

DOI: <https://doi.org/10.5592/CO/ZT.2017.23>

Smanjivanje djelovanja lutajućih struja na kolosiječne konstrukcije

Katarina Vranešić, Stjepan Lakušić

Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za prometnice
kontakt: kvranesic@grad.hr

Sažetak

Korozija nastala djelovanjem lutajućih struja poznata je još od 19. stoljeća i razvoja prvih elektrificiranih željezničkih linija kod kojih se tračnice koriste kao povratni vod struje do elektrovočnih podstanica. Na mjestima oslabljene izolacije tračnice i njenog pričvrsnog pribora dio te struje istječe u tlo, beton ili drugi medij u kojemu se kolosijek nalazi i postaje lutajuća struja. Posljedice lutajućih struja manifestiraju se korozijom tračnice i pričvrsnog pribora, što može rezultirati lomovima na mjestima pričvršćenja ako se korozija ne uoči na vrijeme. Najučinkovitiji način sprječavanja lutajućih struja je djelovanje na izvoru struje, što je postignuto različitim metodama poput bolje izolacije tračnice i pričvrsnog pribora, manjim razmakom između elektrovočnih podstanica, osiguravanjem puta manjeg otpora za povrat struje, sustavima za prikupljanje lutajućih struja i sl. Od svih tih metoda najbolje učinke pokazuje bolja izolacija tračnice i pričvrsnog pribora. Danas su u upotrebi različite vrste pričvršćenja kod kojih se poboljšanjem izolacijskih svojstava dolazi do znatnog smanjenja istjecanja struje. U prikazu načina smanjenja lutajućih struja veoma dobre rezultate pokazuje i novi sustav pričvršćenja razvijen na Građevinskom fakultetu u Zagrebu – Zagreb 21 CTT.

ključne riječi: lutajuće struje, kolosijek, korozija, pričvršćenja tračnica

Reducing stray current effect on track structure

Abstract

Stray current corrosion is familiar since 19th century and development of first electrified railway lines. In railways, tracks are used as return conductor for current to the substation. In places where tracks and fastening insulation isn't good enough, part of current leaks to the ground and becomes stray current. The consequences of stray currents are manifested by the corrosion of the rails and rail fastenings. If the stray current corrosion isn't noticed on time, degradation and fracture of the rails and fastening will occur. The most effective way to reduce stray current is limiting current leakage at the source, which can be achieved by various methods, including better tracks and fastening insulation, closely-spaced substations, ensuring a low-resistance path for current returning to the substation, stray current collection system etc. Of all these methods, the best results are obtained by insulating the rail and fastenings. Different types of rail fastenings are in use today. Changing their insulation properties stray current can be significantly reduced. In reducing stray current at the source, Zagreb 21 CTT – a new tram track fastening system developed at Faculty of Civil Engineering in Zagreb shows very good results.

Keywords: stray current, track, corrosion, rail fastening

1 Uvod

U većini tramvajskih infrastruktura kao povratni put struje od vozila do elektrovučne podstanice koriste se tramvajске tračnice. Međutim, dio te struje na mjestima oslabljene izolacije izlazi iz tračnice i postaje lutajućom strujom. Na tim istim mjestima, kao posljedica istjecanja struje iz tračnice, dolazi do kemijske reakcije oksidacije, koja se nakon nekog vremena manifestira korozijom metala [1]. Posljedice korozije uzrokovane lutajućim strujama primijećene su i na tramvajskoj mreži u gradu Zagrebu. Naime, prilikom provođenja rekonstrukcija tramvajске pruge i uklanjanja opločenja te vizualnog pregleda kolosijeka, uočen je gubitak materijala na čeličnoj ploči ležajnog mjesta te gubitak materijala nožice tračnice na pričvršnom mjestu [2] (slika 1.). Ustanovljeno je da je takav gubitak materijala posljedica djelovanja lutajućih struja.



Slika 1. Degradacija tračnice uzrokovana gubitkom materijala na poziciji pričvršnog mjesta [3]

Da bi se lutajuće struje spriječile na njihovom izvoru, provode se mjere poput smanjivanja otpora tečenju struje u tračnicama te povećavanje električne otpornosti tračnice prema podlozi [4]. Smanjivanje otpora tečenju struje u tračnici može se postići kontinuiranim zavarivanjem tračnica, manjim razmacima između elektrovučnih podstanica te upotrebom tračnica manjeg otpora tečenju struje (tračnice veće mase) [4]. Povećavanje električne otpornosti tračnice prema podlozi ostvaruje se ovisno o načinu pričvršćenja tračnice. Kod pojedinačnog oslanjanja tračnica smanjivanje lutajućih struja postiže se izolacijom pričvršnog pribora te oblaganjem tračnica elastomernim materijalima, a kod kontinuiranog pričvršćenja ugradnjom izolacijskog materijala oko tračnica cijelom duljinom kolosijeka [5, 6]. Smanjenju lutajućih struja pridonosi i dobra odvodnja kolosijeka [7]. Ne pokažu li ove mjere dobre rezultate, izvodi se sustav za skupljanje lutajućih struja [8].

2 Izolacija elemenata pričvršćenja tračnice

2.1 Kolosijeci s pojedinačnim osloncima tračnica

Kada je riječ o kolosijecima s pojedinačnim osloncima tračnica, za postizanje veće otpornosti tračnice prema podlozi potrebno je poboljšati izolaciju na mjestima pričvršćenja [9]. Primjer kolosijeka s ovakvim načinom pričvršćenja je tramvajska pruga u gradu Zagrebu gdje se koristi pričvrtni pribor povećane elastičnosti (sustav "PPE") te dvostruko elastični pričvrtni pribor (sustav "DEPP"). Kod ovih sustava osiguran je direktni kontakt između sidrenog vijka i čelične podložne ploče, što predstavlja put istjecanja struje iz tračnice [10]. Boljom izolacijom spriječio bi se dodir metala i reducirala količina lutajućih struja [7]. Istjecanje struje je određeno i održavanjem kolosijeka [11]. Dobrom odvodnjom kolosijeka smanjuje se količina lutajućih struja, a zablacenost smanjuje njegovu električnu otpornost, što je izraženo kod kolosijeka sa zastornom prizmom [7, 12]. Na slici 2. prikazano je stanje unutar tramvajskog kolosijeka s lošom odvodnjom.



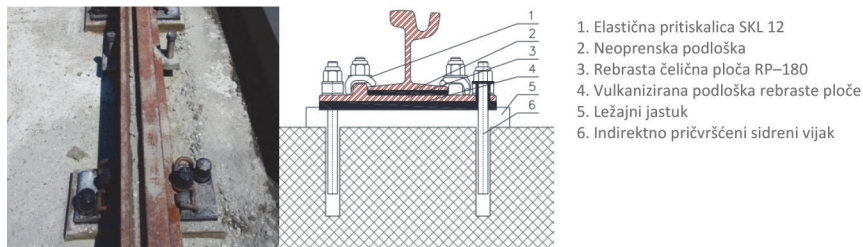
Slika 2. Stanje unutar tramvajskog kolosijeka s lošom odvodnjom

Danas su u upotrebi elastomerne podloške na mjestima pričvršćenja ispod tračnica čime se ostvaruje visoka razina izolacije. Međutim tijekom uporabe izolacijska svojstva podloški slabe i vidljivi su utjecaji lutajućih struja [11].

