalický s hodnotou pH väčšou než 12, zmeny potenciálu sú merateľné. Merateľné napätie v tomto prípade zodpovedá vzniku pasívnej vrstvy na oceli.

Ak na ktoromkoľvek mieste celého systému dôjde k zmene, ktorá spôsobí anodickú reakciu ocele, potenciál medzi elektródou a oceľou poklesne pod -350 mV. Pretože monitorovací systém je vždy meranie minimálneho potenciálu medzi elektródou a oceľou, veľkosť korodujúcej plochy nie je rozhodujúca. Preto je možné merať zmeny ocele dokonca i keď zmeny sú v rozsahu milimetrov. Merateľnosť nezávisí od dĺžky ocele (kotvy), ale od prierezu elektródy, ktorá môže spôsobiť stratu vodivosti (t. j. úbytok napätia). Obvyklý prierez drôtu referentnej elektródy je dostatočný na elimináciu tohto problému pri ľubovoľnej dĺžke elektródy.

Potenciály v rozsahu od -300 mV do -350 mV ukazujú prechodný stav medzi stavom korózie a stavom ochrany. V tomto rozsahu sa pasivačná vrstva rozpúšťa a trvalá ochrana ocele nemôže byť dlhšie plne zaručená vplyvom alkalického kvality betónu.

Existujú tri rozsahy pre potenciálové meranie s elektródou striebro – chlorid striebra, ktoré jasne definujú kvalitu ocele:

rozsah 1	> -300 mV	ocel' je permanentne chránená betónom
rozsah 2	od -300 mV do -350 mV	pasivačná vrstva sa rozpúšťa
rozsah 3	< -350 mV	ocel' koroduje pretože je lokálne poškodená pasivačná vrstva

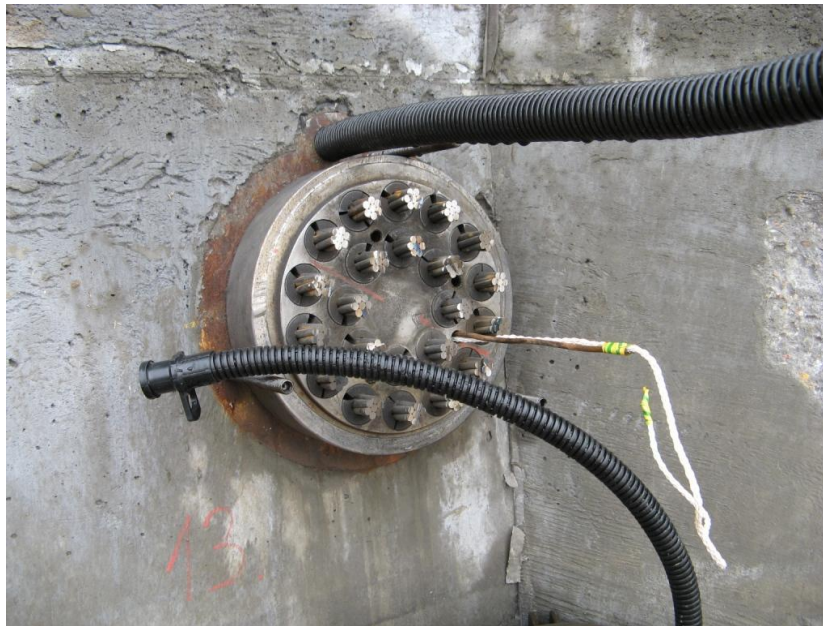
Dosah pôsobenia elektródy je možné vplyvom vodivého elektrolytu podľa súčasných poznatkov odhadnúť do 10 cm. Systém tak vyhodnocuje korózne namáhanie v rozsahu inštalovanej elektródy. Táto skutočnosť sa využíva pri návrhu systému na sledovanie vplyvu bludných prúdov. Elektróda (ktorá samozrejme sleduje každý prejav korózných procesov) sa navrhuje do miest, ktoré sú predikované ako korózne namáhané z hľadiska vplyvu bludných prúdov. Ide o miesta, kde sa spravidla očakáva prestup bludných prúdov z jednej časti konštrukcie do druhej.

K aplikácii systému, ktorý bol overený, ako je hore uvedené, najmä na trvalých zemných kotvách a ukazuje sa veľmi užitočným na sledovanie prvkov predpätých (pokiaľ konštrukcia umožní ich inštaláciu) bolo priročené ešte z ďalšieho dôvodu. Monitorovací systém je totiž schopný diagnostikovať nielen vlastné potenciálové zmeny, ale s vhodnou technikou je schopný poskytnúť informáciu i o type korózie a jej rozsahu [48]. Príklad aplikácie systému je viditeľný z obr. 17 (Tunel Bôrik) a z obr. 38.

