

Lukáš Mihál¹

Měření dlouhodobých dotykových napětí dle normy ČSN EN 50122-1 ed. 3 pro účely posouzení podle TSI ENE

Measurement of long-term touch voltages according to standard ČSN EN 50122-1 ed. 3 for purpose of an assessment according to TSI ENE

Klíčová slova: dotykové napětí, TSI ENE, měření

Key words: touch voltage, TSI ENE, measurement

Anotace

Cílem článku je uvedení požadavků evropských a vnitrostátních norem a předpisů na provedení měření dlouhodobých dotykových napětí, které musí být pro účely posouzení interoperability dle TSI ENE splněny a které musí notifikovaná osoba prověřit u všech akreditovaných nebo neakreditovaných subjektů provádějících tato měření.

Abstract

The article aims to provide requirements of European and international standards and regulations for a measurement of the long-term touch voltages which shall be fulfilled in the meaning of the interoperability assessment according to TSI ENE and which notified body shall verify for every accredited or non-accredited bodies providing such measurement.

Úvod

Dotyková napětí jsou napětí, která se mohou vyskytnout na neživých částech jakéhokoliv zařízení, na konstrukci nebo mezi konstrukcemi, kterých se člověk současně dotýká – v takové chvíli přes člověka do země protéká proud (tělesný proud). Je proto nezbytné pro bezpečnost osob, aby tato dotyková napětí byla co nejmenší. Dotyková napětí nesmí překročit limity stanovené normou ČSN EN 50122-1 ed. 3, které se považují jako maximální a dle doby trvání se dělí na dlouhodobá dotyková napětí (standardní provozní stavy) a krátkodobá dotyková napětí (při poruchách). Tato dotyková napětí se mají ověřit měřením dle normy ČSN EN 50122-1 ed. 3.

¹ Ing. Lukáš Mihál, absolvent Dopravní fakulty Jana Pernera Univerzity Pardubice, magisterského oboru elektrotechnické a elektronické systémy v dopravě. Od roku 2017 pracuje ve Výzkumném Ústavu Železničním, a.s., v současné době jako zástupce vedoucího oddělení Energie.

2 Evropské normy a předpisy

Základní normou pro měření a vyhodnocování dotykových napětí je evropská norma ČSN EN 50122-1 ed. 3. V tuto chvíli platí také v souběhu norma ČSN EN 50122-1 ed. 2 s platností do 25.07.2025. Nicméně vydáním prováděcího nařízení Komise (EU) č. 2023/1694 ze dne 10.08.2023 došlo ke změně TSI ENE, ve kterém jsou nyní harmonizovány nové verze norem. Z tohoto důvodu je nutné se pro posuzování interoperability dle TSI ENE řídit normou ČSN EN 50122-1 ed. 3.

Požadavky na subjekty provádějící měření jsou dány dokumentem „Technical document, ERA MNB – Assessment scheme, 000MRA1044 ver 2.0“ ([Technical Document Requirements for NoBos ver 2.0.pdf \(europa.eu\)](#)) – dále jako MRA1044) a normou ČSN EN ISO/IEC 17025.

3 Vnitrostátní normy a předpisy

Pro určení vnitrostátních požadavků na měření dotykových napětí platí normy ČSN 33 2000-5-54 ed. 3, ČSN 34 1500 ed. 2 a ČSN 34 1530 ed. 2 a předpisy technických kvalitativních podmínek staveb státních drah kapitol 29 (dále jako TKP 29) a 31 (dále jako TKP 31).

4 Požadavek NK (EU) č. 1301/2014 – TSI ENE

Novou změnou TSI ENE se přístup k dotykovým napětím nezměnil a je nutné je stále posuzovat, změněny byly pouze odkazy v TSI ENE na části normy. Pro každé zařízení musí být prokázáno, že jsou splněny limity dovolených dotykových napětí stanovené normou ČSN EN 50122-1 ed. 3 v kap. 9.2.2.2 pro střídavé napájecí soustavy a v kap. 9.3.2.2 pro stejnosměrné napájecí soustavy. Pokud jsou překročeny limity dotykových napětí pro jakoukoliv z napájecích soustav, tak opatření na snížení rizika musí být v souladu s kap. 9.2.2.4 a 9.3.2.4 normy ČSN EN 50122-1 ed. 3. Tyto požadavky jsou stanoveny bodem 4.2.18 TSI ENE – Ochranná opatření proti úrazu elektrickým proudem.

Pro fázi realizace a po dokončení stavby musí zhotovitel provést ověření těchto dovolených dotykových napětí. Ověření je provedeno měřením dotykových napětí v souladu s normou ČSN EN 50122-1 ed. 3 přílohou F.

5 Požadavky na měření dotykových napětí dané vnitrostátními normami

Zhotovitel se řídí mimo jiné vyhláškami, vnitrostátními normami a evropskými normami, jejichž část týkající se podmínek staveb, elektrické trakce a její bezpečnosti je vypsána v kap. 2 a 3. Měření dotykových napětí jako zkouška je vnitrostátními předpisy vyžadována pouze v některých případech oproti požadavku TSI ENE, dle kterého se dotykové napětí musí změřit vždy.

Následující tabulka uvádí požadavky na měření dotykových napětí stanovenými vnitrostátními normami. Požadavek na změření dotykových napětí jen za určitých podmínek stanovují pouze dva předpisy – ČSN 34 1500 ed. 2 a TKP 29 Silnoproudá

technologická zařízení. Dle TKP 29 se měření dotkových napětí zajišťuje pouze u rozvodných stanic uvedených v normě ČSN 33 2000-5-54 ed. 3.

| Norma: ČSN 34 1500 ed. 2 | | Norma: ČSN 33 2000-5-54 ed. 3 | |
|---|---|-------------------------------|--|
| Bod 5.4.3.1 individuální ukolejnění | Dotková napětí je nutno kontrolovat, pokud chráněná konstrukce je izolována od základu nebo země | Bod NA.15.1 | Kroková napětí se měří jen ve zdůvodněných případech a měří se buď odpor uzemnění (mimo případu v NA.15.3 – při uzemňovací soustavě větší než 10 000 m ²) nebo dotková napětí v případech dle NA.15.2 |
| Body 5.4.3.1 a 5.5.8 skupinové ukolejnění a skupinová ochranná lana | Pokud je celková délka ukolejňovacího vodiče (platí i pro ochranná lana) od chráněné konstrukce k místu připojení ≥ 50 m, dotková napětí se musí zjišťovat | Bod NA.15.2 | V elektrických stanicích s napětím 110 kV a vyšším. V průmyslových závodech, na jejichž území je vybudována elektrická stanice s napětím 110 kV a vyšším. V ostatních elektrických zařízeních vvn, pokud jsou tam předepsány hodnoty dotkových napětí a nelze je prokázat jiným způsobem (např. výpočtem). |

Tabulka 1 Požadavky na měření dotkových napětí dle vnitrostátních norem

6 Měření dotkových napětí v TNS

Z hlediska zkoušek požadovaných TKP 29 a týkajících se dovolených dotkových napětí je uvedeno pouze změření odporu uzemnění jako celku. Povinnost měření dotkových a krokových napětí je dána jen u rozvodných stanic dle bodu NA.15.2 normy ČSN 33 2000-5-54 ed. 3 – tedy u všech rozveden, kde se vyskytuje napětí vvn (velmi vysoké napětí). Z tohoto vyplývá, že povinností zhotovitele změřit dotkové napětí je vždy u TNS soustavy 27 kV 50 Hz, které jsou napájeny ze sítě 110 kV. U soustavy DC 3 kV pouze u TNS, které jsou napájeny ze sítě 110 kV. Z praxe je zhotovitelem prováděno měření odporu zemnicí sítě nebo odporu uzemnění konstrukcí zpravidla vždy, měření dotkových napětí se vždy neprovádí.

7 Měření dotkových napětí na konstrukcích v blízkosti trakčního vedení

TKP 31 se nezabývá měřením dotkových napětí. Jedinou normou, která za uvedených podmínek nařizuje provedení měření dotkových napětí je norma ČSN 34 1500 ed. 2, která uvádí povinnosti měřit dotková napětí pouze při překročení délky ukolejňovacího nebo ochranného vodiče 50 m a více a u konstrukcích izolovaných od

země. To jsou jediné normové podmínky, kdy zhotovitel musí přímo změřit dotyková napětí na trati dané vnitrostátními předpisy.

8 Požadavky na subjekt provádějící měření

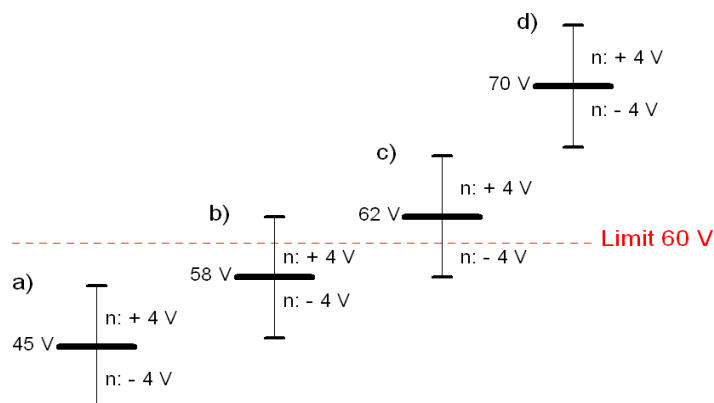
Pro akceptování výsledků měření pro posouzení interoperability od jiných subjektů musí notifikovaná osoba přezkoumat vhodnost provedení takového měření a prověřit způsobilost subjektu k provádění měření. Požadavky na subjekty provádějící měření stanovuje dokument MRA1044 v příloze F, kterým se musí řídit všechny notifikované osoby. Dokument definuje dvě možnosti.

V případě, že je subjekt provádějící měření pro danou zkoušku akreditovaný dle ČSN EN ISO/IEC 17025, notifikovaná osoba přezkoumá pouze akreditační certifikát (měření musí být v rozsahu akreditace) a přezkoumá protokol, jestli obsahuje informace o akreditaci.

V případě, že subjekt provádějící měření není pro danou zkoušku akreditovaný dle ČSN EN ISO/IEC 17025, musí notifikovaná osoba provést přezkoumání všech požadavků dokumentu MRA1044 v souladu s přílohou F kap. F.2. Kontrola splnění uvedených kapitol, které se odkazují na požadavky normy EN ISO/IEC 17025:2017, musí být provedena před provedením měření. Pokud jakákoliv z uvedených kapitol normy ČSN EN ISO/IEC 17025 není splněná, není měření přijato a musí být zopakováno.

9 Nejistoty měření

Vyhodnocování nejistot měření v protokolech v souladu s kap. 7.6 normy ČSN EN ISO/IEC 17025 je jedním z požadavků dokumentu MRA1044 na subjekty provádějící měření. Nejistota měření se podílí na vyhodnocení splnění nebo nesplnění limitů. Obrázek 1 níže ukazuje principiální vliv nejistot měření na celkový výsledek. Příklad je dán pro AC soustavu, kde pro dobu delší než 300 s je limitní dotykové dlouhodobé napětí 60 V dle normy ČSN EN 50122-1 ed. 3. Jako příklad je uvedena nejistota měření ± 4 V.



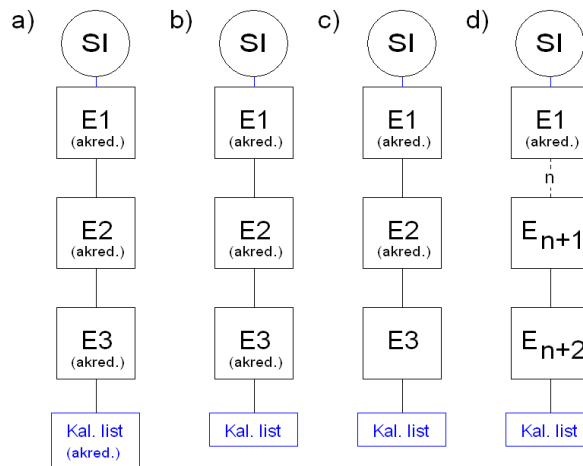
Obrázek 1 Princip vlivu nejistot měření na výsledek – a) změřená hodnota 45 V \pm 4 V, b) změřená hodnota 58 V \pm 4 V, c) změřená hodnota 62 V \pm 4 V, d) změřená hodnota 70 V \pm 4 V

Hodnotu měření příkladu a) lze přijmout, ostatní příklady b) až d) přijmout nelze. Pro příklad b) lze provést opakované měření stejným přístrojem nebo přístrojem s nižší

nejistotou měření. Příklady c) a d) jsou nad dovolenou limitní hranicí a je nutné přijmout opatření pro snížení rizika způsobeného dotykovým napětím.

10 Metrologická návaznost

V souladu s dokumentem MRA1044 a s kap. 6.5 normy ČSN EN ISO/IEC 17025 musí být kontrolována metrologická návaznost pro zajištění nepřerušenoho řetězce kalibrací. Konkrétně se jedná o doložení návazných kalibračních listů k etalonům vyplývajícím z kalibračního listu měřicího přístroje.



Obrázek 2 Princip posuzování kalibračních listů navazujících etalonů až k jednotkám SI

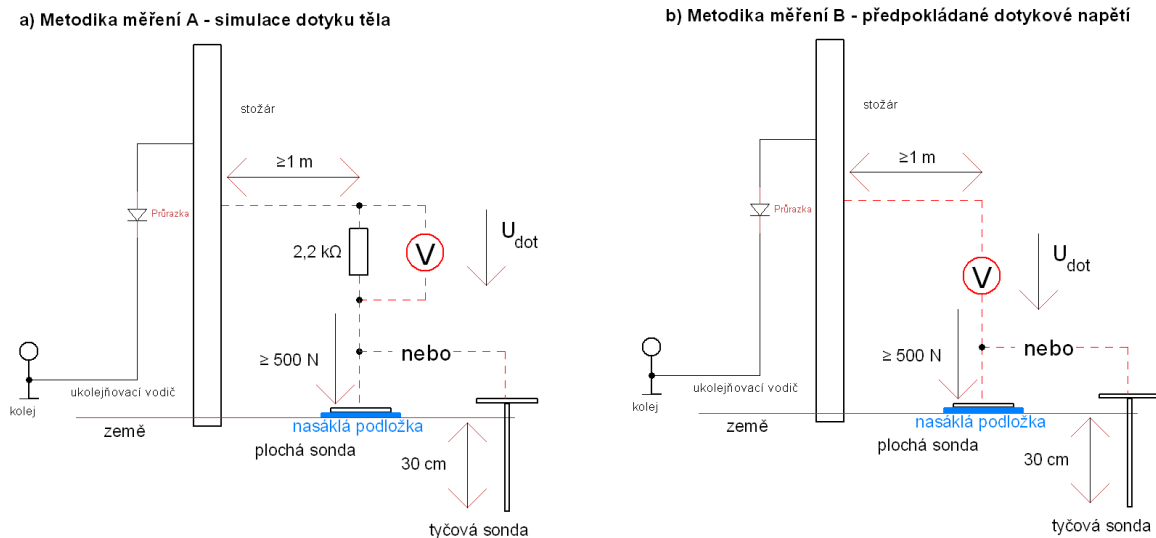
Obrázek 2 ukazuje čtyři příklady a) až d) – principem je ukázat kontrolu metrologické návaznosti pomocí dodaných kalibračních listů k měřicímu přístroji (Kal. list) a k vyšším etalonům (E_n). V příkladu a) je měřicí přístroj kalibrován akreditovanou laboratoří – notifikovaná osoba zkontroluje pouze kalibrační list měřicího přístroje a jeho akreditační značku. V příkladech b) až d) není měřicí přístroj kalibrován akreditovanou laboratoří nebo není využita akreditovaná kalibrace – notifikovaná osoba musí zkontrolovat kalibrační list měřicího přístroje a dále musí zkontrolovat kalibrační listy vyšších etalonů, dokud se nedostane k etalonu s kalibračním listem od akreditované laboratoře. Tzn., že v příkladu b) se zkontrolují pouze dva kalibrační listy, v příkladu c) se zkontrolují tři kalibrační listy a v příkladu d) $n+4$ kalibračních listů.

11 Požadavky na metodiku měření

Metodika měření dotykových napětí je dána přílohou F normy ČSN EN 50122-1 ed. 3, dotyková napětí je možné měřit dvěma způsoby. Měření dotykového napětí na paralelním odporu 2200Ω simulující odpor těla a bot nebo měření tzv. předpokládaného dotykového napětí, které se provádí připojením voltmetru na konstrukci a vhodnou zemní elektrodu bez paralelního odporu. Dovolené dotykové napětí bude vždy nižší než předpokládané dotykové napětí.

Měření se provádí ve vzdálenosti 1 m a více od konstrukce s vhodnou zemní elektrodou pro simulaci nohou. Může se zvolit buď plochá elektroda s celkovou plochou 400 cm^2 , která se musí zatížit minimální silou 500 N, nebo se může zvolit tyčová sonda o průměru 2 cm a délce 30 cm. Při měření dotykových napětí na betonu

nebo na suché půdě musí být mezi elektrodu a povrch vložena mokrá látka nebo vrstva vody. Metodika měření je zobrazena na schématu měření níže, viz Obrázek 3.



Obrázek 3 Schéma měření pro metodiku A a metodiku B dle ČSN EN 50122-1 ed. 3

12 Přímé měření dotykových napětí podél trati

V praxi probíhá měření dlouhodobých dotykových většinou bez předřadných odporů měřením předpokládaného dotykového napětí vůči sondám v souladu s ČSN EN 50122-1 ed. 3 (metodika měření B viz kap. 8). Předpokládané dotykové napětí je fyzikálně větší než dotykové napětí měření paralelně k odporům. Pokud naměřená hodnota předpokládaného dotykového napětí vyjde pod limitem stanoveným normou ČSN EN 50122-1 ed. 3, nemusí se provádět měření s paralelními odpory. V opačném případě se provede měření vůči paralelním odporům simulující odpor těla a bot (metodika měření A kap. 8).

Provádí se také měření napětí mezi konstrukcí a kolejí, jehož účelem je spíše změření samotného potenciálu kolejnice vůči konstrukci než samotného dotykového napětí. Zvýšený potenciál koleje může zapříčinit vznik nebezpečného dotykového napětí na blízkých konstrukcích. V praxi se ukazuje, že naměřené efektivní hodnoty potenciálu kolejnice dosahují desítky voltů a při rozjezdu vlaku na krátký okamžik i např. přes 100 V. Při volbě tohoto měření by mělo vždy dojít k měření dotykového napětí na blízkých konstrukcích ohrožených zvýšeným potenciálem koleje – tímto se zjistí, jestli vyšší potenciál v koleji nezapříčinil zvýšení dotykového napětí na konstrukcích nad limit stanovený normou ČSN EN 50122-1 ed. 3.

13 Měření dotykových napětí v napájecích a spínacích stanicích

Z praxe a v souladu s vnitrostátními normami se v TNS a SpS neprovádí měření dlouhodobých dotykových napětí. V TNS a v SpS jsou prováděny pouze měření dotykových napětí při zkratech.

Při zjišťování krátkodobých dotykových napětí v TNS a SpS se také využívá metoda vybuzení zemní soustavy zdrojem, který injektuje do zemní soustavy proud známé

hodnoty (mohou být jednotky A). Změří se dotyková napětí a následně se přepočítají na zkratové poměry.

14 Závěr

Pro účely posouzení interoperability v souladu s TSI ENE musí být provedeno měření dotykových napětí v souladu s normou ČSN EN 50122-1 ed. 3 vždy při každém posouzení, pokud je to relevantní. Nicméně samotné naplnění požadavků normy ČSN EN 50122-1 ed. 3 ohledně metodiky měření nestačí. Musí být také splněny veškeré požadavky dokumentu MRA1044 a normy ČSN EN ISO/IEC 17025 zabývající se způsobilostí subjektu provádějícího měření a jeho vybavením, které se musí prověřit před provedením měření, jinak hrozí opakování měření. Článek uvádí obecné požadavky, které posuzovatel notifikované osoby musí prověřit u každého subjektu před přijetím protokolu.

Literatura

- [1] EUROPEAN UNION AGENCY FOR RAILWAYS. *Technical document MNB – ERA Assessment Scheme 000MRA1044 ver 2.0* [online]. 2022, 13.12.2022 [cit. 2024-03-15]. Dostupné z: <https://www.era.europa.eu/system/files/2022-12/Technical%20Document%20Requirements%20for%20NoBos%20ver%202.0.pdf?t=1710364965>
- [2] EUROPEAN UNION AGENCY FOR RAILWAYS. Application Guide GUI/ENE TSI/2023 (Guide for the application of the ENE TSI) [online]. 2023 [cit. 2024-03-15]. Dostupné z: https://www.era.europa.eu/system/files/2023-12/ENE_TSI_Guide.pdf?t=1710356197
- [3] EUR-Lex. *NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1301/2014 (konsolidované znění z 2023)* [online]. 2023 [cit. 2024-03-15]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:02014R1301-20230928>
- [4] ČSN EN 50122-1 ed. 2 + A1:2011: *Drážní zařízení – Pevná trakční zařízení – Elektrická bezpečnost, uzemňování a zpětný obvod – Část 1: Ochranná opatření proti úrazu elektrickým proudem* [online]. ICS 29.120.50; 29.280. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. Dostupné z: [ČSN online pro firmy s více uživateli \(agentura-cas.cz\)](https://cas.cas.cz/online-pro-firmy-s-vice-uzivateli-agentura-cas.cz)
- [5] ČSN EN 50122-1 ed. 3: *Drážní zařízení – Pevná trakční zařízení – Elektrická bezpečnost, uzemňování a zpětný obvod – Část 1: Ochranná opatření proti úrazu elektrickým proudem* [online]. ICS 29.280. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2023. Dostupné z: [ČSN online pro firmy s více uživateli \(agentura-cas.cz\)](https://cas.cas.cz/online-pro-firmy-s-vice-uzivateli-agentura-cas.cz)
- [6] ČSN EN ISO/IEC 17025: *Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří* [online]. ICS 03.120.20. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018. Dostupné z: [ČSN online pro firmy s více uživateli \(agentura-cas.cz\)](https://cas.cas.cz/online-pro-firmy-s-vice-uzivateli-agentura-cas.cz)

[7] ČSN 33 2000-5-54 ed. 3: Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení – Uzemnění a ochranné vodiče [online]. ICS 29.020, 91.140.50. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. Dostupné z: [ČSN online pro firmy s více uživateli \(agentura-cas.cz\)](https://agentura-cas.cz)

[8] ČSN 34 1500 ed. 2: Drážní zařízení – Pevná trakční zařízení – Předpisy pro elektrická trakční zařízení [online]. ICS 29.280. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009. Dostupné z: [ČSN online pro firmy s více uživateli \(agentura-cas.cz\)](https://agentura-cas.cz)

[9] ČSN 34 1530 ed. 2: Drážní zařízení – Elektrická trakční vedení železničních drah celostátních, regionálních a vleček [online]. ICS 29.280; 45.020. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. Dostupné z: [ČSN online pro firmy s více uživateli \(agentura-cas.cz\)](https://agentura-cas.cz)

[10] TECHNICKÉ KVALITATIVNÍ PODMÍNKY STAVEB STÁTNÍCH DRAH Kapitola 29: SILNOPROUDÁ TECHNOLOGICKÁ ZAŘÍZENÍ [online]. Změna č. 10 - třetí aktualizované vydání. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, 2016 [cit. 2024-03-15]. Dostupné z: https://typdok.tudc.cz/files/tkp/TKP29_2016_11.pdf

[11] TECHNICKÉ KVALITATIVNÍ PODMÍNKY STAVEB STÁTNÍCH DRAH Kapitola 31: TRAKČNÍ VEDENÍ [online]. Změna č. 5 - třetí aktualizované vydání. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, 2006 [cit. 2024-03-15]. Dostupné z: https://typdok.tudc.cz/files/tkp/TKP31_2006_09.pdf

Použité zkratky

AC – střídavý elektrický proud

DC – stejnosměrný elektrický proud

En – n-tý etalon

ERA – Evropská agentura pro železnice (European Union Agency for Railways)

EU – Evropská unie

SpS – spínací stanice

TBZ – technicko bezpečnostní zkouška

TKP – technické kvalitativní podmínky staveb

TNS – trakční napájecí stanice

TSI ENE – NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1301/2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému energie železničního systému v Unii

U_{dot} – dotykové napětí

V, kV – voltmetr, volt, kilovolt

m, cm – metr, centimetr

s – sekunda

Hz – hertz

Ω , $k\Omega$ – ohm, kiloohm

N – newton

vvn – velmi vysoké napětí

Praha, březen 2024

Lektorovali:

Ing. Jiří Cigánek, Správa železnic, státní organizace

Ing. Martin Kulveit, Tepelná čerpadla Morava s.r.o.