2.1.1 Sustavi pričvršćenja tramvajskih tračnica za povećanje otpornosti na lutajuće struje

Jedan od novijih sustava kojim je ostvarena bolja otpornost na istjecanje struje iz tračnica razvili su Lakušić, S. i suradnici na Građevinskom fakultetu u Zagrebu – Zagreb 21 CTT [3]. Njime se, s obzirom na bolju izolaciju pričvrstnog pribora, smanjuje istjecanje lutajućih struja. Rebrasta čelična ploča za oslanjanje tračnica, dobivena postupkom valjanja u čeličani, osnovni je element pričvršćenja. Za pričvršćenje tračnice predviđeni su T-vijci te SKL-12 pritiskalice. Sidrenje ploče je ostvareno preko zasebnog sidrenog vijka i zasebne elastične podloške projektirane za taj sustav (slika 3.). Pojedini elementi sustava, poput sidrenih vijaka i podložnih ploča u potpunosti su izolirani čime je

spriječen direktan kontakt čeličnih sidrenih vijaka i betonske podložne ploče, a samim time i istjecanje struja [10]. Taj je sustav namijenjen za rekonstrukcije postojećih kolosijeka izvedenih na betonskoj podlozi te za izgradnju novih kolosiječnih konstrukcija u urbanim sredinama.



Slika 3. Sustav pričvršćenja Zagreb 21-CTT, lijevo – izvedeno stanje, desno – poprečni presjek ležajnog mjesta [3, 10]

Vrlo dobra izolacijska svojstva ostvarena su i kod sustava Pandrol VIPA SP dvostrukom izolacijom između tračnice i podložne čelične ploče te između podložne čelične ploče i betonske ploče [11]. Taj sustav karakterizira pričvršćenje tračnice za podložnu ploču bez vijaka i bilo kakvog sustava navoja. Pandrol VIPA SP se može ugrađivati na betonskoj podlozi, čeličnim, betonskim ili drvenim pragovima [13].

2.1.2 Oblaganje tračnice elastomernim materijalima

Vulkaniziranim gumenim profilima za oblaganje tračnica znatno je smanjeno istjecanje struje iz tračnice prema podlozi, bez obzira na atmosferske uvjete [5, 14]. Primjenjivi su za sve medije u kojima se nalazi tračnica (slika 4.) [5]. Oblaganje tračnica izvodi se kontinuirano, a pričvršćenje se obavlja nakon što je tračnica obložena gumenim profilima (slika 4.) [15].



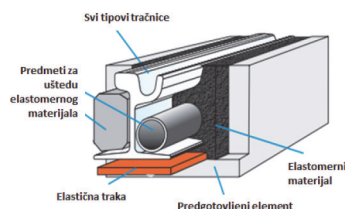
Slika 4. Vulkanizirani gumeni profili: a) profili ugrađeni oko tračnice, b) priprema tračnice za zavarivanje, c) mjesto pričvršćenja tračnice [15]

Prednosti ovakvog načina izolacije je jednostavna proizvodnja, ugradnja i održavanje, potpuna izolacija tračnice, a osim lutajućih struja, smanjuju se buka i vibracije [9]. Me-

đutim, tijekom uporabe i djelovanjem prometnog opterećenja, različitih vremenskih uvjeta i vode koja se zadržava u kolosijeku, dolazi do degradacije izolacijskog materijala i pojave lutajućih struja [9].

2.2 Kolosijeci s kontinuiranim oslanjanjem tračnica

Kod ovog tipa kolosijeka tračnice se ugrađuju u utore izvedene u predgotovljenoj betonskoj ploči ili čelične "U" profile, nakon čega se obavlja zapunjavanje prostora između tračnice i utora cijelom duljinom kolosijeka (slika 5.) [16]. Ugrađuje se homogena elastična smjesa kojom je ostvareno pričvršćenje, kao i električna izolacija [6]. Na taj se način postiže kontinuirana izolacija tračnice i sprječavanje lutajućih struja. Kako bi se postigla ušteda materijala, cijelom duljinom uzduž tračnice se postavljaju PVC cijevi ili drugi umeci [6].