Obr. 38 Príklad aplikácie systému CMS na nosnej konštrukcii mostnej stavby



Obr. 39 Príklad použitia sondy CPMP na systéme predpätia v nosnej konštrukcii mostnej stavby



8.2 Nedeštruktívny systém diagnostiky korózie výstuže CPMP

Sonda hĺbky prieniku agresívnych látok CPMP je využívaná spoločne s nedeštruktívnou diagnostikou korózie výstuže a slúži na sledovanie hĺbky prieniku agresívnych látok (chloridov) k výstuži. Ide teda o podporu mostnej diagnostiky a sledovanie korózneho napadnutia sledovanej časti stavby z hľadiska chemických vplyvov. Sonda CPMP je doplnkovým zariadením na sledovanie korózie betónu. Výstup je podkladom pre celkové hodnotenie korózneho stavu i z hľadiska vplyvu bludných prúdov, ako bolo poukázané v predchádzajúcich kapitolách.

Toto patentované zariadenie sleduje hĺbku prieniku agresívnych látok do betónu smerom k výstuži. Na sledovanie sa využívajú princípy funkcie elektródy CMS. V sonde je umiestnená sústava elektród CMS uložených v páre so simulovanou oceľovou výstužou. Jednotlivé páry sú umiestnené v presne definovanej polohe. Sleduje sa korózny stav každého páru elektróda – oceľ vo vzťahu k hĺbke uloženia od povrchu betónu. S postupom času dochádza k prieniku agresívnych látok smerom k výstuži. Prienik je zachytený startom korózných procesov v jednotlivých stupňoch sondy.

Obr. 40 Príklad použitia sondy CPMP na systéme predpätia v nosnej konštrukcii mostnej stavby



8.3 Senzor koróznej rýchlosti

Prax ukazuje, že nestačí iba indikovať prítomnosť či výskyt koróznych produktov. Rozhodujúca pre predikciu koróznych vplyvov a následne životnosti stavby je korózna rýchlosť. Z tohto dôvodu bol zavedený do systému nedeštruktívnej diagnostiky senzor koróznej rýchlosti.

Pri voľbe zariadenia, ktoré by dokázalo koróznú rýchlosť mapovať, bola zohľadnená odolnosť zariadenia pre inštaláciu v teréne i jeho schopnosť merania relatívne pomalých koróznych rýchlostí. Pre daný účel bol vybraný produkt označovaný SOK (ER-10). Ide o zariadenie pôvodne patentované v USA, ktoré bolo spoločne s Univerzitou v Gdansku upravované na daný účel merania.

Senzor koróznej rýchlosti vyhodnocuje úbytok kovu voči referentnej elektróde uložennej v sonde (senzore). Meraniami po sebe v určitom časovom úseku je možné sledovať po vyhodnotení krivku koróznej rýchlosti.

Obr. 41 Príklad použitia senzora koróznej rýchlosti



8.4 Kombinovaný senzor koróznej rýchlosti, výskytu korózie, hĺbky prieniku agresívnych látok k výstuži a pH VŠCHT

Do systému nedeštruktívnej diagnostiky bol zahrnutý i kombinovaný senzor – sonda, ktorú vyvíjal Ústav korózneho inžinierstva pri VŠCHT v Prahe. Sonda je aplikovaná dosiaľ na dvoch mostných stavbách v Prahe.

Obr. 42 Príklad použitia kombinovaného senzora – sondy VŠCHT



8.5 Sonda na meranie merného odporu

V súlade s literatúrou [6] sa inštalácie dopĺňujú meradlom – sondou merného odporu betónu. Na tieto účely sa používa jednoduchá sonda na meranie venerovou metódou s hrotmi uloženými v betóne.

9 Praktické skúsenosti s aplikáciou predpisov na ochranu stavieb pred účinkami bludných prúdov.

9.1 Problematika prieskumných prác na úrovni predprojektovej a projektovej prípravy.

Medzi prieskumné práce radíme podrobný prieskum a základný korózný prieskum. Povinnosť zahrnúť obe činnosti do predprojektovej a projektovej prípravy stanovuje v súčasnosti Smernica, STN 03 8372, v ČR TP 124 a SR 5/7. V SR je ten istý postup zahrnutý do novej metodiky pre Slovenské Železnice i pre navrhovanú metodiku podľa časti 2 tejto RÚ.

Objektívne však je možné konštatovať, že kapitola „Podrobný prieskum“ uvedená v súhrnnej správe dokumentácie stavby, v ktorej by boli stručne uvedené najbližšie zdroje bludných prúdov, ako sú elektrizované trakčné sústavy alebo zdroje katodických ochrán, nebola dosiaľ zistená v projektovej dokumentácii mostnej stavby v minulých rokoch ani v jednom prípade. Bohužiaľ sa tak spracovateľ projektovej dokumentácie zbavuje možnosti včas a zodpovedne rozhodnúť o ďalšom postupe z hľadiska ochrany stavby proti účinkom bludných prúdov. Je povinnosťou spracovateľa projektovej dokumentácie zaistiť spracovanie

základného korózneho prieskumu už pred spracovaním (alebo v priebehu spracovania) dokumentácie pre stavebné povolenie. Bohužiaľ veľmi často dochádza i k zanedbaniu tohto prieskumu a vzniknuté problémy sa potom riešia spätne a veľmi náročne, v lepšom prípade pri spracovaní dokumentácie v stupni „projekt“ alebo v horšom prípade až na stavbe. V súčasnej situácii je tento postup komplikáciou najmä z dôvodu rozpočtových nákladov. Obvykle menej závažným problémom sú chýbajúce prostriedky na dodatočné spracovanie základného korózneho prieskumu, ťažkosti však nastanú, ak je nevyhnutné stavbu vybaviť doplňujúcimi ochrannými opatreniami a elektrickými a geofyzikálnymi meraniami.

