

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Vyšetřování zkratových poměrů v trakčních obvodech 25 kV 50 Hz se spojitým  
napájením a s měničovými napájecími stanicemi

Diplomová práce

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Ladislav Cerman**  
Osobní číslo: **D21447**  
Studijní program: **N0788A040001 Dopravní technika**  
Specializace: **Elektrická trakce a elektromobilita**  
Téma práce: **Vyšetřování zkratových poměrů v trakčních obvodech 25 kV 50 Hz se spojitým napájením a s měničovými napájecími stanicemi**  
Zadávající katedra: **Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě**

## Zásady pro vypracování

1. Analyzujte problematiku parametrizace trakčního obvodu se spojitým napájením a s měničovými napájecími stanicemi
2. Pomocí simulačního modelu vyšetřete poměry v trakčním obvodu při zkratech v různých místech trakční sítě, porovnejte výsledky výpočtů s naměřenými daty
3. Simulačně zpracujte problematiku indikace zkratů v trakčním obvodu pomocí distančních ochran

Rozsah pracovní zprávy: **dle zadání**  
Rozsah grafických prací: **dle zadání**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Trávníček, J., Foglar, M., Hudec, F.: Energetika v dopravě, NADAS 1988  
Horák, K.: Napájení elektrizovaných železnic, NADAS 1989, ISBN 80-7030-030-2

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Jaroslav Novák, CSc.**  
Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací  
techniky v dopravě

Datum zadání diplomové práce: **30. listopadu 2022**  
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2023**

L.S.

---

**doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Dušan Čermák, Ph.D.**  
vedoucí katedry

Prohlašuji:

Práci s názvem *Vyšetřování zkratových poměrů v trakčních obvodech 25 kV 50 Hz se spojitým napájením a s měničovými napájecími stanicemi* jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 12. května 2023

Bc. Ladislav Cerman v.r.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce prof. Ing. Jaroslavu Novákovi, CSc. za cenné a odborné rady a dále za vstřícný přístup a čas věnovaný mé osobě při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Jindřichu Kašparovi za poskytnuté odborné materiály a podmětné rady během konzultací. Rovněž bych rád poděkoval své rodině, která mi byla oporou při studiu a psaní této práce.

## **ANOTACE**

Předkládaná diplomová práce se zabývá vyšetřováním zkratových poměrů v trakčních obvodech 25 kV 50 Hz se spojitým napájením a s kombinací měničových a konvenčních napájecích stanic. Práce se nejprve zabývá parametrizací trakčního obvodu se spojitým napájením. Následuje vytvoření simulačních modelů sloužících pro vyšetřování zkratových poměrů a porovnání vypočtených hodnot s reálně změřenými hodnotami. Poslední část práce se zabývá shrnutím teoretických informací o distančních ochranách a jejich nastavováním za pomoci simulačního zpracování indikace zkratů v trakčním obvodu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

měničová napájecí stanice, zkrat, distanční ochrana, trolejové vedení

## **TITLE**

Analysis of short circuit conditions in traction circuits 25 kV 50 Hz with continuous supply and with converter power stations

## **ANNOTATION**

This master thesis deals with analysis of short circuit conditions in traction circuits 25 kV 50 Hz with continuous supply and with combination of converter power stations and conventional power stations. Initially, the work deals with the parametrization of the traction circuit with continuous supply. This is followed by the creation of simulation models used for analysis of short circuit conditions in traction circuits and the comparison of calculated values with real measured values. The last part of the master thesis deals with the summary of theoretical information about distance protections and setting the characteristics of distance protections with help of simulation processing of indication of short circuits in the traction circuit.

## **KEYWORDS**

converter power station, short circuit, distance protection, overhead contact line

# OBSAH

SEZNAM TABULEK .....	9
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	10
SEZNAM ZKRATEK, VELIČIN A ZNAČEK.....	12
ÚVOD .....	16
1 MĚNIČOVÉ NAPÁJECÍ STANICE 25 KV 50 HZ.....	17
1.1 Popis používané topologie měničové napájecí stanice .....	17
1.2 Vlastnosti měničových napájecích stanic.....	18
2 SHRUTÍ CÍLŮ PRÁCE .....	19
3 VLIV ZMĚN PARAMETRŮ TRAKČNÍHO OBVODU NA PŘESNOST SIMULACÍ..	20
3.1 Volba vhodné interpretace impedance zpětné cesty v simulačních modelech – 1. etapa .....	20
3.1.1 Topologie trakčních obvodů .....	22
3.1.2 Popis simulačních modelů .....	24
3.1.3 Výsledky simulací 1. etapy .....	25
3.2 Vyšetření vlivu zvolených změn parametrů trakčního obvodu na přesnost výpočtů při provozních podmínkách – 2. etapa.....	27
3.3 Vyšetření vlivu zvolených změn parametrů trakčního obvodu na přesnost výpočtů při zkratech – 3. etapa .....	31
3.3.1 Ukázky uvažovaných topologií trakčního obvodu .....	33
3.4 Posouzení možnosti zanedbání měrné kapacity trakčního vedení v simulacích – 4. etapa.....	36
4 SIMULAČNÍ VYŠETŘENÍ ZKRATOVÝCH POMĚRŮ V TRAKČNÍM OBVODU ....	41
4.1 Ověření správnosti simulačního modelu .....	45
4.2 Uvažované měrné impedance trakčního vedení .....	48
4.3 Vyhodnocení simulačních výsledků zkoumaných zkratových scénářů .....	51
4.3.1 Simulace zaměřené na měrnou impedanci $Z_{P1}$ (jednokolejná trať).....	52

4.3.2	Simulace zaměřené na měrnou impedanci $Z_{P21}$ (dvoukolejná trať) .....	53
4.3.3	Simulace zaměřené na měrnou impedanci $Z_{P20}$ (dvoukolejná trať) .....	54
4.3.4	Simulace zaměřené na měrnou impedanci $Z_{P22}$ (dvoukolejná trať) .....	56
4.3.5	Simulace zaměřené na oboustranně napájené dvoukolejně tratě.....	58
4.3.6	Shrnutí vypočtených měrných poruchových impedancí $Z_P$ .....	59
5	SIMULAČNÍ INDIKACE ZKRATŮ POMOCÍ DISTANČNÍCH OCHRAN .....	61
5.1	Distanční ochrany – principy, charakteristiky.....	61
5.1.1	Základní popis.....	61
5.1.2	Charakteristiky distanční ochrany .....	63
5.1.3	Vliv bočního napájení (infeed factor).....	65
5.1.4	Ukázkový výpočet zón ochranné charakteristiky .....	66
5.1.5	Vliv vzájemné indukčnosti vedení dvoukolejně tratě a proměnného odporu zkratu na počítaný fázor poruchové impedance .....	68
5.1.6	Popis úhlů $ArgNegRes$ a $ArgDir$ .....	69
5.2	Popis zkoumaného trakčního obvodu a popis nastavených zón ochrany .....	69
5.2.1	Popis simulačních výpočtů .....	72
5.3	Konstruování zón distančních ochran .....	73
5.3.1	Používaný postup konstrukce zón $Z1$ , $Z2$ , $Z3$ za pomoci simulačních výpočtů	75
5.3.2	Analýza zón $Z1$ , $Z2$ , $Z3$ ochrany v napáječi N11/N12 TNS Říkovice.....	78
5.3.3	Analýza zón $Z1$ , $Z2$ , $Z3$ ochrany v napáječi N1/N2 TNS Nedakonice .....	81
5.3.4	Analýza zón $Z1$ , $Z2$ , $Z3$ ochrany v napáječi N11/N12 TNS Otrokovice .....	84
	ZÁVĚR .....	88
	POUŽITÁ LITERATURA.....	90
	SEZNAM PŘÍLOH .....	93



## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 .....	26
Tabulka 2 .....	28
Tabulka 3 .....	28
Tabulka 4 .....	30
Tabulka 5 .....	35
Tabulka 6 .....	38
Tabulka 7 .....	39
Tabulka 8 .....	40
Tabulka 9 .....	48
Tabulka 10 .....	50
Tabulka 11 .....	52
Tabulka 12 .....	52
Tabulka 13 .....	53
Tabulka 14 .....	54
Tabulka 15 .....	55
Tabulka 16 .....	56
Tabulka 17 .....	57
Tabulka 18 .....	57
Tabulka 19 .....	58
Tabulka 20 .....	59
Tabulka 21 .....	60
Tabulka 22 .....	60
Tabulka 23 .....	80
Tabulka 24 .....	83
Tabulka 25 .....	87

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Bloková struktura měničové napájecí stanice 25 kV 50 Hz [1] .....	17
Obr. 2 Ukázkové znázornění různých implementací impedance zpětné cesty v simulačních modelech trakčního obvodu 25 kV 50 Hz .....	21
Obr. 3 Topologie trakčního obvodu 1 .....	22
Obr. 4 Topologie trakčního obvodu 2 .....	22
Obr. 5 Topologie trakčního obvodu 3 .....	23
Obr. 6 Topologie trakčního obvodu 4 .....	23
Obr. 7 Topologie trakčního obvodu 5 .....	24
Obr. 8 Simulační model 4. topologie trakčního obvodu .....	24
Obr. 9 Sekce simulačního modelu určená pro výpočet modulu a úhlu výstupní impedance napájecí stanice .....	32
Obr. 10 Topologie trakčního obvodu 3 se zakreslenými místy A a B, v nichž jsou uvažovány zkraty .....	33
Obr. 11 Topologie trakčního obvodu 5 se zakreslenými místy A a B, v nichž jsou uvažovány zkraty .....	34
Obr. 12 Ukázka implementací kapacity trakčního obvodu .....	37
Obr. 13 Schéma úseku Nedakonice-Říkovice (převzato z [5]) .....	41
Obr. 14 Vnitřní zapojení bloku Mutual Inductance (překresleno z [9]) .....	42
Obr. 15 Schématické znázornění rovnice 2 v simulačním modelu trakčního obvodu .....	44
Obr. 16 Náhradní zapojení ověřovacího scénáře trakčního obvodu .....	45
Obr. 17 Schematické zapojení úseku i s vyznačenými vypínači (převzato z [5]) .....	51
Obr. 18 Ukázka poruchové a provozní impedance v komplexní R-X rovině (převzato z [14]) .....	62
Obr. 19 Ukázka běžných charakteristik analogových distančních ochran (překresleno z [13] a [15]) .....	63
Obr. 20 Ukázka charakteristiky digitální distanční ochrany (quadrilateral characteristic) – převzato z [16] .....	64
Obr. 21 Ukázka charakteristik ochrany ABB RELION 630 (převzato z [17]) .....	64
Obr. 22 Zkrat na vedení s bočním napájením (převzato z [18]) .....	65
Obr. 23 Ukázkový diagram sítě (převzat z [19]) .....	66
Obr. 24 Ukázka zón distanční ochrany (upraveno z [19]) .....	67

Obr. 25 Porovnání vlivu zkratového odporu $R_Z$ na fázor poruchové impedance $Z_p$ při úvaze dvoukolejné a jednokolejné tratě .....	68
Obr. 26 Skutečně používaná strategie chránění trakčního vedení navržená EŽ (použito z [5]) .....	69
Obr. 27 Strategie chránění trakčního vedení používaná v předkládané práci (přepřacováno z [5]) .....	70
Obr. 28 Nastavení dopředné distanční ochrany $Z_1$ , $Z_2$ a $Z_3$ v napáječi N11, N12 TNS Říkovice (použito z [5]) .....	73
Obr. 29 Strategie chránění trakčního vedení používaná v předkládané práci, při které je dostačující použití pouze dopředných ochran (přepřacováno z [5]) .....	74
Obr. 30 Základní veličiny pro konstrukci zón distančních ochran u MNS a konvenčních napájecích stanic .....	76
Obr. 31 Nastavení zóny $Z_3$ distanční ochrany v Říkovicích + simulačně získaná data .....	80
Obr. 32 Přehled nastavení všech zón distanční ochrany v Říkovicích .....	81
Obr. 33 Nastavení zóny $Z_3$ distanční ochrany v Nedakonicích + simulačně získaná data .....	83
Obr. 34 Přehled nastavení všech zón distanční ochrany v Nedakonicích .....	84
Obr. 35 Nastavení zóny $Z_3$ distanční ochrany v Otrokovicích + simulačně získaná data .....	86
Obr. 36 Přehled nastavení všech zón distanční ochrany v Otrokovicích.....	87

## SEZNAM ZKRATEK, VELIČIN A ZNAČEK

$|Z_{NS1}|$  = modul fázoru výstupní impedance NS č. 1 [ $\Omega$ ]

AC = alternating current/ střídavý

ArgDir = spodní úhel dopředné směrové charakteristiky [ $^\circ$ ]

ArgNegRes = horní úhel dopředné směrové charakteristiky [ $^\circ$ ]

$\cos\varphi_{NSx}$  = účinník napájecí stanice č. x [-]

$\cos\varphi_{VLx}$  = účinník vozidla č. x [-]

$c_{TV}$  = měrná kapacita trakčního vedení [nF/km]

D = distanční ochrana (viz obr. 18)

DC = direct current/ stejnosměrný proud

FKZ = filtračně-kompenzační zařízení

$I_{NSx}$  = proud tekoucí napáječem z napájecí stanice č. x [A]

$I_{VLx}$  = proud tekoucí sběračem vozidla č. x [A]

$I_A$  = proud tekoucí úsekem AB (z obr. 22) [A]

$I_{AM}$  = amplituda výstupního proudu MNS ve zkratovém módu [A]

$I_B$  = výstupní proud zdroje připojeného na přípojnici B (z obr. 22) [A]

$I_x$  = proudu tekoucího x-tou stopou TV [A]

$k_k$  = korekční konstanta [-]

$L_1$  = vlastní indukčnost první stopy trakčního vedení [H]

$L_2$  = vlastní indukčnost druhé stopy trakčního vedení [H]

$L_k$  = indukčnost cívky představující reaktanci transformátoru nakrátko [H]

$L_{Lx}$  = indukčnost paralelního RL článku představujícího vozidlo č. x [H]

$L_m = M$  = vzájemná indukčnost úseku souběžných trakčních stop [H]

$m$  = měrná vzájemná indukčnost [H/km]

MNS = měničová napájecí stanice

NS = napájecí stanice

$P_{NSx}$  = činný výkon napájecí stanice č. x [W]

$P_{VLx}$  = činný výkon vozidla č x [W]

$P_{LOAD}$  = výkon zátěže [W]

$Q_{NSx}$  = jalový výkon napájecí stanice č. x [VAr]

$Q_{VLx}$  = jalový výkon vozidla č x [VAr]

$R_1$  = odpor první stopy trakčního vedení [ $\Omega$ ]

$R_2$  = odpor druhé stopy trakčního vedení [ $\Omega$ ]

$R_{Lx}$  = odpor paralelního RL článku představujícího vozidlo č. x [ $\Omega$ ]

$R_m$  = vzájemný odpor úseku souběžných trakčních stop [ $\Omega$ ]

$R_{Pmin}$  = minimální hodnota poruchového odporu [ $\Omega$ ]

$R_{PPx}$  = celkový poruchový odpor vedení x-té zóny (viz kapitola 5.1.4) [ $\Omega$ ]

$R_{ZK}, R_F$  = odpor zkratu (značení  $R_F$  viz převzatý obr. 18) [ $\Omega$ ]

$R_{ZKmax}$  = maximální hodnota odporu zkratu [ $\Omega$ ]

s = vzdálenost mezi NS a vozidlem [km]

SFC = static frequency converter/ frekvenční měnič

TNS = trakční napájecí stanice

$T_S$  = vzorkovací perioda [s]

TV = trakční vedení

$T_x$  = trakční stopa č. x

$T_x$  = trakční transformátor

$U_{NSx}$  = napětí na napájecí z napájecí stanice č. x [V]

$U_{VLx}$  = napětí na sběrači vozidla č x [V]

$U_x$  = napětí závislého napěťového zdroje v x-té stopě [V]

vvn = velmi vysoké napětí

$V_x$  = vozidlo č.  $x$

$x = 1$ : při úvaze jednokolejného úseku tratě

$x = 20$ : při úvaze dvoukolejného úseku tratě (opačný směr proudů stopami TV)

$x = 21$ : při úvaze dvoukolejného úseku tratě (2. stopa TV bez proudu)

$x = 22$ : při úvaze dvoukolejného úseku tratě (stejný směr proudů stopami TV)

$X_k$  = reaktance transformátoru nakrátko [ $\Omega$ ]

$x_m$  = měrná vzájemná reaktance vedení [ $\Omega/\text{km}$ ]

$X_p$  = poruchová reaktance [ $\Omega$ ]

$X_{p_{\max}}$  = maximální hodnota poruchové reaktance [ $\Omega$ ]

$X_{p_{\min}}$  = minimální hodnota poruchové reaktance [ $\Omega$ ]

$X_{pp_x}$  = celková poruchová reaktance vedení  $x$ -té zóny (viz kapitola 5.1.4) [ $\Omega$ ]

$Z_{+40^\circ\text{C}}$  = měrná impedance trakčního vedení při teplotě  $+40^\circ\text{C}$  [ $\Omega/\text{km}$ ]

$z_1$  = měrná impedance trakčního vedení (jednokolejná trať) [ $\Omega/\text{km}$ ]

$Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 = 1., 2., 3., 4.$  dopředná směrová zóna distanční ochrany

$z_2$  = měrná impedance trakčního vedení (dvoukolejná trať – paralelně stopy) [ $\Omega/\text{km}$ ]

$z_{20}$  = měrná impedance trakčního vedení (dvoukolejná trať – opačný směr proudů) [ $\Omega/\text{km}$ ]

$Z_{-20^\circ\text{C}}$  = měrná impedance trakčního vedení při teplotě  $-20^\circ\text{C}$  [ $\Omega/\text{km}$ ]

$z_{21}$  = měrná impedance trakčního vedení (dvoukolejná trať – druhá stopa bez proudu) [ $\Omega/\text{km}$ ]

$z_{22}$  = měrná impedance trakčního vedení (dvoukolejná trať – stejný směr proudů) [ $\Omega/\text{km}$ ]

$Z_{5\text{rev}}, Z_{23\text{rev}}, Z_{2\text{rev}}$  = reverzní/ zpětné zóny distanční ochrany

$Z_{AB}$  = impedance vedení úseku AB (z obr. 22) [ $\Omega$ ]

$Z_{BP}$  = impedance vedení úseku B-porucha (z obr. 22) [ $\Omega$ ]

$Z_{F_x}$  = poruchová impedance  $x$ -tého zkratu (viz obr. 18) [ $\Omega$ ]

$z_{KOL}$  = měrná impedance trakčního vedení (zpětný proud teče pouze kolejnici) [ $\Omega/\text{km}$ ]

$Z_L$  = impedance celého úseku vedení (viz obr. 18) [ $\Omega$ ]

$Z_{L_{F_x}}$  = impedance vedení mezi ochranou a zkratem (viz obr. 18) [ $\Omega$ ]

$Z_{LOAD}$  = impedance zátěže [ $\Omega$ ]

$Z_{NES}$  = měrná impedance trakčního vedení (nesouhlasný směr proudů ve stopách) [ $\Omega/\text{km}$ ]

$Z_{PPx}$  = celková poruchová impedance vedení x-té zóny (viz kapitola 5.1.4) [ $\Omega$ ]

$z_{Px}$  = měrná poruchová impedance [ $\Omega$ ]

$Z_{Px}$  = poruchová impedance [ $\Omega$ ]

$Z_{PZ3+30\%}$  = poruchová impedance 3. zóny distanční ochrany s přidanou 30 % rezervou [ $\Omega$ ]

$Z_{PZx}$  = poruchová impedance x-té zóny distanční ochrany [ $\Omega$ ]

$Z_{REF}$  = referenční měrná impedance trakčního vedení [ $\Omega/\text{km}$ ]

$z_{SOU}$  = měrná impedance trakčního vedení (souhlasný směr proudů ve stopách) [ $\Omega/\text{km}$ ]

$Z_T$  = impedance trakčního vedení [ $\Omega$ ]

$Z_{TV}$  = impedance trolejového vedení [ $\Omega$ ]

$z_{TV}$  = měrná impedance trolejového vedení [ $\Omega$ ]

$Z_V$  = impedance vedení [ $\Omega$ ]

$Z_{VLx}$  = impedance vlaku/vozidla č. x [ $\Omega$ ]

$z_{VN}$  = zvláště vysoké napětí

$Z_{ZC}$  = impedance zpětné cesty [ $\Omega$ ]

$z_{ZC}$  = měrná impedance zpětné cesty [ $\Omega$ ]

$z_{ZEM}$  = měrná impedance trakčního vedení (zpětný proud teče pouze zemí) [ $\Omega/\text{km}$ ]

$Z_{ZK}$  = impedance zkratu [ $\Omega$ ]

$\Delta X$  = změna reaktance vedení [ $\Omega$ ]

$\varphi = \varphi_V$  = úhel fázoru poruchové impedance (značení  $\varphi_V$  viz převzatý obr. 24) [ $^\circ$ ]

$\varphi_{Z\_NS\_x}$  = fázový úhel fázoru výstupní impedance napájecí stanice č. x [ $^\circ$ ]

$\varphi_L$  = úhel fázoru impedance zátěže (viz obr. 18) [ $^\circ$ ]

$\varphi_{SCx}$  = úhel fázoru poruchové impedance (viz obr. 18) [ $\Omega$ ]

$\omega$  = úhlová frekvence [ $\text{s}^{-1}$ ]

## ÚVOD

V dnešní době je při opravách a plánování výstavby nového trakčního vedení nutné uvažovat plánovaný celoplošný přechod trakční soustavy v České republice na jednofázovou střídavou soustavu 25 kV 50 Hz. I aktuálně sestavovaný plán pro prostou elektrifikaci vybraných traťových úseků počítá s aplikováním soustavy 25 kV 50 Hz. Z tohoto důvodu je vhodné se zabývat různými možnostmi střídavého napájení na napěťové hladině 25 kV. Zde přichází v úvahu konvenční provedení napájecí stanice s jednofázovým transformátorem a případnou filtračně-kompenzační stanicí, další možností je přidání balancérů anebo použití měničových napájecích stanic (MNS), které řeší většinu nevýhod konvenčních transformátorových napájecích stanic.

Diplomová práce se zaměřuje na vyšetřování zkratových poměrů v trakční síti 25 kV 50 Hz se spojitým napájením a s použitými měničovými napájecími stanicemi. Analýza se zaměřuje na traťový úsek Nedakonice-Říkovice, na kterém jsou instalovány dvě měničové napájecí stanice. Jedná se o druhou aplikaci měničových napájecích stanic pro soustavu 25 kV 50 Hz, po aplikaci na australské trati – Queensland Rail, kde je vybudovaný jeden měnič ve stanici Wulkuraka. Aktuálnost tématu měničových napájecích stanic dále podtrhuje uvažování o zbudování jedné měničové napájecí stanice v Kladně a další v blízkosti Valašského Meziříčí. Zmiňovaná napájecí stanice by měla napájet daný traťový úsek společně s konvenční napájecí stanicí ve slovenském Púchově.

Motivací této práce je skutečnost, že u měničových napájecích stanic vlivem nízkých zkratových proudů a spojitého napájení nelze použít k chránění trakčního vedení konvenční přístup k řešení nadproudové ochrany. Je tedy nutné s příchodem měničových napájecích stanic a možností spojitého napájení trakčního vedení soustavy 25 kV 50 Hz přejít především na distanční ochrany vedení.

Předkládaná práce je rozdělena do pěti kapitol. V první části je uveden stručný popis vlastností měničových napájecích stanic. Následuje stručný popis jednotlivých cílů, jenž si práce bere za cíl zkoumat. Třetí kapitola analyzuje problematiku parametrizace trakčního obvodu se spojitým napájením s měničovými napájecími stanicemi. V předposlední kapitole jsou uvedeny výsledky ze simulací zaměřených na vyšetření poměrů v trakčním obvodu 25 kV 50 Hz při zkratech v různých místech trakční sítě a jejich porovnání s reálně naměřenými daty. Poslední kapitola se zabývá tematikou distančních ochrany a jejich nastavováním za pomoci simulačního zpracování indikace zkratů v trakčním obvodu.

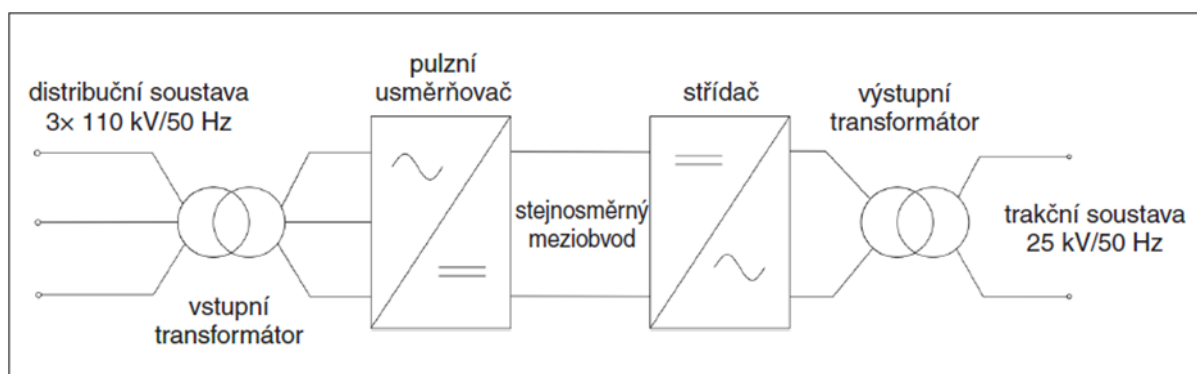


# 1 MĚNIČOVÉ NAPÁJECÍ STANICE 25 KV 50 HZ

## 1.1 Popis používané topologie měničové napájecí stanice

Použití konvenčních transformátorových napájecích stanic s sebou přináší určité nezanedbatelné nevýhody, jenž nelze ani použitím doplňujících řešení plně eliminovat, ale pouze snížit na únosnou míru vlivu. Jedná se především o nesymetrický odběr proudu z třífázové distribuční sítě, nemožnost napájet traťové úseky oboustranně (nutnost neutrálních polí) a dále kvalita elektrické energie v trakčním vedení z hlediska obsahu vyšších harmonických složek proudu. V praxi se nejprve pro částečnou symetrizaci jednofázového odběru proudu z distribuční sítě používaly zapojení dvou trakčních transformátorů do „V“ anebo do Scottova zapojení. Ale až použití balancérů s sebou přineslo vysokou symetrizaci odběru z distribuční sítě. Nicméně jejich aplikace nedokázala dále zajistit odstranění neutrálních polí, a tedy uskutečnění spojitého napájení trakčního vedení. Řešením pro snížení obsahu lichých vyšších harmonických složek proudu jsou u konvenčních napájecích stanic instalovaná filtračně-kompenzační zařízení (FKZ), ale ta s sebou přináší nezanedbatelnou spotřebu energie, a tedy snížení celkové účinnosti konvenční napájecí stanice. Řešením většiny těchto nedostatků konvenčních napájecích stanic, ale mohou být instalace měničových napájecích stanic. [1]

Základní struktura měničové napájecí stanice je uvedena na obr. 1. Měničová napájecí stanice se skládá ze vstupního třífázového oddělovacího transformátoru, 3 AC/DC měniče, stejnosměrného napět'ového meziobvodu, výstupního DC/1 AC měniče a následně výstupního jednofázového zvyšovacího transformátoru nebo autotransformátoru. [1]



Obr. 1 Bloková struktura měničové napájecí stanice 25 kV 50 Hz [1]

Obě použité měničové struktury jsou sestaveny do můstkové zapojení a jedná se o vícehladinové měničové topologie. Přehledným popisem principů používaných vícehladinových topologií měničů se zabývá [2].

## 1.2 Vlastnosti měničových napájecích stanic

Jak již bylo zmíněno, instalování měničových napájecích stanic do trakčního obvodu sebou přináší řešení na řadu problémů konvenčních napájecích stanic. Hlavní výhodnou vlastností je symetrizace třífázového odběru proudu z distribuční sítě, díky použití frekvenčního měniče, jenž jako měnič počtu fází rovnoměrně zatěžuje všechny tři přívodní fáze distribuční sítě. Zároveň se frekvenční měnič napájecí stanice chová z hlediska distribuční sítě jako symetrický zdroj napětí při rekuperaci vozidel. [4], [3]

Měničové napájecí stanice dále umožňují dodávání potřebného jalového výkonu (kladného i záporného) do distribuční sítě a také umožňují přenos kladného i záporného činného výkonu mezi distribuční sítí a trakční sítí. Dalším velmi důležitým přínosem je možnost zrušení neutrálních polí, neboť SFC mohou docílit aplikování systému jednotné fáze a zajistit tak oboustranné spojitě napájení. Tím je docíleno například snížení úbytků napětí na vedení. Další výhodných vlastností měničových napájecích stanic lze dosáhnout jejich propojeným řízením. [4]

Nyní je vhodné dále uvést rozdíl v topologii trakční sítě a způsobu chránění při napájení trakčního obvodu 25 kV 50 Hz z trakčního transformátoru a při napájení z frekvenčního měniče (SFC). Trakční vedení napájené z konvenčních napájecích stanic je uspořádáno v paprskové topologii sítě. Jedná se o topologii sítě, ve které jeden zdroj (trakční transformátor) napájí jednu anebo více stop trakčního vedení. Naproti tomu trakční obvod napájený z měničových napájecích stanic nebo trakčního transformátoru a frekvenčního měniče je koncipován jako síť o mřížové topologii (jenž je typická pro distribuční soustavu). Mřížová topologie sítě sebou přináší infeed factor či jak se v jiných literaturách nazývá: boční napájení. Z hlediska distančních ochrann je to negativní efekt, neboť znamená, že je porucha napájena z více zdrojů a distanční ochrany proto nenaměří celý výsledný zkratový proud, ale pouze jeho část. Podrobněji se bočním napájením a distančními ochranami zabývá 5. kapitola. [5]

Z hlediska chránění trakčního vedení, napájeného z trakčního transformátoru, se pro blízké zkraty využívá mžikových nadproudových ochrann, protože zkratové proudy jsou výrazně vyšší než provozní proudy. Pro chránění trakčního vedení před vzdálenými zkraty, při napájení z trakčního transformátoru, se používají distanční ochrany s kruhovou anebo n-úhelníkovou charakteristikou ve fázorové impedanční soustavě. Při chránění trakčního vedení napájeného z měničových napájecích stanic je nutné použít distanční ochrany. Nelze tedy použít nadproudové ochrany, neboť zkratové proudy se svojí velikostí prakticky neodlišují od hodnot provozních proudů. [5]

Bližší vysvětlení chování měničové napájecí stanice při zkratu se nachází na konci 3. kapitoly.

## 2 SHRNU TÍ CÍLŮ PRÁCE

Předkládaná práce je rozdělena do tří chronologicky navazujících základních částí, které se zabývají zadanými úkoly.

Prvním úkolem je analyzování problematiky parametrizace trakčního obvodu se spojitým napájením a s měničovými napájecími stanicemi. Primárním cílem prvního úkolu je tedy nalezení možných zjednodušení v simulačních modelech trakčního obvodu, která lze do pozdějších úkolů aplikovat.

Praktická část prvního úkolu se zaměřuje na čtyři etapy. V první etapě je uvedeno porovnání vlivu různých interpretací zpětné cesty do simulačního modelu trakčního obvodu na zkoumané obvodové veličiny. Zkoumáním vlivů vybraných parametrů (například teplota okolí anebo místo průtoku zpětného proudu) na sledované obvodové veličiny trakčního obvodu při běžném provozu se zabývá druhá etapa. Rozdílnost třetí etapy od etapy druhé je ve sledování vlivů vnějších parametrů trakčního obvodu na zkoumané obvodové veličiny při výskytu zkratu v trakčním obvodu. Poslední etapa se zabývá ověřením možnosti zanedbání měrné kapacity trakčního vedení v simulacích a podmínkách, při kterých lze uvedené zjednodušení aplikovat.

Druhým úkolem je vyšetření poměrů v trakčním obvodu při zkratech v různých místech trakční sítě a následné porovnání výsledků simulací s reálně naměřenými daty, jež jsou poskytnuty Elektrizací železnic a.s.. Hlavním cílem druhého úkolu je tedy vytvoření simulačního modelu a následné vyladění potřebných parametrů simulovaného trakčního obvodu, aby při jeho použití byly získány obdobné hodnoty fázoru měřené impedance, jakou při reálných zkratových zkouškách stanovily používané distanční ochrany trakčního vedení.

Poslední úkol se zabývá simulační indikací zkratů v trakčním obvodu pomocí distančních ochran. Použitý simulační model je modelem úseku Nedakonice-Otrokovice-Říkovice. Vytvořený simulační model třetího úkolu tedy již charakterizuje reálné chování trakčního obvodu při zkratu na spojitě napájeném trakčním vedení 25 kV 50 Hz při jeho napájení z kombinace dvou měničových napájecích stanic (Otrokovice a Říkovice) a konvenční transformátorové napájecí stanice (Nedakonice). Výstupem třetího úkolu je určení tří-zónových charakteristik distančních ochran pro každou napájecí stanici. Součástí třetího úkolu je také vysvětlení rozdílů v nastavení distančních ochran, umístěných u jednotlivých napájecích stanic a dále popis tvorby jednotlivých charakteristik chránění distančních ochran.

## 3 VLIV ZMĚN PARAMETRŮ TRAKČNÍHO OBVODU NA PŘESNOST SIMULACÍ

Předkládaná kapitola se zabývá popisem použitých postupů a zjednodušení v prvním úkolu, a především shrnutím a prezentováním zjištěných výsledků. Součástí kapitoly jsou pouze vybrané tabulky s údaji a také přílohy A až N obsahují pouze tabulky s nejdůležitějšími daty. Více informací/popisných částí k prvnímu úkolu spolu s veškerými daty, které byly při simulacích získány a analyzovány, lze nalézt v Ročníkovém projektu autora [6].

### 3.1 Volba vhodné interpretace impedance zpětné cesty v simulačních modelech – 1. etapa

Před uvedením a analyzováním získaných dat je vhodné nejprve podrobněji popsat zkoumané varianty impedance zpětné cesty  $Z_{ZC}$ , zkoumané topologie trakční sítě a následně simulační model vytvořený v programu Matlab Simulink R2020a.

Začít hledáním zjednodušení náhradního schématu trakčního obvodu z pohledu impedancí trolejového vedení a zpětné cesty je nutné kvůli možnosti zkrácení potřebných simulačních dob. Uvažování impedance zpětné cesty jako samostatného členu v náhradním schématu je fyzikálně přesná úvaha. Avšak aplikování uvedené úvahy do simulačního modelu trakčních obvodů přináší při řešení dané situace metodou uzlových napětí vyšší počet rovnic, a tedy delší výpočetní doby.

Zjištěná nejvhodnější varianta implementace impedance zpětné cesty  $Z_{ZC}$  do simulačního modelu, z hlediska potřebného zjednodušení a dostatečné přesnosti výpočtu oproti fyzikálně přesné variantě, je dále použita ve všech následujících simulačních modelech napříč celou prací.

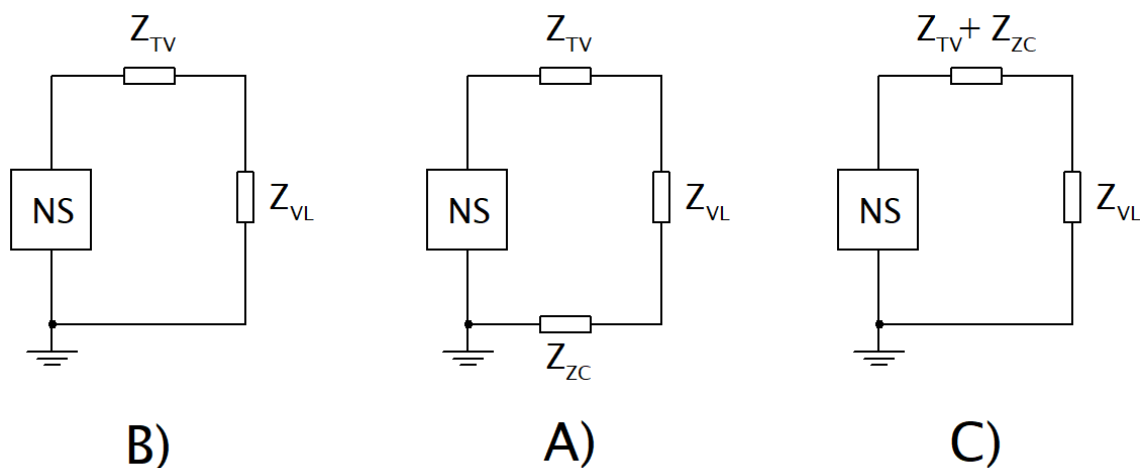
Pro analýzu jsou zvoleny tři varianty implementace impedance zpětné cesty  $Z_{ZC}$  do simulačního modelu trakčního obvodu 25 kV 50 Hz:

**A** = uvažovaná impedance zpětné cesty  $Z_{ZC}$  trakčního obvodu jako samostatný prvek simulačního modelu

**B** = zanedbaná impedance zpětné cesty  $Z_{ZC}$  v simulačním modelu

**C** = impedance zpětné cesty  $Z_{ZC}$  je v simulačním modelu zahrnuta do prvku představujícího impedanci trolejového vedení  $Z_{TV}$  (viz rovnice 1)

$$Z_T = Z_{TV} + Z_{ZC} \quad (1)$$



Obr. 2 Ukázkové znázornění různých implementací impedance zpětné cesty v simulačních modelech trakčního obvodu 25 kV 50 Hz

Pro zpřesnění představy jednotlivých uvažovaných variant implementace impedance zpětné cesty  $Z_{ZC}$  do simulačního modelu jsou jednotlivé varianty uvedeny na obr. 2. Uvedené zkratky v rovnici 1 a na obr. 2 znamenají:  $Z_{TV}$  = impedance trolejového vedení,  $Z_{VL}$  = impedance vlaku,  $Z_{ZC}$  = impedance zpětné cesty,  $Z_T$  = impedance trakčního vedení, NS = napájecí stanice.

K řešení simulačních modelů je využita již dříve zmiňovaná metoda uzlových napětí. V řešených simulačních modelech trakčního obvodu je jako společný referenční uzel zvolena uzemněná kolejnice.

V simulačních modelech, pro účely první etapy, jsou implementovány pouze transformátorové napájecí stanice. Poněvadž pro splnění cíle první etapy, porovnání různých implementací impedance zpětné cesty do modelu na zkoumané veličiny trakčního obvodu, je daná úvaha dostačující. Dalším důvodem je i fakt, že simulace pro první etapu jsou vykonávány při úvaze běžného provozu. Při běžném provozu lze jak transformátorovou napájecí stanici, tak i měničovou napájecí stanici, která je v provozním módu, reprezentovat zdrojem napětí. Jejich odlišnost je pouze v uvažované vnitřní impedanci zdroje potažmo reaktanci nakrátko trakčního transformátoru a výstupního transformátoru měničové napájecí stanice.

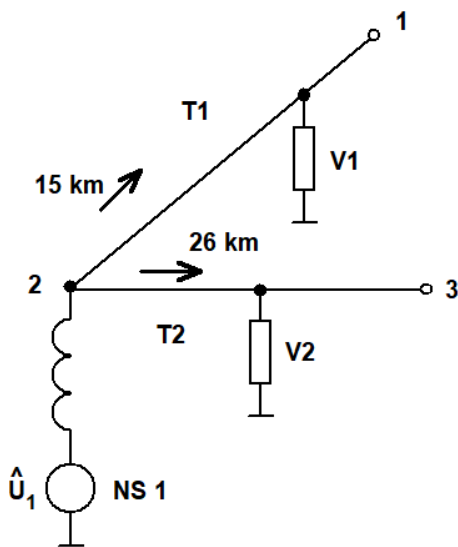
Při analyzování zjištěných výsledků se do úvahy berou i vlivy různých počtů napájecích stanic, vozidel a větvení trolejových stop u napájecí stanice.

V simulačních modelech jsou vyhodnocovány efektivní hodnoty proudů i napětí napájecích stanic a vozidel, a dále i jejich činný a jalový výkon. Uvedené zkoumané veličiny u napájecích stanic jsou označeny dolním indexem „NS“ a měřené veličiny u vozidel dolním indexem „VL“.

### 3.1.1 Topologie trakčních obvodů

Pro účely analýzy je uvažováno pět topologií trakčních obvodů, odlišujících se v počtu napájecích stanic, napájených trakčních stop a vozidel.

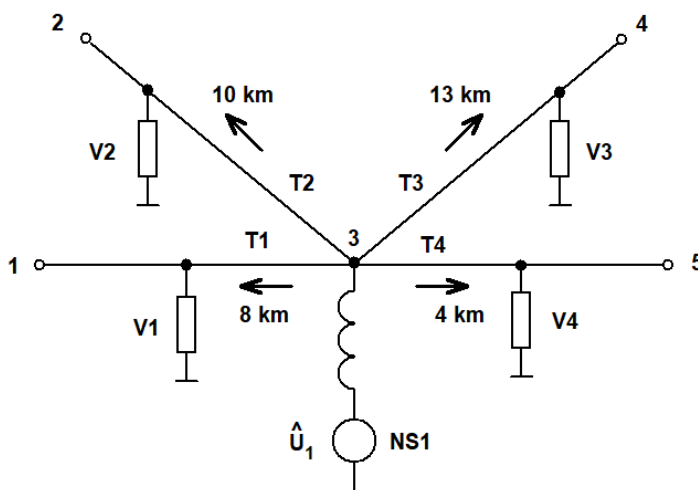
#### Topologie trakčního obvodu 1



Z obr. 3 je patrné, že 1. topologie trakčního obvodu sestává z jedné transformátorové napájecí stanice a dále dvou trakčních stop (T1, T2). Na každém traťovém úseku se vyskytuje právě jedno vozidlo (V1 a V2). Transformátorová napájecí stanice je složená ze sériově spojeného zdroje střídavého napětí o efektivní hodnotě 27 kV 50 Hz a reaktance nakrátko transformátoru,

Obr. 3 Topologie trakčního obvodu 1

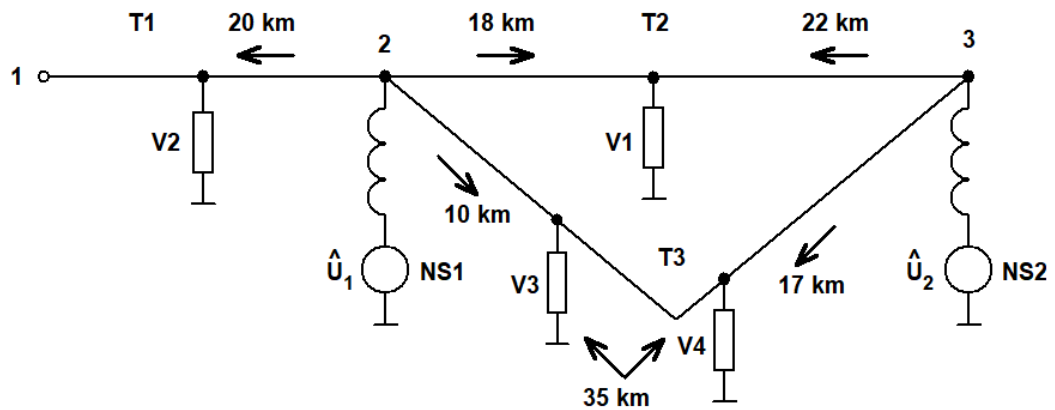
#### Topologie trakčního obvodu 2



Druhá topologie trakčního obvodu je uvedena na obr. 4. Trakční obvod zde reprezentuje jedna transformátorová napájecí stanice (NS1), jenž napájí čtyři trakční stopy (T1 až T4). Na každém napájeném úseku se opět vyskytuje právě jedno vozidlo (V1 až V4).

Obr. 4 Topologie trakčního obvodu 2

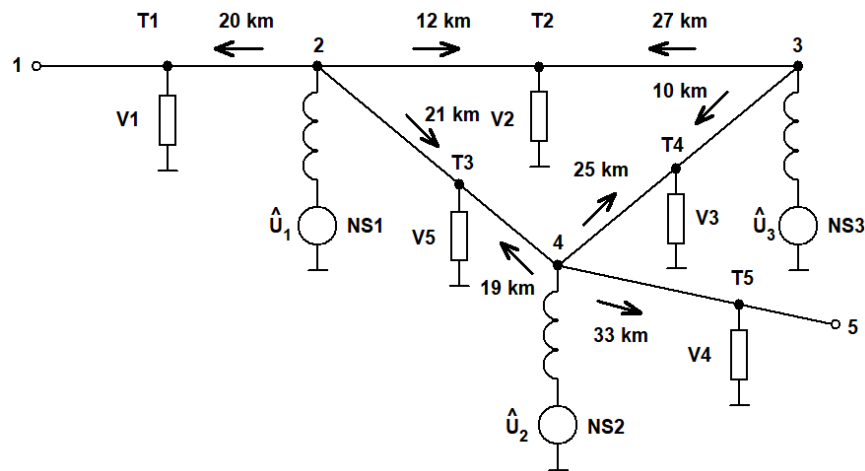
### Topologie trakčního obvodu 3



Obr. 5 Topologie trakčního obvodu 3

Třetí topologie trakčního obvodu je vykreslena na obr. 5. U třetí topologie trakčního obvodu jsou tři trakční stopy (T1 až T3) napájeny ze dvou konvenčních napájecích stanic (NS1 a NS2). Napájecí stanice se mezi sebou odlišují v počtu jimi napájených stop. V trakčním obvodu jsou uvažovány čtyři vozidla (V1 až V4), přičemž na úseku T3 se nacházejí dvě vozidla, která jsou od sebe vzdálená 35 km.

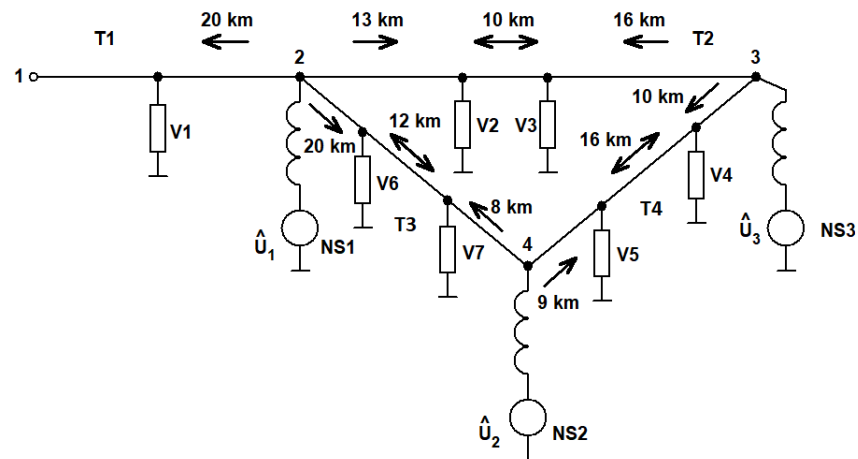
### Topologie trakčního obvodu 4



Obr. 6 Topologie trakčního obvodu 4

Obr. 6 obsahuje uvažovanou čtvrtou topologii trakčního vedení se třemi transformátorovými napájecími stanicemi NS1 až NS3, které napájí pět trakčních stop (T1 až T5). Na každé stopě se vyskytuje právě jedno vozidlo (V1 až V5).

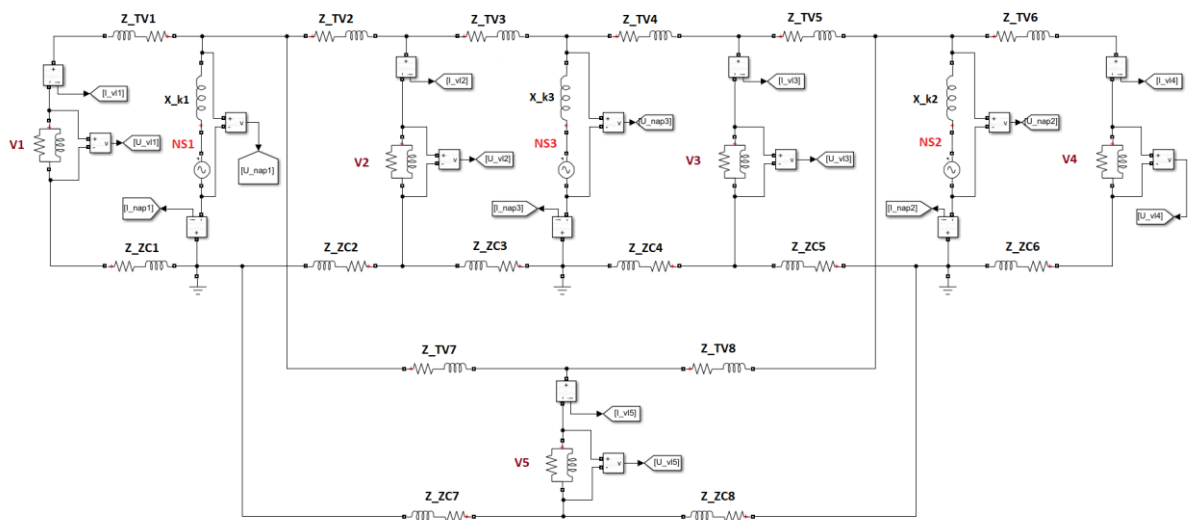
## Topologie trakčního obvodu 5



Obr. 7 Topologie trakčního obvodu 5

Na obr. 7 je uvedena pátá topologie trakčního obvodu, která se od čtvrté topologie odlišuje pouze sníženým počtem napájených stop z pěti na čtyři a dále zdvojnásobením počtu vozidel na napájených úsecích T2 až T5.

### 3.1.2 Popis simulačních modelů



Obr. 8 Simulační model 4. topologie trakčního obvodu

Na obr. 8 je uvedena ukázka simulačního modelu 4. topologie trakčního obvodu s uvažovanou impedancí zpětné cesty  $Z_{ZC}$  (varianta implementace A). Simulační modely ostatních zkoumaných případů jsou obdobné, a proto zde nejsou dále uvedeny. Transformátorové napájecí stanice se skládají z dříve uvedeného sériového spojení střídavého zdroje napětí o efektivní hodnotě 27 kV 50 Hz a cívky představující reaktanci transformátoru nakrátko  $X_k = 7,5 \Omega$ .



V simulačním modelu jsou impedance trolejového vedení označeny ( $Z_{TVx}$ ), impedance zpětné cesty ( $Z_{ZCx}$ ), napájecí stanice ( $NSx$ ) a impedance vozidel ( $Vx$ ).

V simulačních modelech trakčních obvodů je uvažováno zjednodušení v podobě zanedbání měrné kapacity i měrného svodu vedení a uvažování pouze měrného odporu a měrné indukčnosti. Z toho důvodu jsou impedance trolejového vedení a zpětné cesty uvažovány jako sériové RL obvody (použity bloky *Series RLC Branch* z knihovny *Simscape Electrical*). Při výpočtech 1. etapy byla využita hodnota měrné impedance vedení:  $z_{TV} = 0,26 + j0,6 \Omega/\text{km}$ . Jedná se o hodnotu měrné impedance vedení jednokolejné trati a je uváděna v drážních předpisech (Služební rukověť SR 34).

V simulacích jsou používány tři hodnoty velikostí měrných impedancí zpětných cest  $z_{ZC}$ :  $z_{ZC} = 1/2 z_{TV}$ ,  $z_{ZC} = 1/3 z_{TV}$  a  $z_{ZC} = 1/4 z_{TV}$ .

Vozidla jsou v simulačním modelu reprezentována paralelním RL článkem (použit blok *Parallel RLC Branch* z knihovny *Simscape Electrical*). Do simulačních výpočtů týkajících se běžného stavu jsou použita moderní vozidla se vstupním pulzním usměrňovačem o parametrech:  $P = 3 \text{ MW}$ ,  $\cos\varphi = 0,99$ .

Při simulacích je využito bloku *powergui* z knihovny *Simscape Electrical*. Jedná se o blok, jenž určuje typ simulace. Pro účely 1. etapy je zvoleno diskrétní řešení simulace (*Discrete solver*) se vzorkovací periodou  $T_s = 10^{-6} \text{ s}$ . Výsledné hodnoty zkoumaných veličin jsou uvažovány při ustáleném harmonickém stavu obvodu. Bližší informace týkající se simulačního modelu, použitých bloků anebo konkrétních hodnot impedance vozidla lze nalézt v Ročníkovém projektu autora [6].

### 3.1.3 Výsledky simulací 1. etapy

V rámci 1. etapy bylo získáno velké množství dat, respektive tabulek s daty. Pro účely předkládané práce je zde uvedena pouze tabulka s porovnáním odlišností hodnot zkoumaných veličin při variantě se zanedbanou impedancí zpětné cesty (varianta B) a variantě s implementovanou impedancí zpětné cesty do impedance vedení (varianta C) oproti referenční variantě s uvažovanou impedancí zpětné cesty (varianta A) pro 3. topologii trakčního obvodu (viz tabulka 1). Uvedená tabulka je postačující pro vysvětlení závěrů z analýzy 1. etapy.

Dále zde jsou v přílohách A až E uvedeny tabulky pro 3. a 5. topologii trakčního vedení, obsahující simulací získané hodnoty  $I$ ,  $U$ ,  $P$ ,  $Q$  a  $\cos\varphi$  napájecích stanic i vozidel a dále také tabulky s obdobnými porovnáními jako jsou v tabulce 1, avšak pro případ, kdy je referenční variantou zvolena varianta B.

Tabulky pro zbylé topologie trakčního vedení (1., 2., a 4. topologie) nejsou pro svoji obšírnost uvedeny ani v přílohách předkládané práce, ale jsou dostupné v přílohách Ročníkového projektu autora – [6].

*Tabulka 1*  
*Simulace 5. topologie trakčního obvodu*  
*Porovnání variant implementace impedance zpětné cesty B a C vzhledem k referenční variantě A*

<b>3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)</b>											
<b>3b) Neuvažovaná impedance zpětné cesty</b>											
Vztaženo k variantě 3a.1) Zzc = 1/2 Ztv s uvažovanou impedancí zpětné cesty											
U_NS1 [V]	100.1%	U_NS2 [V]	100.1%	U_v1 [V]	101.0%	U_v2 [V]	102.9%	U_v3 [V]	103.4%	U_v4 [V]	102.2%
I_NS1 [A]	102.5%	I_NS2 [A]	102.3%	I_v1 [A]	100.9%	I_v2 [A]	103.0%	I_v3 [A]	103.5%	I_v4 [A]	102.2%
P_NS1 [W]	103.3%	P_NS2 [W]	103.0%	P_v1 [W]	101.9%	P_v2 [W]	106.0%	P_v3 [W]	107.0%	P_v4 [W]	104.5%
Q_NS1 [Var]	90.6%	Q_NS2 [Var]	90.2%	Q_v1 [Var]	101.9%	Q_v2 [Var]	106.0%	Q_v3 [Var]	107.0%	Q_v4 [Var]	104.5%
cosfi_NS1 [-]	100.6%	cosfi_NS2 [-]	100.5%	cosfi_v1 [-]	100.0%	cosfi_v2 [-]	100.0%	cosfi_v3 [-]	100.0%	cosfi_v4 [-]	100.0%
Vztaženo k variantě 3a.2) Zzc = 1/3 Ztv s uvažovanou impedancí zpětné cesty											
U_NS1 [V]	100.1%	U_NS2 [V]	100.1%	U_v1 [V]	100.6%	U_v2 [V]	102.0%	U_v3 [V]	102.3%	U_v4 [V]	101.5%
I_NS1 [A]	101.6%	I_NS2 [A]	101.5%	I_v1 [A]	100.6%	I_v2 [A]	102.0%	I_v3 [A]	102.2%	I_v4 [A]	101.5%
P_NS1 [W]	102.2%	P_NS2 [W]	102.0%	P_v1 [W]	101.3%	P_v2 [W]	103.9%	P_v3 [W]	104.6%	P_v4 [W]	103.0%
Q_NS1 [Var]	93.4%	Q_NS2 [Var]	93.1%	Q_v1 [Var]	101.3%	Q_v2 [Var]	103.9%	Q_v3 [Var]	104.6%	Q_v4 [Var]	103.0%
cosfi_NS1 [-]	100.4%	cosfi_NS2 [-]	100.3%	cosfi_v1 [-]	100.0%	cosfi_v2 [-]	100.0%	cosfi_v3 [-]	100.0%	cosfi_v4 [-]	100.0%
Vztaženo k variantě 3a.3) Zzc = 1/4 Ztv s uvažovanou impedancí zpětné cesty											
U_NS1 [V]	100.1%	U_NS2 [V]	100.1%	U_v1 [V]	100.5%	U_v2 [V]	101.5%	U_v3 [V]	101.7%	U_v4 [V]	101.1%
I_NS1 [A]	101.2%	I_NS2 [A]	101.1%	I_v1 [A]	100.5%	I_v2 [A]	101.5%	I_v3 [A]	101.7%	I_v4 [A]	101.0%
P_NS1 [W]	101.6%	P_NS2 [W]	101.5%	P_v1 [W]	101.0%	P_v2 [W]	102.9%	P_v3 [W]	103.4%	P_v4 [W]	102.2%
Q_NS1 [Var]	94.9%	Q_NS2 [Var]	94.7%	Q_v1 [Var]	101.0%	Q_v2 [Var]	102.9%	Q_v3 [Var]	103.4%	Q_v4 [Var]	102.2%
cosfi_NS1 [-]	100.3%	cosfi_NS2 [-]	100.2%	cosfi_v1 [-]	100.0%	cosfi_v2 [-]	100.0%	cosfi_v3 [-]	100.0%	cosfi_v4 [-]	100.0%
<b>3c) Impedance zpětné cesty v sérii s trolejovým vedením</b>											
3c.1) Zzc = 1/2 Ztv [vztaženo k variantě 3a.1)]											
U_NS1 [V]	100.0%	U_NS2 [V]	100.0%	U_v1 [V]	100.0%	U_v2 [V]	100.0%	U_v3 [V]	100.0%	U_v4 [V]	100.0%
I_NS1 [A]	100.7%	I_NS2 [A]	99.2%	I_v1 [A]	100.0%	I_v2 [A]	100.0%	I_v3 [A]	100.0%	I_v4 [A]	100.0%
P_NS1 [W]	100.7%	P_NS2 [W]	99.3%	P_v1 [W]	100.0%	P_v2 [W]	100.0%	P_v3 [W]	100.0%	P_v4 [W]	100.0%
Q_NS1 [Var]	100.5%	Q_NS2 [Var]	99.4%	Q_v1 [Var]	100.0%	Q_v2 [Var]	100.0%	Q_v3 [Var]	100.0%	Q_v4 [Var]	100.0%
cosfi_NS1 [-]	100.0%	cosfi_NS2 [-]	100.0%	cosfi_v1 [-]	100.0%	cosfi_v2 [-]	100.0%	cosfi_v3 [-]	100.0%	cosfi_v4 [-]	100.0%
3c.2) Zzc = 1/3 Ztv [vztaženo k variantě 3a.2)]											
U_NS1 [V]	100.0%	U_NS2 [V]	100.0%	U_v1 [V]	100.0%	U_v2 [V]	100.0%	U_v3 [V]	100.0%	U_v4 [V]	100.0%
I_NS1 [A]	100.5%	I_NS2 [A]	99.5%	I_v1 [A]	100.0%	I_v2 [A]	100.0%	I_v3 [A]	100.0%	I_v4 [A]	100.0%
P_NS1 [W]	100.5%	P_NS2 [W]	99.5%	P_v1 [W]	100.0%	P_v2 [W]	100.0%	P_v3 [W]	100.0%	P_v4 [W]	100.0%
Q_NS1 [Var]	100.4%	Q_NS2 [Var]	99.5%	Q_v1 [Var]	100.0%	Q_v2 [Var]	100.0%	Q_v3 [Var]	100.0%	Q_v4 [Var]	100.0%
cosfi_NS1 [-]	100.0%	cosfi_NS2 [-]	100.0%	cosfi_v1 [-]	100.0%	cosfi_v2 [-]	100.0%	cosfi_v3 [-]	100.0%	cosfi_v4 [-]	100.0%
3c.3) Zzc = 1/4 Ztv [vztaženo k variantě 3a.3)]											
U_NS1 [V]	100.0%	U_NS2 [V]	100.0%	U_v1 [V]	100.0%	U_v2 [V]	100.0%	U_v3 [V]	100.0%	U_v4 [V]	100.0%
I_NS1 [A]	100.4%	I_NS2 [A]	99.6%	I_v1 [A]	100.0%	I_v2 [A]	100.0%	I_v3 [A]	99.9%	I_v4 [A]	100.0%
P_NS1 [W]	100.4%	P_NS2 [W]	99.6%	P_v1 [W]	100.0%	P_v2 [W]	100.0%	P_v3 [W]	100.0%	P_v4 [W]	100.0%
Q_NS1 [Var]	100.3%	Q_NS2 [Var]	99.6%	Q_v1 [Var]	100.0%	Q_v2 [Var]	100.0%	Q_v3 [Var]	100.0%	Q_v4 [Var]	100.0%
cosfi_NS1 [-]	100.0%	cosfi_NS2 [-]	100.0%	cosfi_v1 [-]	100.0%	cosfi_v2 [-]	100.0%	cosfi_v3 [-]	100.0%	cosfi_v4 [-]	100.0%

Z tabulky 1 (3. topologie trakčního obvodu) a přílohy E (5. topologie trakčního obvodu) je zřejmé, že implementace impedance zpětné cesty do impedance vedení (varianta C) se téměř neliší od varianty A (uvažovaná impedance zpětné cesty samostatným prvkem v modelu). Hodnoty se odlišují pouze u 5. topologie trakčního obvodu v rozsahu -2 % až +1,7 % (viz příloha E).

Oproti tomu při porovnání varianty B (zanedbaná impedance zpětné cesty v simulačním modelu) a varianty A (uvažovaná impedance zpětné cesty samostatným prvkem v modelu) dochází k největším odchýlkám (viz tabulka 3 a příloha E). Například u 3. vozidla se odlišují hodnoty  $P$  a  $Q$  o +7 % a hodnoty proudu a napětí o cca +3,5 % při porovnání varianty B vzhledem k variantě A.

Z uvedených dat vyplývá, že implementování impedance zpětné cesty do impedance trolejového vedení (varianta C) lze použít jako zjednodušující náhradu do všech následných simulačních modelů. Jelikož se použitím varianty C oproti fyzikálně správné variantě A (uvažovaná impedance zpětné cesty jako samostatný prvek v modelu) vnáší pouze zanedbatelné chyby do výpočtu (maximálně  $\pm 2\%$ ). Tím je zároveň docíleno zrychlení simulačních výpočtů, neboť je tak snížen počet rovnic, který je nutný metodou uzlových napětí řešit.

### **3.2 Vyšetření vlivu zvolených změn parametrů trakčního obvodu na přesnost výpočtů při provozních podmínkách – 2. etapa**

Druhá etapa vznikla za účelem zjištění míry ovlivňování hodnocených veličin ( $U$ ,  $I$ ,  $P$ ,  $Q$  a  $\cos\varphi$ ) napájecích stanic a vozidel při proměnných teplotách (v rozmezí  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), různém prostředí průtoku zpětného proudu u jednokolejných tratí a různým směrem proudů v sousedních stopách trakčního vedení dvoukolejných tratí. V druhé etapě nejsou měřeny pouze veličiny  $U$ ,  $I$ ,  $P$ ,  $Q$  a  $\cos\varphi$  napájecích stanic a vozidel, ale také modul a fázový úhel fázoru výstupní impedance napájecí stanice při provozních podmínkách. Jedná se o veličinu vyhodnocovanou distanční ochranou (podrobnější popis je uveden v 5. kapitole).

Pro účely 2. etapy jsou simulačně zkoumány pouze „liché“ topologie trakčního obvodu:

- 1. topologie trakčního obvodu (1x NS, 2x napájecí úsek, 2x vozidlo)
- 3. topologie trakčního obvodu (2x NS, 3x napájecí úsek, 4x vozidlo)
- 5. topologie trakčního obvodu (3x NS, 4x napájecí úsek, 7x vozidlo)

V simulačních modelech jsou stále, vzhledem k běžnému provozu, uvažovány pouze transformátorové napájecí stanice a simulační modely při měření hodnot  $U$ ,  $I$ ,  $P$ ,  $Q$  a  $\cos\varphi$  zůstávají shodné s uvedenými v 1. etapě. Nicméně pro případ, kdy jsou měřeny moduly a fázové úhly fázoru výstupní impedance napájecí stanice, je v simulacích zachována vzorkovací perioda, ale je změněna metoda řešení simulace na variantu *Discrete Phasor*.

V simulacích představuje používaná měrná impedance vedení kombinaci měrné impedance trolejového vedení a měrné impedance zpětné cesty. Uvažované hodnoty měrných impedancí vedení pro jednotlivé zkoumané proměnné vnější parametry trakčního vedení jsou uvedené v tabulce 2. Data z druhého sloupce tabulky 2, obsahující měrné impedance vedení v závislosti na uvažované cestě zpětného proudu, jsou čerpána z [7] a data z třetího sloupce tabulky 2, obsahující měrné impedance vedení v závislosti na směrech proudů v trolejových stopách dvoukolejných tratí, jsou čerpána z [8].

*Tabulka 2*  
*Hodnoty měrných impedancí vedení při proměnných vnějších parametrech trakčního vedení*

Okolní teplota	Uvažované cesty zpětného proudu	Polarity proudů v trolejových stopách dvoukolejné trati
referenční teplota +20 °C	referenční hodnota (cca 90 % zpětného proudu teče zemí u AC trakce)	referenční hodnota
$z_{REF} = 0,26 + j0,6 \Omega/km$		
Teplota -20 °C	Zpětný proud protéká pouze zemí:	Souhlasný směr proudů v obou stopách
$z_{20°C} = 0,21 + j0,6 \Omega/km$	$z_{ZEM} = 0,23 + j0,59 \Omega/km$	$z_{SOU} = 0,29 + j0,72 \Omega/km$
Teplota +40 °C	Zpětný proud protéká pouze kolejnicemi	Nesouhlasný směr proudů v obou stopách
$z_{40°C} = 0,28 + j0,6 \Omega/km$	$z_{KOL} = 0,3 + j0,7 \Omega/km$	$z_{NES} = 0,23 + j0,48 \Omega/km$

*Tabulka 3*  
*Simulace 3. topologie trakčního obvodu:*  
*procentuální porovnání jednotlivých změn měrné impedance vedení vlivem proměnných parametrů vůči referenční měrné impedanci trakčního vedení*

Vliv teploty na impedanci											
3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)											
3.1) teplota - 20°C											
U_NS1 [V]	99,99%	U_NS2 [V]	99,97%	U_vl1 [V]	100,21%	U_vl2 [V]	100,70%	U_vl3 [V]	100,84%	U_vl4 [V]	100,51%
I_NS1 [A]	100,54%	I_NS2 [A]	100,58%	I_vl1 [A]	100,16%	I_vl2 [A]	100,73%	I_vl3 [A]	100,90%	I_vl4 [A]	100,56%
P_NS1 [W]	100,52%	P_NS2 [W]	100,51%	P_vl1 [W]	100,43%	P_vl2 [W]	101,41%	P_vl3 [W]	101,69%	P_vl4 [W]	101,02%
Q_NS1 [Var]	100,58%	Q_NS2 [Var]	101,89%	Q_vl1 [Var]	100,43%	Q_vl2 [Var]	101,41%	Q_vl3 [Var]	101,69%	Q_vl4 [Var]	101,02%
cosfi_NS1 [-]	100,00%	cosfi_NS2 [-]	100,00%	cosfi_vl1 [-]	100,00%	cosfi_vl2 [-]	100,00%	cosfi_vl3 [-]	100,00%	cosfi_vl4 [-]	100,00%
3.3) teplota 40°C											
U_NS1 [V]	100,00%	U_NS2 [V]	100,01%	U_vl1 [V]	99,92%	U_vl2 [V]	99,73%	U_vl3 [V]	99,67%	U_vl4 [V]	99,80%
I_NS1 [A]	99,81%	I_NS2 [A]	99,75%	I_vl1 [A]	99,84%	I_vl2 [A]	99,76%	I_vl3 [A]	99,67%	I_vl4 [A]	99,84%
P_NS1 [W]	99,80%	P_NS2 [W]	99,79%	P_vl1 [W]	99,83%	P_vl2 [W]	99,45%	P_vl3 [W]	99,33%	P_vl4 [W]	99,60%
Q_NS1 [Var]	99,76%	Q_NS2 [Var]	99,26%	Q_vl1 [Var]	99,83%	Q_vl2 [Var]	99,45%	Q_vl3 [Var]	99,33%	Q_vl4 [Var]	99,60%
cosfi_NS1 [-]	100,00%	cosfi_NS2 [-]	100,00%	cosfi_vl1 [-]	100,00%	cosfi_vl2 [-]	100,00%	cosfi_vl3 [-]	100,00%	cosfi_vl4 [-]	100,00%
Vliv cesty zpětného proudu na impedanci (Kolejnicí / zemí)											
3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)											
3.2) zpětný proud pouze KOLEJNICÍ											
U_NS1 [V]	99,94%	U_NS2 [V]	99,96%	U_vl1 [V]	99,68%	U_vl2 [V]	99,04%	U_vl3 [V]	98,89%	U_vl4 [V]	99,28%
I_NS1 [A]	99,46%	I_NS2 [A]	98,96%	I_vl1 [A]	99,61%	I_vl2 [A]	99,03%	I_vl3 [A]	98,94%	I_vl4 [A]	99,28%
P_NS1 [W]	99,15%	P_NS2 [W]	98,71%	P_vl1 [W]	99,36%	P_vl2 [W]	98,09%	P_vl3 [W]	97,78%	P_vl4 [W]	98,56%
Q_NS1 [Var]	104,19%	Q_NS2 [Var]	103,90%	Q_vl1 [Var]	99,36%	Q_vl2 [Var]	98,09%	Q_vl3 [Var]	97,78%	Q_vl4 [Var]	98,56%
cosfi_NS1 [-]	98,98%	cosfi_NS2 [-]	100,00%	cosfi_vl1 [-]	100,00%	cosfi_vl2 [-]	100,00%	cosfi_vl3 [-]	100,00%	cosfi_vl4 [-]	100,00%
3.3) zpětný proud ZEMÍ											
U_NS1 [V]	100,00%	U_NS2 [V]	99,99%	U_vl1 [V]	100,14%	U_vl2 [V]	100,46%	U_vl3 [V]	100,55%	U_vl4 [V]	100,34%
I_NS1 [A]	100,35%	I_NS2 [A]	100,42%	I_vl1 [A]	100,08%	I_vl2 [A]	100,48%	I_vl3 [A]	100,57%	I_vl4 [A]	100,40%
P_NS1 [W]	100,34%	P_NS2 [W]	100,40%	P_vl1 [W]	100,29%	P_vl2 [W]	100,92%	P_vl3 [W]	101,09%	P_vl4 [W]	100,67%
Q_NS1 [Var]	99,90%	Q_NS2 [Var]	100,62%	Q_vl1 [Var]	100,29%	Q_vl2 [Var]	100,92%	Q_vl3 [Var]	101,09%	Q_vl4 [Var]	100,67%
cosfi_NS1 [-]	100,00%	cosfi_NS2 [-]	100,00%	cosfi_vl1 [-]	100,00%	cosfi_vl2 [-]	100,00%	cosfi_vl3 [-]	100,00%	cosfi_vl4 [-]	100,00%
Vliv směrů proudů v sousedních stopách na impedanci											
3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)											
3.2) souhlasný směr proudů											
U_NS1 [V]	99,92%	U_NS2 [V]	99,94%	U_vl1 [V]	99,69%	U_vl2 [V]	99,10%	U_vl3 [V]	98,96%	U_vl4 [V]	99,31%
I_NS1 [A]	99,54%	I_NS2 [A]	98,96%	I_vl1 [A]	99,69%	I_vl2 [A]	99,11%	I_vl3 [A]	99,02%	I_vl4 [A]	99,36%
P_NS1 [W]	99,16%	P_NS2 [W]	98,64%	P_vl1 [W]	99,39%	P_vl2 [W]	98,20%	P_vl3 [W]	97,93%	P_vl4 [W]	98,63%
Q_NS1 [Var]	105,21%	Q_NS2 [Var]	105,23%	Q_vl1 [Var]	99,39%	Q_vl2 [Var]	98,20%	Q_vl3 [Var]	97,93%	Q_vl4 [Var]	98,63%
cosfi_NS1 [-]	98,98%	cosfi_NS2 [-]	100,00%	cosfi_vl1 [-]	100,00%	cosfi_vl2 [-]	100,00%	cosfi_vl3 [-]	100,00%	cosfi_vl4 [-]	100,00%
3.3) opačný směr proudů											
U_NS1 [V]	100,08%	U_NS2 [V]	100,07%	U_vl1 [V]	100,31%	U_vl2 [V]	100,90%	U_vl3 [V]	101,03%	U_vl4 [V]	100,68%
I_NS1 [A]	100,38%	I_NS2 [A]	101,12%	I_vl1 [A]	100,23%	I_vl2 [A]	100,89%	I_vl3 [A]	101,06%	I_vl4 [A]	100,72%
P_NS1 [W]	100,73%	P_NS2 [W]	101,45%	P_vl1 [W]	100,62%	P_vl2 [W]	101,80%	P_vl3 [W]	102,07%	P_vl4 [W]	101,36%
Q_NS1 [Var]	94,63%	Q_NS2 [Var]	94,47%	Q_vl1 [Var]	100,62%	Q_vl2 [Var]	101,80%	Q_vl3 [Var]	102,07%	Q_vl4 [Var]	101,36%
cosfi_NS1 [-]	100,00%	cosfi_NS2 [-]	100,00%	cosfi_vl1 [-]	100,00%	cosfi_vl2 [-]	100,00%	cosfi_vl3 [-]	100,00%	cosfi_vl4 [-]	100,00%

Z tabulky 2 je patrné, že používaná referenční měrná impedance trakčního vedení je uvažována pro teplotu okolí 20 °C, úvahu průtoku zpětného proudu z 90 % zemí a úvahu jednokolejné trati či dvoukolejné trati, kdy ve druhé stopě trolejového vedení neteče proud.

Příloha F obsahuje naměřené hodnoty  $U$ ,  $I$ ,  $P$ ,  $Q$  a  $\cos\varphi$  napájecích stanic a vozidel při proměnných parametrech trakčního obvodu a pro úvahu 3. topologie trakčního obvodu. Obdobná data pro 1. a 5. topologie v předkládané práci nejsou uvedena, ale jsou přehledně popsána v Ročníkovém projektu autora [6].

Pro 3. topologii trakčního obvodu jsou procentuální porovnání jednotlivých změn měrné impedance vedení vlivem proměnných parametrů trakčního vedení oproti referenční měrné impedanci trakčního vedení uvedena v tabulce 3. Opět kvůli značné obšírnosti nejsou obdobné tabulky s daty pro 1. a 5. topologii trakčního obvodu uvedeny v této práci, ale jsou zaznamenány a popsány v Ročníkovém projektu autora [6].

Z tabulky 3 vyplývají následující poznatky pro 3. topologii trakčního obvodu, nicméně výsledky pro zbylé dvě topologie jsou obdobné a obecné poznatky uvedené v tomto odstavci lze na ně také vztáhnout. Je-li uvažována nízká teplota okolí (-20 °C), pak díky nižší reálné složce měrné impedance vedení dochází k nízkému růstu sledovaných hodnot o + 0,16 až + 1,7 %. Naopak u vysokých teplot + 40 °C dochází oproti referenční hodnotě měrné impedance vedení k nízkému poklesu o - 0,67 %. Úvahou průtoku zpětného proudu pouze zemí nastane mírné zvýšení hodnot zkoumaných veličin o + 0,08 až + 1,09 %. Uvažováním průtoku zpětného proudu 100 % kolejnicemi dochází u všech veličin, kromě jalového výkonu napájecích stanic, k poklesu o - 0,04 až - 2,22 %. Jalový výkon u napájecích stanic ale vzroste o až + 4,2 %. Při souhlasných směrech proudů ve stopách trolejového vedení dvoukolejných tratí nastává pokles všech sledovaných veličin, kromě jalového výkonu napájecích stanic, o - 0,06 až - 2,07 %. Jalový výkon napájecích stanic při dané úvaze vzrůstá o až + 5,23 %. Vlivem opačných směrů proudů ve stopách trolejového vedení dvoukolejné trati dochází k vzrůstu hodnot  $U$ ,  $I$  a  $P$  o + 0,07 až + 2,07 %, ale jalové výkony napájecích stanic se snižují o až - 5,53 %.

V příloze G je uvedena tabulka obsahující moduly a fázové úhly výstupních impedancí napájecích stanic při běžném provozu a proměnných vnějších parametrech trakčního obvodu pro 3. topologii trakčního obvodu. Obdobné tabulky s daty pro 1. a 5. topologii trakčního obvodu jsou uvedeny v autorově Ročníkovém projektu [6].

Simulacemi zjištěné provozní hodnoty modulů výstupních impedancí měničových a transformátorových napájecích stanic se pohybují od 82,2  $\Omega$  do 113,9  $\Omega$  a fázové úhly od 8° do 11° (viz příloha G a [6]).

Tabulka 4

Procentuální porovnání hodnot modulů a fázových úhlů impedancí napájecích stanic při běžném provozu pro 1., 3., a 5. topologii v závislosti na proměnných parametrech trakčního vedení vůči referenční impedanci trakčního vedení

Vliv teploty na impedanci	Vliv teploty na impedanci				Vliv teploty na impedanci						
1) 1x NS a 2x vlak (2x trať)	3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)				5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)						
<b>1.1) teplota -20°C</b>											
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	99,53%	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	99,42%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	99,38%	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	99,76%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	99,67%	$ Z_{NS3} $ [ $\Omega$ ]	99,60%
$\phi_Z$ NS1 [°]	100,48%	$\phi_Z$ NS1 [°]	100,09%	$\phi_Z$ NS2 [°]	101,27%	$\phi_Z$ NS1 [°]	98,80%	$\phi_Z$ NS2 [°]	100,33%	$\phi_Z$ NS3 [°]	102,57%
<b>1.3) teplota 40°C</b>											
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,19%	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,19%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	100,27%	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,12%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	100,11%	$ Z_{NS3} $ [ $\Omega$ ]	100,20%
$\phi_Z$ NS1 [°]	99,71%	$\phi_Z$ NS1 [°]	99,91%	$\phi_Z$ NS2 [°]	99,46%	$\phi_Z$ NS1 [°]	100,40%	$\phi_Z$ NS2 [°]	99,89%	$\phi_Z$ NS3 [°]	99,06%
<b>Vliv cesty zpětného proudu na impedanci</b>											
<b>Vliv cesty zpětného proudu na impedanci</b>											
<b>Vliv cesty zpětného proudu na impedanci</b>											
1) 1x NS a 2x vlak (2x trať)	3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)				5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)						
<b>1.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ</b>											
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,65%	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,48%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	101,06%	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	99,76%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	100,28%	$ Z_{NS3} $ [ $\Omega$ ]	101,19%
$\phi_Z$ NS1 [°]	105,61%	$\phi_Z$ NS1 [°]	106,22%	$\phi_Z$ NS2 [°]	106,33%	$\phi_Z$ NS1 [°]	104,20%	$\phi_Z$ NS2 [°]	103,88%	$\phi_Z$ NS3 [°]	104,80%
<b>1.3) zpětný I pouze ZEMÍ</b>											
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	99,72%	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	99,62%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	99,56%	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,00%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	99,78%	$ Z_{NS3} $ [ $\Omega$ ]	99,70%
$\phi_Z$ NS1 [°]	99,71%	$\phi_Z$ NS1 [°]	99,40%	$\phi_Z$ NS2 [°]	100,00%	$\phi_Z$ NS1 [°]	98,90%	$\phi_Z$ NS2 [°]	99,89%	$\phi_Z$ NS3 [°]	100,94%
<b>Vliv směrů proudů v TV u dvojkolejně trati</b>											
<b>Vliv směrů proudů v TV u dvojkolejně trati</b>											
<b>Vliv směrů proudů v TV u dvojkolejně trati</b>											
1) 1x NS a 2x vlak (2x trať)	3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)				5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)						
<b>1.2) souhlasný směr proudů</b>											
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,56%	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,48%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	101,06%	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	99,64%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	100,22%	$ Z_{NS3} $ [ $\Omega$ ]	101,19%
$\phi_Z$ NS1 [°]	106,95%	$\phi_Z$ NS1 [°]	107,50%	$\phi_Z$ NS2 [°]	107,96%	$\phi_Z$ NS1 [°]	104,70%	$\phi_Z$ NS2 [°]	104,66%	$\phi_Z$ NS3 [°]	106,43%
<b>1.3) opačný směr proudů</b>											
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	99,44%	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	99,62%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	98,94%	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,61%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	99,67%	$ Z_{NS3} $ [ $\Omega$ ]	98,61%
$\phi_Z$ NS1 [°]	92,96%	$\phi_Z$ NS1 [°]	92,33%	$\phi_Z$ NS2 [°]	91,67%	$\phi_Z$ NS1 [°]	95,50%	$\phi_Z$ NS2 [°]	95,34%	$\phi_Z$ NS3 [°]	93,22%

Tabulka 4 obsahuje procentuální porovnání hodnot modulů a fázových úhlů fázorů výstupních impedancí napájecích stanic při běžném provozu pro 1., 3., a 5. topologii trakčního obvodu při proměnných parametrech trakčního obvodu. Procentuální porovnání je opět vztahováno k referenční hodnotě měrné impedance vedení.

Nejvýraznější účinek na změny hodnot modulů a fázových úhlů výstupních impedancí napájecích stanic oproti referenční variantě při běžném provozu mají směry proudů ve stopách trakčního vedení dvojkolejně trati (viz tabulka 4). Avšak obecně změny modulů výstupních impedancí napájecích stanic způsobené proměnnými parametry trakčního obvodu (vliv teploty, cesty zpětného proudu a směrů proudů v trolejových stopách u dvojkolejně trati) při běžném provozu nejsou výrazné (max  $\pm$  1,4 %). Změny hodnot fázových úhlů výstupních impedancí napájecích stanic při běžném provozu jsou výraznější než změny modulů. Vlivem proměnných teplot se fázové úhly impedancí napájecích stanic mění nejvýše v rozmezí - 1,2 až + 2,57 % vzhledem k fázovým úhlům referenční impedance. Vlivem místa průtoku zpětného proudu se fázové úhly impedancí napájecích stanic mění nejvýše v rozmezí - 1,11 % až + 6,33 % oproti fázovým úhlům referenční měrné impedance.

Vliv směrů proudů v trolejových stopách dvoukolejné tratě na fázový úhel je ale mnohem výraznější. V tomto případě se fázový úhel impedance napájecí stanice mění oproti referenční měrné impedanci trakčního vedení v rozmezí  $-8,33$  až  $+7,96$  %. Nicméně vlivy zmiňovaných parametrů trakčního obvodu, kromě směru proudů ve stopách trolejového vedení u dvoukolejných tratí, lze při běžném provozu s určitou malou zanesenou chybou ve výpočtech zanedbat.

### **3.3 Vyšetření vlivu zvolených změn parametrů trakčního obvodu na přesnost výpočtů při zkratech – 3. etapa**

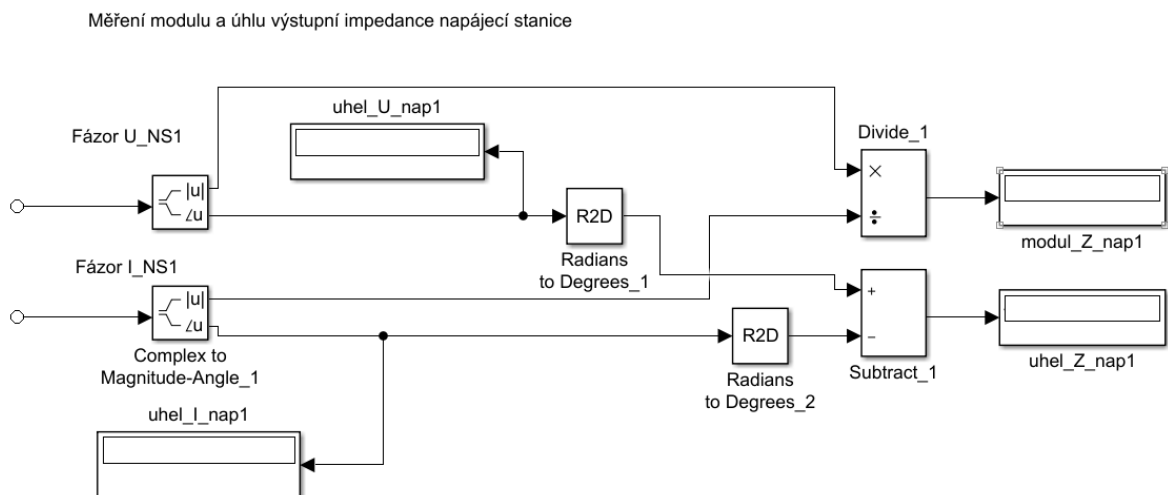
V úvodních kapitolách bylo již zmíněno, že při napájení trakčního vedení z měničových napájecích stanic je nutné použít pro chránění trakčního vedení zejména distanční ochrany a nelze používat mžikové nadproudové ochrany. Distanční ochrana pro svou správnou funkci potřebuje modul a fázový úhel impedance v místě trakčního vedení, ve kterém je umístěna. K tomu slouží její měřicí obvody, které měří modul a fázový úhel fázoru napětí a proudu a z těchto změřených hodnot si distanční ochrana dopočítává v reálném čase potřebný modul a fázový úhel fázoru impedance. Při běžném provozu se nachází koncový bod fázoru impedance v komplexní impedanční rovině v ploše zátěže. Při zkratu ale dochází ke změně polohy koncového bodu fázoru měřené impedance do oblastí poruchy, jenž je odstupňovaná a nastavená ve vnitřní logice digitální distanční ochrany, a tedy k detekci zkratu.

Třetí etapa se zaměřuje na zkraty v trakčním obvodu a vyhodnocování změn modulů a úhlů výstupních impedancí měničových napájecích stanic při dříve uvedených změnách parametrů trakčního obvodu (změna teploty, vliv místa průtoku zpětného proudu a vliv souhlasných či nesouhlasných směrů proudů v sousedních trakčních stopách dvoukolejné trati).

Při simulacích jsou již uvažovány především měničové napájecí stanice. Ale jsou uvažovány i kombinace měničových a transformátorových napájecích stanic, neboť se jedná o případ, který nastane prakticky vždy při instalacích nových měničových napájecích stanic. Protože na okrajích úseků napájených z měničových napájecích stanic bude zatím vždy umístěna konvenční napájecí stanice 25 kV 50 Hz.

Měničové napájecí stanice při detekci zkratu mění svůj způsob napájení trakčního vedení a přecházejí z provozního módu na mód zkratový. Ve zkratovém módu se měničové napájecí stanice chovají jako zdroje proudu o amplitudě  $I_{AM} = 700$  A. Měničová napájecí stanice je proto při zkratu představována proudovým zdrojem s amplitudou  $I_{AM} = 700$  A 50 Hz a paralelním rezistorem o odporu 1 M $\Omega$ . Malý parazitní svod proudového zdroje vystihuje skutečnost, že měničová napájecí stanice je tvrdým zdrojem proudu.

Jelikož v této části práce jsou potřebné zkoumané veličiny ve fázorovém tvaru, je opět řešitel simulace v bloku *Powergui* nastaven na diskretní fázorový řešitel (*Discrete phasor solver*). Vzorkovací perioda zůstává při simulacích stejná:  $T_S = 10^{-6}$  s. Zároveň využití řešení přímo ve fázorové rovině přináší zrychlení řešení oproti variantě, kdy je celý simulační obvod řešen v časové oblasti a následně jsou potřebné veličiny převáděny na fázory.



Obr. 9 Sekce simulačního modelu určená pro výpočet modulu a úhlu výstupní impedance napájecí stanice

Obr. 9 obsahuje část simulačního modelu, která je určená pro výpočet modulu a fázového úhlu výstupní impedance napájecí stanice.

Z měřících bloků proudu (*Current measurement*) a napětí (*Voltage measurement*) vychází signály *Fázor U\_NS1* a *Fázor I\_NS1*. Pro rozdělení zmiňovaných signálů na složky v podobě modulů a fázových úhlů změřených fázorů jsou použity bloky *Complex to Magnitude-Angle*. Získání výsledného modulu fázoru impedance je poté již vyřešeno pouhým podělením modulu fázoru napětí modulem fázoru proudu a získání fázového úhlu fázoru impedance je dosaženo odečtením fázového úhlu fázoru proudu od úhlu fázoru napětí.



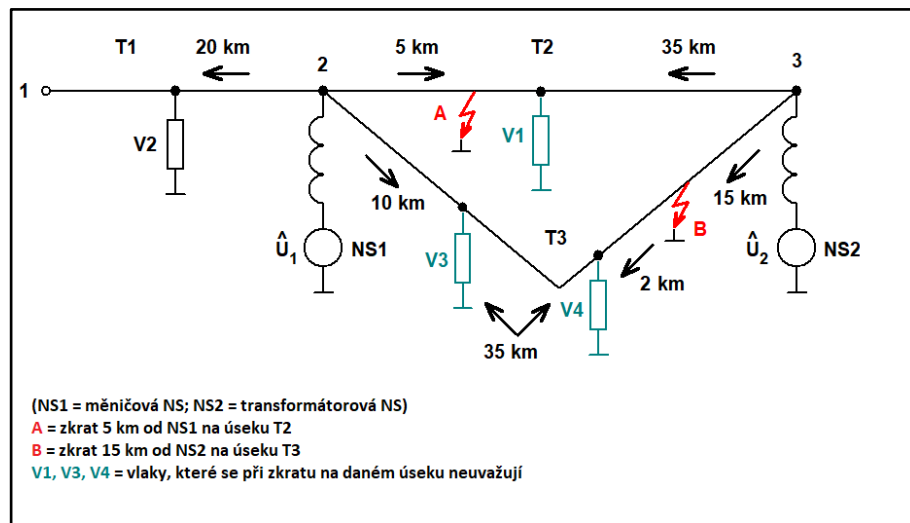
Ve 3. etapě se simulační modely zabývají pouze 3. a 5. topologií trakčního obvodu.

V simulacích jsou uvažována dvě různá místa zkratu (zkrat A => 5 km od NS1 a zkrat B => 15 km od NS2) v trakčním obvodu a dvě různé hodnoty impedance zkratu, které se uvažují čistě odporové:  $1 \Omega$  a  $12 \Omega$ . Tyto dvě hodnoty v simulacích zajišťují výskyt vlivů vysokohmového i nízkohmového zkratu na trakční obvod. Pro každý zmiňovaný scénář se provádějí také simulace pro zjištění závislosti měřených veličin na teplotách, místech průchodu zpětného proudu a směrech proudů tekoucích v trolejových stopách dvoukolejné trati.

Simulace jsou dále zaměřeny na dvě možné úvahy týkající se zanedbaní vozidel v trakčním obvodu při výskytu zkratu. Jedním scénářem je zanedbaní všech vozidel v trakčním obvodu a druhým scénářem je zanedbaní pouze vozidel, jenž se vyskytují na úseku, v němž nastal zkrat.

### 3.3.1 Ukázky uvažovaných topologií trakčního obvodu

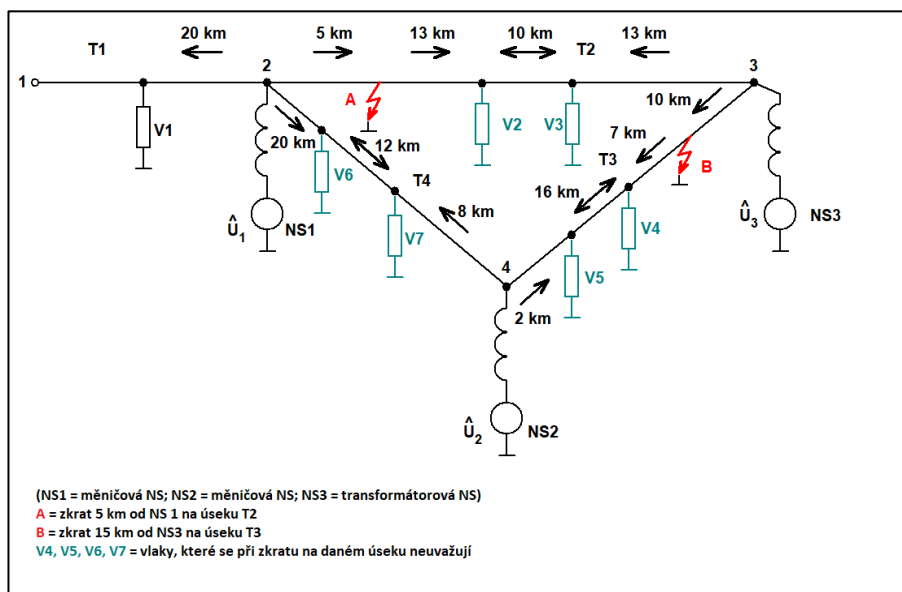
#### 1) Topologie trakčního obvodu 3



Obr. 10 Topologie trakčního obvodu 3 se zakreslenými místy A a B, v nichž jsou uvažovány zkraty

Topologie trakčního obvodu č.3 zůstává neměnná od jejího popisu na začátku práce. Je zde ale vhodné zdůraznit, která vozidla jsou při zkratu v místě A a B vynechána při úvaze vynechávání vozidel pouze v úsecích se zkratem. Při úvaze zkratu v místě A je vynecháno vozidlo V1 a při zkratu v místě B jsou vynechána pouze vozidla V3 a V4.

## 2) Topologie trakčního obvodu 5



Obr. 11 Topologie trakčního obvodu 5 se zakreslenými místy A a B, v nichž jsou uvažovány zkraty

I zde je pro zajištění přehlednosti vhodné uvést, která vozidla se vynechávají při úvaze vynechávání vozidel pouze na úseku se zkratem. Při úvaze zkratu v místě A se vynechávají vozidla V2 a V3 a při výskytu zkratu v místě B se vynechávají vozidla V4 až V7.

V předkládané práci jsou obsaženy tabulky s výsledky a popisy těchto výsledků pouze pro variantu, kdy jsou vynechána všechna vozidla (viz tabulka 5 a přílohy H až L). Tabulky s výsledky a jejich podrobný popis zabývající se variantou simulace, kdy jsou vynechány pouze vozidla na úsecích, na kterých nastal zkrat, jsou uvedeny v autorově Ročníkovém projektu [6].

V přílohách I až J jsou uvedeny tabulky s hodnotami modulů a fázových úhlů impedancí napájecích stanic pro 5. topologii trakčního obvodu při zanedbání všech vozidel. V příloze K až L jsou uvedena procentuální porovnání modulů a fázových úhlů impedancí napájecích stanic pro 5. topologii trakčního obvodu při zanedbání všech vozidel. Referenční hodnotou pro porovnávání jsou opět hodnoty modulu a fázového úhlu impedance při teplotě 20 °C, úvaze průtoku zpětného proudu z 90 % zemí a úvaze jednokolejné trati.

Tabulka 5 obsahuje procentuální porovnání modulů a fázových úhlů fázorů výstupních impedancí napájecích stanic pro 3. topologii trakčního obvodu (při zkratu a zanedbání všech vozidel) vzhledem k referenčnímu fázoru výstupní impedance napájecí stanice. Výchozí hodnoty pro tabulku 5 jsou uvedeny v příloze H.

Tabulka 5

Procentuální porovnání hodnot  $|Z|$  a  $\varphi$  impedancí NS při zkratu, pro 3. topologii trakčního obvodu v závislosti na proměnných parametrech trakčního vedení, při všech zanedbaných vozidlech, vůči referenční impedanci trakčního vedení

Vliv teploty na impedanci				Vliv teploty na impedanci				Vliv teploty na impedanci				Vliv teploty na impedanci			
zkrat v místě A na úseku T2				zkrat v místě A na úseku T2				zkrat v místě B na úseku T3				zkrat v místě B na úseku T3			
$Z_{zkr} = 1 \Omega$				$Z_{zkr} = 12 \Omega$				$Z_{zkr} = 1 \Omega$				$Z_{zkr} = 12 \Omega$			
3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)				3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)				3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)				3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)			
3.1) teplota -20°C				3.1) teplota -20°C				3.1) teplota -20°C				3.1) teplota -20°C			
$ Z_{NS1} $ [Ω]	93,75%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	97,52%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	98,69%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	96,72%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	96,15%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	96,88%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	95,84%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	95,79%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	106,90%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	104,97%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	107,69%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	104,00%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	107,43%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	104,13%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	101,84%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	102,00%
3.3) teplota 40°C				3.3) teplota 40°C				3.3) teplota 40°C				3.3) teplota 40°C			
$ Z_{NS1} $ [Ω]	102,08%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	100,99%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	100,44%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	101,37%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	101,40%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	101,79%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	101,56%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	101,53%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	97,60%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	98,08%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	97,00%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	98,47%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	97,18%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	98,41%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	99,36%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	99,14%
Vliv cesty zpětného proudu na impedanci				Vliv cesty zpětného proudu na impedanci				Vliv cesty zpětného proudu na impedanci				Vliv cesty zpětného proudu na impedanci			
zkrat v místě A na úseku T2				zkrat v místě A na úseku T2				zkrat v místě B na úseku T3				zkrat v místě B na úseku T3			
$Z_{zkr} = 1 \Omega$				$Z_{zkr} = 12 \Omega$				$Z_{zkr} = 1 \Omega$				$Z_{zkr} = 12 \Omega$			
3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)				3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)				3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)				3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)			
3.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ				3.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ				3.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ				3.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ			
$ Z_{NS1} $ [Ω]	104,79%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	116,34%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	95,20%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	110,93%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	112,94%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	116,07%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	104,42%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	107,66%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	133,65%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	101,12%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	85,35%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	105,55%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	108,99%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	102,77%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	141,14%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	109,28%
3.3) zpětný I pouze ZEMÍ				3.3) zpětný I pouze ZEMÍ				3.3) zpětný I pouze ZEMÍ				3.3) zpětný I pouze ZEMÍ			
$ Z_{NS1} $ [Ω]	95,83%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	97,18%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	99,56%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	97,27%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	96,85%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	97,32%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	97,40%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	96,93%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	99,75%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	102,51%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	105,37%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	101,49%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	102,94%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	101,89%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	96,63%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	100,10%
Vliv směrů proudů ve stopách TV na impedanci				Vliv směrů proudů ve stopách TV na impedanci				Vliv směrů proudů ve stopách TV na impedanci				Vliv směrů proudů ve stopách TV na impedanci			
zkrat v místě A na úseku T2				zkrat v místě A na úseku T2				zkrat v místě B na úseku T3				zkrat v místě B na úseku T3			
$Z_{zkr} = 1 \Omega$				$Z_{zkr} = 12 \Omega$				$Z_{zkr} = 1 \Omega$				$Z_{zkr} = 12 \Omega$			
3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)				3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)				3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)				3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)			
3.2) souhlasný směr proudů				3.2) souhlasný směr proudů				3.2) souhlasný směr proudů				3.2) souhlasný směr proudů			
$ Z_{NS1} $ [Ω]	110,42%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	118,32%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	94,32%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	112,02%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	113,99%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	118,75%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	104,16%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	107,66%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	141,65%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	102,75%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	84,72%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	107,77%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	112,65%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	104,45%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	149,64%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	111,64%
3.3) opačný směr proudů				3.3) opačný směr proudů				3.3) opačný směr proudů				3.3) opačný směr proudů			
$ Z_{NS1} $ [Ω]	91,67%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	81,68%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	106,99%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	88,80%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	85,66%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	82,14%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	97,40%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	92,72%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	45,50%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	96,18%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	112,86%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	90,40%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	83,37%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	94,45%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	45,31%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	87,02%

Ze získaných dat vyplývá (viz tabulka 5 a přílohy H až L), že hodnoty fázových úhlů impedancí jsou výrazně vyšší u transformátorových napájecích stanic než u měničových (NS1 je u 3. topologie MNS). Napájecí stanice umístěné nejbližše zkratu dosahují logicky nižších hodnot modulů impedancí oproti ostatním napájecím stanicím. Během vysokoohmových zkratů dosahují hodnoty modulů impedancí vyšších hodnot a hodnoty úhlů impedancí nižších hodnot oproti nízkoohmovým zkratům.

Ovlivnění modulů a úhlů výstupních impedancí napájecích stanic způsobená proměnnými parametry trakčního vedení (teplota atd.) jsou při zkratech mnohem výraznější než u běžného provozu. Při běžném provozu se celková impedance, měřená distanční ochranou, skládá z vnitřní impedance napájecí stanice, impedance trakčního obvodu a z impedance vozidla. Ale při zkratu je impedance vozidla nahrazena několikanásobně nižší impedancí zkratu (převážně odporového charakteru). Impedance trakčního vedení (proměnná vnějšími parametry) se při zkratu stává většinou složkou výsledné impedance měřené distanční ochranou, a to je příčinou zmíněného výraznějšího ovlivňování fázoru impedance při zkratu než při běžném provozu.

Následuje číselné posouzení vlivu proměnných parametrů trakčního obvodu na hodnoty modulů a fázových úhlů výstupních impedancí napájecích stanic při úvaze 3. topologie trakčního obvodu s výskytem zkratu (viz tabulka 5). Stejně vztahy a poznatky vychází i u zbylých scénářů, pouze se liší konkrétní číselné hodnoty (viz [6] a přílohy AA a BB).

Při změnách teploty dochází ke změnám hodnot modulů impedancí v rozmezí  $-6,25$  až  $+2,1$  % a změnám fázových úhlů v rozmezí  $-3$  až  $+7,69$  % oproti referenčním hodnotám. