




Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	Zpracování připomínek	10.2016
02	-	-
03	-	-

Investor:	Ministerstvo dopravy	Ministerstvo dopravy nábřeží Ludvíka Svobody 1222 110 15 Praha 1
-----------	----------------------	--

Zhotovitel:	SDRUŽENÍ SP + SPB TSI ENE	Zastoupené společnosti SUDOP PRAHA a.s. Olšanská 1a, 130 80 Praha 3 tel.: +420 267 094 111 e-mail: praha@sudop.cz
 		
Hlavní inženýr projektu: ING. JAROSLAV PEROUTKA		Datum: 07/2016

Středisko: ELEKTROTECHNIKY, TRAKCE, SDĚLOVACÍ A ZABEZPEČOVACÍ TECHNIKY			
Vedoucí střediska:  ING. MARTIN RAIBR	Odpovědný projektant SO, IO, PS:  ING. JAROSLAV PEROUTKA	Vypracoval: -	Kontroloval:  ING. MARTIN RAIBR

Název akce:	Číslo smlouvy:
Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ve vazbě na priority programového období 2014-2020 a naplnění požadavků TSI ENE	15 523 208
	Projektový stupeň: Studie
Část:	Datum:
TECHNICKÉ ŘEŠENÍ	07/2016
	Číslo částí: 6.

**Studie „Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ve
vazbě na priority programového období 2014-2020 a naplnění
požadavků TSI ENE“**

6. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

<i>Objednatel</i>	Česká republika – Ministerstvo dopravy
<i>Zpracovatel</i>	SUDOP Praha a. s.
	SUDOP Brno, spol.sr.o.

Objednatel:

Česká republika – Ministerstvo dopravy
nábřeží Ludvíka Svobody 1222
110 15 Praha 1

Zhotovitel:

SUDOP PRAHA a.s
Olšanská 1a
130 80 Praha 3

SUDOP Brno, spol. s r.o.
Kounicova 688/26
611 36 Brno – střed

Obsah

6.1 Zabezpečovací zařízení.....	3
6.1.1 Vlastní technické řešení	3
6.1.2 Investiční náklady.....	4
6.1.3 Vazba na jiné stavby.....	4
6.1.4 Provizorní styková místa	4
6.2 Sdělovací zařízení	6
6.2.1 Dálkové metalické kabely.....	6
6.2.2 Traťové metalické kabely	6
6.2.3 Dálkové (i závěsné) optické kabely ČD-Telematika a.s.	7
6.2.4 Dálkové (i závěsné) optické kabely SŽDC s.o.	7
6.2.5 Hybridní dálkové kabely.....	8
6.2.6 Přípojný železniční tratě bez připojení pomocí sdělovacích kabelů SŽDC s.o.	9
6.2.7 Místní kabelizace v jednotlivých ŽST.....	9
6.2.8 Přenosový systém	10
6.2.9 Telefonní zapojovače	11
6.2.10 Traťové radiové systémy.....	12
6.2.11 Dispečerská řídicí technika.....	12
6.2.12 Návrh opatření pro případné rušení veřejných sdělovacích sítí	13
6.2.13 Porovnání dvou koncepcí návrhů traťových kabelů.....	14
6.3 Silnoproudá technologie	16
6.3.1 Posouzení střídavá x stejnosměrná trakce.....	16
6.3.2 Technické řešení napájení.....	17
6.4 Železniční spodek a svršek	28
6.5 Mosty	29
6.6 Trakční vedení	30
6.6.1 Popis a postup řešení TV	30
6.6.2 Ochrana před úrazem elektrickým proudem.....	51
6.7 Protikoroze ochrana – bludné proudy	52
6.7.1. DC trakční proudová soustava	52
6.7.2. AC trakční proudová soustava	67
6.7.3 Náklady spojené s bludnými proudy	69
6.8 Harmonogram přechodu na jednotný napájecí systém 25kV	71

6.1 Zabezpečovací zařízení

6.1.1 Vlastní technické řešení

Pro vlastní technické řešení byla zpracována tabulka s názvem Úpravy zabezpečovacích zařízení, která se nachází v části 9.10. V této tabulce je uvedeno, zda SZZ nebo TZZ vyhovuje či ne. Pokud je zařízení vyhovující, uvažuje se většinou pouze výměna jeho kabelizace, v některých případech dochází i k výměně prostředků pro kontrolu volnosti úseků. Investiční náklady na výměnu jsou uvedeny v příslušných sloupcích tabulky. Výjimečně se v některých úsecích nacházejí zařízení, která vyhovují i včetně kabelizace a prostředků pro kontrolu volnosti. Při provádění výměn kabelizace je počítáno i s případnými vyvolanými stavebními úpravami v kabelovodech, kabelových stoupačkách, prostupech a na kabelových stojanech.

Pokud je zařízení nevyhovující, je navrženo jeho nahrazení zařízením novým, investiční náklady jsou komplexní a jsou uvedeny opět v příslušném sloupci tabulky. Nově zřizovaná zabezpečovací zařízení budou elektronická, budou 3. kategorie, musí umožňovat zapojení do DOZ a musí být schopna součinnosti s ETCS. U SZZ jsou v samostatném sloupci tabulky uvedeny navíc investiční náklady na zřízení technologického objektu pro umístění zařízení, zřízení těchto technologických objektů bude v dalších projektových stupních předmětem samostatných SO a bude řešeno ve stavebních částech staveb.

Při přechodu na trakční soustavu 25 kV / 50 Hz bude nutné provést úpravy napájení pro některá SZZ včetně vstupních částí napájecích obvodů. V případě, že SZZ je napájeno ze zařízení DAK, je uvažováno s demontáží DAK a navrhuje se zřízení transformátoru pro napájení SZZ z trakčního vedení 25 kV / 50 Hz včetně zřízení nové elektrické přípojky. V souvislosti s tím bude nutné upravit, respektive vyměnit vstupní napájecí rozvaděč SZZ. Pokud je SZZ ve stávajícím stavu napájeno pouze z místní sítě a nebo je navrženo zřízení úplně nového SZZ, navrhuje se též zřízení transformátoru pro napájení SZZ z trakčního vedení 25 kV / 50 Hz včetně zřízení nové elektrické přípojky. Investiční náklady na úpravy napájení jsou komplexně uvedeny v příslušném sloupci tabulky a cena je určena dle rozsahu úprav. Úpravy napájení nejsou navrhovány v úsecích, kde je dnes zajištěno napájení SZZ z magistralního drážního rozvodu 6 kV / 50 Hz. Dále nejsou úpravy napájení navrhovány na neelektrizovaných tratích.

V samostatném sloupci jsou uvedeny náklady na výměnu nevyhovujících PZS. Výměna PZS je uvažována jak u PZS které nevyhovují svým typem, tak i v obvodech všech SZZ, kde se navrhuje zřídit nové zařízení.

6.1.2 Investiční náklady

Pro stanovení investičních nákladů byla použita cenová rozvaha zabezpečovacích zařízení, zpracovaná v minulých letech pro SŽDC s.o. Další potřebné cenové ukazatele byly navrženy podle již realizovaných projektů. Jednotkové ceny, vztahující se k výhybkovým jednotkám a k délkám úseků v km jsou v tabulce korigovány a liší se v závislosti na velikosti ŽST, délce úseku, počtu traťových kolejí a charakteru trati.

6.1.3 Vazba na jiné stavby

U některých tratí se předpokládá modernizace či optimalizace v rámci samostatných staveb a je zde plánováno zřízení nových zabezpečovacích zařízení z jiných investičních prostředků. Tato nová zabezpečovací zařízení budou již navržena tak, aby trakční proudové soustavě 25 kV / 50 Hz vyhověla. Náklady na zřízení těchto nových zabezpečovacích zařízení jsou v tabulce uvedeny, nejsou však započítávány v plné míře. Do investičních nákladů se započítává pouze navýšení ceny zařízení, které plyne z úprav pro trakční soustavu 25 kV / 50Hz. Navýšením se myslí rozdíl v ceně zabezpečovací kabelizace a v napájecí části SZZ. Na takto řešené úseky je upozorněno poznámkou.

6.1.4 Provizorní styková místa

V průběhu přepínání systémů trakčního napájení budou vznikat provizorní styková místa mezi systémy 3 kV a 25 kV s neutrálními poli a s nutností rozdělení kolejových obvodů. Tato provizorní styková místa budou většinou situována do traťových úseků. Proto je nutné počítat s dočasnými provizorními úpravami TZZ. Uvažovány jsou dvě varianty úprav, které se liší následovně.

Varianta č.1 – pro dvoukolejné tratě s automatickým blokem a s traťovou rychlostí 130 až 160 km/h. Tato varianta předpokládá úplné doplnění potřebných kolejových obvodů do automatického bloku a neomezuje dopravu. Je zachován přenos kódu VZ, provádí se úpravy ETCS a DOZ, řešení uvažuje s investičními náklady cca 28.000.000,- Kč. Konkrétně se ve variantě č.1 uvažuje v místě styků trakcí s rozdělením dotčeného traťového kolejového obvodu na tři s příslušným doplněním kabelizace do přílehlé ŽST včetně zřízení vnitřní výstroje a úpravy všech software (AB, DOZ, ETCS). Jak již bylo uvedeno, bude tato varianta vhodná k použití zejména na tratích s rychlostí 130 – 160 km/h s tím, že zde bude převažovat vozba s lokomotivami s VZ a ETCS nebude ještě tolik rozšířeno. S postupným rozšiřováním nasazení ETCS bude počet provizorních stykových míst zabezpečených dle varianty č.1 klesat.

Varianta č.2 – pro dvoukolejné i jednokolejné tratě s automatickým blokem nebo s automatickým hradlem s kolejovými obvody a s traťovou rychlostí do 120 km/h. Tato varianta předpokládá zřízení provizorního reléového domku na trati s výstrojí počítačů náprav. Místo styku bude překryto počítači náprav, které v daném prostoru nahradí kolejové obvody. Údaje o volnosti úseků počítačů náprav

budou do přilehlých ŽST přeneseny po stávající kabelizaci. V této variantě nebude v oblasti provizorního stykového místa přenášen kód VZ, proto zde bude rychlost vlaků omezena na 100 km/h. Pouze vlaky jedoucí pod dohledem ETCS nebudou rychlostně omezeny. Proto bude tato varianta vhodná i pro tratě s traťovou rychlostí vyšší než 120, pokud na takové trati bude již převažovat vozba pod dohledem ETCS. U varianty č.2 není nutné provádět úpravy ETCS a DOZ, řešení uvažuje s investičními náklady cca 9.500.000,- Kč pro dvoukolejnou trať a 7.500.000,- Kč pro jednokolejnou trať.

6.2 Sdělovací zařízení

6.2.1 Dálkové metalické kabely

Dálkové metalické kabely typu DCKQ xxx, jak na elektrifikovaných tratích, tak i na přípojných tratích je navrženo před přepnutím ze stejnosměrné trakce 3kV na střídavou trakci 25kV/50Hz zrušit bez náhrady. Podél stávajících elektrifikovaných tratí budou zrušena veškerá ukončení Dálkových metalických kabelů v jednotlivých ŽST a výpichy z těchto Dálkových metalických kabelů v dalších objektech. Dálkové metalické kabely na přípojných tratích budou zrušeny do bezpečné vzdálenosti od nově elektrifikované tratě střídavou trakcí 25kV/Hz. To znamená do vzdálenosti cca 5km a do nejbližší dopravní nebo ŽST na přípojně trati. Kabelové skříně, kabelové stojany, kabelové závěry a další zařízení na těchto DK budou demontovány do šrotu. Výpichy a ukončení kabelů budou uřezána u vstupů do jednotlivých objektů. Dálkové metalické kabely budou ponechány v zemi. Nepředpokládá se jejich vytahování ze země.

Vzdálenost 5km je požadována od stykového pásma ze strany DC trakční proudové soustavy. Optický kabel musí nahrazovat stávající metalický do nejbližší stanice. Na OK musí být nasazen příslušný přenosový systém, který musí být umístěn ve stanici. Dále v ČSN 34 2040 čl.33 „Účinky trakčních vedení na sdělovací a zabezpečovací vedení“ je uvedena oblast indukční vazby v okruhu do 5km. V praxi bude vliv doložen výpočtem a učiněna příslušná opatření.

6.2.2 Traťové metalické kabely

Traťové metalické kabely TCEKEY, TCEPKPFLEY xxXN0, 8, jak na elektrifikovaných tratích, tak i na přípojných tratích je navrženo před přepnutím ze stejnosměrné trakce 3kV na střídavou trakci 25kV/50Hz zrušit bez náhrady. Podél stávajících elektrifikovaných, budou zrušena veškerá ukončení Traťových metalických kabelů v jednotlivých ŽST a výpichy z těchto Dálkových metalických kabelů v dalších objektech. Traťové metalické kabely na přípojných tratích budou zrušeny do bezpečné vzdálenosti od nově elektrifikované tratě střídavou trakcí 25kV/Hz. To znamená do vzdálenosti cca 5km a do nejbližší dopravní nebo ŽST na přípojně trati. Kabelové skříně, kabelové závěry a další zařízení na těchto Traťových kabelů budou demontovány do šrotu. Výpichy a ukončení kabelů budou uřezána u vstupů do jednotlivých objektů. Traťové metalické kabely budou ponechány v zemi. Nepředpokládá se jejich vytahování ze země.

Traťové metalické kabely TCEKEZE, TCEPKPFLEZE xxXN0,8 musí být upraveny a hlavně musí být přizemněny pláště na všech vývodech jak v jednotlivých ŽST, tak i v ostatních objektech, kde jsou tyto kabely vyvedeny. Kromě toho budou na základě vlivu rušivého a nebezpečného napětí indukovaného do vodiče v kabelu zřizovány na plášti kabelu doplňková mezilehlá uzemnění v hodnotě max. 10 ohmů v průměrné vzdálenosti 1km. Budou zkontrolována ukončení metalických kabelů, případně budou tato ukončení opravena. Dále budou, tam kde nejsou provedeny, doplněny

bleskojistky na neochráněné žíly jednotlivých kabelů, stejně tak budou doplněny oddělovací translátory. Ve skříních bude též umístěna výstražná tabulka pro zařízení pod vlivem vvn vedení. Musí být tedy provedena veškerá opatření dle ustanovení ČSN 34 20 40 Předpisy pro ochranu sdělovacích a zabezpečovacích vedení a zařízení před nebezpečnými a rušivými vlivy elektrické trakce 25 kV/50Hz.

Tam, kde nevyhoví stávající traťové kabely požadavkům nebo žádné traťové metalické kabely nejsou ani v současné době vystavěny, je navrženo vybudovat nové traťové kabely, které splní veškeré podmínky provozu pod elektrickou trakcí 25kV/50Hz. Kapacita (počet čtyřek) i nutnost výstavby těchto nových traťových kabelů bude dále řešena na jednotlivých tratích dle potřeb provozu v dalších etapách přechodu na střídavou trakci 25kV/50Hz.

6.2.3 Dálkové (i závěsné) optické kabely ČD-Telematika a.s.

Dálkové optické kabely ČD-Telematika a.s. ze své podstaty nejsou ohroženy nebezpečnými vlivy trakce 25kV/50Hz a tak při přepnutí na tuto střídavou trakci 25kV/50Hz, není třeba na nich provádět žádná opatření proti nebezpečným vlivům elektrické trakce 25kV/50Hz.

6.2.4 Dálkové (i závěsné) optické kabely SŽDC s.o .

Ve stávajícím stavu jsou podél jednotlivé elektrifikované železniční úseky vybaveny:

- 1) Stávající DOK do 48 vláken (např. Benešov u Prahy – Praha Hostivař)
- 2) Stávající DOK 72 vláken a více (např. Kolín – Pardubice)
- 3) Stávající (např. Praha Holešovice – Kralupy nad Vltavou)
- 4) Bez stávajícího DOK (např. Lysá nad Labem – Ústí nad Labem)

Řešení jednotlivých případů je navrženo následující:

- 1) Železniční úseky se stávajícím DOK do 48 vláken

Z důvodu rušení starých Dálkových metalických kabelů a vzrůstem dalších nároků na vlákna v dálkových optických kabelech, je navrženo položit druhý optický kabel tzv. Traťový optický kabel (TOK) s minimálně 48 vlákny. Tento TOK bude zafouknut buď do rezervní HDPE trubky 40/33 nebo bude položena nová HDPE trubka 40/33 pro tento TOK. TOK bude vyváděn dle potřeb technologií na různých místech podél železniční trati (např. přejezdy) . Ve výsledku tedy podle určených železničních tratí budou položeny dva optické kabely a to Dálkový optický kabel a Traťový optický kabel.

- 2) Železniční úseky se stávajícím DOK 72 vláken a více

Pokud je podél železniční ho úseku položen Dálkový optický kabel s počtem 72 vláken a více nebude pokládán nový Traťový optický kabel (TOK). Stávající DOK bude upraven a nově vyveden dle potřeb technologií. Tedy např. u přejezdů a na zastávkách. Kapacitně tedy tento DOK vyhoví na zvýšené nároky na počet vláken v optických kabelech.

3) Železniční úseky se stávajícím DOK 2x DOK do 48 vláken

Pokud jsou podél železniční ho úseku položeny dva Dálkové optické kabely v součtu vláken minimálně 72 vláken a více nebude pokládán nový Traťový optický kabel (TOK). Jeden z DOK bude přejmenován na Traťový optický kabel a tento TOK bude upraven a nově vyveden dle potřeb technologií. Tedy např. u přejezdů a na zastávkách. Kapacitně tedy tyto DOK a TOK vyhoví na zvýšené nároky na počet vláken v optických kabelech.

4) Železniční úseky bez stávajícího DOK

Podél těchto železničních úseků je navrženo položit dvě HDPE trubky 40/33. Do každé z těchto HDPE trubek bude zafouknut optický kabel s 48-mi vlákny. Jeden z těchto optických kabelů bude veden jako Dálkový optický kabel a bude vyváděn jen v Železničních stanicích. Druhý optický kabel pak bude tkzv. Traťový optický kabel (TOK) a bude vyváděn, jak v Železničních stanicích, tak např. u přejezdů a na zastávkách podle potřeb technologií.

Dálkové optické kabely položené na přípojných železničních tratích do elektrifikovaných železničních tratí nemusejí být nijak upravovány. Vliv přepnutí ze stejnosměrné trakce 3kV na střídavou trakci 25kV/50Hz na ně je nulový. Pouze na požadavek správců a provozovatelů mohou být tato dálkové optické kabely vyměněny za dálkové optické kabely s vyšším počtem vláken. Jejich výměna pak proběhne tak, že stávající DOK budou vytaženy ze stávajících HDPE trubek 40/33 a na jejich místo budou zafouknuty nové dálkové optické kabely.

6.2.5 Hybridní dálkové kabely

Hybridní dálkové kabely TCEPKPFLEY xxXN0,8+xxvláken (SM) na přípojných tratích je navrženo před přepnutím ze stejnosměrné trakce 3kV na střídavou trakci 25kV/50Hz zrušit bez náhrady. Hybridní dálkové kabely na přípojných tratích budou zrušeny do bezpečné vzdálenosti od nově elektrifikované tratě střídavou trakcí 25kV/Hz. To znamená do vzdálenosti cca 5km a do neblíže dopravní nebo ŽST na přípojně trati. Kabelové skříně, kabelové závěry a další zařízení na těchto Hybridních kabelů budou demontovány do šrotu. Výpichy a ukončení kabelů budou uřezána u vstupů do jednotlivých objektů. Traťové metalické kabely budou ponechány v zemi. Nepředpokládá se jejich vytahování ze země.

Hybridní dálkové kabely TCEPKPFLEZE xxXN0,8+xxvláken (SM) musí být upraveny a hlavně musí být přizemněny pláště na všech vývodech jak v jednotlivých ŽST, tak i v ostatních objektech, kde jsou tyto kabely vyvedeny. Kromě toho budou na základě vlivu rušivého a nebezpečného napětí indukovaného do vodiče v kabelu zřizovány na plášti kabelu doplňková mezilehlá uzemnění v hodnotě max. 10 ohmů v průměrné vzdálenosti 1km. Budou zkontrolována ukončení metalických kabelů, případně budou tato ukončení opravena. Dále budou, tam kde nejsou provedeny, doplněny bleskojistky na neochráněné žíly jednotlivých kabelů, stejně tak budou doplněny oddělovací translatory. Ve skříních bude též umístěna výstražná tabulka pro zařízení pod vlivem vvn vedení. Musí být tedy provedena veškerá opatření dle ustanovení ČSN 34 20 40 Předpisy pro ochranu

sdělovacích a zabezpečovacích vedení a zařízení před nebezpečnými a rušivými vlivy elektrické trakce 25 kV/50Hz.

Tam, kde nevyhoví stávající hybridní kabely požadavkům, je navrženo vybudovat nové traťové kabely, které splní veškeré podmínky provozu pod elektrickou trakcí 25kV/50Hz. Traťový metalický kabel bude v provedení TCEPKPFLEZE xxXN0,8. Kapacita (počet čtyřek) i nutnost výstavby těchto nových traťových kabelů bude dále řešena na jednotlivých tratích dle potřeb provozu v dalších etapách přechodu na střídavou trakci 25kV/50Hz. Dále je zde navrženo vybudovat nové Přípojně optické kabely s potřebným počtem optických vláken. Optické kabely budou zafouknuty do předpoložených HDPE trubek 40/33. Je též navrženo vždy položit HDPE trubku 40/33 rezervní. Přípojně optické kabely budou v provedení (SM) s počtem vláken 12 a vyšší, dle požadavků provozu.

Jestliže již nyní kapacitně nepostačuje u přípojně železniční tratě počet vláken ve stávajícím Hybridním dálkovém kabelu TCEPKPFLEZE xxXN0,8+xxvláken (SM), je navrženo položit nový přípojný optický kabel potřebného profilu i k tomuto stávajícímu Hybridnímu dálkovému kabelu.