Zastavme sa ešte pri úrovni technického spracovania základných korózných prieskumov. Základné korózne prieskumy pre betónové stavby spracovávajú rôzne komerčné firmy, obvykle so zameraním na geologické práce, menej často špecialisti – korózni technici, zaoberajúci sa ochranou kovových líniových zariadení uložených v zemi (potrubia). Výstup základného korózneho prieskumu na účely návrhu ochranných opatrení betónovej stavby v podobe určenia stupňa agresivity pôdy a hustoty bludných prúdov podľa STN 038372 je nedostatočný, spracovateľ dokumentácie stavby nie je podľa týchto výsledkov schopný zaradiť sledovaný objekt do stupňa ochranných opatrení napr. podľa tabuľky Smernice alebo napr. MD ČR TP 124.

Dôsledok takého postupu sa potom obvykle premieta pri výberových konaniach, keď zodpovednejší dodávateľ, ktorí zaradili túto problematiku do ponuky, sú cenovo drahší a teda neúspešní. Je plne na investoroch a prevádzkovateľoch stavieb, či a ako budú pristupovať k starostlivosti o mostné stavby pozemných komunikácií.

9.2 Problematika spracovania projektových dokumentácií.

V oblasti spracovania projektovej dokumentácie sa ukazuje ako veľmi významný bod zahrnutie aspoň súhrnných požiadaviek pre návrh ochrany proti účinkom bludných prúdov do stupňa pre stavebné povolenie. Pokiaľ výsledky základného korózneho prieskumu preukážu takú nutnosť, stanovujú sa v podstate požiadavky nielen na spracovateľa stavebnej časti dokumentácie, ale i na špecialistov (sú už viditeľné požiadavky napr. na verejné osvetlenie, dotknuté líniové zariadenia, a pod.), v predstihu sa stanovia požiadavky na elektrické a geofyzikálne merania v priebehu stavby a po jej dokončení, je možné napr. navrhnuť prvky na monitorovanie korózie výstuže, a pod. Bohužiaľ, tento postup je skôr vzácnosťou než štandardom. Je nepochybné, že pokiaľ objednávateľ stavieb nebudú sami o potrebe návrhu ochranných opatrení proti účinkom bludných prúdov presvedčení a nebudú si vedomí, že zanedbaním tejto problematiky skutočne skracujú životnosť mostných stavieb a vyvolávajú predčasne potrebu rekonštrukcie stavby, nebudú požiadavky na ochranu proti účinkom bludných prúdov uplatňované v projektových dokumentáciách. Tak sa tiež v súčasnosti najmä s prihliadnutím na finančnú situáciu správcov zariadení často deje.

9.3 Realizácia stavieb.

V priebehu uplynulých rokov došlo k určitému posunu i u dodávateľov v SR. Niektoré poznatky z prehliadky stavieb na trase Bratislava Žilina a Žilina – Poprad, či v lokalite Nitry ukazujú, že dodávateľia nie sú dostatočne erudovaní rovnako ako dozor investora. Výsledkom realizácie sú potom nezmyselné úkony. Korózny prieskum sa vykoná len symbolicky a od stola sa licituje aký stupeň ochranných opatrení sa pre ten ktorý mostný objekt určí. Dodávateľia spravidla zvládnu zaistiť dostatočné krytie výstuže, ale tým súčasné povedomie o problematike končí. Inštalácia vývodov prebieha síce úspešne, vývody často nemajú žiadnu súvislosť s prevarením výstuže, sú teda nepoužiteľné. Sú inštalované ochranné opatrenia na

príslušenstvo pre oddelenie nosnej konštrukcie od spodnej stavby, ale stáva sa, že výrobky sú často nefunkčné – pozrite ďalšie obrazové prílohy.

Je zaujímavé, že omnoho väčší stupeň povedomia o ochranných opatreniach prejavili dodávatelia tunelových stavieb, a to ako na stavbe tunela na Slovensku, tak v Čechách, kde slovenský dodávateľ dobre vedel, že je nutné vykonávať konštrukčné opatrenia.

Stále sa objavujú tendencie vychádzajúce z pôvodnej „Smernice...“ prevarovať 50 % stykovania výstuže. Chyba sa objavuje ako v projektoch, tak na stavbách. Je nutné postupovať najmenej podľa TP 124 (2000), lepšie TP 124 (2009) do času vydania metodiky navrhovanej v rámci časti 2 tejto RÚ.

Druhým bodom, ktorý vyžaduje pri stavbe kontrolu z hľadiska ochrany proti korózii bludnými prúdmi, ale i proti korózii chemickej, je kvalita betónu a používanej prímеси. V oblasti mostných stavieb dodávatelia (a najmä investori) prevažne dbajú na to, aby požadovaná kvalita betónov bola zachovaná.