Slika 5. Prikaz tračnice s kontinuiranim oslanjanjem, [17]

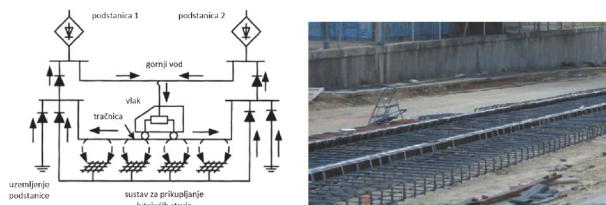
3 Položaj elektrovnih podstanica

Smanjivanjem udaljenosti između elektrovnih podstanica, smanjuje se potencijal tračnice prema tlu prilikom povrata struje u podstanicu. Ovu mjeru je moguće provoditi kod novih kolosiječnih konstrukcija, međutim smanjivanjem udaljenosti između podstanica povećavaju se troškovi izgradnje [7]. Boljoj električnoj provodljivosti pridonosi i zavarivanje tračnica čime se ostvaruje veća ili jednaka provodljivost kao kod kontinuirane tračnice [18]. Smanjivanje lutajućih struja se također omogućuje ugradnjom tračnica veće mase s obzirom na to što one pružaju manji otpor tečenju struje [7].

4 Sustav za skupljanje lutajućih struja

Sustav za skupljanje lutajućih struja "presijeca" put strujama koje su pronašle put iz tračnice i sprječava njihov ulazak u tlo [8]. Sastoji se od čeličnih mreža koje su razdvojene na segmente duljine oko 300 m i međusobno povezane vodičem dobre električne provodljivosti (najčešće bakrom) te spojene na negativnu sabirnicu u elektrovnju podstancu (slika 6.). Za čelične se mreže može iskoristiti armatura u armira-

nobetonskoj ploči ili armatura tunela, a katkad je čelična mreža postavljena samo radi prikupljanja lutajućih struja te nema nikakvu konstrukcijsku ulogu [7,19].



Slika 6. Sustav za skupljanje lutajućih struja: a) shematski prikaz [19]; b) armaturni čelik povezan u sustav za skupljanje struja kod ugrađenih kolosijeka [18]

5 Zaključak

Lutajuće struje su nuspojava svih elektrificiranih željezničkih linija koje koriste tračnice kao povratni put struje do elektrovučnih podstanica. Korozija koja nastaje kao posljedica djelovanja lutajućih struja može dovesti do ozbiljnih degradacija kolosijeka ako ona nije uočena na vrijeme. Danas su razvijene mnoge metode kojima se pokušava spriječiti štetno djelovanje lutajućih struja, a najučinkovitije rješenje predstavlja smanjivanje istjecanja struja na izvoru. Kombinacijom metoda kao što su bolja izolacija tračnice od podloge (primjena adekvatnih sustava pričvršćenja koji imaju veliku električnu otpornost), ugradnja tračnica manjeg električnog otpora te bolja odvodnja kolosijeka, može se istjecanje struje znatno smanjiti. Ako se ovim metodama ipak ne postignu dovoljno učinkoviti rezultati, izvodi se sustav za prikupljanje lutajućih struja. On "presijeca" put strujama koje isure iz tračnice i vraća ih u elektrovučnu podstanicu. Veoma dobre rezultate pokazuje ugradnja kontinuiranog izolacijskog materijala cijelom duljinom kolosijeka, što se ostvaruje kod montažnih kolosijeka s kontinuiranim oslanjanjem tračnica. Da bi se produljio vijek trajanja kolosijeka, a utjecaj lutajućih struja još više smanjio i samim time povećala sigurnost korisnika tračničkih infrastruktura, pogotovo u urbanim sredinama, potrebno je usavršavati postojeće metode smanjivanja lutajućih struja na izvoru te razvijati nove, poput sustava Zagreb 21 – CTT, koji bi pokazivali još bolje rezultate uz što jednostavnije i ekonomičnije metode ugradnje i održavanja. Inovativnost sustava Zagreb 21-CTT prepoznata je i na međunarodnoj izložbi inovacija ARCA 2016, gdje je taj sustav nagrađen zlatnom medaljom.