6.2.6 Přípojně železniční tratě bez připojení pomocí sdělovacích kabelů SŽDC s.o.

Na všech přípojných železničních tratích zaústěných do elektrifikovaných tratí, na které nejsou vůbec připojeny některým ze sdělovacích kabelů SŽDC s.o., je navrženo do bezpečné vzdálenosti od nově elektrifikované tratě střídavou trakcí 25kV/Hz nový traťový a nový přípojný optický kabel. To znamená položení těchto kabelů do vzdálenosti cca 5km od elektrifikované trati a do nejbližší dopravní nebo ŽST na přípojně trati. Traťový metalický kabel bude v provedení TCEPKPFLEZE xxXN0,8. Nové traťové kabely, které splní veškeré podmínky provozu pod elektrickou trakcí 25kV/50Hz. Kapacita (počet čtyřek) i nutnost výstavby těchto nových traťových kabelů bude dále řešena na jednotlivých tratích dle potřeb provozu v dalších etapách přechodu na střídavou trakci 25kV/50Hz. Dále je zde navrženo vybudovat nové Přípojně optické kabely s potřebným počtem optických vláken. Optické kabely budou zafouknuty do předpoložených HDPE trubek 40/33. Je též navrženo vždy položit HDPE trubku 40/33 rezervní. Přípojně optické kabely budou v provedení (SM) s počtem vláken 12 a vyšší, dle požadavků provozu.

Tyto tratě většinou využívají pro komunikaci veřejného operátora. Z důvodů řešení zabezpečovacího zařízení a řízení tratí se navrhuje využití zemních prací a vybudovat optické připojení do nejbližší ŽST na vedlejší trati.

6.2.7 Místní kabelizace v jednotlivých ŽST

Místní metalické kabelizace v jednotlivých ŽST, jejichž provedení je kabely TCKQ, TCEKEY, TCEPKPFLEY xxXN0,6 (0,8) musí být kompletně nově vystavěny a nahrazeny kabely typu TCEPKPFLEZE xxXN0,6 (0,8) před přepnutím trakční soustavy ze stejnosměrné trakce 3kV na střídavou trakci 25kV/50Hz. Nové místní metalické kabely TCEPKPFLEZE xxXN0,6 (0,8) musí mít

přízemněny pláště na všech vývodech jak ve sdělovacích místnostech, tak i v ostatních objektech, kde jsou tyto kabely vyvedeny. Pokud budou některé místní metalické kabely delší než 1 km, pak budou na základě vlivu rušivého a nebezpečného napětí indukovaného do vodiče v kabelu zřizovány na plášti kabelu doplňková mezilehlá uzemnění v hodnotě max. 10 ohmů v průměrné vzdálenosti 1km. Dále budou provedeny bleskojistky žíly jednotlivých kabelů, stejně tak budou doplněny oddělovací translátory. Ve skříních bude též umístěna výstražná tabulka pro zařízení pod vlivem vvn vedení. Musí být tedy provedena veškerá opatření dle ustanovení ČSN 34 20 40 Předpisy pro ochranu sdělovacích a zabezpečovacích vedení a zařízení před nebezpečnými a rušivými vlivy elektrické trakce 25 kV/50Hz.

Místní metalické kabelizace v jednotlivých ŽST, jejichž provedení je kabely TCEKEZE, TCEPKPFLEZE xxXN0,6 (0,8) musí být upraveny a hlavně musí být přízemněny pláště na všech vývodech jak v jednotlivých sdělovacích místnostech, tak i v ostatních objektech, kde jsou tyto kabely vyvedeny. Pokud budou některé místní metalické kabely delší než 1 km, pak budou na základě vlivu rušivého a nebezpečného napětí indukovaného do vodiče v kabelu zřizovány na plášti kabelu doplňková mezilehlá uzemnění v hodnotě max. 10 ohmů v průměrné vzdálenosti 1km. Dále budou, tam kde nejsou provedeny, doplněny bleskojistky na neochráněné žíly jednotlivých kabelů, stejně tak budou doplněny oddělovací translátory. Ve skříních bude též umístěna výstražná tabulka pro zařízení pod vlivem vvn vedení. Musí být tedy provedena veškerá opatření dle ustanovení ČSN 34 20 40 Předpisy pro ochranu sdělovacích a zabezpečovacích vedení a zařízení před nebezpečnými a rušivými vlivy elektrické trakce 25 kV/50Hz.

6.2.8 Přenosový systém

V předchozí analýze výpočtu indukovaných napětí na metalické kabely uložené podél elektrifikované tratě trakční soustavou 25kV/50Hz jsou vypočítány vlivy na jeden kabel s pláštěm – ZE o profilu 10-15XN0,8. Hodnota indukovaného napětí překračuje povolenou hodnotu z hlediska nebezpečného dotykového napětí. Zde musíme spoléhat na souběh sdělovacího kabelu s kabely pro zabezpečovací zařízení, pak můžeme uvažovat s hodnotou redukčního činitele o cca ½ nižší než při uvažování pouze snížení redukčního činitele jednoho kabelu vlivem kolejí. Tyto úvahy jsou pouze pro indukované napětí z hlediska nebezpečného dotykového napětí nikoliv z hlediska rušivého indukovaného napětí. Meze rušivých vlivů jsou dané ČSN 34 2040 pro různé druhy okruhů. Jedná se o okruhy telefonního účastnického vedení kde hodnota nesmí být $\geq 1\text{mV}$ a u rozhlasového okruhu v kabelu nesmí být $\geq 6,2\text{mV}$.

Z těchto důvodů navrhujeme nahradit stávající metalická kabelová vedení optickými kabely a to jak dálkové tak i traťové. Pro přenos stávajících okruhů na TK nebo DK je nutné navrhnout nové přenosové systémy. Na tratích kde bude změněna trakční soustava 3kV na 25kV/50Hz jsou optické kabely a nebo budou vybudovány. Návrh výstavby nových DOK, TOK nebo úpravy stávajících DOK je uveden v předchozích kapitolách.

Příklad náhrady stávajících okruhů v metalickém kabelu (TZ). Stávající okruhy se navrhuje převést do technologie IP .

Označení T81	Typ okruhu	Náhrada okruhu
2xVT	Trafový okruh	Vybudování datové sítě ethernet v každém RD a zastávce pomocí datových switchů
2xNV	Vazba napáječů	U trakce 25kV/50Hz není třeba-zrušit
2xNS	Dálkové ovládání osvětlení	Využít datového připojení zastávek
2xRU	Dálkové ovládání rozhlasu	Rozhlas převést na IP
2xTRS	Trafový radiový systém	Převést na IP TRS nebo přístupovou PCM 1.ř
PGS	Účastnická PCM	IP tel. přípojky a případně pomocí terminálů IP/analog- po upgrade MD110/MX-ONE server
NR	Dálkové ovládání NS a rozvoden	Výměna stávajících analog sys. Za IP
2xCM	Měřicí okruhy	zrušit

Navrhuje se na nově vybudovaných a nebo stávajících optických trasách podél nově elektrifikovaných tratí s trakční soustavou 25kV/50Hz vybudovat nový přenosový systém s paketovým synchronním přenosem. Navrhuje se nový přenosový systém navázat na systém vybudovaný v rámci stavby KAC a doplnit jej do všech železničních stanic. Nový přenosový systém musí být kompatibilní se systémem vybudovaným v rámci zmíněné stavby KAC. Na výkresu „Přehledové schéma sítě MPLS“ jsou uvedeny tratě, na kterých bude přenosový systém doplněn nebo vybudován nový. Na výkresu „Přehledové schéma MPLS přenosového systému“ jsou uvedeny hlavní body kde boxy MPLS budou doplněny. Mezi těmito body budou umístěny další v jednotlivých stanicích (nižší kategorie-nejsou zobrazeny). V jednotlivých zastávkách a reléových domcích mezi staničních úsecích se navrhuje přenos pomocí datových prepínačů (L3 z důvodů zálohování přes MPLS trakt) zapojené na samostatných vláknech do kaskády a navázaných na přístupové L3 prepínače (switche) umístěné u každého pre-agregačního boxu MPLS. Taková síť bude pracovat s přenosovou rychlostí 1GE, která se jeví jako dostatečně kapacitní na řadu let.

Upozorňujeme, že současně s výstavbou nových MPLS boxů a datových prepínačů je nutné vypracovat synchronizační plán celé sítě a případně jej doplnit o příslušné časové základny.

6.2.9 Telefonní zapojovače

Pro náhradu traťových okruhů IP technologií je nutná výměna telefonních zapojovačů (TZ). V současné době tratě připojené pod dálkové ovládání „DOZ“ jsou vybavovány novými telefonními zapojovači, které musí umožňovat dálkové ovládání z CDP. Jedná se o TZ systému IP, které umožní připojení traťových okruhů IP. Výměna TZ na nově elektrizovaných tratích trakční soustavou 25kV/50Hz

je v převážně provedena jak již bylo zmíněno v rámci staveb DOZ. V této stavbě se navrhuje výměna TZ na tratích, kde neproběhly nebo v budoucnosti neproběhnou stavby DOZ.

Je nutné zmínit úpravu stávajících předpisů především předpisu T1, které jsou podmínkou pro náhradu VT okruhů technologií IP. Největším problémem je zavedení důležitých okruhů do náhradních telefonních zapojovačů (NTZ), což IP neumožňuje. V současných podmínkách při existenci radiových sítí GSM jak v veřejných (GSM-P) tak SŽDC (GSM-R) je možné tyto podmínky v předpisech změnit.

6.2.10 Traťové radiové systémy

V současné době jsou hlavní elektrifikované tratě pokryté sítí systému jak GSM-R, tak i TRS (duální provoz). Ostatní elektrifikované tratě jsou pokryté pouze signálem sítě TRS.

Předpokládá se, že v době přechodu na střídavou trakci bude duální provoz rádio sítí ukončený a TRS bude na těchto tratích zrušená. Jak již bylo v analytické části řečeno, od roku 1.1.2017 bude na tratích s GSM-R systémem radiový systém TRS postupně vypínán z provozu. Toto je spojeno s realizací funkce stop na GSM-R.

Pro další budování radiového systému TRS jsou k dispozici obdobné radiové systémy k systému TRS, které využívají pro propojení modulů IP síť a pro propojení komponentů nepotřebují metalické okruhy. Na ostatních tratích případně na přípojných tratích bude systém TRS nadále provozovaný, i když i zde se předpokládá budoucí přechod na GSM-R. Na tratích, kde zůstane v provozu TRS i po přechodu trakce, bude nutná zajistit propojení základnových radiostanic TRS, které v současné době probíhá po metalických kabelech. V případě zachování metalických kabelů není nutné dělat žádná speciální opatření. V případě přechodu na optické kabely jsou nutná opatření. Řešením je výměna stávajícího analogového systému za systém s ethernet rozhraním a nebo zachovat stávající analogový systém a základnové radiostanice propojit pomocí přenosového systému, který nám poskytne nf rozhraní a na síťové straně tok E1, které lze přenést MPLS systémy.

6.2.11 Dispečerská řídicí technika

Zařízení řídicí dispečerské techniky (DŘT), je v současné době z velké části přenášena pomocí modemů na metalických okruzích TK nebo DK. Pouze u posledních nasazovaných zařízení se využívá přenos v IP síti (ethernet). V případě přechodu na optické kabely bude nutná náhrada stávajícího systému na systém, který lze provozovat po nových přenosových systémech tedy systémy s paketovým přenosem pro ethernet sítích. V příložených tabulkách je přehled jednotlivých

železničních stanic a energetických objektů kde je nutná výměna zařízení pro dispečerskou řídicí techniku (DŘT).

6.2.12 Návrh opatření pro případné rušení veřejných sdělovacích sítí

Na základě zkušeností lze předpokládat, že stávající veřejné souběhy s kabelovými sítěmi veřejných operátorů budou ve větší vzdálenosti od tratě jak 20m a délka souběhu sítí nepřekročí 1km. Dále se dá předpokládat, že kabelové sítě budou vedeny s ostatními metalickými sítěmi, zvláště ve větších městech, které budou zvyšovat redukční faktor pro indukci. Existenci veřejné sítě je nutné u každé stavby posuzovat individuálně.

Značnou roli zde může sehrát i vývoj v technologii spojené s veřejnou telekomunikační sítí, kdy v době přechodu na trakci 25kV se může standardně používat nová telekomunikační technologie, která je již provozována na optických vláknech, nebo alespoň nevyužívá telefonních přístrojů s přímým napájením z ATÚ.

Úpravy kabelové sítě je nutné navrhnout na základě individuálních výpočtů pro každý případ zvlášť ve spolupráci se správcem dané sítě. Úpravy mohou být následujícího typu:

- výměna kabelů nebo kabelových úseků za kabely s účinnějším redukčním činitelem
- uložení nadložního lana pro zlepšení redukčních účinků
- úprava ukončení metalických kabelů
- výměna metalické kabelové sítě za optickou s doprovodnou výměnou připojené technopologie

Ve všech případech je nutný koordinovaný postup se správcem kabelové sítě.

Kategorie města podle počtu obyvatel - odpovídající velikost místní telefonní sítě	Počet měst dané kat. v úseku	jednotkové množství	Investiční náklady v [Kč]	Investiční náklady celkem
Sestava A - velké město nad 30000 obyvatel				
Úprava stávající distribuční kabelové metalické sítě	případ	50	100 000	5 000 000
Kompletace	%	20	5 000 000	1 000 000
Celkem				6 000 000
Sestava B - město do 30000 obyvatel				
Úprava stávající distribuční kabelové metalické sítě	případ	30	100 000	3 000 000
Kompletace	%	20	3 000 000	600 000
Celkem				3 600 000

Sestava C město do 10000 obyvatel				
Úprava stávající distribuční kabelové metalické sítě	případ	20	100 000	2 000 000
Kompletace	%	20	2 000 000	400 000
Celkem				2 400 000
Sestava D - vesnice a malé města do 5000				
Úprava stávající distribuční kabelové metalické sítě	případ	10	100 000	1 000 000
Kompletace	%	20	1 000 000	200 000
Celkem				1 200 000

6.2.13 Porovnání dvou koncepcí návrhů traťových kabelů

Jde o porovnání dvou koncepcí návrhů pro náhradu stávajících metalických traťových kabelů (TK).

- Jedna koncepce navrhuje náhradu stávajících TK s pláštěm respektující stejnosměrnou trakční soustavu 3kV (OK ochrana - bludné proudy) za TK s pláštěm –ZE,ZY s nízkým redukčním činitelem $r \leq 0,3$ respektující indukovaná ems z trakční soustavy 25kV/50Hz.
- Druhá koncepce navrhuje náhradu stávajících metalických TK za optické kabely TOK (traťový optický kabel) včetně přenosových systémů na OK.

Srovnání obou koncepcí - při srovnání obou koncepcí řešení lze konstatovat, že hlavní rozlišujícím ukazatelem kromě technické stránky jsou vynaložené náklady. Dále využitelnost a další technická perspektiva zařízení, údržba a další související provozní náklady. Celkově lze srovnání shrnout do následujících bodů:

Popis	náhrada TK	náhrada TK za TOK
náklady na mezistaniční kabelizace	velmi vysoké	nízké
náklady na MK	vyšší	nižší
náklady na kabelizaci přípojných tratí	srovnatelné	srovnatelné
náklady na přenosové zařízení	nízké	vysoké
náklady na úpravy zapojovačů	nízké	vyšší
náklady na úpravy ostatních technologií	nízké	vyšší
technická perspektiva	velmi nízká	vysoká
rozšiřitelnost	nízká	vysoká
náklady na údržbu	stoupající	klesající
požadavky na úpravu předpisů a směrnic	nejsou	nutné

Vysvětlivky:

V tabulce byly porovnány slovně investiční náklady pro jednotlivé řádky tabulky (různé parametry)

Jediné možné srovnatelné ohodnocení je pro tyto výrazy:

- 1 – velmi nízké
- 2 – nízké
- 3 – vysoké
- 4 – velmi vysoké

Větší část nákladů se odehrává v oblasti zemních prací, která má navíc stoupající tendenci jsou hlavní položkou nákladů kabelizace. U ostatních srovnávacích položek, které se týkají technologií, se jedná o řádově nižší náklady, které mají klesající tendenci.

Obecně lze konstatovat, že náklady na novou koncepci mohou o až 2/3 nižší než u základní koncepce

6.3 Silnoproudá technologie

6.3.1 Posouzení střídavá x stejnosměrná trakce

V souvislosti s růstem rychlosti jízdy vlaků rostou výkony vozidel. Stávající napájecí systém 3kV DC se pro výhledovou dopravu jeví jako naprosto nedostatečný, což prokazují i energetické výpočty zpracováváné v rámci této studie. U soustavy 3kV DC je především problém při poklesu napětí pod 2700V, kdy se u výkonných vozidel uplatňuje režim regulace výkonu (viz TSI LOC&PAS a ČSN EN 50388). Přitom nejde jen o celkový úbytek napětí, ale i o úbytek napětí na zpětném vedení (na kolejnicích), což tedy může mít vliv i na hodnoty dotykového napětí podle ČSN EN 50 122.

V trakčním vedení napájeném soustavou 3kV DC oproti soustavě 25kV AC jsou výrazně vyšší ztráty. Pokles napětí v soustavě 3kV DC (velké proudy) způsobuje snížení trakčního výkonu vozidel, jehož důsledkem je nedodržování jízdních dob podle jízdního řádu.

Systém 25 kV má menší ztráty, vyšší zatížitelnost, větší přenosovou schopnost a tedy i větší možnou délku napájených úseků (méně napájecích stanic, příznivější poměr maximálních a středních výkonů – investiční i provozní úspora).

Tyto vlastnosti systému 25 kV mají význam nejen pro zajištění provozu na již elektrizovaných tratích, ale i pro ekonomicky efektivní (a tedy reálnou) elektrizaci dalších dosud neelektrifikovaných tratí. Tato souvislost je patrná kupříkladu na trati Přerov - Břeclav, kde se přesunutím hranice mezi napájením 3 kV a 25 kV z Nedakonic do Říkovice otevírá cesta k racionální elektrizaci tratí Otrokovice – Vizovice, Staré Město u Uherského Hradiště – Luhačovice / Bojkovice / Veselí nad Moravou – Brno, Hulín – Kojetín, Hulín - Valašské Meziříčí a Přerov (mimo) – Nezamyslice – Vyškov – Brno.

Z výše uvedeného a z výhledů dopravy by při respektování požadavků ČSN EN 50388 a ČSN EN 50122 vyplývala nutnost instalace stejnosměrných napájecích bodů na hlavních tratích po cca 10km. To se ovšem nejeví příliš reálné, zejména z hlediska zajištění požadovaných výkonů od nadřazených distributorů el. energie a zejména zajištění přívodů vn, případně vvn pro tyto nové napájecí stanice.

Samostatným tématem je vodivost zpětné cesty. Současné kolejnice legované manganem mají podle posledních měření značně větší odpor, než je odpor uváděný v předpisu SR 34. Tento odpor způsobuje zvýšené úbytky napětí na koleji a nutnost jejího přizemňování, což však naráží na podmínky pro správnou činnost kolejových obvodů železničních zabezpečovacích zařízení.

Pro analýzu poměrů ve zpětných obvodech z hlediska úbytku napětí a ztrát byla v rámci této studie zadána série měření, která provedli specialisté z TUDC. Tato měření potvrdila obavy, že došlo ke zvýšení odporu zpětné cesty a to u dvou významných prvků:

- zvýšení odporu kolejnic z důvodu používání legovaných ocelí s výraznou orientací na optimalizaci mechanických vlastností (pevnost, tvrdost, vrubová houževnatost, zachování parametrů v širokém rozsahu kladných i záporných teplot, svařitelnost, ...) ovšem na úkor elektrické vodivosti, která není garantovaným parametrem,
- zvýšení odporu připojovacích lan stykových tlumivek v důsledku přechodu z mědi na ocel s negarantovaným měrným elektrickým odporem, kdy zvýšení vodivého průřezu není v poměru skutečných hodnot měrných elektrických odporů.
- sekundárně mohou zvyšovat odpor zpětné cesty i přehřátá vinutí stykových tlumivek.

Zcela jednoznačně je potřebné koordinovat konverzi systému napájení železnic ze 3 kV na 25 kV s vybavováním tratí a vozidel vlakovým zabezpečovačem ETCS 2. aplikační úrovně, neboť ta se v souladu s Národním implementačním plánem ERTMS dotýká prakticky všech tratí v minulosti elektrizovaných systémem 3 kV.

Za optimální (a ve velké většině případů snadno docílitelný) stav lze považovat posloupnost:

- trať i vozidla budou v souladu s NIP ERTMS vybavena zařízením ETCS,

- proběhne migrační období a do zóny ETCS budou vpouštěny jen vlaky jedoucí pod dohledem ETCS,
- kolejové obvody budou nahrazeny počítači náprav,
- z důvodu nepotřebnosti bude zrušeno kódování vlakového zabezpečovače LS,
- budou odstraněny (svaženy) všechny izolované styky,
- z bezpečnostních důvodů (odstranění dvojznačnosti) budou demontována a snesena všechna hlavní návěstidla,
- napájecí systém 3 kV bude nahrazen systémem 25 kV jednofázové,
- obě kolejnice budou průběžně uzemněny propojováním s kovovými konstrukcemi (vytvoření jednotného potenciálu železniční země,
- podstatná část metalických vedení železničních zabezpečovacích a sdělovacích zařízení bude nahrazena buď optickými kabely, nebo digitálním rádiovým spojením EIRENE (zpočátku ve standardu GSM-R, následně ve standardu LTE).

Při využití systému ETCS a počítačů náprav není (po skončení migračního období) problém s uzemněním kolejnice a tím snížení dotykového napětí. Problém je však s nemožností uzemnění koleje u stejnosměrné trakce 3 kV DC z důvodu podpory úniku bludných proudů.

S přihlédnutím k výše uvedeným argumentům se jeví jako nanejvýš vhodné použití střídavé trakční soustavy 25 kV, 50 Hz pro napájení trakčního vedení.

6.3.2 Technické řešení napájení

Napájení elektrických drah má velmi zásadní vztah k energetice a k energetické politice. Tu lze charakterizovat:

- odklonem od používání fosilních paliv,
- zvyšováním energetické účinnosti,
- zvýšeným užíváním elektrické energie v dopravě,
- strukturální změnou elektrárenství směrem k bezemisním zdrojům (uhlíková stopa elektrické energie bude soustavně klesat),
- decentralizací výroby elektrické energie (kogenerační jednotky),
- integrace ČR do evropských energetických sítí,
- prohlubující se liberalizace energetického trhu.

Naplňování těchto cílů však má některé zásadní dopady na napájení elektrických drah:

- v elektrizační soustavě programově ubývá regulovatelných zdrojů (tepelné elektrárny) a roste podíl neregulovatelných zdrojů, které budou v dohledné době jedinými. A to jak jaderných elektráren, pracujících stálým výkonem bez možnosti snadné a rychlé regulace, tak i obnovitelných zdrojů (zejména slunečních a větrných a z části i vodních – průtočných), které se chovají nepředvídatelně,

- tato změna struktury zdrojů elektrické energie se promítá do požadavků na spotřebiče. Je požadováno, aby odběr výkonu byl v průběhu času co nejvyrovnanější, aby byl poměr maximálního a středního výkonu co nejmenší,
- tyto snahy se promítají i do tarifů, kterými energetika řídí chování spotřebitelů. Již v současnosti platí železnice za disponibilní výkon a síťové služby více (cca 55 % ceny), než za odebranou energii (cca 45 %),
- zdroje nejsou rozprostřeny po ploše území rovnoměrně, energie je transportována na velké vzdálenosti. V souvislosti s tím rostou požadavky na kvalitu odběru energie, neboť odchylky od ideálního odběru (časově ustálené symetrické zatěžování všech tří fází, bez jalového a deformačního výkonu) zvyšují ztráty přenosem energie a snižují její kvalitu v místě spotřeby (přesnost, stálost a symetrie napětí),
- rostoucí urbanizace území a stále vyšší ochrana přírody komplikují výstavbu nových elektrických vedení.

Tyto potřeby energetiky musí železnice vnímat a respektovat. Nejde jen o naplňování společných cílů, ale i docílení výhodných cen za elektřinu. V principu jde o následující zásady:

- minimalizovat ztráty v trakčním vedení i ve vozidlech, naplno využívat potenciál rekuperačního brzdění,
- napájením velkých navzájem spojených celků železniční sítě s mnoha vlaky dosáhnout co nejvyrovnanějších odběrů výkonu z distribuční sítě (včetně přednostního využití rekuperované energie uvnitř železniční trakční sítě),
- rozložením jednofázových odběrů do všech tří fází dosáhnout úplnou symetrii zatížení sítě.

Při přestavbě napájecího systému 3 kV na 25 kV AC se předpokládá především využití stávajících napájecích bodů v soustavě 3 kV DC, neboť všeobecně obtížná průchodnost liniových staveb územím (v tomto případě elektrických vedení) velmi komplikuje zřizování nových připojení k distribuční síti. Cílem je využít existujících napájecích stanic jak pro napájení tratí, na kterých byly v minulosti zřízeny, tak i tratí z nich odbočujících. Některé tyto trakční napájecí stanice (zhruba polovina) jsou od svého vzniku napájeny z rozvodu 110 kV (ovšem s velmi různou výší zkratového výkonu), a některé z rozvodu 22 kV, ve kterém jsou velmi nízké zkratové výkony. Rovněž i výkony využitelné pro odběr v dané oblasti jsou omezené. Ve srovnání s minulostí, kdy byla tolerována vyšší hodnota nesymetrického odběru, je v současnosti nesymetrický odběr jednoho odběratele limitován výkonem na úrovni 0,7 % zkratového výkonu. Toto v kombinaci s růstem výkonu vozidel i s požadavkem na napájení rozsáhlejších kolejových celků (lepší vyrovnaní okamžitých a středních výkonů, vnitřní využití rekuperované energie s minimalizací zpětných toků do distribuční sítě) prakticky znemožňuje použití dosavadního způsobu připojení nesymetrického transformátoru (zapojení V nebo I) k distribuční síti.

Pro možnost napájení jednofázových železnic 25 kV 50 Hz z třífázových distribučních sítí 3 x 110 kV, respektive v rámci limitů výkonu i 3 x 22 kV při respektování požadavků na dodržení symetrie proudového odběru (a tím i symetrii napětí v distribuční síti) jsou v napájecích bodech navrhovány aktivní balancéry. Tyto při napájení TV 25 kV AC jednotnou fází (bez prostřídání) zajistí rovnoměrnost zatížení všech tří fází distribuční sítě. Jde o technologii již ze stejných důvodů v zahraničí úspěšně zavedenou a používanou.

Napájení ze stejné fáze

Balancéry zajistí rozložení jednofázového odběru do všech tří fází distribuční sítě. Tím budou splněny jak požadavky ze strany železnice (spojité nepřerušované napájení trakčních a pomocných pohonů vozidel, spojitá nepřerušovaná možnost rekuperace, jednoduché trakční vedení bez neutrálních polí) tak i požadavky energetiky (symetrický třífázový odběr, vyrovnaný průběh výkonu z distribuční sítě ve velkém územním celku, rekuperovaná energie přednostně využita jinými vlaky). Balancéry tedy umožní soufázové napájení, tzn. napájení střídavé trakce ze stejné fáze (odpadá střídání fází v trakčním vedení).

Dvoustranné napájení

Ve spojení se stabilizací výstupního napětí napájecí stanice je možný paralelní chod sousedních napájecích stanic. Stabilizace výstupního napětí 27 kV je zajiřitelná funkcí balancéru – řízení úbytku napětí na vnitřní impedanci transformátoru jalovým proudem, a to v kombinaci s přepínáním odboček transformátoru při velkých odchylkách. Tím vzniká možnost paralelního chodu a vzájemného propojení TNS trakčním vedením, obdobně jako na stejnosměrné trakci.

Toto umožní odstranit neutrální pole mezi TNS, což má dva efekty. Jednak nebude nutné vypínání odběrů hnacích vozidel při průjezdu NP a také bude možné optimalizovat odběry bez většího množství špičkových hodnot (s podstatně vyšší střední hodnotou odebíraného proudu). Propojení větších celků též umožňuje rekuperaci el. energie mezi vozidly v rámci trakčního vedení s možností minimalizace přetoků rekuperované energie do distribuční sítě. Řízení napětí se dá využít i pro případné rozmrazování trakčního vedení.

Dvoustranné napájení je však z fyzikálního hlediska ovlivněno nejen poměry na straně železnice, ale i stavem v distribuční síti. Jde o možné vyrovnávací přetoky elektrické energie trakčním vedením, dané rozdílností amplitudy a fáze v různých odběrních bodech distribuční sítě. Jak již bylo uvedeno ve 3. část této studie, jde o téma povahy technické i obchodní. Odchylnost napětí a fáze je ovlivněna nejen toky energie v příslušných částech distribuční sítě, ale i připojením dotýčných částí distribuční sítě ke stejným, nebo různým segmentům přenosové soustavy. Proto byla v rámci řešení této studie provedeno v rámci této studie šetření, jaká část ze vzájemných rozhraní sousedních trakčních napájecích stanic leží je, či není, připojena ke stejné větvi přenosové soustavy. V současné stejnosměrné napájecí síti 3 kV existuje celkem 64 stejnosměrných trakčních napájecích stanic (měřiren), z toho 57 je připojeno k distribuční soustavě ČEZ, 4 k distribuční soustavě PRE a 3 k distribuční soustavě E.ON. Mezi těmito sousedními napájecími stanicemi je celkem 60 vzájemných traťových rozhraní. Z toho je 32 v rámci těžké uzlové oblasti přenosové soustavy (lze očekávat menší rozdíly ve fázi napětí) a 28 mezi různými uzlovými oblastmi přenosové soustavy (lze očekávat větší rozdíly ve fázi napětí). Z fyzikálního hlediska je zřejmé, při srovnatelné indukčnosti trakčního a distribučního vedení je schopnost trakčního systému přenášet vyrovnávací výkon oproti distribuční síti nižší v poměru druhých mocnin napětí ($(25/110)^2 \approx 0,05$). Též je faktem, že zjevné vyrovnávací proudy (opačný tok činného výkonu) vzniká jen při stavu blízkém chodu naprázdno. Při zatížení odběrem vlaků se vlivem superpozice odběrů projeví odchýlné napětí v různých bodech distribuční sítě jen nestejnými odběry z obou míst, nikoliv přechodem odběru do opačné polarity.

Z celkového počtu 60 vzájemných traťových rozhraní sousedních napájecích stanic je 56 v rámci téhož distributora a 4 v rámci dvou různých distributorů (2 mezi ČEZ a PRE, 2 mezi ČEZ a E.ON). Se společnostmi ČEZ, PRE i EON již byla zahájena jednání o řešení tohoto tématu (s každou zvlášť i se všemi společně). Přístup všech tří distribučních společností je konstruktivní. Mimo jiné i proto, že sjednocení napájecího systému drah na 25 kV oprávněně vnímají jako cestu k dalšímu rozvoje elektrizace železnic v ČR a tedy k potenciálním vyšším odběrům (náhrada nafty elektrickou energií). V zásadě bylo dohodnuto:

- zhruba uprostřed mezi sousedními napájecími stanicemi bude spínací stanice,

- cílem je, aby v základním provozním stavu mohla být tato spínací stanice sepnuta, k tomu je však potřebné potlačit stabilizační funkcí aktivních balancérů přetoky elektrické energie mezi různými odběrnými body z distribuční sítě na akceptovatelné minimum a patřičně seřadit ochrany pro koordinované vypínání zkratů.

Pro případ nestejných napětí (rozeprnutý stykač ve spínací stanici) v sousedních úsecích trakčního vedení bude trakční vybaveno dělením zajišťujícím bezpečný a spolehlivý provoz vozidel. V této souvislosti je nutno vnímat, že jde o rozdíly v řádu několika málo jednotek kV, zatím co v současnosti (princip střídání fází) je u systému 25 kV mezi sousedními úseky trakčního vedení rozdíl napětí $\sqrt{3} \cdot 25 = 43$ kV.

Kompenzace účinníku

Dále budou balancéry využívány pro kompenzaci účinníku. Při předpokladu perspektivního používání pohonných jednotek s účinníkem $\cos \varphi$ blížícím se k 1 budou balancéry dorovnávat potřebný účinník induktivním nebo kapacitním proudem (v rámci dovolené tolerance účinníku je jalový proud řízeno výstupní napětí). Při provozu pouze s novými pohonnými jednotkami nebude nutno budovat filtračně kompenzační zařízení. Současná situace je následující:

Dnešní vozidla lze podle práce na systému 25 kV zhruba rozdělit do tří skupin:

- a) Současná vozidla se čtyřkvadrantovými vstupními měniči (Vectron, Taurus, 380, 640, 650, 363.5, ...) - odebírají sinusový proud (neprodukují vyšší harmonické složky, neodebírají deformační výkon) a ten je téměř ve fázi s napětím (není časově posunut, téměř neodebírají jalový výkon),
- b) Starší vozidla s diodovými usměrňovači (230, 363, ...) - odebírají nesinusový proud (produkují vyšší harmonické složky, odebírají deformační výkon) a ten není ve fázi s napětím (je časově posunut, odebírají jalový výkon)
- c) Starší vozidla s tyristorovými usměrňovači (210, 560, ...) - odebírají nesinusový proud (produkují vyšší harmonické složky, odebírají deformační výkon) a ten není ve fázi s napětím (je hodně časově posunut, odebírají velký jalový výkon).

Aktivní balancér umí kompenzovat fázové posunutí (jalový výkon). Svojí funkcí však neřeší eliminaci vyšších harmonických složek proudu. O tom, jaký mají vliv na křivku napětí v síti (tedy jaký způsobí poměrný úbytek napětí na impedancích mezi alternátorem v elektrárně a místem odběru) rozhodují dvě věci:

- v jaké míře se tyto odběry podílí na celkovém odběru (zde nepřímo působí balancér pozitivně - umožňuje spojovat velká území, tedy přidat k neharmonickým odběrům odběry harmonické a tím snížit jejich poměrnou část)
- jak je síť tvrdá (nízká impedance, tedy velký zkratový výkon – případně naopak velká impedance, tedy nízký zkratový výkon).

Na základě těchto informací je nutno individuálně posoudit, zda je úroveň vyšších harmonických složek tolerovatelná nebo zda je potřeba tyto vyšší harmonické odstranit doplněním filtrů.

Napájecí stanice

Jak již bylo řečeno dříve, je záměrem při přechodu napájení z DC trakce na AC trakci využívat stávající napájecí body z distribuční soustavy – tedy přebudovat měnirny na transformovny (pokud možno bez potřeby budovat další distribuční liniová vedení – obtížný průchod územím).

Při použití aktivních balancérů bude zajištěna symetrie odběru a lze tedy tato odběrná místa využít a to (v rámci dovoleného výkonového limitu) i ze sítě 22 kV, respektive i ze sítě 110 kV v místech nízkého zkratového výkonu.

Redundance

Při použití aktivních balancérů je možné u střídavých napájecích stanic využívat vnitřní redundanci (dva paralelní zdroje v rámci jedné napájecí stanice), tedy se dvěma transformátory. Díky soufázovosti je možné využívat i vnější redundanci (vzájemný zások dvou sousedních napájecích stanic). Při vžití principu vnější redundance je možno podle místních poměrů budovat napájecí stanice buď s jednou technologickou sadou (transformátory a balancérem) - pouze vnější redundance nebo se dvěma technologickými sadami – vnější i vnitřní redundance. Na základě analýzy místních poměrů je potřebné v každém konkrétním případě posoudit, zda je vnitřní redundance potřebná a realizovatelná, případně s jakými náklady. Jedná se zejména o prostorové nároky nové technologie v původních místech stejnosměrných napájecích stanic. Z prošetření konkrétních podmínek vyplývá, že umístění nové technologie ve stávajících prostorách napájecích stanic nebude jednoduché a to zejména ve zdvojeném provedení (vnitřní redundance). Ve srovnání s dosavadní praxí napájení střídavé trakce z trakčních transformoven 25kV je však nutno vzít v úvahu poloviční vzdálenost napájecích stanic (původně stejnosměrných) a možnost vnější redundance. Další skutečností je, že nová zdvojená technologie je vnímána nikoliv jako studená záloha (buď/anebo, 100% nebo 100 %), jak je obvyklé u současných transformátorů 110 kV/22 kV respektive 110 kV/ 27 kV, ale jako paralelně pracující dvojice, což má význam zejména pro pokrytí výkonových špiček (například: jízda skupin těžkých nákladních vlaků v těsném sledu), tak pro napájení trakčního vedení na nově elektrizovaných odbočných tratích bez vlastních napájecích stanic.

Předběžně se ukazuje, že při chystané rekonstrukci stejnosměrných napájecích stanic na střídavé bude spíše většina mezilehlých střídavých napájecích stanic řešena pouze s jednou technologickou sadou (balancér a transformátory), tedy bez vnitřní redundance. V uzlových bodech napájecí sítě budou napájecí stanice řešeny se dvěma technologickými sadami (se dvěma transformátory a dvěma balancéry), tedy s vnější i vnitřní redundancí. V principu by řešení mezilehlých transformoven bez vnitřní redundance nemuselo být na závadu – stávající napájecí body trakčního DC vedení jsou cca v polovičních vzdálenostech (25 km) než u střídavého trakčního vedení (45 km).

Jedním ze základních přínosů konverze systému 3 kV na 25 kV na dosud elektrizovaných železničních tratích v ČR je otevření cesty k elektrizaci dalších tratí v severní části ČR. Jak vyplynulo z řady konkrétních již zpracovaných studií proveditelnosti, je pro nově elektrizované tratě použití systému 25 kV místo 3 kV a s tím související pokles investičních nákladů (menší počet nových napájecích stanic, levnější trakční vedení) rozhodujícím momentem rentability a tím i uskutečnitelnosti projektu. Změna systému napájení otevírá cestu k elektrizaci dalších 1 600 km tratí na severu ČR.

Ostatně i pilotní projekt změny napájení 3 kV na 25 kV Nedakonice – Říkovice není iniciován změnou technologie vozby na 44 km dlouhém úseku mezi Říkovici a Nedakonicemi, ale naléhavou potřebou elektrizovat tratě Otrokovice – Vizovice (25 km), Staré Město u Uherského Hradiště – Luhačovice / Bojkovice město / Veselí nad Moravou (72 km), Kojetín – Hulín – Valašské Meziříčí (61 km) a zajistit napájení v úseku Věžky – Vyškov (37 km) a Nezamyslice – Blatec (30 km). Celkem tedy bude zajišťovat provoz na $44 + 225 = 269$ km tratí.

Tuto skutečnost je potřebné mít na zřeteli při rozhodování, zda v konkrétní napájecí stanici postačuje vnější redundance zajištěná sousední napájecí stanicí na téže hlavní trati magistralního charakteru, nebo zda je též potřebné vzít v úvahu i spolehlivé napájení rozsáhlé sítě okolních tratí.

Téma přestavby současných již existujících DC trakčních napájecích stanic (měnících 3 kV) na AC trakční napájecí stanice 25 kV je proto nutno řešit z hlediska síťového pohledu. Je zřejmé, že velmi velkou výhodou současných již existujících DC trakčních napájecích stanic (měnících 3 kV) je již vybudované připojení k distribuční síti 3 x 110 kV nebo 3 x 22 kV a z nich odebíranou elektrickou energii využít i pro okolní tratě. Vysoká přenosová schopnost trakčního vedení 25 kV to umožňuje v mnohem větší míře, než systém 3 kV. Jednostranné napájení 50 km dlouhé tratě České Budějovice - České Velenice z napájecí stanice Nemanice je toho dokladem. Přitom jsou k dispozici nástroje, jak dosah napájení 25 kV dále zvýšit (snížení impedance trakčního vedení zemním lanem, použití systému jednotné fáze ke dvoustrannému napájení, energetické zasíťování železničních uzlů).

Pro zajištění potřebného výkonu i potřebné spolehlivosti napájení se jeví velice rozumné vybavovat konvergované napájecí stanice situované v blízkosti odbočných tratí dvojicí agregátů (vnitřní redundancí).

Transformátory

Při napájení ze sítě 110kV je možno využít buď dvoustupňovou transformaci (3x110kV / 3x22kV a 1x22kV / 1x27kV) nebo jednostupňovou transformaci (3x110kV / 3x27kV). Přitom je však nutno respektovat, že v případě interního systému 3x27kV se nejedná o izolovanou soustavu (jak je obvyklé u soustavy 3 x 22 kV), ani o soustavu s uzemněným středem, nýbrž o soustavu s uzemněným pracovním vodičem (fází) o napětí $27 / \sqrt{3} = 16\text{kV}$. Na ostatních neuzemněných fázích bude sdružené napětí 27kV proti kostře. Tento způsob provozování třífázové soustavy odpovídá síti TN – viz. ČSN 33 2000-1 ed.2 - příloha A - obr. A.31A2, ale není na SŽDC ještě zaveden a je potřeba jej posoudit odbornými složkami – zejména OAE a TÚDC. Rovněž je nutno ještě zajistit vyjádření výrobce rozvaděčů, jestli izolace fází vůči kostře ve standardním rozvaděči 35 kV odpovídá napětí minimálně 27kV (toto sdružené napětí bude oproti zemi (kostře) na neuzemněných fázích).

Výhodou dvoustupňové transformace je sice při přestavbě původních DC napájecích stanic možnost využití současných transformátorů 3x110kV / 3x22kV a současných rozveden 22kV včetně napájení vlastní i vedlejší spotřeby, ale zásadní nevýhodou je dvojitá transformace napětí a především větší rozměry (náročnost na plochu při umístění zvyšovacího transformátoru 1x22kV / 1x27kV). Proto dále uvažujeme pouze s jednostupňovou transformací.

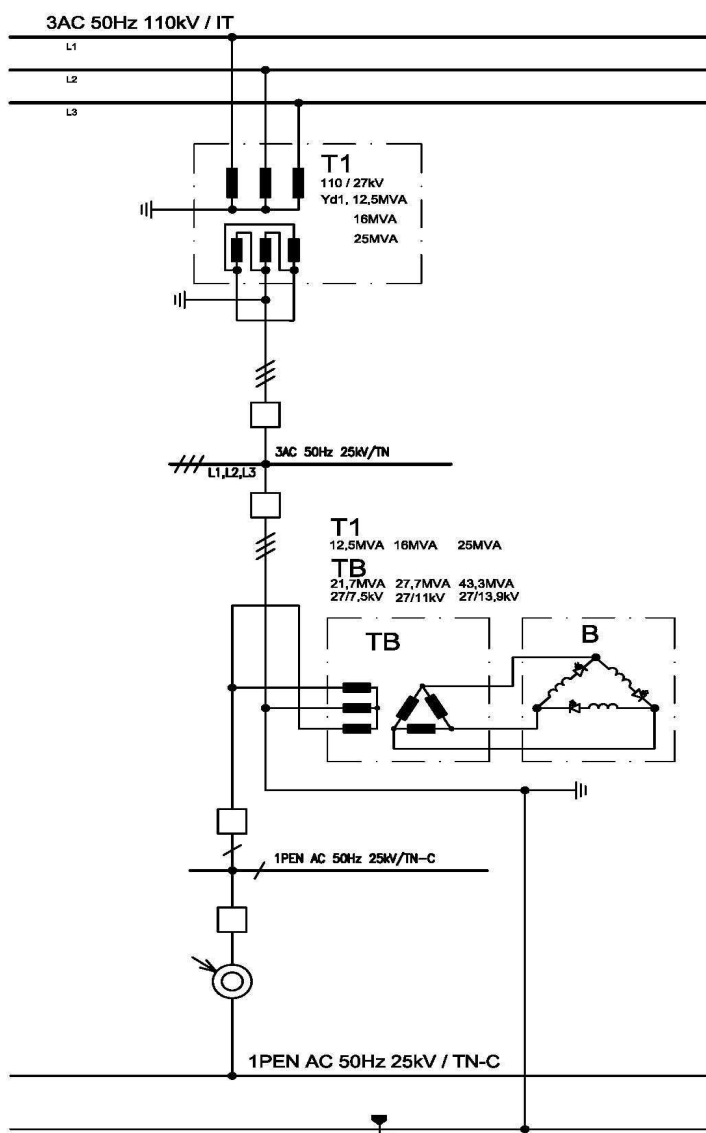
Při přestavbu původních DC napájecích stanic připojených k distribuční síti 22 kV lze použít obdobné řešení (pouze se zvyšovacím 2x22 kV / 1x27 kV).

V souvislosti s přestavbou stávajících stejnosměrných napájecích stanic 3kV na střídavé napájecí stanice 25kV lze uvažovat s využitím následujících schémat napájení jednak podle vstupního napětí z distribuční sítě a dále podle potřeby vnitřní redundance, která vychází z energetických výpočtů a využití napájecí stanice v dané oblasti.