Prax ukazuje, že stále významným bodom pri sledovaní stavby z hľadiska ochrany proti účinkom bludných prúdov je kontrola zhotovovania vrstiev z polymérnej malty pod ložiskami. Bohužiaľ postupy výstavby sú veľmi často stanovené tak, že vrstvy sú zhotovované v zimných mesiacoch. Kvalita je veľmi náročne zaistovaná (nahrievanie betónov, budovanie stanov s ohrievačmi, a pod.). Výsledky sú takmer vždy zhodné: Krehký pórovitý plastbetón, ktorý drží vlhkosť a je najmenej dlhý čas, ak nie trvale, elektricky vodivý.

Ak vynecháme vcelku vyriešenú problematiku izolačných vlastností mostných záverov, kde ich elektrické izolačné vlastnosti sú dané v prvom rade špecifikáciou v dokumentácii a následne preukázaním kvality výrobcu a potom meraním v priebehu stavby, je nevyhnutné sa pozastaviť pri zvodidlách a zábradliach. Bohužiaľ, nepodarilo sa obhájiť zavedenú a veľmi spoľahlivú prax elektrického izolačného oddelenia vzduchovou medzerou ako základné riešenie podľa pôvodného predpisu z roku 1992. Možnosť riešenia izolačného styku vzduchovým oddelením zvodidiel nad dilatáciou zostáva i naďalej zachovaná s tým, že zhotoviteľ je povinný doložiť bezpečnosť takeého vyhotovenia. Do času zavedenia výroby sklaminátových zvodidlových prvkov zostáva tak hlavným riešením elektricky vodivého oddelenia zvodidiel inštalácia izolačných stykov napr. v podobe už skôr definovaných podložiek a puzdier skrutiek typu „MAMR“. V návrhu metodiky sú uvedené detaily riešenia takých izolačných stykov.

Prehliadkou niektorých nových stavieb na Slovensku (D1, pred tunelom Bórik) je možné konštatovať, že izolačné pásnice sú pomerne dobre navrhnuté a nepraskajú, pokiaľ nie sú nevhodne stiahnuté. Vyskytujú sa však i chyby v jednotlivých riešeniach.

Obr. 43 Kvalitné zhotovenie nástreku horizontálnej izolačnej pásnice



Obr. 44 Kvalitný izolačný styk preklenutý ťahadlom zábradlia a zákrytom mostného záveru



Obr. 45 Zákryt MZ je chybné zhotovený, dilatačnú škára preklenutá plechom, chýbajú podložky



Obr. 46 Pohľad na mostné zvodidlo nad dilatáciou proti smeru jazdy – podozrenie na preklopenie dilatácie ťahadlom



Obr. 47 Pohľad do spony ťahadla – k preklopeniu dilatácie dochádza šmykom ťahadla o otvor s pozinkovanou sponou – je nutné doplniť napr. silonovou vložkou



Obr. 48 Dotiahnutá kovová podložka pri dilatačnom pohybe poškodí elektricky izolačný nástreč



Konečne do praktických skúseností získaných v rámci realizácie stavby patrí bezo sporu problematika ochrany proti dotyku a prepätiu podľa STN 33 2000, skôr STN 34 1390, resp. teraz STN EN 62305-1 až -4, STN 34 1500, teraz STN EN 50 122-1 a ďalších. V priebehu deväťdesiatych rokov bola overená realizovateľnosť latentných spojov, bolo spresnené, ako latentné spoje navrhovať, aby nezasahovali do estetického vzhľadu mostnej konštrukcie. Veľká starostlivosť bola venovaná problematike ukoľajnenia. Výsledok tejto práce bol v ČR uvedený do praxe pred novelou TP 124(2000) vydaním „Odporúčani k praktickým aplikáciám ukoľajňovania protidotykových zábran (ochranných sietí a štítov) mostných objektov pozemných komunikácií nad trakčným vedením ČD, najmä pre správcov mostných objektov PK“ vo Vestníku Dopravy ČR 7/96. V navrhovanej metodike v časti 2 tejto RÚ je problematika rešpektovaná, je však otázkou, či „Odporúčania ...“ neprevziať ako prílohu k navrhovanej metodike.

9.4 Problematika elektrických a geofyzikálnych meraní.

Ak je stavba zaradená do stupňa č. 4 alebo č. 5 ochranných opatrení podľa tab. 1 revidovanej „smernice“, má byť súčasťou dokumentácie návrh elektrických a geofyzikálnych meraní v priebehu stavby a po jej dokončení. Všeobecne je možné konštatovať, že dôsledné riešenie tejto časti ochrany proti účinkom bludných prúdov sa objavuje iba pri veľkých diaľničných stavbách. Na úrovni komunikácií nižšej triedy sa meranie prakticky nevykonáva alebo iba výnimočne. Často sa objavuje metóda „niečo mi tu zmerajte, aby to veľa nestálo“. Je potom otázkou špecializovaného pracoviska, ale i konkurenčného boja medzi firmami zaoberajúcimi sa touto problematikou, do akej miery má ono „niečo“ obsah súvisiaci s požiadavkami citovanej metodiky merania. Existuje objektívna skutočnosť, že objednávatel nepozná metodický pokyn na meranie vplyvu bludných prúdov (teraz MD ČR MP-DEM) a nie je so svojou kvalifikáciou schopný posúdiť, do akej miery je alebo nie je vykonané meranie obsahovo v poriadku a či správca zariadenia iba vykoná povinnosť alebo skutočne sa o zverenú stavbu stará. Táto skúsenosť sa veľmi často týka i kvality zhotovenia základných korózných prieskumov.