Literatura

- [1] Ogunsola, A., Mariscotti, A., Sandrolini, L.: Estimation of stray current from a DC-electrified railway and impressed potential on a buried pipe, IEEE Transactions on Power Delivery, 27 (2012) 4, pp. 2238–2246

- [2] Vranješević, M.: ZET - Korozija tramvajskih tračnica i pričvrsnog pribora, radni materijal, 2014.
- [3] Lakušić, S., Haladin, I., Vranešić, K.: Zagreb 21-CTT: novi sustav pričvršćenja kolosijeka za smanjenje vibracija te povećanje otpornosti na lutajuće struje, *Automatizacija u prometu* 2016, ur. Šakić, Ž., KoREMA, Krapina, pp. 1–4, 2016.
- [4] Stray current corrosion induced by transit systems, <http://corrosion-doctors.org/StrayCurrent/Transit-Systems.htm>, pristupljeno: 15.07.2017.
- [5] Track Superstructure, <http://sealing.datwyler.com/industry-solutions/civil-engineering/track-superstructure.html>, pristupljeno: 15.07.2017.
- [6] Bahra, K.S., Catlow, R.B.: Control of stray currents for DC traction systems, *International Conference on Electric Railways in a United Europe*, 2031 (1995) 8, pp. 136-142.
- [7] Edilon sedra ERS for trams, light and guide rail edilon)(sedra, <https://www.edilonsedra.com/edilonsedra-ers-trams/>, pristupljeno 15.07.2017.
- [8] Cotton, I., Charalambous, C., Aylott, P., Ernst, P.: Stray current control in DC mass transit systems, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 54 (2005), pp. 722–730, DOI: 10.1109/TVT.2004.842462
- [9] Memon, S., Fromme, P.: Use of Rail Boot and Collection Mat To Control the Electrolysis of Rail and utilities in DV powered transit agencies, *Joint Rail Conference JRC 2014*, Colorado Springs, CO, USA, 2014.
- [10] Lakušić, S., Haladin, I., Koščak, J.: Izvještaj o kontroli stanja gornjeg ustroja kolosijeka na ispitnoj dionici tramvajske pruge na Savskoj ulici, 2015.
- [11] Stray Current Traction Return Current, *Electric Traction Systems*, London, IET, pp. 271–281., DOI: 10.1049/ic.2010.0200
- [12] Zan, K., Ramos, M., Mawleq, V., Singh, S.: Recommended Maintenance Practices for Stray Current on DC electrified systems," *Joint Rail Conference JRC 2014*, Colorado Springs, CO, USA, 2014.
- [13] Pandrol Rahee Technologies, <http://www.pandrolrahee.com/product-ballastless-vipa.html>.20.07.2017.
- [14] Weblet Importer, <http://www.transcomfort.pl/rcs-system,43,en.html>, pristupljeno: 15.07.2017
- [15] Brošura: *Datwyler: Rail comfort system*
- [16] Lakušić, S., Vajdić, M.: Pregled suvremenih kolosiječnih konstrukcija na čvrstim podlogama, *Gradjevinar*, 63 (2011), pp. 125–134
- [17] Brošura: *Edilon)(sedra: ERS Embedded Rail System*

- [18] Memon, S.A., Fromme, P.: Stray Current Corrosion Mitigation, Testing and Maintenance in DC Transit System, *Comrail: Railway Engineering, Design and Operation*, WIT Press, pp. 205-2013, 2016.
- [19] Niasati, M., Gholami, A.: Overview of stray current control in DC railway systems, *Railway Engineering - Challenges for Railway Transportation in Information Age, Hong Kong, China*, pp. 237–242, 2008.