1. Napájení z rozvodu 110kV – zde jsou uvažovány tři varianty přestavby napájecí stanice.
Všechny tyto varianty se dále mohou lišit výkonem napájecích transformátorů a balancérů

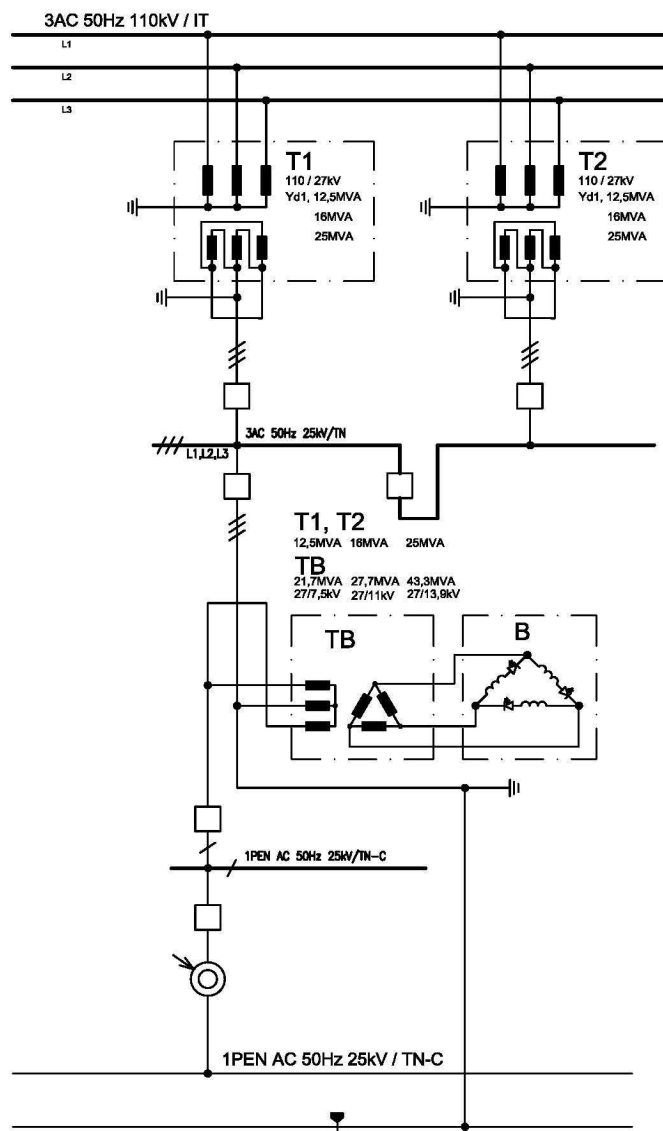
Varianta I – pouze jeden transformátor 110/27kV a jeden balancér

NAPÁJENÍ Z R110kV VARIANTA I



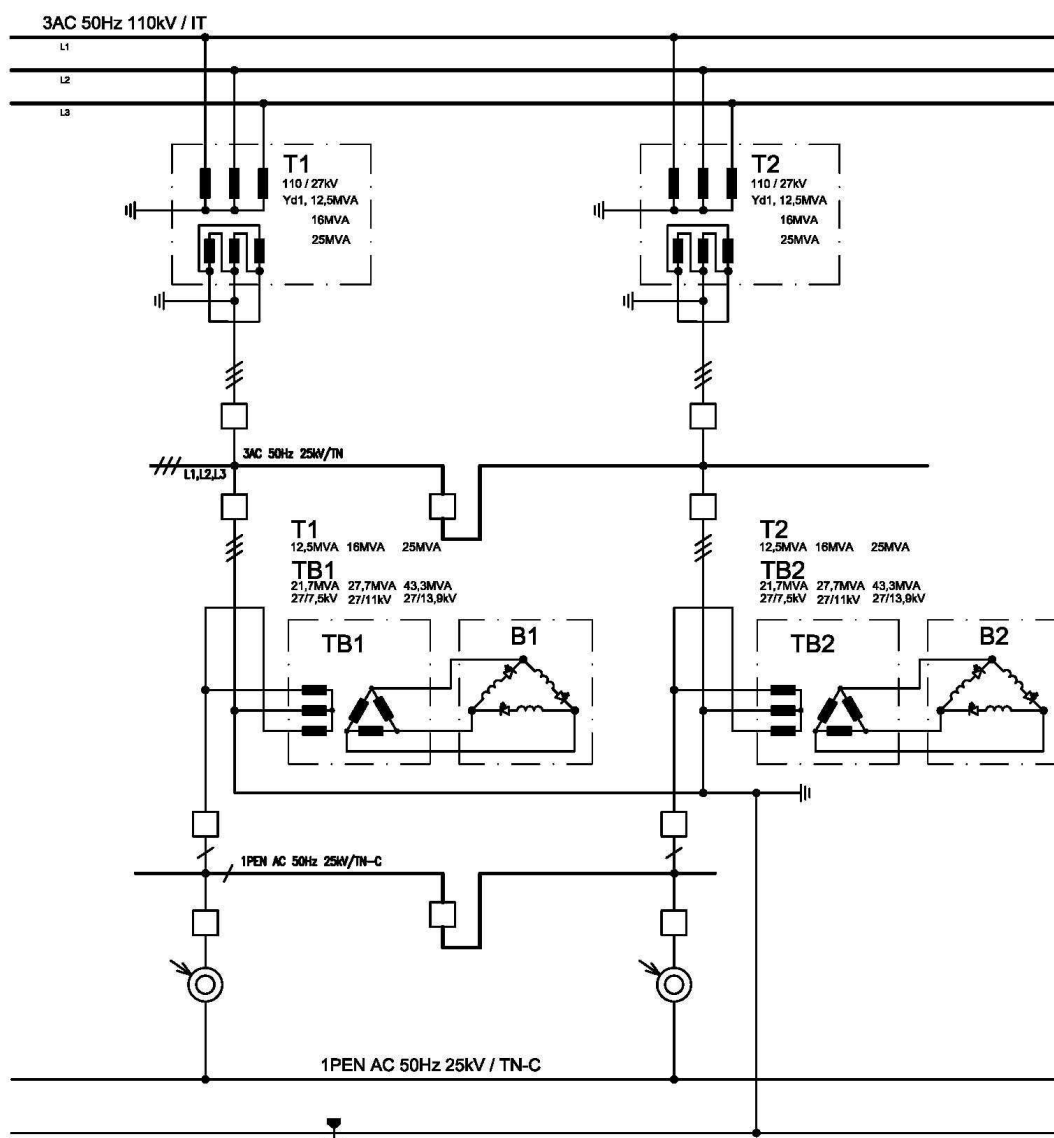
Varianta II – dva transformátory 110/27kV a jeden balancér

NAPÁJENÍ Z R110kV VARIANTA II



Varianta III – dva transformátory 110/27kV a dva balancéry

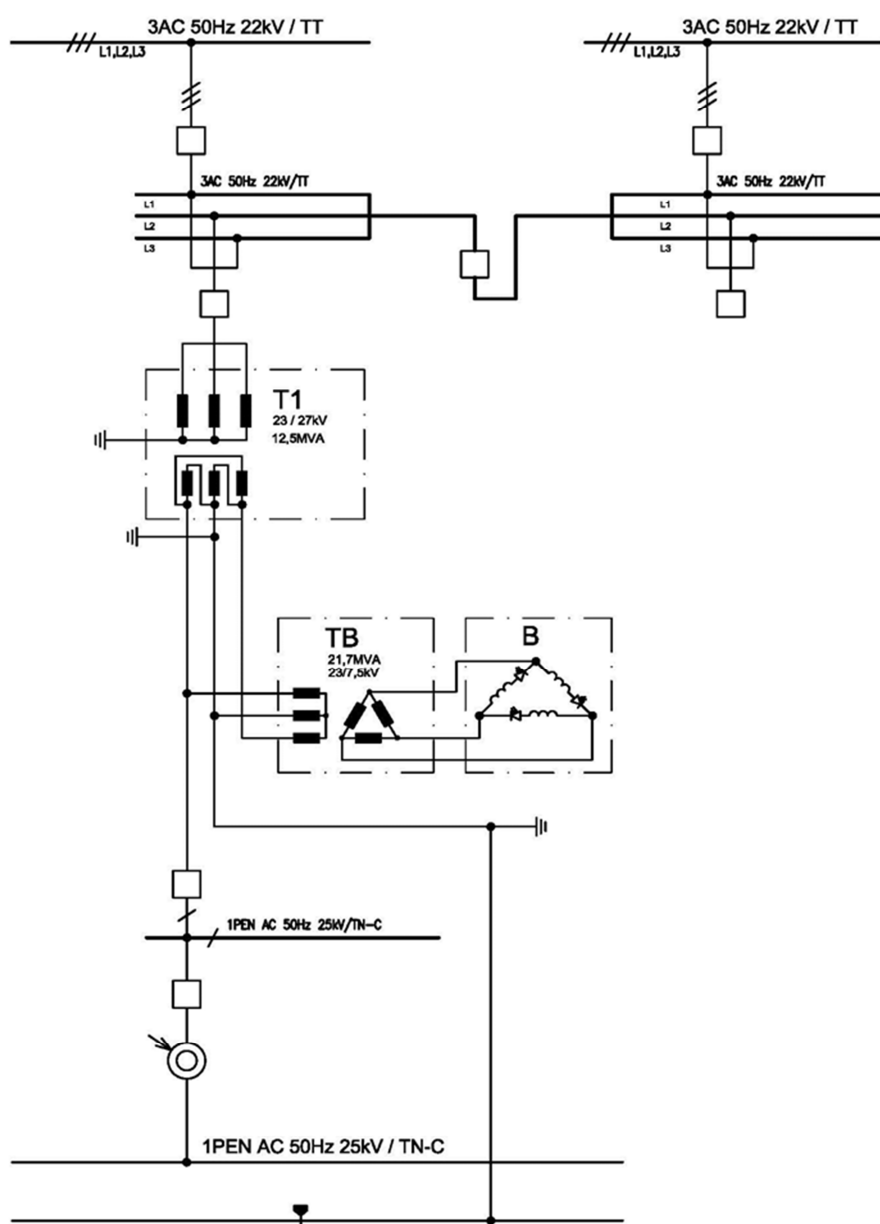
NAPÁJENÍ Z R110kV VARIANTA III



2. Napájení z rozvodu 22kV – zde jsou uvažovány dvě varianty přestavby napájecí stanice.
3. Obě tyto varianty jsou uvažovány vzhledem k možnosti využitelnosti výkonu v napájecí distribuční síti pouze s jedním výkonem transformátorů 22/27kV, 12,5MVA

Varianta I – pouze jeden transformátor 22/27kV a jeden balancér

NAPÁJENÍ Z R22kV VARIANTA I



6.4 Železniční spodek a svršek

V místech objektů, kde nelze realizovat úpravy TV podle bodu je nutné provést úpravy železničního spodku a svršku. V investičních nákladech je počítáno s předpokládanou úpravou každé koleje pod objektem v délce cca 1000m. Pokud nebude technicky možné zajistit úpravu koleje v potřebném rozsahu, přistoupí se současně i ke snížení minimálních výšek sestavy TV.

6.5 Mosty

V trakčním vedení se provedou úpravy průběhu systému TV a v případě nutnosti budou použity omezovače zdvihu. Tyto omezovače jsou umístěny na nosných konstrukcích mostů. S omezením maximálního zdvihu nosného lana se předpokládá pod nadjezdy, kde jsou již umístěny, nebo je nutné nově osadit, izolované konstrukce pro omezení maximálního zdvihu nosného lana.

Stávající konstrukce omezovačů musí být upraveny na izolační stav soustavy AC 25kV 50Hz tak, aby bylo zamezeno přiblížení nosného lana nebo živé části konstrukce na vzdálenost menší než 150mm

6.6 Trakční vedení

V této kapitole jsou popsány úpravy trakčních vedení vycházející ze skutečnosti, že tratě určené pro změnu napájecí soustavy byly již dříve navrženy pro trakční soustavu stejnosměrnou DC3kV a teprve následně se řeší změna trakční soustavy. V případě, že dojde k rozhodnutí o budoucí konverzi stávajícího systému napájení trakčních vedení tratí SŽDC, bude nutné, aby každý další nový návrh modernizace tratí, rekonstrukce a elektrizace tratí byl zpracováván s ohledem na tuto skutečnost.

6.6.1 Popis a postup řešení TV

Práce na trakčním vedení (TV) pro realizaci přechodu na jednotnou trakční soustavu je možné řešit v následujících etapách:

ETAPA 1 - změna izolačního stavu trolejových vedení pro navrhovanou hladinu 25kV při zachování proudové odolnosti trolejových vedení ve stávající soustavě DC 3kV. V tomto případě se jedná o provádění výměn izolátorů v závěsech a konzolách trolejových vedení, u kotvení sestav, pevných bodů atd. v předstihu. Dále je nutné provést úpravy TV pro dodržení izolačních vzdušných vzdáleností mezi živými částmi TV a objekty spojenými se zemí (nadjezdy, lávky atd.) podle ČSN EN 50119ed.2 čl.5.1.3 a z toho odvozených zásad. Zejména v železničních stanicích a odbočkách se počítá s výměnou úsekových děličů a odpojovačů za nové. Konstrukce nových děličů a odpojovačů musí vyhovovat pro napětí trakční soustavy 25kV a současně i odolností přístrojů pro proudy stávající DC soustavy. V současnosti nejsou k dispozici úsekové děliče, které jsou izolačně na 25 kV a splňují požadavky na stejnosměrné trakční proudy. Tuto problematiku bude nutné řešit přechodným obdobím, kdy v krátkém čase před přepnutím budou úsekové děliče vyměněny, a do doby přepnutí bude přijato opatření pro jízdu se staženým sběračem.

V této etapě se předpokládá i montáž nových bleskojistik nebo omezovačů přepětí pro střídavou AC soustavu 25kV 50Hz s připojením na TV podle ČSN 34 1500ed.2 tak, že současně zůstane funkční stávající ochrana před atmosférickým přepětím trakční soustavy DC 3kV a to až do změny napájení TV řešené v etapě 3.

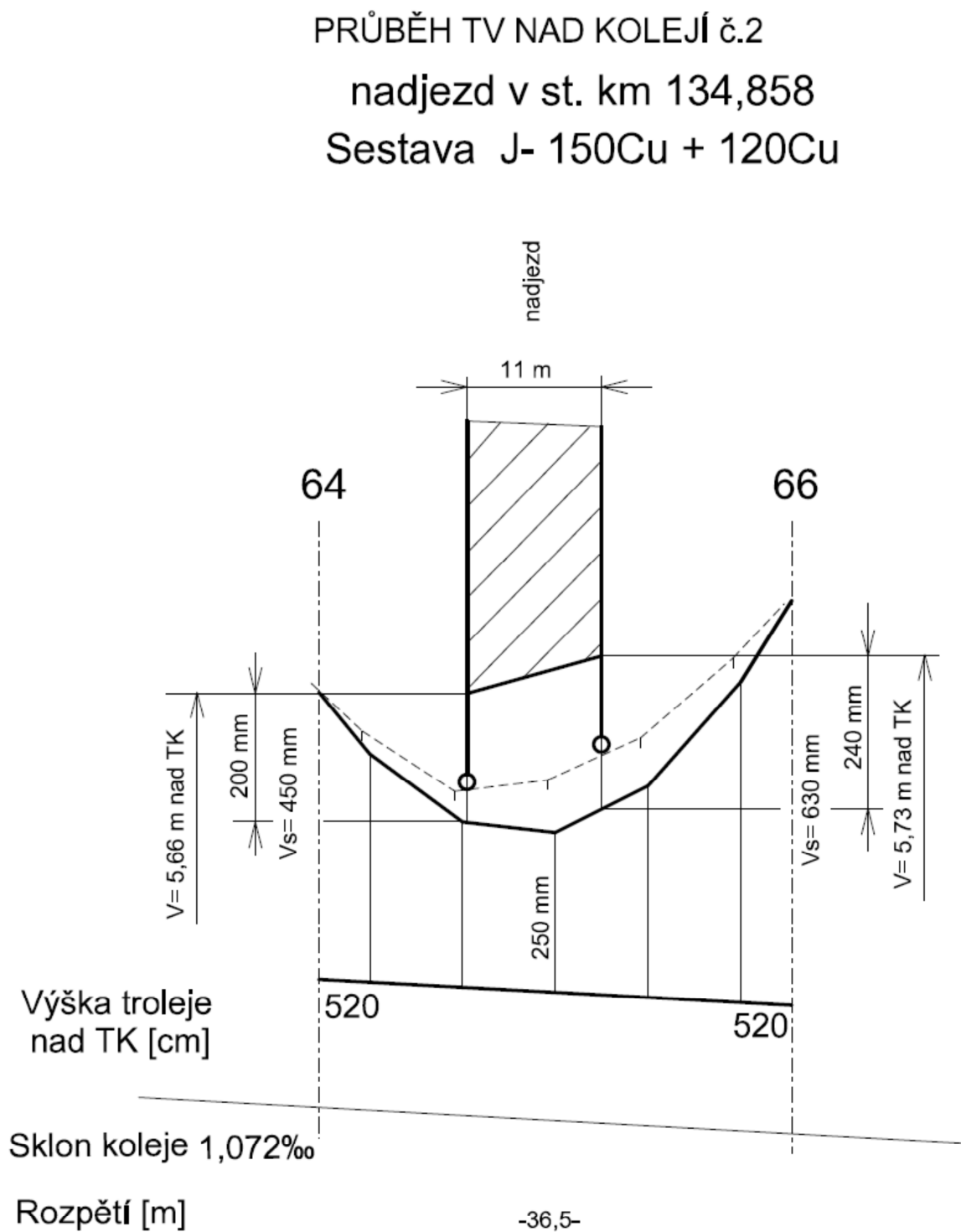
Úpravy trolejových vedení v místech nadjezdů, tunelů a lávek.

Podle výšek stávajících objektů nad kolejemi lze řešení úprav TV rozdělit takto:

- a) **Bez úpravy TV** vyhovují objekty, jejichž vzdálenost od nosného lana trolejového vedení je 600mm nebo větší a žádná část objektu nezasahuje do prostoru ohrožení trolejovým vedením (POTV) podle ČSN 34 1500ed.2 příloha A.
- b) **Úprava volného průběhu systému TV** v místě objektu, který se ve stávajícím stavu nachází mimo prostor POTV. Objekt není ukolejněn a nosné lano je ve vzdálenosti 400mm. V tomto případě je nutné posoudit, zda objekt je možné ukolejnit a průběh nosného lana upravit na vzdálenost 500mm (300+200mm), nebo upravit průběh nosného lana na vzdálenost 600mm bez nutnosti ukolejnění stávajícího objektu. Pro případy volného průběhu trolejového vedení platí podmínka minimální výšky sestavy v poli (minimální délka věšáku je stanovena na 250mm), výšky troleje 5,50m nTK, případně snížené výšky troleje do minimální hodnoty 5,20m nTK (pro tuto variantu řešení).

- c) **Úprava volného průběhu systému TV s omezením maximálního zdvihu nosného lana** se předpokládá pod nadjezdy, kde jsou již umístěny, nebo je nutné nově osadit, izolované konstrukce pro omezení maximálního zdvihu nosného lana. Předpokládaná výška troleje je 5,20m minimálně 5,10m nTK, s minimální výškou sestavy v poli 250mm a statická vzdálenost nosného lana od objektu je 300mm. Konstrukce omezovače musí být upravena na izolační stav soustavy AC 25kV 50Hz tak, aby bylo zamezeno přiblížení nosného lana nebo živé části konstrukce na vzdálenost menší než 150mm podle ČSN EN 50119ed.2 čl.5.1.3. viz obrázek č.2

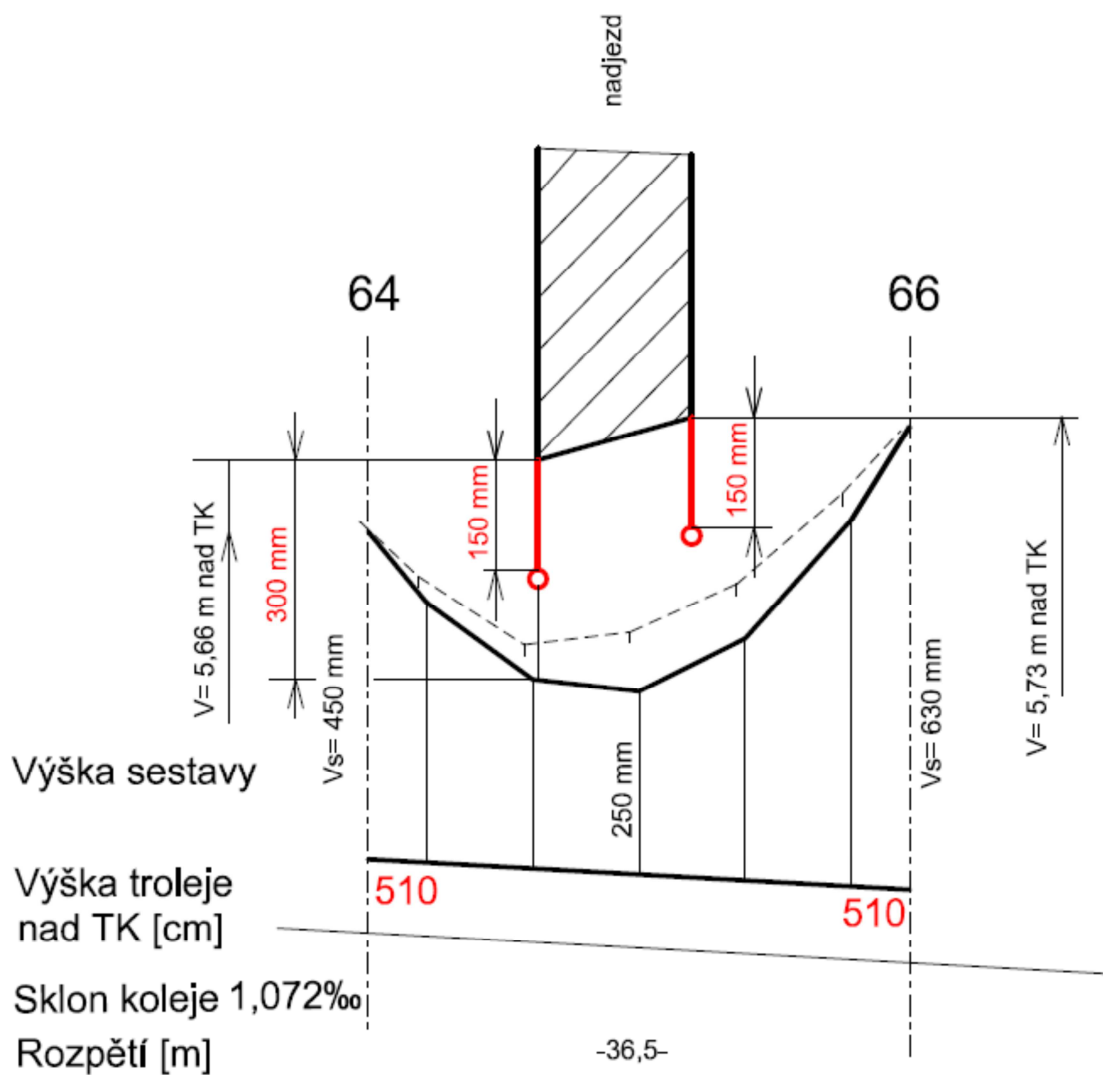
Obrázek č.1 Stávající průběh TV pro soustavu DC 3kV



Stávající průběh TV ŽST Benešov u Prahy

Obrázek č.2 Nový průběh TV pro soustavu AC 25kV 50Hz.

PRŮBĚH TV NAD KOLEJÍ č.2
nadjezd v st. km 134,858
Sestava - 150Cu + 120Cu



Průběh TV pod nadjezdem st. km 134,858 pro AC 25kV

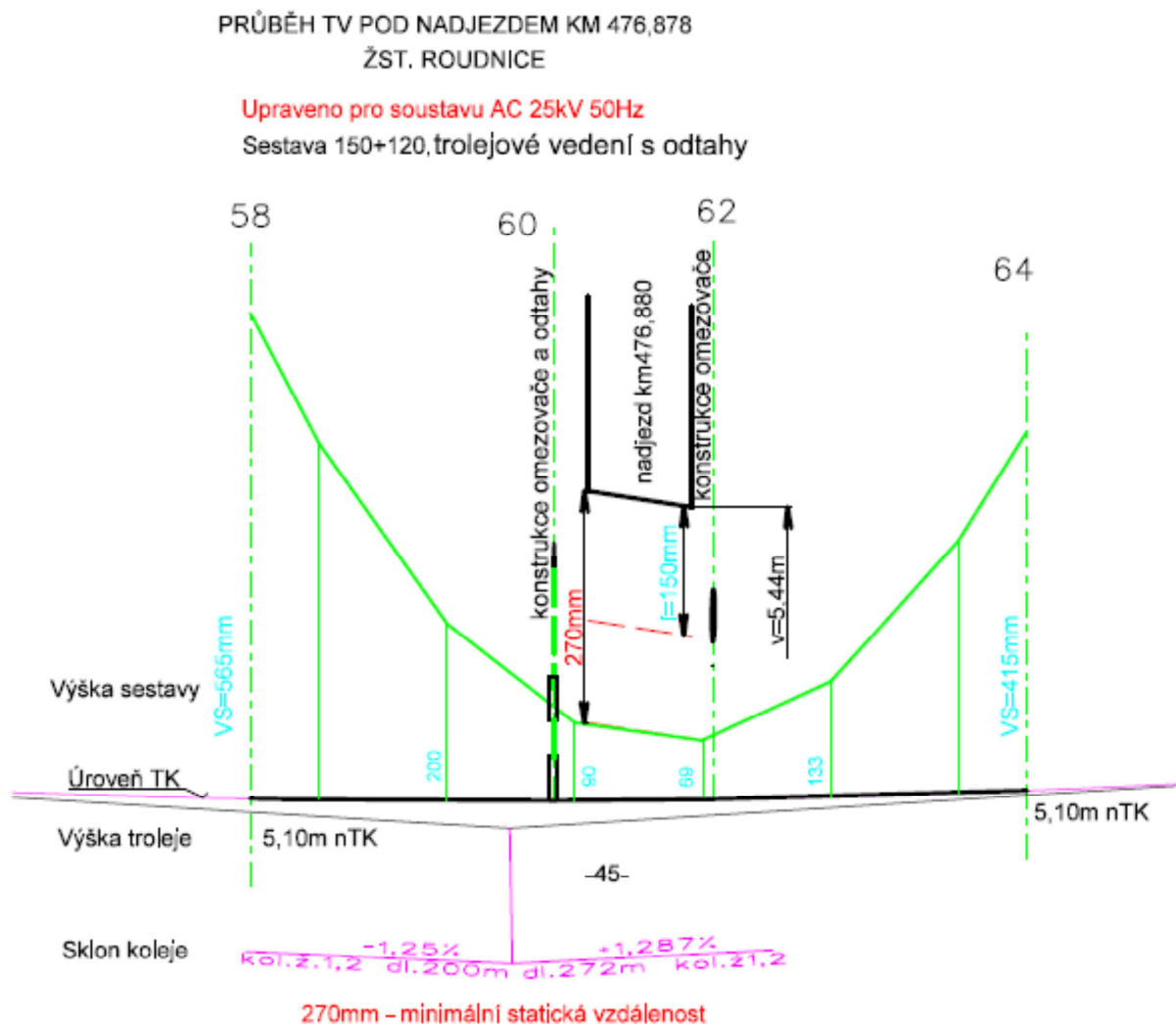
ŽST Benešov u Prahy

Stávající průběh TV ŽST Benešov u Prahy

d) Úprava železničního svršku a průběhu systému s omezením maximálního zdvihu nosného lana.

V místech objektů, kde nelze realizovat úpravy TV podle bodu „c)“ je nutné přistoupit k prověření možnosti úpravy železničního spodku a svršku. V investičních nákladech je počítáno s předpokládanou úpravou každé koleje pod objektem v délce cca 1000m. Pokud nebude technicky možné zajistit úpravu koleje v potřebném rozsahu, přistoupí se současně i ke snížení minimálních výšek sestavy v poli pomocí netypových součástí, vložení dalších podpěr s netypovými konzolami, věšáky a podobně. Řešení průběhu TV bude pro výšku troleje minimálně 5,10m nTK s výškou sestavy v poli 250-150mm (minimálně až 68mm) při použití věšákové svorky s kluzným uchycením nosného lana, při statické vzdálenosti nosného lana od objektu 300mm. Ve výjimečném případě jako je např. nadjezd v žst, Roudnice bude statická vzdálenost nosného lana snížena na 270mm a na stožárech u nadjezdu nebo na nadjezd bude osazena konstrukce omezující přiblížení nosného lana k objektu na vzdálenost minimálně 150mm podle ČSN EN 50119ed.2 čl.5.1.3. viz obrázek č.3. V tomto případě se jedná o silniční ocelový nadjezd nad tratí a řekou Labe u něhož při modernizaci nebylo nalezeno řešení pro zvětšení podjezdové výšky ani v úpravě železničního spodku a svršku.

Obrázek č.3



- e) **Mimořádně snížená výška troleje**- v poslední řadě je možné se souhlasem SŽDC řešit průběh systému s omezením maximálního zdvihu nosného lana v poli pomocí netypových součástí, vložení dalších podpěr s netypovými konzolami, věšáky, řešení pomocí zdvojené troleje s rozdělením stávajícího kotevního úseku a podobně. Řešení průběhu TV bude pro mimořádně sníženou výšku troleje minimálně 5,00m nTK a pokud to bude možné s výškou sestavy v poli 250-150mm (případně až minimálně 68mm) při použití věšákové svorky s kluzným uchycením nosného lana a statické vzdálenosti nosného lana od objektu 300mm. Ve výjimečném případě i se sníženou statickou vzdáleností nosného lana na 270mm.

Studie přechodu na jednotnou trakční soustavu nepočítá s přestavbou stávajících nadjezdů a tunelů. Optimálním řešením pro zajištění plynulosti realizace staveb „Přechodu na jednotnou trakční soustavu 25kV“ je řešit úpravy TV, úpravy kolejí a případné rekonstrukce stávajících mostních objektů v rámci samostatných investičních akcí. Pro realizaci těchto staveb je nutné stanovit výšku křížení podle ČSN 73 6201 a případně se souhlasem SŽDC řešit kompromisní minimální podjezdnou výšku odvozenou z průběhu TV podle parametrů uvedených v odstavci b).

Úpravy TV v tunelech vychází ze stejné podstaty zadání, zajistit dostatečnou vzdálenost živých částí TV od objektu jako je v případě nadjezdů. V tunelech, stejně jako u nadjezdů, se počítá s kompletní výměnou závěsů, konzol TV a věšáků trolejového vedení tak, aby se změnil izolační stav TV a současně byly dodrženy izolační vzdálenosti živých částí TV od objektu (ostění tunelu) s ohledem na střídavou trakční soustavu 25kV50Hz. V současné době jsou zpracovány, nebo se zahájily práce na pracování přípravné dokumentace (PD) u většiny stávajících problematických tunelů v samostatných stavbách, jako je například: Modernizace traťového úseku Praha-Libeň – Praha-Malešice, Praha hl.n. – Praha Smíchov, Rekonstrukce nelahozeveských tunelů, Děčín- Prostřední Žleb. V případě uvedených staveb je jen otázkou termín jejich realizace ve vztahu na schválený postup staveb přechodu na jednotnou trakční soustavu. Projektant předpokládá, že v PD staveb konverze napájení TV, bude zohledněn skutečný stav přípravy souvisejících staveb a podle toho i upřesněn rozsah úprav TV. Souhrnný seznam objektů je přiložen v samostatné kapitole studie.

Řešení úpravy zesilovacích vedení (ZV)

Dalším úkolem pro zadání projektových dokumentací staveb přechodu je rozhodnout, jaká varianta úprav ZV bude použita. Zda se bude řešit změna izolačního stavu ZV: varianta 1 -prostá výměna izolátorů, nebo v některém úseku trati (v dopravním uzlu) počítat s variantou 1a - s úpravou ZV na napájecí vedení (NV) zavěšené na stožárech TV, nebo varianta 2 - změna zapojení lan pro soustavu AC při zachování stávajícího izolačního stavu vedení, nebo v poslední řadě varianta 3 - počítá s demontáží ZV. Práce pro změnu izolačního stavu TV, ZV, NV je možné provádět v samostatných elektrických a částečných kolejových výlukách. Odpojení proudových propojení ZV-TV uvedené ve variantě 1a, 2, 3 se provede až při výluce pro změnu trakční soustavy.

Rozbor variant využití stávajících zesilovacích vedení pro přechod na jednofázovou střídavou trakční soustavu AC 25kV 50Hz:

Varianta 1 - ponechat stávající zapojení, to znamená provést změnu izolačního stavu ZV na 25kV, v tomto případě je nutné počítat s IN cca 282 tis. Kč/km

Přínosem této varianty je snížení ohmického odporu trakčního vedení, což pro střídavou soustavu AC není tak podstatnou složkou pro výslednou impedanci trakčního obvodu, jako je tomu při napájení DC soustavy. To znamená, že návratnost IN za úpravy ZV je dlouhodobá ve vztahu k vynaloženým investičním nákladům a následným nákladům na údržbu vedení.

Varianta 1a – znamená posoudit možnost využití stávajícího lana ZV pro návrh napájecího vedení NV v případech, připojení napájecí stanice (TNS) nebo spínací stanice (SpS) pro připojení odbočující trať apod. V případě této úpravy ZV lze prakticky počítat s využitím stávajícího lana 120mm² Cu s převěšením na nové konzoly (délky 1,5m) se závěsy pro 25kV, s demontáží proudových propojení TV. Pro uvedenou variantu se nedoporučuje využívat lano 240mm² AlFe.

Přínosem této varianty je hlavně možnost konfigurace napájení v poruchových a výlukových stavech jak na trakčním vedení, tak u napájecích stanic. Tato možnost bude výhodná hlavně v dopravních a napájecích uzlech. Nevýhodou varianty 1a je změna polohy závěsu lana a spojování stávajícího a nového lana.

Varianta 2 – řeší připojení stávajících lan ZV ke kolejnicovému zpětnému vedení bez výměny izolátorů závěsů a kotvení, IN zahrnují demontáž propojek ZV-TV a přímé připojení lan ke koleji – v tomto případě se předpokládají IN cca 65 tis.Kč/km

V případě této varianty se předpokládá přínos ve snížení impedance trolejového vedení s ohledem na polohu stávajících lan v úrovni trolejového vedení. Stanovení výsledné impedance vedení s ohledem na novou polohu zpětného vedení a určení velikosti ztrát na TV bude nutné definovat samostatnými výpočty a měřeními na TV. Tuto variantu přímého spojení s kolejnicemi ale umožní jen nový systém zabezpečovacího zařízení. V případě trati využívající kolejové obvody zabezpečovacího zařízení by bylo toto řešení možné jen pomocí propojení s vloženým elektronickým zařízením kolejových obvodů. Tím by se přínos tohoto řešení snižoval.

Varianta 3 - demontáž zesilovacích vedení - v tomto případě se předpokládají IN cca 245 tis.Kč/km vedení

Tato varianta zahrnuje demontáž ZV, kterou by bylo nutné provádět během etapy 3. K této variantě je doporučeno přistoupit v případě tratí s kolejovými obvody zabezpečovacího zařízení, kdy se prokáže nevýhodnost varianty 2 nebo varianty 1.

V investičních nákladech za TV této studie projektant TV počítá s variantou 2.

Studie nepočítá s možností spojit budoucí stavby modernizací s konverzí na střídavou trakční soustavu AC25kV50Hz. Výhodnost této varianty se dá předpokládat jen na některých méně dopravně zatížených jednokolejných tratích s vyloučením železničního provozu. Pro současné provádění modernizace zároveň se změnou napájecí soustavy na dvoukolejné a víceukolejné trati by to znamenalo v celém úseku po celou dobu stavby použít nezávislou trakci a teprve na závěr stavby by bylo uvedeno do provozu nové lehké trakční vedení napájené z TNS střídavé trakční soustavy AC 25kV50Hz.

Úprava sekcí TV a DOO

Úpravy TV pro změnu izolačního stavu železničních stanic je možné využít i pro přípravu na změnu rozdělení TV do nových sekcí podle aktualizovaných požadavků dopravní technologie. Trakční soustava AC snižuje nároky na velikost průřezu trakčních vedení, a proto je možné oddělit předjízdné koleje u nástupišť atd. Pro stanovení investičních nákladů se vychází ze stávajícího počtu odpojovačů a děličů, které by se v celkovém rozsahu nemusely změnit i při přerozdělení TV jednotlivých kolejových skupin. Tyto úpravy dělení sekcí umožňují snížit omezení provozu při výlukách vyvolaných údržbou železničního svršku, TV, přístřešků nástupišť atd.

V této souvislosti projektant upozorňuje na problematiku dálkového ovládání odpojovačů některých železničních stanic. Podle zjištění je řada železničních stanic, u kterých jsou jednotlivé elektrické sekce připojeny prostřednictvím ručně ovládaných odpojovačů. Na základě těchto zjištění projektant doporučuje doplnění kabelů DOO řešit v projektové dokumentaci společně s výměnou kabelových vedení zabezpečovacího zařízení, i když tato problematika není předmětem zadání této studie.

Rozsah výluk pro úpravy TV je nutné stanovit podle typů závěsů a konkrétního dělení systémů TV v elektrických sekcích. Elektrické a kolejové výluky je vhodné plánovat společně s pracemi

prováděnými na zabezpečovacím zařízení nebo s jinými pracemi týkajícími se údržby železničního svršku apod.

Upozornění zpracovatele na proveditelnost prosté výměny izolátorů na konzolách TV, SIK a závěsů na nosných převěsech TV, jejichž stáří je 30 a více let - pro takové případy se doporučuje spojit tyto práce s rekonstrukcí TV většího rozsahu a tím zajistit i prodloužení spolehlivé životnosti TV.

ETAPA 2 - příprava připojení napájecích stanic (TNS), spínacích stanic (SpS) a ostatních transformátorů (pro UNZ, EPZ) na TV. V této etapě se uvažuje nová výstavba TNS, SpS a transformátorů. Do trolejových vedení budou vloženy děliče TV 25kV pro neutrální pole napájecích a spínacích stanic (pokud budou navrženy) a provizorní neutrální pole pro styk trakčních soustav. Dále se počítá s realizací nových napájecích převěsů a kabelových vedení napájecích a zpětných vedení tak, aby se minimalizovala vlastní celková výluka přepojovaného úseku pro práce popsané v etapě 3.

ETAPA 3 - připojení napájecích stanic (TNS), spínacích stanic SpS na TV nastane po odpojení stávajících trakčních měníren (MR), v trakčním vedení se počítá s odpojením a demontáží bleskojistik TV DC soustavy, vzdušných a kabelových napájecích vedení, s demontáží zpětných kabelových vedení včetně rozvaděčů. V případech, kdy umístění napájecí stanice AC 25kV je v blízkosti měnírny DC, se počítá s využitím stávajících vzdušných linek napájecích vedení pro připojení TNS AC 25kV na TV (například linky Koštov, Libochovany atd.) Před připojením nových nebo upravovaných zařízení a jejich uvedení do provozu TV je nutné počítat s časem pro technické prohlídky, zkoušky a pro zpracování revizních dokumentů.

Navrhované úpravy TV v místech nadjezdů, lávek a tunelů se předpokládají v místech podle následujícího seznamu tratí..:

OŘ PRAHA

ŽST	nadjezd situování	poznámka
trať - č.011		
ŽST Kolín	345,6	parovod
ŽST Kolín	348,268	dáln.nadj.přes 5 kolejí
Kolín	348,316	siln.nadj. přes dvě koleje
Kolín	349,187	lávka pro pěší
I	354,36	5m vtr, siln nadj. 2 koleje
ŽST Velim		
I	359,61	siln.nadj. přes dvě koleje
ŽST Pečky	364,02	siln.nadj. přes 3 koleje
I		
ŽST Poříčany		2xnáv.lávka přes 6 kolejí
I		5xnáv.lávka přes 3 koleje
ŽST Český Brod		
I		4xnáv.lávka přes 3 koleje
I	380,663	siln.nadj. přes 3 koleje
I		4xnáv.lávka přes 3 koleje
žst.Úvaly		náv.lávka přes 5 kolejí

žst.Úvaly	388,685	siln.nadj. Přes 4 koleje vtr=5,35m
I		4xnav.lávka přes 3 koleje
I	392,11	siln.nadj. Přes 3 koleje -vtr=4,54m!
		2xnav.lávka přes 3 koleje
Blatov		2xnav.lávka přes 3 koleje
kolej 102a		SUEZ- v=4,99m závěs na mostě
ŽST Praha Běchovice		vysoký dáln.nadjezd přes 6 kolejí
I		3xnav.lávka přes 3 koleje
I	402,4	siln.nadj.
I		2xnav.lávka přes 3 koleje
ŽST Praha Libeň		

Umístění na trati	Situování žkm	Poznámka
trať číslo 221.		
ŽST Benešov u Prahy	134,056	lávka pro pěší
ŽST Benešov u Prahy	134,858	nadjezd
I	135,49	nadjezd
ŽST Čerčany		
I	147,024	nadjezd
ŽST Senohraby	150,083	nadjezd
I	152,1	dálnice
ŽST Strančice	157,758	lávka pro pěší
ŽST Strančice	158,566	nadjezd
ŽST Říčany	163,967	nadjezd
I	167,429	nadjezd
I	167,858	kolovraty lávka
ŽST Praha Uhřetěves		
I	173,983	nadjezd
ŽST Praha Hostivař	176,5	
ŽST Praha Zahradní město	177,3	
ŽST Praha Zahradní město	178,4	
I	181,7	
ŽST Praha Vršovice		
Trať č. 231		
Kolín-Velký Osek	299,738	siln.nadj.včetně nájezdu
Kolín-Velký Osek	304,072	siln.nadj.
Velký Osek-Libice nad Cid.	308,9	dálnice D11nadjezd
ILibice nad Cid.-Poděbrady	311,4	siln.nadj.
ILibice nad Cid.-Poděbrady	313,37	siln.nadj.
Poděbrady	315,403	siln.nadj přes 4 koleje
Poděbrady-Nymburk	318,35	dáln.nadjezd
Poděbrady-Nymburk	319,68	jednokolejný žel.nadj

Nymburk seř.n	320,66	MR vtr=5000, siln.nadj přes 2 koleje
Nymburk hl.n	323,28	SpS, nadj.siln.vtr=5150, 5020 -sm Veleliby
Nymburk hl.n -Kostomlaty nad L	323,53	vtr=5150, žel.nadj.1 kolejný
ŽST Lysá n.L. SpS (232)	337,06	siln.nadj.10 kolejí PD
Čelákovice-Mstětice	cca 10,1	siln.nadjezd přes 2 koleje PD
ŽST Mstětice	13,386	PD
Odbočka Skály		náv.lávka PD
Odbočka Skály-Praha Vysočany		náv.lávka PD
Odbočka Skály-Praha Vysočany		produktovod 3 koleje PD
Odbočka Skály-Praha Vysočany	24,83	siln.nadjezd přes 3 koleje PD
Odbočka Skály-Praha Vysočany		5xnáv.lávka PD
ŽST Praha Vysočany		

Umístění na trati	Situování žkm	Poznámka
Trať číslo 171.		
ŽST Praha Smíchov	4,38	lávka pro pěší
Praha Smíchov- Praha Radotín	1,8	nadjezd
Praha Smíchov- Praha Radotín	4,5	PřesVtavu -Krč
Praha Smíchov- Praha Radotín	5,16	nadjezd žel.z tunelu
Praha Radotín-Dobřichovice	16,472	nadjezd
Karlštejn-Beroun osobní	35,436	nadjezd
ŽST Beroun osobní	39,016	nadjezd
ŽST Beroun osobní	39,487	lávka pro pěší
Beroun-K.Dvůr	40,84	produktovod
Beroun-K.Dvůr	41,825	lávka pro pěší
Beroun-K.Dvůr	cca 42,030	produktovod
OŘ Praha trať 090		
Praha Bubeneč-Roztoky	417,971	nadjezd

Tratě Prahy

Praha Radotín-Krč	km9,98-10,416	tunel dl-508m
Praha Krč-Vršovice sř.n čekacíkoleje	km2,95	
Praha Krč-Vršovice sř.n čekacíkoleje	km4,4	
Praha Krč-Vršovice sř.n čekacíkoleje	km4,6	
Praha Krč-Vršovice sř.n čekacíkoleje	km5,0	
Praha Vyšehrad-Praha hl.n	km 1,560	v=5,15m,tunel I. Dl.1180
Praha Vršovice-Praha hl.n.		tunel II. III. v=5,08m dl.1100m
ŽST Praha Bubny	km412,6	v=5,35
Odbočka Balabenka-ŽST Praha hl.n.		tunel NS
Praha Vysočany-TGM		3xnadjezd NS
Praha Libeň-TGM		3xnadjezd NS
Praha Libeň -Praha hl.n.		2xnadjezd NS a tunel NS

Praha Libeň-Praha Malešice	3,4-3,7 km ² ,9	tunel vtr=5,037 nadj vtr=5,01m
Praha Běchovice - Malešice	km 4,7	vtr=5,02m
Praha Běchovice - Malešice	km 5,1	vtr=5,01m
ŽST Praha Malešice	km3,882	vtr=4,88m
ŽST Praha Malešice	km 4,7	
Praha Malešice-Praha Vršovice	km 6,24	
Praha Malešice-Praha Vršovice	km 6,7	Vtr=5,00m
Praha Hostivař- Malešice	4,352	vtr=5,60
Praha Holešovice-odbočka Rokytka		tunel Bílá skála
odbočka Rokytka		vtr=5,38m -2koleje Libeň- odbočka

OŘ Ústí n.Labem

Umístění na trati	Situování žkm	Poznámka
Trať č. 090		
Kralupy nad Vltavou-Nelahozeves	cca 438,700-439,335	3 tunely_Studie
Kralupy nad Vltavou-Nelahozeves	440,802	nadjezd
ŽST Nelahozeves		
Nelahozeves-Vraňany	443,35	nadjezd
Nelahozeves-Vraňany	445,43	nadjezd dálnice
Nelahozeves-Vraňany	cca 445,967-446,958	tunel
Nelahozeves-Vraňany	448,375	nadjezd
ŽST Vraňany	450,72	nadjezd
Vraňany-Dolní Beřkovice	455,59	parovod za cítovem
Dolní Beřkovice		kol.1-6
Dolní Beřkovice -Hněvice	459,534	náv.lávka
Dolní Beřkovice -Hněvice	460,504	produktovod
Dolní Beřkovice -Hněvice	461,409	produktovod
Dolní Beřkovice -Hněvice	462,2	produktovod
Dolní Beřkovice -Hněvice	462,436	nadjezd
Dolní Beřkovice -Hněvice	463,897	náv.krakorec za počáply
ŽST Hněvice	477,168	náv.krakorec
Hněvice-Roudnice nad Labem	471,61	dopravník
ŽST Roudnice nad Labem +TM	475,322	náv.krakorec
ŽST Roudnice nad Labem +TM	475,57	lávka
ŽST Roudnice nad Labem +TM	476,87	
Hrobce-Bohušovice	486,474	neutrál pod nadjezdem
Bohušovice nad Ohří-Lovosice	492,33	nadj.dáln.přivaděč
Bohušovice nad Ohří-Lovosice	492,401	nadj.vlečka lovochema

ŽST Lovosice	494,672	siln.nadjezd
Prackovice-Ústí n.L. jih	507,47	
Ústí n.L.obvod jih- Ústí n.L. hl.n. os.n.	516,27	náv.krakorec
ŽST Ústí n.L. hl.n. os.n.	516,57	žel.nadjezd směr střekov
ŽST Ústí n.L. -sever	cca 519,925	nadjezd siln.
Ústí n.L.sever-Povrly	522,7	nadjezd siln.
Děčín - Prostřední Žleb		tunel- cca 280m
Děčín - Prostřední Žleb		tunel- cca 150m
Děčín - Prostřední Žleb	2,218	lávka
ŽST Děčín - Prostřední Žleb +SpS 098		
Prostřední Žleb-Dolní Žleb		
Dolní Žleb -Státní hranice		2x neutrál

Umístění na trati	Situování žkm	Poznámka
Trať číslo 073.		
ŽST Ústí nad Labem Střekov	431,05	lávka pro pěší
Ústí nad Labem Střekov -Děčín Východ	432,22	siln.nadjezd
Velké Březno- Boletice n.L.	448,530-448,620	OV tunel
ŽST Děčín Východ	457	lávka pro pěší
ŽST Děčín Východ směr Žleb	457,2	nadjezd dálnice
ŽST Děčín Východ směr Děčín hl.n.	457,2 jako 3,117	nadjezd dálnice, most labe
I	458,160 - 458,560	tunel
ŽST Děčín východ-Prostř. Žleb(SpS)		most Labe
Trať číslo 072.		
Ústí n L Střekov -Sebuzín	429,9	zdymsadlo
Ústí n L Střekov -Sebuzín	423,402	siln.nadjezd
trať Sebuzín -V.Žernoseky + TM Libochovany 417,900	421,24	siln.nadjezd
trať Sebuzín -V.Žernoseky + TM Libochovany 417,900	418,615	siln.nadjezd
V. Žernoseky	413,02	siln.nadjezd
V. Žernoseky	411,86	žel.nadj.1 kolejný
V. Žernoseky-Litoměřice	409,845	dáln.přivaděč
V. Žernoseky-Litoměřice	408,13	siln.nadjezd
Štětí-Liběchov	382,367	nadjezd neutrál
Štětí-Liběchov	381,3	nadj.polní cesta
Liběchov		
Liběchov-Mělník	373,62	siln.nadjezd
Trať číslo 123.		
ŽST Most hl.n (viz 130)		

Most-Obrnice	120,84	nadjezd siln.spol.s tratí 130 (km 45,339)
odb. České Zlatníky-Obrnice	233,49	
České Zlatníky-Obrnice	234,28	žel.nadjezd
ŽST Obrnice	119,0 - 233,490	dáln.nadjezd spol.s odb. Č.Zlatníky-Obrnice 233,490
ŽST Obrnice	232,26	lávka pro pěší
Obrnice-Počerady	231,72	náv.lávka 2 koleje
Obrnice-Počerady	230,93	siln.nadjezd
Obrnice-Počerady	230,71	náv.lávka
Obrnice-Počerady	223,35	lávka pro pěší Volevčice
Počerady-Postoloprty	218,887	siln.nadjezd

Umístění na trati	Situování žkm	Poznámka
Trať číslo 123		
ŽST Most hl.n (viz 130)		
Most-Obrnice	120,84	nadjezd siln.spol.s tratí 130 (km 45,339)
odb. České Zlatníky-Obrnice	233,49	
České Zlatníky-Obrnice	234,28	žel.nadjezd
ŽST Obrnice	119,0 - 233,490	dáln.nadjezd spol.s odb. Č.Zlatníky-Obrnice 233,490
ŽST Obrnice	232,26	lávka pro pěší
Obrnice-Počerady	231,72	náv.lávka 2 koleje
Obrnice-Počerady	230,93	siln.nadjezd
Obrnice-Počerady	230,71	náv.lávka
Obrnice-Počerady	223,35	lávka pro pěší Volevčice
Počerady-Postoloprty	218,887	siln.nadjezd
ŽST Postoloprty		
Lišany- Žatec hl.n	207,34	siln.nadjezd Tvršice
Žatec západ, vč.odv.Velichov	202,981	siln.nadjezd 4 koleje
Hořetice-Březno uCh	111,371	siln.nadjezd
Hořetice-Březno uCh	114,31	siln.nadjezd
ŽST Březno u Chomutova		
Trať číslo 130.		
ŽST Ústí n.L. západ	1,582	náv.krakorec
ŽST Ústí n.L. západ	2,38	lávka
ŽST Ústí n.L. západ	2,83	náv.lávka
ŽST Ústí n.L. západ	2,987	náv.lávka
ŽST Ústí n.L. západ	3,375	produktovod společně s tratí 131
ŽST Ústí n.L. západ - ŽST Ústí n.L. jih	0,48-0,58	tunel
ŽST Ústí n.L. západ - ŽST Ústí n.L. jih	0,66-0,68	nadjezd
Ústí n.L. západ (kol.57)	0,5	dáln.nadjezd

Ústí n.L. západ (kol.57)	1,7	dáln.nadjezd
Ústí n.L. západ (kol.51,52)	4,1	dáln.nadjezd
Ústí n.L. západ (kol.51,52)	4,2	siln.nadjezd
Ústí n.L. západ (kol.51,52)	4,35	náv.lávka
Ústí n.L. západ (kol.51,52)	4,8	dáln.nadjezd
Ústí n.L. západ (kol.51,52)	4,9	náv.lávka
Ústí n.L. západ-Chabařovice	6,3	nadjezd dáln.přivaděč
Ústí n.L. západ-Chabařovice	18,9	dáln.nadjezd
ŽST Řetenice	19,96	produktovod-lávka glavunion
ŽST Řetenice	20,3	produktovod-lávka glavunion
ŽST Oldřichov	22,23	nadjezd siln.
ŽST Oldřichov	23,48	nadjezd siln.
Oldřichov-Bílina	25,049	nadjezd siln.
Umístění na trati	Situování žkm	Poznámka
Trať číslo 130.		
ŽST Ústí n.L. západ	1,582	náv.krakorec
ŽST Ústí n.L. západ	2,38	lávka
ŽST Ústí n.L. západ	2,83	náv.lávka
ŽST Ústí n.L. západ	2,987	náv.lávka
ŽST Ústí n.L. západ	3,375	produktovod společně s tratí 131
ŽST Ústí n.L. západ - ŽST Ústí n.L. jih	0,48-0,58	tunel
ŽST Ústí n.L. západ - ŽST Ústí n.L. jih	0,66-0,68	nadjezd
Ústí n.L. západ (kol.57)	0,5	dáln.nadjezd
Ústí n.L. západ (kol.57)	1,7	dáln.nadjezd
Ústí n.L. západ (kol.51,52)	4,1	dáln.nadjezd
Ústí n.L. západ (kol.51,52)	4,2	siln.nadjezd
Ústí n.L. západ (kol.51,52)	4,35	náv.lávka
Ústí n.L. západ (kol.51,52)	4,8	dáln.nadjezd
Ústí n.L. západ (kol.51,52)	4,9	náv.lávka
Ústí n.L. západ-Chabařovice	6,3	nadjezd dáln.přivaděč
Ústí n.L. západ-Chabařovice	18,9	dáln.nadjezd
ŽST Řetenice	19,96	produktovod-lávka glavunion
ŽST Řetenice	20,3	produktovod-lávka glavunion
ŽST Oldřichov	22,23	nadjezd siln.
ŽST Oldřichov	23,48	nadjezd siln.
Oldřichov-Bílina	25,049	nadjezd siln.
Oldřichov-Bílina	33,19	asi bývalý produktovod
Bílina-odb. České Zlatníky	35,214	nadjezd siln.
Bílina-odb. České Zlatníky	35,487	náv.lávka
Bílina-odb. České Zlatníky	35,83	náv.lávka
Bílina-odb. České Zlatníky	36,76	náv.lávka

Bílina-odb. České Zlatníky	37	náv.lávka
Bílina-odb. České Zlatníky	37,82	náv.lávka
Bílina-odb. České Zlatníky	38,225	náv.lávka
Bílina-odb. České Zlatníky	38,92	náv.lávka
Bílina-odb. České Zlatníky	39,39	náv.lávka
Bílina-odb. České Zlatníky	39,66	nadjezd siln.
Bílina-odb. České Zlatníky	40,167	lávka pro pěší
Bílina-odb. České Zlatníky	40,175	náv.lávka
Bílina-odb. České Zlatníky	40,38	náv.lávka
Bílina-odb. České Zlatníky	41,425	náv.lávka
České Zlatníky-Most hl.n	45,22	náv.lávka
České Zlatníky-Most hl.n	45,34	nadjezd siln.

Umístění na trati	Situování žkm	Poznámka
Trať číslo 130.		
ŽST Most hl.n,	47,2	nadjezd siln.
Most hl.n-Třebušice	47,65	náv.lávka
Most hl.n-Třebušice	48,65	náv.lávka
odb.ŽST Most n.n (135)	49,06	nadjezd siln.
odb.ŽST Most n.n (135)	49,15	nadjezd siln.
Most hl.n-Třebušice	46,06	náv.lávka
Most hl.n-Třebušice	46,66	lávka pro pěší
Třebušice	48,41	nadjezd siln.
Třebušice	48,425	parovod
Kyjice-Chomutov město	62,44	lávka pro pěší
ŽST Chomutov	cca 64,55 - 125,220	lávka
Chomutov-Kadaň Pruněřov	127,12	nadjezd dálnice
Chomutov-Kadaň Pruněřov	129,4	nadjezd siln.
Chomutov-Kadaň Pruněřov	131,4	lávka pro pěší
ŽST Kadaň Pruněřov	136,25	nadjezd siln.
ŽST Kadaň Pruněřov	136,45	lávka zauhlovací
Kadaň Pruněřov-Kláštorec	137,98	nadjezd siln.
Kadaň Pruněřov-Kláštorec	138,305	nadjezd žel.
styk 3kV/25kV	137,98	neutrál
styk 3kV/25kV	138,305	neutrál
Trať číslo 131.		
ŽST Ústí n.L. západ	1,16	produktovod
ŽST Ústí n.L. západ	3,375	produktovod společný s tratí do chabařovic 130
ŽST Trmice	0,35	
ŽST Trmice	0,3	

ŽST Trmice	0,7	
ŽST Trmice	4,24	
ŽST Trmice	4,4 až 4,48	přesmyk nadj
Trmice-Řehlovice	3	
Trmice-Řehlovice	4,8	
ŽST Řehlovice	6,3	
ŽST Řehlovice	6,356	
Řehlovice-Úpořiny	10,365	
Řehlovice-Úpořiny	12,968	
ŽST Světec +MR		
Světec-Bílina	23,21	
Světec-Bílina	23,91	
Světec-Bílina	23.940	
Světec-Bílina	24,27	

Umístění na trati	Situování žkm	Poznámka
Trať číslo 131.		
ŽST Ústí n.L. západ	1,16	produktovod
ŽST Ústí n.L. západ	3,375	produktovod společný s tratí do chabařovic 130
ŽST Trmice	0,35	
ŽST Trmice	0,3	
ŽST Trmice	0,7	
ŽST Trmice	4,24	
ŽST Trmice	4,4 až 4,48	přesmyk nadj
Trmice-Řehlovice	3	
Trmice-Řehlovice	4,8	
ŽST Řehlovice	6,3	
ŽST Řehlovice	6,356	
Řehlovice-Úpořiny	10,365	
Řehlovice-Úpořiny	12,968	
ŽST Světec +MR		
Světec-Bílina	23,21	
Světec-Bílina	23,91	
Světec-Bílina	23.940	
Světec-Bílina	24,27	
Světec-UU Ledvice	0,78	
Světec-UU Ledvice	0,92	
ŽST Bílina viz 130		
Trať číslo 134.		
ŽST Oldřichov 130		

I		
ŽST Osek		
I		
ŽST Louka u Litvínova 135		
Louka u Lit-Most	km 4,82	
Louka u Lit-Most	km 5,25	
Louka u Lit-Most	km 5,682	
Louka u Lit-Most	km 8.350	
Louka u Lit-Most	km 9,58	
Louka u Lit-Most	km 9.800	
ŽST Most n.n		

OŘ HRADEC KRÁLOVÉ

Umístění na trati	Situování žkm	Poznámka
Trať číslo 270.		
Hoštejn -Krasíkov	27,37-27,694	vtr=5,35 tunel Malá huba
Hoštejn -Krasíkov	25,992-26,12	vtr=5,35 tunel II
Hoštejn -Krasíkov	24,7-25,785	vtr=5,35 tunel I
Rudoltice-Třebovice	7,675-7,77	vtr=5,32 tunel
Odbočka Zádulka	4,42	Vj. Kol.OL vtr=4,95
Odbočka Zádulka	4,97	NOK-C
Odbočka Zádulka	cca 5,6	NOK-C vtr=5,30
Odbočka Zádulka-Vj. Skupina	cca 241,7	vtr=5,20m
Dlouhá Třebová-Ústí/O	253,48	
Dlouhá Třebová-Ústí/O	252,56	
ŽST Choceň	0,76	směr Týniště
ŽST Choceň	270,5	
ŽST Choceň	270,86	
ŽST Choceň	271,86	
ŽST Zámorsk	280,02	
ŽST Uhersko	286,52	lávka
ŽST Moravany	291,86	
ŽST Kostěnice	295,77	
Kostěnice-Pardubice	300,52	
Kostěnice-Pardubice	303,39	
ŽST Pardubice	306,4	vtr=5,20 madjezd neutrální,
Pardubice-Přelouč	309,24	MR Opočinec vtr=5,1m
Pardubice-Přelouč	313,62	
ŽST Přelouč	319,56	
žst.Řečany	325,57	vtr=5,4

Řečany-Záboří n.L.	334,67	
ŽST Záboří nad Labem	335,98	vtr=5,4
Záboří nad L-Kolín	341,7	
Záboří nad L-Kolín	cca 343,9	vtr=5,25m
ŽST Kolín viz 011 MR		
Trať číslo 260.		
ŽST Opatov	236,37	
ŽST Česká Třebov ostatní skup kol.	cca 0,3	100/C Vjezdová kolej pražská
ŽST Česká Třebov ostatní skup kol.	2,85	100/C Vjezdová kolej pražská
ŽST Česká Třebov ostatní skup kol.	3,33	100/C, 200/B Vjezdová kolej pražská
ŽST Česká Třebov ostatní skup kol.	5,27	100/C Vjezdová kolej pražská

Umístění na trati	Situování žkm	Poznámka
Trať číslo 230.		
ŽST Kutná Hora styk soustav		
ŽST Kutná Hora	km 287,97	vtr=5,40m
I	km 289,34	
ŽST Kolín 231		
Trať číslo 060.		
ŽST Poříčany viz 011		
ŽST Sadská	km 6,71	
ŽST Nymburk město		
ŽST Nymburk hl.n.SpS_n viz 231		
Trať číslo 024.		
ŽST Ústí nad Orlicí 024		
	km 10,8	
Lanšperk		
ŽST Letohrad 021		
I	94,84	
ŽST Jablonné nad Orlicí		
Trať číslo 020.		
Hradec Králové 020	km 22,022	
Hradec Králové 020	km 22,4	lávka
ŽST H. Králové-Slezské Předměstí	km 32,732	
ŽST Třebechovice pod Orebem		
I	km 46,95	vtr=5,15m
ŽST Týniště nad Orlicí		
	km 22,503	

	km 22,553	
ŽST Borohrádek		
Újezd u Chocně		
I	km 5,540	vtr=5,2
ŽST Choceň viz 270		

Umístění na trati	Situování žkm	Poznámka
Trať číslo 031.		
žst.Pardubice 031 viz 010		
	km1,3	
ŽST Pardubice-Rosice		
ŽST Smiřice		
I	37,153	silnice III.tř
ŽST Jaroměř		
Trať číslo 020.		
ŽST Velký Osek viz 231		
výhybna Kanín	cca km2,5	Dálnice D11
ŽST Dobšice n. C. MR		
ŽST Převýšov		
I	km 19,695	
ŽST Chlumec nad Cidlinou		
žst.Nové Město n.C	4,465	
ŽST Praskačka		
	km 23,0	neutrální pole
I	23,97	neutrál
Odbočka Plačice-H.Králové		

OŘ Olomouc

Umístění na trati	Situování žkm	Poznámka
Trať č. 270		
t.ú. Přerov - Prosenice	14,537	Železniční most – regulace TV
ŽST. Přerov	184,520	Silniční nadjezd – regulace TV
Výh. Dluhonice	186,692	Silniční nadjezd – regulace TV
Brodek - Grygov	197,886	Silniční nadjezd – regulace TV
ŽST. Olomouc	83,484	Silniční nadjezd – regulace TV
t.ú.Drahotuše - Hranice na Moravě	1,444	Železniční most – regulace TV

Trať č. 280		
t.ú. Hranice na M. - Hranice. na M. město	1,010	Silniční nadjezd – regulace TV
t.ú. Hranice na M. - Hranice. na M. město	1,576	Silniční nadjezd – regulace TV
t.ú. Hranice na M. - Hustopeče	7,490	Silniční nadjezd – regulace TV
t.ú. Hranice na M. - Hustopeče	7,966	Silniční nadjezd – regulace TV
t.ú. Hranice na M. - Hustopeče	11,328	Silniční nadjezd – regulace TV
t.ú. Hranice na M. - Hustopeče	13,404	Silniční nadjezd – regulace TV
t.ú. Hustopeče - Lhotka	17,303	Silniční nadjezd - přestavba
t.ú. Jablůnka - Vsetín	40,020	Silniční nadjezd – regulace TV
t.ú. Jablůnka - Vsetín	42,636	Silniční nadjezd – regulace TV
t.ú. Valašská Polanka - Horní lideč	20,545	Silniční nadjezd – snížení nivelety kol.
t.ú. Valašská Polanka - Horní lideč	21,442	Lávka pro pěší – regulace TV
t.ú. Valašská Polanka - Horní lideč	23,958	Lávka pro pěší – přestavba lávky
t.ú. Horní Lideč - st.hr.		Střelenský tunel – stavební úpravy
Trať č. 300		
Nezamyslice - Přerov		Samostatná stavba
Trať č. 301		
Nezamyslice - Olomouc		Samostatná stavba
Trať č. 330		
Nedakonice - Říkovice		Samostatná stavba

OŘ Ostrava

Umístění na trati	Situování žkm	Poznámka
Trať č. 320		
t.ú. Č. Těšín - Třinec	317,175	Žel. most – regulace TV
t.ú. Mosty u J. - st.hr		Jablunkovský tunel – regulace TV
Trať č. 321		
t.ú. Svinov - Třebovice	74,4	Silniční nadjezd – regulace TV
ŽST. Třebovice	264,207	Lávka pro pěší – regulace TV
Trať č. 323		
t.ú. Ostrava Střed - Ostrava Kunčice	5,366	Žel. most – regulace TV
ŽST. Ostrava Střed	3,734	Žel. Most s horním zav. – regulace TV

6.6.2 Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Ochrana před úrazem elektrickým proudem je řešena na tratích SŽDC ukolejněním trakčních podpěr a vodivých konstrukcí v prostoru ohroženém trakčním vedením. Vlastní změna trakční soustavy stejnosměrné DC 3kV na soustavu střídavou AC není zásadním důvodem pro změnu způsobu ukolejnění. Podle současně platné normy ČSN 34 1500ed.2 jsou trakční podpěry a ostatní konstrukce v DC soustavě ukolejněny nepřímo, tj. přes průrazku, bez ohledu na přítomnost kolejových obvodů zabezpečovacího zařízení. V trakční soustavě AC na tratích s kolejovými obvody zabezpečovacího zařízení musí být trakční podpěry a ostatní konstrukce ukolejněny také nepřímo. Proto se v této studii počítá s novým ukolejněním pouze nových trakčních podpěr, ukolejněním všech podpěr s bleskojistkami a omezovači přepětí a ostatních nových vodivých předmětů, nacházejících se v oblasti POTV. S demontáží stávajících ukolejnění se počítá jen v případech demontáže stávajících zařízení a u stožárů se stávajícími bleskojistkami a omezovači přepětí. V případech tratí s trakční soustavou AC 25kV50Hz bez kolejových obvodů je možné provádět postupně demontáž průrazek, to znamená měnit způsob ochrany neživých částí TV z nepřímé na přímou podle ČSN 34 1500ed.2, například při údržbě TV, nebo při změně zabezpečovacího zařízení.

V případech práce na souběžných elektrizovaných tratích jiných drah, (tramvajových, trolejbusových) a jiných vedení nacházejících se v blízkosti s trakčním vedením AC soustavy pod napětím, je nutné zajistit pracoviště zkratovacími soupravami z obou stran pracoviště na vzdálenost 250m podle TNŽ 34 3109 čl.6.4.

6.7 Protikorozní ochrana – bludné proudy

6.7.1. DC trakční proudová soustava

Je všeobecně známo, že stejnosměrně elektrizované tratě jsou jedním z nejvýznamnějších zdrojů bludných proudů. Do země se zpětný proud z trakčních kolejí (dále již bludný proud) nejčastěji dostává přes soustavu odporů kolejí proti zemi, kterou tvoří jednotlivé odpory mezi trakční kolejnici a pražci a dále jednotlivé dotyky kolejnice se štěrkovým podložím. Anomálií (i když ne výjimečnou) tvoří trakční kolej se souvislým půdním kontaktem, kde je velmi nízký izolační stav kolejí proti zemi a může zde docházet ke značným únikům trakčních proudů do země, jehož velikost kromě zmíněného izolačního stavu závisí na velikosti potenciálu kolejí proti zemi. Výstavba nových koridorových tratí však významným způsobem zlepšila izolační stav díky novým technologiím upevnění kolejí k železobetonovým pražcům, kde se významným způsobem eliminovaly úniky bludných proudů do země, tento vysoký izolační stav však s sebou nese některé další negativní vlivy.

Koroze bludnými proudy

Tento druh koroze rovněž vzniká anodickými a katodickými procesy s tím rozdílem, že jsou na povrchu kovu vyvolány vnějším zdrojem stejnosměrného proudu. Vyskytuje se převážně u kovových úložných zařízení, které nejsou buď vůbec, nebo jsou nedostatečně odizolovány od půdního prostředí a jsou uloženy v blízkosti zdrojů, které bludné proudy vyvolávají. K těmto zdrojům patří především kolejová doprava elektrizovaná stejnosměrným proudem (vlaková doprava, tramvaje). Kladný pól napájecího zdroje je u většiny elektrizovaných tratí připojen k troleji, záporný pak ke kolejnici. Kolejnice jako zpětný vodič trakčního proudu není a ani nemůže být nikdy zcela odizolován od okolního prostředí (od země), část trakčního proudu se tedy dostává do země a v blízkosti trakční měnirny teče zpět ke zdroji elektrického proudu.

Elektrický proud unikající z trakčních kolejníc (protékající např. zemí, vodou, úložným zařízením apod.) je nazýván „bludným proudem“. Obecně zdrojů proudů tekoucích zemí je mnoho (např. telurické proudy protékající vrchní vrstvou zemské kůry a souvisejí s denními variacemi magnetického pole). Proto ČSN 03 8370 v názvosloví upřesňuje, že bludný proud je elektrický proud unikající z elektrických zařízení nedostatečně izolovaných proti zemi nebo používajících země jako zpětného vodiče. Negativní účinky bludných proudů jsou především v těch místech, kde bludné proudy z kovových konstrukcí vystupují do země (např. z úložných potrubí, nádrží, železobetonových objektů, armatur mostů, metalických kabelových plášťů, ale i samotná kolejnice).

Faktory ovlivňující šíření bludných proudů

U železniční stejnosměrné trakční proudové soustavy 3 kV, kde je minus pól připojen ke kolejnici, je pásmo korozního ohrožení (anodická oblast) soustředěno především v oblasti měnirny, kde bludný proud má snahu vystupovat z kovových zařízení do země a zemí se vracet do kolejníc k měnirně. Z kladného pólu měnirny prostřednictvím troleje přes trakční lokomotivu v záběru se tedy

dostává trakční proud do kolejnic. Následně vzniklý úbytek napětí má snahu podle Ohmova zákona protlačit do země proud, který je přímo úměrný potenciálu kolej - zem a nepřímo úměrný přechodové rezistanci kolej - zem. Přechodová rezistance kolej - zem je závislá na:

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

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

U jednostranně napájených tratí je únik zpětných trakčních proudů ovlivněn značným úbytkem napětí proti vzdálené zemi v koncovém bodě trakčního napájení, kdy při trakčním odběru se veškerý trakční proud musí vrátit pouze k jednomu zdroji. Jakákoliv závada ve zpětné trakční cestě (např. upadlá propojka apod) toto napětí ještě zvyšuje (v závislosti na závažnosti závady a jejím umístění) a svým působením zvětšuje katodickou a anodickou oblast a tím i zvyšuje korozní ohrožení. Vzhledem k vysokým úbytkům napětí má zpětný trakční proud snahu vracet se zemí také prostřednictvím neelektrifikovaných úseků a to především ve svém koncovém bodě (bez trakčního napájení), kde může být zaveden kolejemi do značných vzdáleností od elektrické trakce a při návratu bludných proudů zemí může způsobovat korozní ohrožení i vzdálených úložných zařízení. Obdobná situace nastává v lokalitě styku DC a AC trakce, kde měnič je umístěn ve větší vzdálenosti od místa styku a tak zde vzniká obdoba jednostranného napájení.

Poznámka: V zemi uložené rozměrnější vodivé předměty, které nejsou od země dostatečně odizolovány, mohou vzhledem ke své dobré podélné vodivosti nasávat a vést bludné proudy i do míst značně vzdálených. Takto působí nedostatečně izolovaná potrubí, nelineová kovová zařízení propojená s ochranným vodičem distribučních sítí a následně s jejich průběžným přizemněním apod.

V obou případech může navíc při průjezdu vlaku přes izolované styky (dále jen IS) docházet k zapálení elektrického oblouku, kde pravděpodobnost zapálení a intenzita oblouku je závislá na velikosti napětí na IS (velikosti trakčního odběru) při průjezdu vlaku přes IS

Koroze potrubí způsobená bludnými proudy.



Koroze kolejnice způsobená únikem zpětného trakčního proudu do země



Mechanismus korozí bludnými proudy

Korozí kovů bludnými proudy je elektrochemický proces, při němž je rozpouštění (korodování) kovu urychleno elektrickým proudem z jiného zdroje, než z korozních článků na korodujícím kovovém zařízení. Tímto proudem, urychlujícím korodování kovů, je zpravidla část zpětného trakčního proudu tekoucího zemí.

$$m = \frac{M_m}{F \cdot v} \cdot I \cdot t$$

m – hmotnost vyloučeného materiálu

M_m – molární hmotnost (železo 55,854)

F – Faradayova konstanta ($9,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$)

v – počet elementárních nábojů potřebných pro vyloučení jedné molekuly (železo 2)

I – proud (A)

t – čas (s) rok – $365 \cdot 24 \cdot 3600 = 31,5 \cdot 10^6$

Pozn.: při proudu $I = 1 \text{ A}$ se za rok vyloučí např. 9,127 kg železa.

$$m = \frac{55,854}{9,65 \cdot 10^4 \cdot 2} \cdot 1 \cdot \frac{31,5 \cdot 10^6}{1000} = 9,15 \text{ kg}$$

Jestliže ale tento 1 A má více přechodů v sérii, je vylučované množství násobeno počtem přechodů.

Podmínky pro únik zpětných trakčních proudů z kolejiště

Vodivost zpětné trakční cesty

Ukolejnění /ČSN 34 1500/

Izolace mezi kolejnicí a zemí

Provedení umělých staveb /mosty/

Odizolování neelektrifikovaných tratí

Vzdálenost napájecích stanic

Trakční odběr

Účinky bludných proudů

Elektrolytická koroze

Riziko požáru

Ovlivnění bezpečnosti žel. dopravy

Ovlivnění aktivně chráněných zařízení

Ovlivnění jiných AC nebo DC soustav

Opalování izolovaných styků

Koroze zemnicích sítí TNS

Trakční koleje s nízkým izolačním stavem

Jedná se o nerekonstruované tratě, kde se izolační stav kolejí proti zemi pohybuje řádově v jednotkách ohmů. Značná část zpětných trakčních proudů přechází z kolejí do země, kde následně teče jako bludný proud zemí, případně kovovými úložnými zařízeními zpět ke svému zdroji – trakční měnič. K únikům bludných proudů dochází však i při propojení úložného zařízení s trakční kolejí, které může nastat při nedodržení ČSN 34 1500, kde je zakázáno používat v prostoru ohrožení trakčním vedením (dále jen POTV) současně ochranu ukolejněním a nulováním a to i v případě ukolejnění přes průrazku. Bývá rovněž častým jevem, že se kolejnice (v případě neelektrizovaných tratí) používá jako zemnič a to zvláště u firem v blízkosti kolejí, kde jsou elektrická zařízení se standardní ochranou před nebezpečným dotykovým napětím. Tímto propojením ochranného vodiče s kolejí může dojít k výraznému zvýšení napětí přes izolovaný styk, oddělující elektrizovanou trať od neelektrizované a jeho poškození při přejezdu vlakové soupravy. Takový izolovaný styk přestává plnit svoji funkci a stává se vodivým nebo částečně vodivým a dochází tak k propojení trakční koleje s již zmíněným ochranným vodičem. Bludný proud se následně dostává na veškerá úložná zařízení, která jsou s ochranným vodičem propojena, nebo je ochranným vodičem příp. zemnicím lanem veden na velké vzdálenosti a v blízkosti trakční měčnice způsobuje korozi bludnými proudy. Celkovou situaci pochopitelně zhoršují vadné jednorázové průrazky a přímá ukolejnění.

Jednostranně napájené trati

U jednostranně napájených tratí je únik zpětných trakčních proudů ovlivněn značným úbytkem napětí proti vzdálené zemi v koncovém bodě trakčního napájení, kdy při trakčním odběru se veškerý trakční proud musí vrátit pouze k jednomu zdroji. Jakákoliv závada ve zpětné trakční cestě (např. upadlá propojka apod) toto napětí ještě zvyšuje (v závislosti na závažnosti závady a jejím umístění) a svým působením zvyšuje korozní ohrožení. Vzhledem k vysokým úbytkům napětí má zpětný trakční proud snahu vracet se zemí také prostřednictvím neelektrifikovaných úseků a to

především ve svém koncovém bodě (bez trakčního napájení), kde může být zavléčen kolejemi do značných vzdáleností od elektrické trakce a při návratu bludných proudů zemí může způsobovat korozní ohrožení i vzdálených úložných zařízení.

Charakteristika nerekonstruované trati

Izolační stav kolejí proti zemi v řádech jednotek ohmů

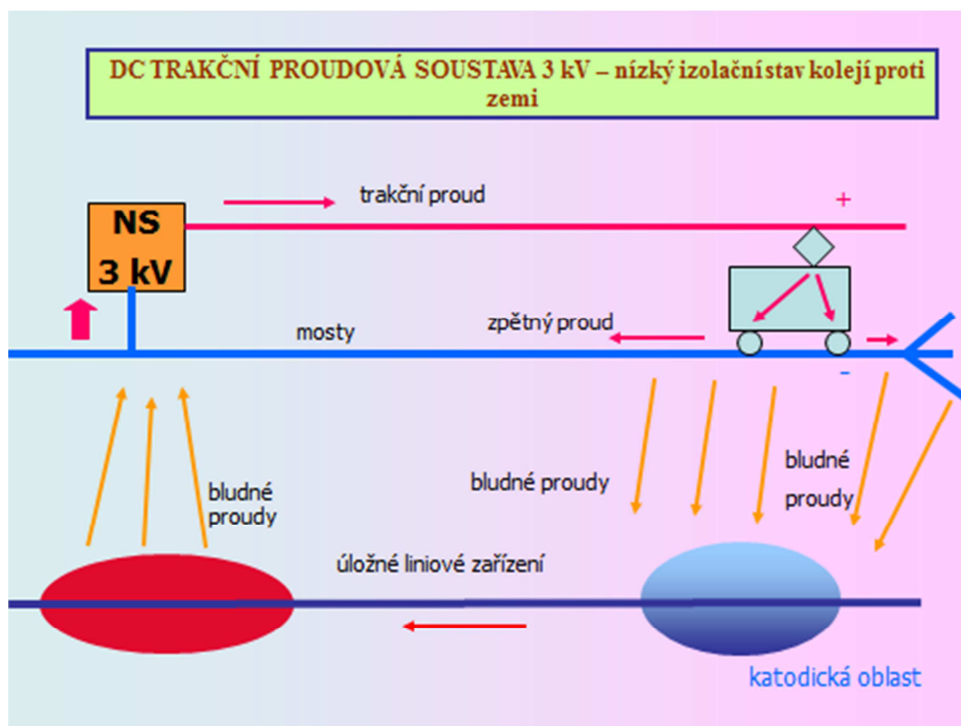
Vyšší podélný odpor kolejí (propojky)

Nízký potenciál kolejí proti zemi

Anodická pásma v blízkosti měníren

Únik bludných proudů po celé délce trati

Obr: DC elektrizovaná trať s nízkým izolačním stavem



Koleje po rekonstrukci

V souvislosti s výstavbou nových stejnosměrně elektrizovaných koridorových tratí resp. při jejich rekonstrukci, se zásadním způsobem mění elektrické parametry železničního svršku. Používáním nových technologií odizolování kolejových pásů od pražců, ukolejňováním přes regenerovatelné průrazky, důsledným odizolováním netrakčních kolejí a v neposlední řadě i omezeným používáním drenážních ochran dochází k výraznému zvýšení přechodového odporu kolej

– zem. Tyto vysoké hodnoty přechodového odporu mnohdy převyšují hodnotu $100 \Omega\text{km}$ a výrazně omezují úniky bludných proudů do země, což se m.j. pozitivně projevuje snížením korozního ohrožení kovových úložných zařízení v blízkosti trati. Mnohdy se zde rovněž zásadním způsobem mění rozložení anodických a katodických oblastí, které bývají mnohem méně zřetelné, než v případě nerekonstruovaných tratí a korozní ohrožení úložných zařízení se v omezené míře soustředí do míst, kde se bludný proud může dostat zpět do kolejí a dále do příslušné měnirny. Může to být například železniční stanice s přímým ukolejněním trakčních odpojovačů, v jejíž blízkosti se nacházejí úložná zařízení a rozsáhlé zemní síť. V tomto místě může přecházet bludný proud z úložného zařízení přes ukolejnění do kolejí a dále ke zdroji. Naopak v blízkosti některých měniren umístěných na širé trati je návrat bludného proudu vzhledem k vysokému izolačnímu odporu kolejí proti zemi velmi omezený.

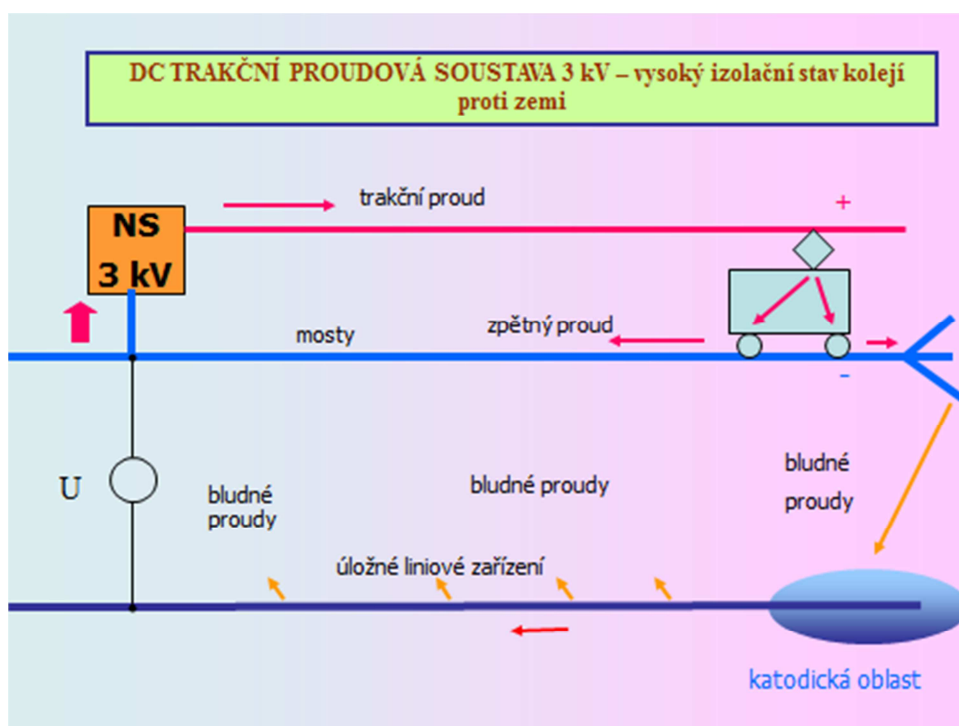
Zvýšení izolačního stavu kolejí s sebou ovšem nese i své negativní důsledky. Jedním z nich je řádové zvýšení potenciálu kolejí proti vzdálené zemi, resp. proti kovovému úložnému zařízení v blízkosti trati. Je to dáno m.j. i tím, že prakticky veškerý zpětný trakční proud teče kolejí a v důsledku toho vznikají i velké úbytky napětí mezi trakčním záběrem a trakční měnirnou. Každá porucha v ukolejnění však může mít velmi negativní vliv na korozi kovového zařízení, které je galvanicky propojeno s trakční kolejí. Vlivem vadné průrazky může dojít i k poškození základu trakční podpěry.

Obr: Koroze betonového základu trakční podpěry



Obecně lze tedy konstatovat, že poruchové stavy na rekonstruovaných tratích jsou sice mnohem méně časté než na nerekonstruovaných, o to však mohou být závažnější. Velmi důležité je si uvědomit, že každé připojení kovového zařízení k trakčním kolejím podléhá přísným zásadám a je vždy třeba mít souhlas správce zařízení – Správy železniční dopravní cesty.

Obr: DC elektrizovaná trať s vysokým izolačním stavem



Charakteristika rekonstruované trati

- Vysoký izolační stav kolejí proti zemi
- Nižší podélný odpor kolejí (svařované kolejnice)
- Vyšší potenciál kolejí proti zemi
- Vyšší úbytky napětí v kolejích (vlivem vysokého izolačního stavu a stále se zvyšujícím výkonům trakčních vozidel)
- Atypické rozložení anodických pásem
- Únik bludných proudů po délce trati výrazně nižší, mohou se soustředit do míst s nízkým izolačním stavem (vadné ukolejnění)
- Z důvodu vyšších úbytků napětí na trakčních kolejích může docházet při vyšších trakčních odběrech k výraznějšímu snížení napětí v troleji, především při výluce trakční měničiny a rovněž u jednostranně napájených tratí.
- Vlivem výše uvedených skutečností může docházet k negativním jevům hoření a jiskření na IS
- Vliv kolejových obvodů (dále jen KO) na podélný odpor zpětné trakční cesty

Vliv používaného zabezpečovacího zařízení má nezanedbatelný vliv na celkový podélný odpor. Jsou především stykové transformátory s přípojnými lany včetně napojení na trakční kolejnici.

V případě, že nejsou propojeny středy stykových transformátorů, respektive jsou propojeny ocelovými lany s vysokým elektrickým odporem, se cesta zpětného trakčního proudu úměrně prodlužuje, což zvyšuje úbytek napětí na zpětné trakční cestě, který se m.j. projevuje zvýšením napětí přes tento IS. V důsledku toho protéká proud vozidly vlaku, vzniká takzvaný podélný proud. Ten je nebezpečný zejména pro nákladní vozy, neboť jejich ložiska nejsou ošetřena proti průchodu proudu. Dochází u nich k elektrochemické degradaci povrchu oběžných drah i valivých elementů, která zkracuje životnost ložisek. Při přejezdu vlakové soupravy přes izolovaný styk se může projevit obloukový výboj za posledním dvojkolím vlaku a dle intensity výboje i nebezpečná poškození povrchu kol elektrickým obloukem (z obavy před nežádoucím ovlivněním struktury materiálu kol obloukem EN striktně zakazuje jejich svařování). Zvláště nepříznivým případem je dvojitá kolejová spojka (DKS), na které se významným způsobem projevuje úbytek napětí (z každé strany styku je přiveden jiný potenciál napětí). Proto na nich dochází při průjezdu vlaku k elektrickým výbojům a tím i k poškození kol i kolejnic elektrickým obloukem. V každém případě KO zvyšují celkový podélný odpor zpětné trakční cesty a tím i úbytek napětí na trakčních kolejích, velmi důležitá je však údržba a kontrola připojení lan k trakčním kolejnicím a stykovým transformátorům.

Nevýhody KO:

- Zvyšování podélného odporu ZTC – snižování napětí pro napájení vozidel, iniciace bludných proudů, snižování mezních hodnot zkratových proudů relevantních pro nastavení rychlovypínačů v trakčních napájecích stanicích, zvyšování dotykového napětí na kolejnicích,
- Zvyšování podélného proudu tekoucího vozy vlaku a poškozujícím neošetřená ložiska zejména nákladních vozů,
- Vznik nehomogenních míst v kolejnicích z hlediska jejich pružnosti a pevnosti,
- Požadavek funkčnosti kolejových obvodů znemožňuje uzemnění obou kolejnic, což je na překážku při řešení ochrany před nebezpečným dotykem neživých částí zemněním. V některých případech poškození IS vlivem jiskření
- V některých případech poškození IS i povrchu kol působením elektrického oblouku

Výhody KO:

- Průběžné zjišťování celistvosti koleje (není detekován částečný lom)
- Možnost přesného měření izolačního stavu kolejí

Styk DC a AC trakčních proudových soustav

Styk trakčních proudových soustav často představuje zátěžovou oblast při přejezdu vlakových souprav přes neutrální pole. DC trakce na koridorových tratích bývá izolačně dobře oddělena od země (vysoký izolační stav kolejí), AC trakce bývá často přizemněna a u AC TNS je trakční kolej na rozdíl od trakčních měniren propojena se zemnicí sítí. V praxi proto mohou nastat následující situace:

Společná AC + DC napájecí soustava – normálním stav napájení

TNS společná pro obě soustavy v blízkosti dělení obou soustav. Obvykle není problém na neutrálním poli, úbytky napětí jsou vzhledem k umístění TNS minimální, při přejezdu vlakových souprav část zpětného proudu přechází přes vlakovou soupravu, jiskření na IS neutrálního pole je minimální.

Společná AC + DC napájecí soustava – výluka DCTNS

V tomto případě dochází k jednostranně napájenému úseku trati od nejbližší trakční měnirny k neutrálnímu poli. Nejvyšší úbytek napětí tak nastává při trakčním záběru na DC elektrizované trati v blízkosti neutrálního pole, tento úbytek napětí se projeví napětím přes IS. Při přejezdu vlakové soupravy přes neutrální pole pak může dojít k destrukci IS vlivem hoření

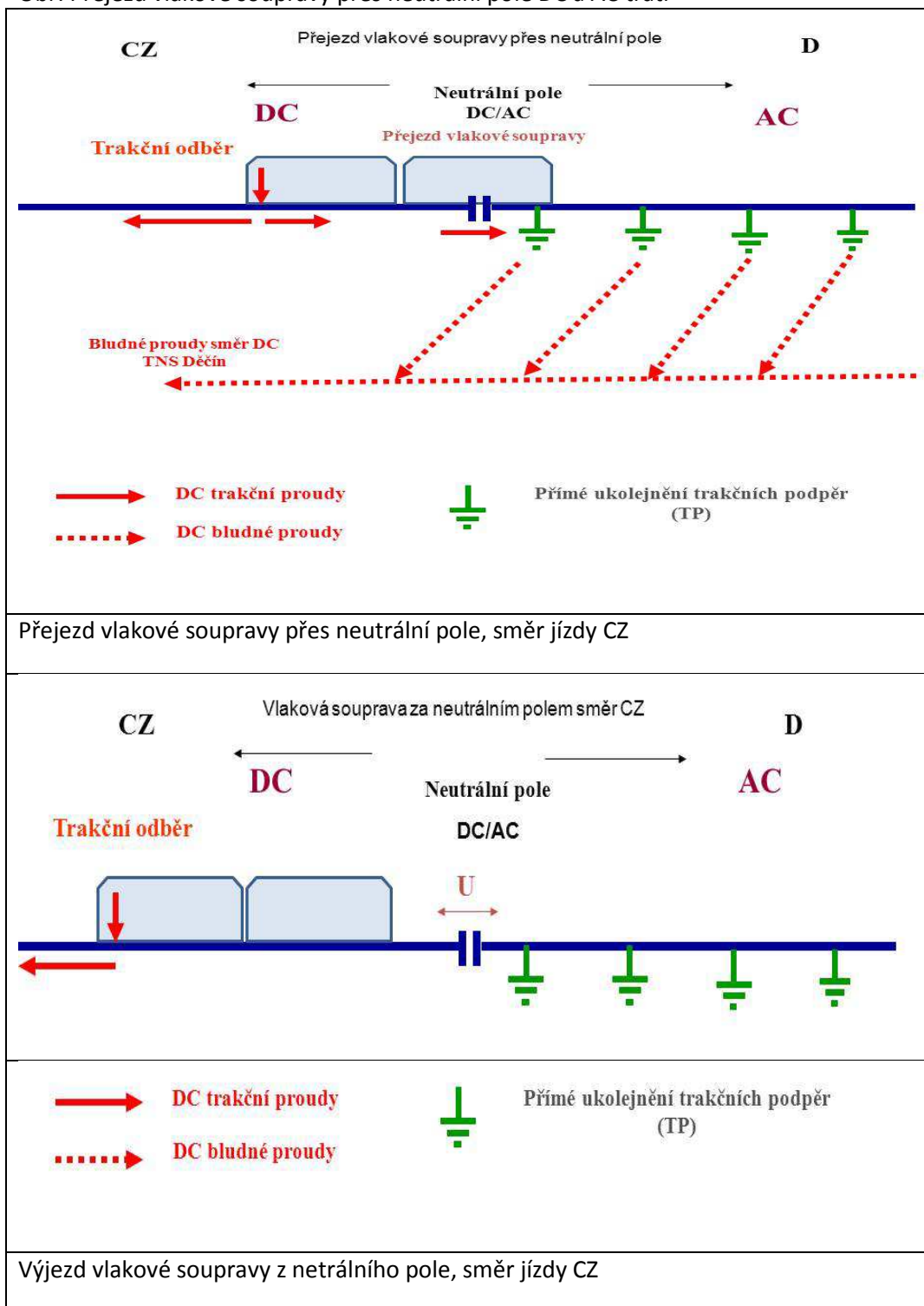
Obr: poškozený IS vlivem elektrického oblouku na styku trakčních soustav



Jednostranně napájený úsek trati k neutrálnímu poli

Obdobná problematika jako v předchozím případě, zde však záleží na délce úseku od trakční měničny k neutrálnímu poli. Při výluce trakční měničny se úbytek napětí zvyšuje o délku úseku k další trakční měničně (viz obr...) Děčín – Dolní Žleb

Obr: Přejezd vlakové soupravy přes neutrální pole DC a AC trati



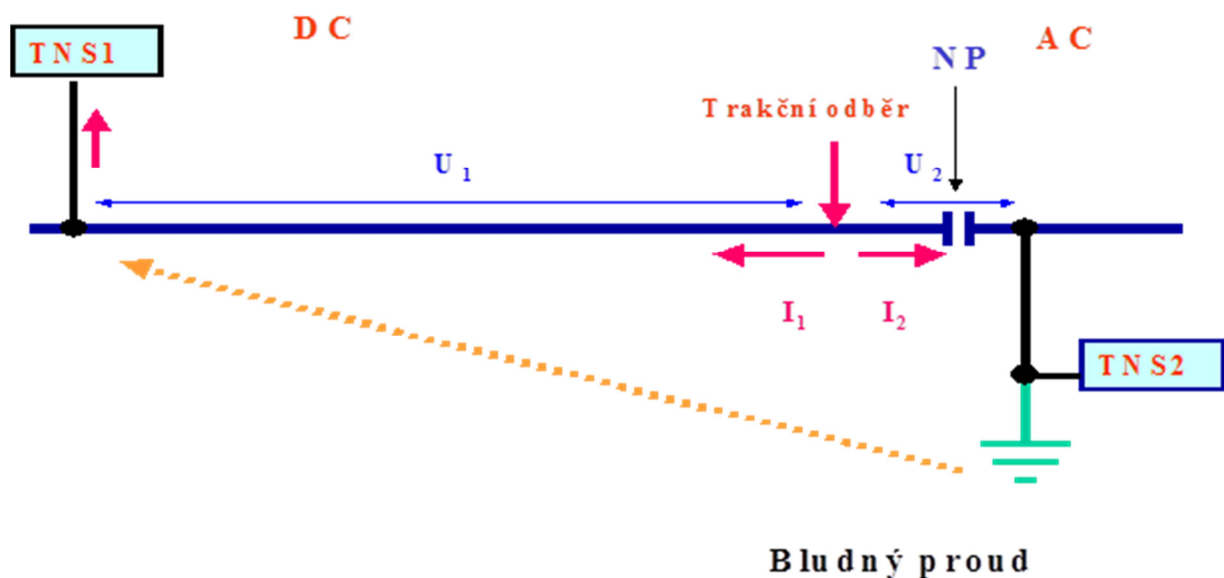
Obr: poškozený IS vlivem elektrického oblouku na trati v okolí neutrálního pole



Při oboustranně, resp. jednostranně napájené trati se může objevit při trakčním odběru poměrně značný úbytek napětí. Ten je dán především:

- typem použitých kolejnic, resp. jejich materiálem a průřezem,
- izolačním stavem kolejí proti zemi
- vzdáleností trakčního odběru od měníren, resp. rozdělením trakční zátěže k jednotlivým měnirám
- velikostí trakčního odběru
- mezikolejovým propojením
- použitými propojkami, jejich materiálem a přechodovým odporem v místě připojení,
- stykovými transformátory,
- přípojnými lany stykových transformátorů, jejich materiálem a přechodovým odporem v místě připojení
- délkou a materiálem obcházecích lan a lanových propojení a jejich přechodovým odporem v místě připojení
- zapojením KO

Princip vzniku napětí přes IS neutrálního pole (stejný princip vzniku napětí na ZTR je u jednostranně napájené trati)



Legenda k obr

DC - stejnosměrná trakční proudová soustava 3 kV

AC - střídavá trakční proudová soustava 25 kV

TNS 1 - DCNS (trakční měnirna)

TNS 2 - ACNS

U₁ - úbytek napětí na zpětné cestě

U_2 - úbytek napětí přes IS neutrálního pole

NP - neutrální pole mezi DC a AC trakční proudovou soustavou

I_1 - trakční proud tekoucí do TNS1 při trakčním odběru

I_2 - trakční proud tekoucí při přejezdu vlakové soupravy přes NP do AC trakční proudové soustavy (uzemnění TNS2)

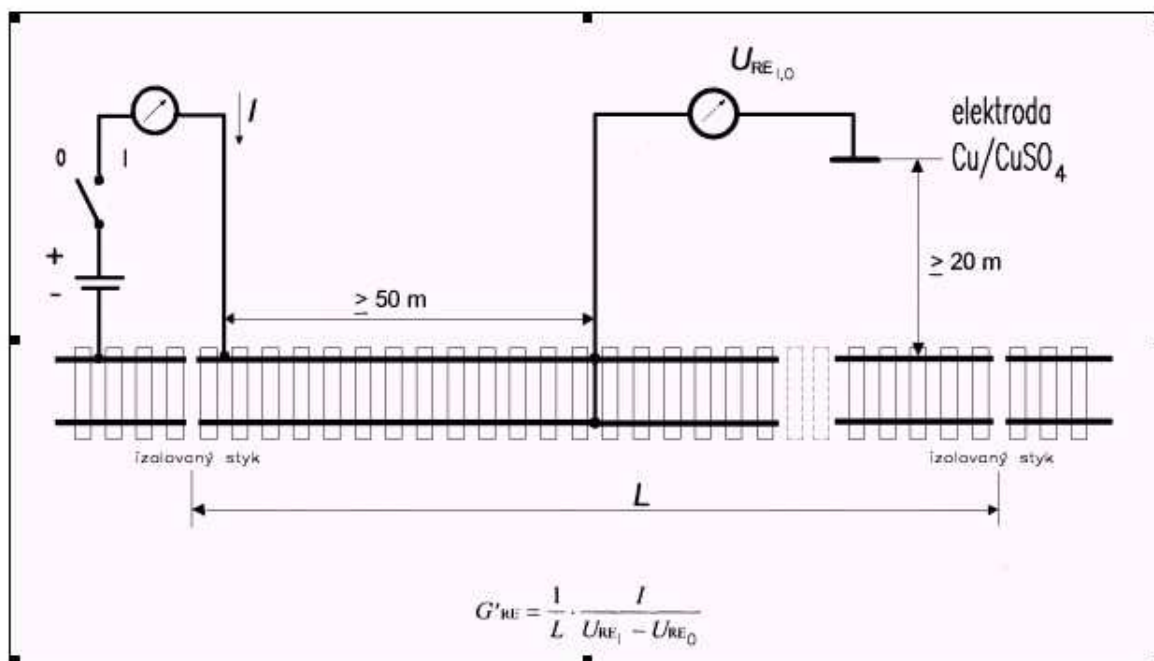
Měření elektrických parametrů zpětné trakční cesty

- Vodivost zpětné trakční cesty

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

- Izolace mezi kolejnici a zemí

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



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

- Měření trakčních proudů v kolejích

V některých případech je nezbytné zjistit skutečnou velikost proudové složky (bludného proudu) unikající z trakčních kolejí do země.

K tomuto účelu slouží metoda, umožňující synchronní měření zpětných trakčních proudů na DC elektrizovaných tratích. Měření spočívá v synchronním odečtu DC úbytků napětí na trakčních kolejnicích, jejich přepočtení na ekvivalentní hodnoty proudů a jejich porovnání v jednotlivých úsecích proměřovaného traťového úseku. K synchronnímu záznamu úbytků napětí na kolejnicových páslech je třeba použít záznamníky s větší časovou konstantou, která maximálně omezí ovlivnění měřených hodnot signálem kmitočtů zabezpečovacích zařízení. Přepočty se provádějí na základě technických parametrů kolejnicových pásů daných výrobcem.

- Ukolejnění

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

Na koridorových tratích s vysokým izolačním odporem kolejí proti zemi je kvalitně provedené ukolejnění s opakovatelnou průrazkou důležité, zvláště pokud se přes ukolejňovací lano ukolejňují větší celky, příp. zařízení vykazující nízký zemní odpor (osvětlovací stožáry propojené zemnicím páskem, gabiony, mostní konstrukce apod). Dojde-li k vodivému propojení trakční koleje s uzemněným zařízením, soustředí se tok bludných proudů právě do tohoto místa propojení se zemí a v blízkosti tohoto svodu se tím nebezpečně ohrozí nedostatečně od země odizolovaná kovová úložná zařízení, zejména, pokud tento stav nastane v blízkosti TNS.

- Měření odporu kolejnic zpětné trakční cesty

Provádí se měřením úbytku napětí na stanovenou délku kolejnicového pasu při synchronním měření proudu tekoucího do měřené kolejnice. V tomto případě je třeba na měřicím přístroji odfiltrovat rušivé vlivy cizích proudových polí, které mohou mít vliv na přesnost odečtu naměřených hodnot. Výpočet se provádí s ustálených hodnot proudu a napětí v synchronních časech odečtených z tabulky.

- Měření úbytku napětí na stykových transformátorech

Provádí se obdobným způsobem jako v předešlém případě, úbytek napětí se v případě potřeby měří včetně přípojných lan a napojení ke kolejnicím. Měření proudu se synchronně s napětím měří na přípojných lanech, příp. přes střed stykového transformátoru.

- Měření odizolování nezávislých tratí a vleček

Provádí se metodou úbytku napětí přes IS a v případě potřeby proudu tekoucího do měřeného styku (úbytkem napětí na kolejnici a následném přepočtu na proud)

6.7.2. AC trakční proudová soustava

Stejně jako je stejnosměrná trakční proudová soustava na železnici zdrojem stejnosměrných (DC) bludných proudů, vznikají v souvislosti s provozem na tratích elektrizovaných jednofázovou trakční proudovou soustavou střídavé (AC) bludné proudy. Problematika DC bludných proudů je dostatečně popsána v příslušných normách a předpisech; pro stanovení korozních účinků AC bludných proudů je v mnoha případech možné použít metody používané pro DC bludné proudy, rozpracování do předpisů je však teprve na začátku.

Korozní působení AC bludných proudů je stejně jako u DC bludných proudů spojeno s proudem vystupujícím z povrchu kovu. Je-li střídavé napětí dostatečně vysoké (vyšší než 4 – 10 V), dochází při kladné půlvlně k oxidaci obnaženého povrchu kovu a tvorbě vrstvy oxidů (např. Fe_3O_4). Během záporné půlvlny se tato vrstvička oxidů redukuje na hydroxid železa (např. $\text{Fe}(\text{OH})_2$). Při další kladné půlvlně opět naroste nová vrstvička oxidů, která je opět následně redukována za současného nárůstu vrstvy hydroxidů železa. Dlouhodobě tak může docházet k úbytku kovu, přičemž doba potřebná ke vzniku koroze AC bludnými proudy se pohybuje v řádu měsíců.

Pro měření střídavého napětí se používá střídavý voltmetr o vysoké vstupní impedanci, který udává okamžitou efektivní hodnotu střídavého napětí na konstrukci (např. potrubí). Uspořádání měření je dále stejné, jako při měření DC bludných proudů. Za mezní hodnoty, které by neměly být v žádném případě překročeny, je bráno 10 V při zdánlivém měrném odporu půdy v místě vady v izolaci vyšším než 25 $\Omega\cdot\text{m}$, resp. 4 V při zdánlivém měrném odporu půdy v místě vady v izolaci nižším, než 25 $\Omega\cdot\text{m}$. Jsou-li hodnoty napětí na konstrukci vyšší, je třeba přistoupit ke snížení napětí na konstrukci.

Dále je sledován vypínací potenciál vzorek-půda (pro ocel má být zápornější než mezní kritický potenciál -0,85 V/CSE v aerobních půdách) nebo efektivní proudová hustota, jejíž stanovení

je však zatíženo značnou nejistotou (je-li nižší než 30 A/m², je pravděpodobnost koroze AC bludnými proudy téměř nulová, je-li vyšší než 100 A/m², je pravděpodobnost koroze naopak velmi vysoká).

Na existujících zařízeních se doporučuje měřit tyto parametry:

- střídavé napětí potrubí-půda;
- potenciál potrubí-půda;
- zdánlivý měrný odpor půdy.

Další měření se provádějí, jsou-li nainstalovány vzorky pro zkoušení koroze.

Pro nová zařízení se výpočet interference AC bludným proudem na konstrukci (např. potrubí) provádí, jestliže nejkratší vzdálenost mezi potrubím a tratí nepřevyšuje 1000 m, ve městech se tato vzdálenost snižuje až na 300 m.

Během 24h měření nemá efektivní napětí na potrubí překročit výše uvedené meze (4 – 10 V). Jestliže je tato hodnota překročena, má se potrubí uzemnit svodovým zařízením, aby se střídavé napětí udrželo v mezích.

Uvádí se, že je-li zjištěna interference ze střídavých systémů, mají plány údržby zařízení obsahovat:

- periodická měření střídavého napětí potrubí-půda;
- měření potenciálu, střídavého a stejnosměrného proudu na zkušebních vzorcích;
- měření proudu na existujících svodových zařízeních přes náležitá uzemnění;
- napětí na místě instalace svodových zařízení (po jejich odpojení) ve vztahu k bezpečnostním opatřením;
- periodická měření odporu uzemnění.

Obecně platí, že účinnost zařízení a jeho součástí a příslušné hodnoty proudu a napětí se mají ověřovat jednou ročně.

Z výše uvedeného plyne, že ani po přechodu na jednofázovou trakční proudovou soustavu nepomine nutnost korozních měření na zařízeních, která mohou být ohrožena korozí AC bludnými proudy.

Pozn:

Měření AC potenciálu je možné provádět na úložných zařízeních, která nejsou galvanicky propojena s ochranným vodičem distribuční sítě z důvodu ochrany před nebezpečným dotykovým napětím, V těchto případech se na zařízeních obvykle projevuje složka AC potenciálu, způsobená nesymetrií odběru fázových vodičů.

(vypracováno za použití ČSN P CEN/TS 15280 hodnocení pravděpodobnosti koroze střídavými proudy u potrubí uložených v půdě – Aplikace na katodicky chráněná potrubí)

Problematika poškozování IS elektrickým obloukem na AC elektrizovaných tratích

Na rozdíl od DC trakce dochází na IS v některých případech k poškození elektrickým obloukem na patě kolejnice, tedy v místech nejčastějšího znečištění a vlhkosti. K propálení IS na AC trakci tedy obvykle dochází v místě sníženého izolačního stavu při současném zvýšení napětí přes tento IS. Ke snížení izolačního stavu může dojít např. vlivem nehomogenity izolace uvnitř vložky, která může vlivem vlhkosti a nečistot ztratit svoji původní izolační pevnost. Příčinou zvýšeného napětí přes IS obvykle bývá zvýšený trakční odběr v blízkosti IS a velká vzdálenost mezikolejového propojení, která umožňuje vysoký úbytek napětí na zpětné trakční cestě – resp. na předmětném IS.

Ke snížení rizika propálení LIS je doporučeno v maximální možné míře využívat mezikolejová propojení.

Podmínky připojení mezikolejového propojení na elektrizovaných tratích s kolejovými obvody (dále jen KO) jsou dány ČSN 34 2614 ed.2 z roku 2007.

Nezbytnou podmínkou nově realizovaného mezikolejového propojení je vyjádření místně příslušné laboratoře Sdělovací a zabezpečovací techniky.

6.7.3 Náklady spojené s bludnými proudy

Problematika koroze a protikorozní ochrany je řešena množstvím předpisů a směrnic, které mají za cíl minimalizovat náklady vzniklé bludnými proudy. Přes uvedená opatření dochází vlivem elektrochemické koroze ke značným ekonomickým ztrátám.

Rozdělení ztrát způsobených elektrochemickou korozí.

- 1) Náklady na protikorozní ochranu
 - vznikají u výrobců a uživatelů
- 2) Přímé korozní ztráty
 - a) Opravy nebo předčasná výměna zařízení nebo jejich dílů, která jsou znehodnocena elektrochemickou korozí.
 - b) Opravy a obnova protikorozní ochrany
 - c) Zjišťování a registrace škod způsobených korozí.
- 3) Nepřímé korozní ztráty
 - a) Ztráty vznikající výpadky při haváriích způsobených korozí a při neplánovaných opravách.
 - b) Ztráty materiálů (surovin, produktů) znehodnocených, nebo unikajících při haváriích.
 - c) Důsledky znečištění přírodního prostředí.

Získání dokladů ke stanovení nákladů spojených s bludnými proudy je velice problematické. U většiny případů jsou poruchy způsobené bludnými proudy opravovány bez zkoumání jejich příčiny.

V roce 1987 byl proveden průzkum v oblasti bludných proudů a jejich rozsahu korozních účinků. Bylo hodnoceno celkem 130 došlých vyjádření jednotlivých správců. Z této studie pochází následující tabulka:

	mil. Kč/rok
dálkové produktovody	13
plynovody	92
vodovody	136
ostatní	42
celkem	283

Porovnáním roční spotřeby energie ČSD v roce 1986 a SŽDC v roce 2015.

rok			1986	2015
rozsah		1 A	ČSD	SŽDC
střední výkon napájení	kW	3,30	215 000	100 938
délka tratí	km		2 100	1 774
gradient výkonu	kW/km		102	57
roční spotřeba energie	kWh/rok	28 908	1 883 400 000	884 219 000
výstupní napětí	kV	3,3	3,1	3,3
střední proud	A	1	68 581	30 587
roční náboj	Ah/rok	8 760	600 765 550	267 945 152
Faradayova konstanta	As/mol	96 485	96 485	96 485
atomová hmotnost železa		56	56	56
mocenství železa		2	2	2
schopnost vyloučit železo	kg/rok	9,15	627 633	279 928

Z tabulky vyplývá, že napájecí stanice mají schopnost vyloučit 279 928 kg železa za rok.

Náklady způsobené bludnými proudy na potrubních vedeních.

spotřeba el. energie 3 kV železnice ČSSR 1986	mil. kWh/rok	1 883
spotřeba el. energie 3 kV železnice ČR 2015	mil. kWh/rok	884
poměr spotřeb 2015/1986	%	47
inflace 2015/1986	%	552
poměr nákladů 2015/1986	%	259

	rok	1986	2015
dálkové produktovody	mil. Kč/rok	13	34
plynovody	mil. Kč/rok	92	238
vodovody	mil. Kč/rok	136	352
ostatní	mil. Kč/rok	42	109
celkem	mil. Kč/rok	283	733

Z předchozí tabulky vyplývá, že pouze na potrubních vedeních jsou ztráty způsobené bludnými proudy minimálně ve výši 733 mil. Kč za rok.

6.8 Harmonogram přechodu na jednotný napájecí systém 25kV