S problematikou elektrických a geofyzikálnych meraní súvisia i návrhy meracích a prepájacích vedení. Ako bolo preukázané, prakticky žiadne z navrhnutých a realizovaných aktívnych ochranných opatrení nie je v prevádzke. Väčšinou ide o rozkradnutie káblov alebo poškodenie zariadenia, v lepšom prípade o stratu dokumentácie. Dôsledkom týchto skutočností je pochopiteľný odpor správcov inštalovať akékoľvek zariadenia napr. na mostnú stavbu. Takým markantným príkladom bol návrh meracích a prepájacích káblových vedení v ČR na moste „Balabenka“ v Prahe (1996). Po dokončení montáže bolo zariadenie odcudzené ešte pred kolaudáciou. Dodávateľ stavby káblové vedenia obnovil deň pred kolaudáciou a druhý deň ráno pri kolaudácii boli káble odcudzené znovu (a nájdené v blízkych zberných surovinách pri moste). Skúsenosť bola zapracovaná do revidovaného materiálu v podobe sprísnenia požiadaviek na inštaláciu akýchkoľvek zariadení, ktoré sú určené na sledovanie prítomnosti bludných prúdov, diagnostiku korózie výstuže alebo i napr. elektrických rozvodov (v komorách mostov) s tým, že pokiaľ nie je možné káblové vedenia dostatočne skryť alebo inak zaistiť, nebudú navrhované. V takom prípade potom nezostane iné, než pri požiadavke na elektrické a geofyzikálne merania týchto prác zahrnúť i montáž i demontáž provizórnych vedení.

Medzi ďalšie praktické skúsenosti patrí ročné obdobie pre realizáciu merania, a to ako po dokončení stavby, tak základných korózných prieskumov. STN stanovuje požiadavku, aby meranie nebolo vykonávané pri teplotách nižších než +5 °C z dôvodu kryštalizácie CuSO₄

v referentných elektródach, ktoré sú základnou pomôckou pre väčšinu meraní. Meranie vykonané pod bodom mrazu je spravidla meranie s chybami. Také meranie obsahuje jednak chyby nedostatočnou starostlivosťou obsluhy (stuhnuté prsty, chybné spojenie vodičov a pod.) a jednak chyby merania – kryštalizáciou sond). Prax ukazuje, že chyby pri meraní za nevhodných klimatických podmienok dosahujú 20 % až 100 %. Je potrebné, aby túto skutočnosť prijali i ostatní správcovia stavieb a investori a nielen že rešpektovali vhodné ročné obdobie na vykonávanie meraní, ale priamo vyžadovali, aby elektrické a geofyzikálne merania boli vykonávané len za podmienok klimaticky prijateľných, t. j. pri teplotách nad +5 °C a v obdobiach bez dlhodobých dažďov.

9.5 Správca mostných objektov.

Tu sa praktické skúsenosti redukujú iba na jednotlivé prípady. Starostlivosť o ochranné opatrenia proti účinkom bludných prúdov v súčasnosti, ako už bolo hore uvedené, jednoznačne závisí od dostupných finančných prostriedkov správcov zariadení – mostov. Z bežnej praxe existuje len niekoľko málo správcov, ktorí majú záujem (zodpovednosť) buď už navrhované ochranné opatrenia udržať, alebo sa zúčastniť prerokovávaní a odsúhlasení riešenia ochrany proti účinkom bludných prúdov pri nových mostoch, ktoré budú spravovať.

Domnievame sa, že stále nie je dostatočné povedomie o možných škodách, ktoré môžu byť koróznymi účinkami bludných prúdov spôsobené.

Je veľmi bežnou praxou, že mostné objekty sú stále vybavené priamym ukoľajnením alebo že v rámci revízie elektrického zariadenia na moste revízny technik neznalý problematiky korózie bludných prúdov mostný objekt celý prepojí a „dôkladne uzemní“. Negatívne praktické skúsenosti sú o to tristnejšie, že sú vlastne získané len od tých správcov, ktorí majú snahu sa o most starať; s ostatnými správcami nie sú skúsenosti žiadne.

Tu je nutné poznamenať, že jedna z významných úloh nového materiálu je upraviť vzťah medzi správcom cestného mosta a železníc v prípadoch ukoľajňovania. V súčasnosti nie je táto situácia upravená a dochádza k sporom pri ukoľajňovaní mostných stavieb, najmä cestných s odvolaním na bezpečnosť prevádzky. Veľmi často je ale ukoľajňovanie vykonané nevhodným alebo nesprávnym spôsobom, často celkom zbytočne (preventívne) s vplyvom na skrátenie životnosti mostnej stavby.

Je žiaduce, aby problematika korózie bludných prúdov bola zahrnutá do diagnostických meraní mostov ako neoddeliteľná súčasť mostnej diagnostiky tak, aby mohol byť výskyt (a pôsobenie) bludných prúdov na mostných objektoch pravidelne monitorovaný a vyhodnocovaný. Jedine týmto spôsobom je možné nielen objektívne informovať správcu o koróznom stave mostného objektu z hľadiska pôsobenia bludných prúdov, ale i získať štatisticky hodnotné množstvo výsledkov pre efektívne hodnotenie a korekciu požiadaviek na riešenie ochranných opatrení zakotvených do používaných štandardov.

10 Návrh novej metodiky na ochranu stavieb pred účinkami bludných prúdov pre SSC

„Smernica“ z roku 1992 bola prvým uceleným materiálom a technické podmienky MD ČR 124 druhým komplexným materiálom stanovujúcim požiadavky na zhotovenie, kontrolu a údržbu pasívnych ochranných opatrení proti účinkom bludných prúdov. Základom smernice boli poznatky z tuzemských výskumných ústavov (najmä VÚIS, VÚŽ a ďalších) doplnené prevádzkovými skúsenosťami z rokov osemdesiatych. Tento fundament je v navrhovanej metodike zachovaný, pretože sa stal osvedčeným. Nová metodika reviduje jednotlivé kapitoly v tých častiach, kde prax poukázala na nevhodné aplikácie alebo uvedené požiadavky neboli ešte dostatočne presne špecifikované. Revidovaný materiál obsahuje rad nových prvkov, ktorých základom boli iba teoretické poznatky, prípadne skúsenosti zo zahraničia alebo poznatky z praxe v ČR. Čerpané bolo nielen zo štandardov, ktoré sú ešte len uvádzané do života na úrovni európskych noriem, ale i z predpisov zámorských krajín, najmä USA. Ďalším významným zdrojom boli dostupné výstupy z vedeckých konferencií v rokoch 1994 – 2008.

Do novej metodiky bola zakomponovaná oblasť aktívnych ochrán vrátane ustanovení na použitie katodických ochrán pre ochranu betónových stavieb pred chemicky agresívnymi látkami (chloridy a karbonáty). Dôvodom zahrnutia tejto problematiky je skutočnosť, že žiadny z iných materiálov sa použitím katodickej ochrany nezaoberá a zároveň problematika katodických ochrán je z hľadiska profesijných nárokov veľmi blízka problematike bludných prúdov. Použitie tohto druhu katodických ochrán je, ako už bolo hore uvedené, v zahraničí nie bežnou, ale pomerne osvedčenou záležitosťou, ktorá je na úrovni predpisov dostatočne podrobne zmapovaná. V rámci tohto predpisu sa uvádzajú stručné a základné požiadavky na jej použitie s tým, že toto zariadenie dosiaľ nebolo v podmienkach ČR použité.

S návrhom novej metodiky sa predpokladá doriešenie niekoľkých nadväzujúcich oblastí. Predovšetkým je nutné vytvoriť legislatívne nástroje pre definovanie „špecializovaného pracoviska“. Ďalšou úlohou objednávateľa bude urovnanie vzťahu so Slovenskými železnicami v oblasti zasahovania do cudzieho majetku pri ukoľajňovaní cudzích stavieb.

10.1 Stanovenie rozsahu metodiky – predpisu

V rámci prípravných rokovaní pri spracovaní úlohy boli stanovené požiadavky na rozsah metodiky:

10.1.1 V tejto fáze návrhu bolo dohodnuté, že predpis sa bude týkať len mostných objektov. Predpis nebude zahŕňať tunely a ostatné betónové steny.

10.1.2 Metodika zahŕňa kapitolu aktívnych ochrán

10.1.3 Zahrnutie problematiky striedavých bludných prúdov. S ohľadom na stále neukončenú diskusiu v odborných kruhoch o vplyve striedavých bludných prúdov je v metodickom predpise rešpektovaný možný negatívny vplyv striedavých bludných prúdov zatiaľ bez ohľadu na rozsah negatívneho pôsobenia.

10.1.4 Sú zahrnuté požiadavky na zhotovenie polymérnej malty a polymérneho betónu vo vzťahu k ochrane pred koróziou proti účinkom bludných prúdov.

10.1.5 Sú upravené požiadavky na elektrické izolačné oddelenie zvodidiel nad dilatáciami a uvedené konkrétne detaily a spôsoby riešenia izolačných stykov.

10.1.6 Je venovaná pozornosť problematike umiestnenia stožiarov a iných elektrických zariadení na mostných konštrukciách a riešenie ochrany proti nebezpečnému dotyku a prepätiu vo vzťahu k platným normám, najmä STN 33 2000, STN EN 50122-1, STN EN 62305-1 až -4. Cieľom tejto kapitoly je podrobnejšie špecifikovať ochranné opatrenia, ktoré zabránia zavlietaniu bludných prúdov do betónových konštrukcií prostredníctvom elektrických zariadení (pracovných a ochranných vodičov) pri dodržaní požiadaviek na bezpečnosť osôb a ochranu pred úrazom elektrickou energiou.

10.1.7 Je nutné zakotviť do metodiky riešenia problematiky ukoľajnenie protidotykových zábran a mostných konštrukcií.

10.1.8 Významná časť metodiky je venovaná požiadavkám na spôsob stykovania (prevarovania) výstuže z hľadiska elektricky vodivých spojení.

10.1.9 Na úrovni odporúčania je zahrnutá do novej metodiky požiadavka na inštaláciu zariadenia na diagnostiku bludných prúdov a prítomnosti korózie vo výstuži.

10.1.10 V novej metodike sú spresnené základné požiadavky na zhotovenie elektrických rozvodov a zariadení na kontrolu vplyvu bludných prúdov na spôsob zhotovenia inštalácií tak, aby bolo zabránené odcudzovaniu inštalovaných zariadení.

10.1.11 V novom materiáli sú revidované pokyny na údržbu a formulovaná požiadavka na zahrnutie merania výskytu a vplyvu bludných prúdov v rámci diagnostiky mostov pred ich rekonštrukciami.

Návrh metodiky tvorí časť dva tejto RÚ.

Poznámka:

Predložený materiál – návrh metodiky vznikol na základe mnohoročnej práce, spolupráce a podpory mnohých odborníkov. Vďaka náleží predovšetkým:

Ing. Lubomíru Tichému, MD ČR

Ing. Janu Hromádkovi, Ředitelství silnic a dálnic ČR

Ing. Blanke Karbanovej, SŽDC

Ing. Lenke Seidlovej, SŽDC

Ing. Jozefu Legéňovi, VVÚŽ Vrútky (ŽSR)

Ing. Jaroslavu Lukešovi, Pontex

Ing. Stanislavu Ježkovi, JEKU

a v poslednom radu za jazykové úpravy dr. Ivane Šlapákovéj, Chicory v.o.s.

LITERATÚRA

- [1] Stray Current Corrosion in Electrified Rail Systems, T. J. Barlo, A. D. Zdunek, Corrosion95, NACE IAC, 1995, Northwestern University BIRL ,
- [2] Navrhovanie protikoróznej ochrany, R. Bartoníček, SNTL 1980
- [3] Elektrokorózia v betóne, publikácia, A. A. Staroselskij, Kijev 1978
- [4] TP 124 „Základné ochranné opatrenia pre obmedzenie vplyvu bludných prúdov na mostné objekty a ostatné betónové stavby pozemných komunikácií“, MD ČR, SD, Praha 1. 1. 2009
- [5] Korózia ocelevej výstuže v železovom a predpätom betóne, B. Bažant, SNTL, 1989
- [6] Corrosion and Corrosion Protection of Steel in Concrete, R. N. Swamy, zborník prednášok, The University of Sheffield, Veľká Británia, 1994
- [7] Zborník prednášok z konferencie CEOCOR, Rakúsko, 1997, napr. Teória a princíp striedavej korózie, potvrdenie teoretických poznatkov výskumom v laboratóriu a v praxi, W. Vesper, Wuppertal, SRN, 1997
- [8] Korózne vlastnosti kovových konštrukčných materiálov, M. Černý a kol., SNTL 1984
- [9] Teória a prax protikoróznej ochrany úložných oznamovacích káblov, D. Konstadinov, NADAS, 1970
- [10] Katodická protikorózna ochrana a spôsoby znižovania korózie bludnými prúdmi, J. Polák, Chemoprojekt Praha 1992
- [11] TP 208: Ochrana ocelevej výstuže betónu proti korózii v agresívnom prostredí za proti účinkom bludných prúdov (VÚIS), 1985, Smernica pre aplikáciu
- [12] Smernica 248: Protikorózna ochrana betonárskej a predpínacej výstuže (VÚIS), 1989, Smernica
- [13] Smernica 162: Sekundárna protikorózna ochrana betónových a železobetónových konštrukcií (VÚIS), 1981, Smernica pre aplikáciu
- [14] Anodická protikorózna ochrana, P. Novák, SNTL 1987
- [15] Štúdia použitia aktívnych ochrán mostov pozemných komunikácií“, JEKU, Ing. B. Kučera 1996, MD-ČR,
- [16] Metodický pokyn „Dokumentácia elektrických a geofyzikálnych meraní betónových mostov pozemných komunikácií“, MD ČR, Praha 1995
- [17] Laboratory simulation of Corrosion in Reinforced Concrete, Cindy W. Ramirez a spol., Houston, CORROSION/90
- [18] Ochrana stavebného diela proti korózii, F. Vavřín, K. Retzl, SNTL 1987
- [19] Predpätý betón vo Švajčiarsku 1982 až 1986, Publikácia FIP pre kongres 1986
- [20] Smernica na ochranu proti korózii spôsobovanej bludnými prúdmi z jednosmerných zariadení, komisia pre koróziu SGI, Zurich, 1995
- [21] Vplyv aktívnych ochrán na korózne účinky bludných prúdov, JEKU, s. r. o., B. Kučera, MD ČR, 1997
- [22] Spracovanie novely smernice Základné ochranné opatrenia pre obmedzenie vplyvu bludných prúdov na mostné objekty pozemných komunikácií, JEKU, s. r. o., B. Kučera, MD ČR, 1998
- [23] Technické podmienky Základné ochranné opatrenia proti účinkom bludných prúdov, JEKU, s. r. o., B. Kučera, MD ČR, 1999
- [24] Koróznny prieskum mostov z hľadiska vplyvu bludných prúdov, JEKU, s. r. o., B. Kučera, MD ČR, 2001
- [25] Ochrana úložných káblov pred koróziou spôsobovanou elektrickou trakciou, J. Viktorín, NADAS, 1964
- [26] Mechanika vonkajších vedení, V. List, K. Pochop, SNTL, 1955

- [27] Výpočet elektrických sietí, K. Horák CSc., SNTL, 1980
- [28] Nový závod KORADO s. r. o. Česká Třebová, Elektrické a geofyzikálne meranie vplyvu bludných prúdov, B. Kučera, JEKU, s. r. o., 1998
- [29] Teoretická energetika, L. Rais, K. Malý, Z. Pavlíček, F. Němeček
- [30] Prenos a rozvod elektrickej energie (skriptá FEL), F. Němeček
- [31] Pokus so striedavou koróziou vykonaný na vzorkách plynového potrubia firmou WStW - WIENSTROM, CEOCOR, Viedeň 1997
- [32] Experimentálne meranie vplyvu striedavých bludných prúdov, F. Stejskal, M. Gutten, Naftoprojekt, OK97
- [33] Spätne vedenie trakčných prúdov elektrických hnacích vozidiel, najmä vysokorýchlostných, F. Jansa, NŽT, 1996
- [34] Kritéria katodickej ochrany pre oceľ v betóne, niektoré teoretické a praktické skúsenosti, S. C. Das
- [35] Korózia vyvolaná bludnými prúdmi a galvanická korózia výstužovej ocele v betóne, R. L. Miller, W. H. Hartt, R. P. Brown, uverejnené vo výstupe úlohy „Elektrické merania bludných prúdov na mostných objektoch“, MD-ČR 1986
- [36] Uzemňovanie elektrických zariadení, Antonín Kočvara, STRO.M, spol. s r. o., 1995
- [37] Elektrické meranie bludných prúdov na mostných objektoch, Pragoprojekt Praha s. p., Ing. S. Ježek, 1990
- [38] Stanovisko ÚNM, výklad ČSN 34 1390, č. j. 1941/87/223/Kř, 1987
- [39] Katodická ochrana most Balabenka v Prahe, SVUOM – JEKU FTT EU, B. Kučera
- [40] Katodická ochrana mostného objektu v Srbsku, JEKU s. r. o., B. Kučera
- [41] TS 15280 Hodnotenie pravdepodobnosti korózie striedavými prúdmi pri potrubiach uložených v zemi - Aplikácie na katódovo chránené potrubia, pripravuje sa prEN 50443 Railway applications - Fixed installations - Effects of electromagnetic interference caused by a. c. railway lines on pipelines - Admissible values and protection measures
- [42] Vplyv bludných prúdov na koróziu ocele v betóne, L. Bertolini, M. Carsana P. Pedferri, Taliansko, Konferencia, EUROCORR 2001
- [43] Opatrenia na zaistenie životnosti predpínacích prvkov v betónových stavbách, Massnahmen zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit von Spanngliedern in Kunstbauten, Richtlinie, Ausgabe 2007 V2.00, ASTRA 12 010
- [44] Cathodic protection, DTI Publication 1981, rev. Ing. R. L. Kean, K. G. Davies, internet
- [45] Technické kovy, ich výroba, vlastnosti a skúšanie, A. Beneš, SNTL, 1958, str. 171, Betónové mosty, L. Landa, Z. Kleisner, J. Zvara, SNTL, 1988
- [46] Ochrana konštrukcie z predpätého betónu pred účinkami bludných prúdov na príklade viaduktu pre metro v Manile na Filipínach, publikácia Predpätý betón vo Švajčiarsku 1982 - 1986, P. Matt, vydané FIP 1986
- [47] Laboratory simulation of Corrosion in Reinforced Concrete, Cindy W. Ramirez a spol., Houston, CORROSION/90, prednáška
- [48] Sulla Protezione Catot Ica Dei Ferri Del Calcestruzzo Armato, L'Industria Italiana. Cemento., č. 9/1981, str. 595 - 601 (časopis)
- [49] Modelovanie elektromagnetických vlastností na mostných kábloch nedeštruktívnymi metódami Sunita Kumari Bhatia, Robert G. Hunsperger, Department of Electrical & Computer Engineering Michael J. Chajes, Department of Civil & Environmental Engineering, University of Delaware, Newark, (1997)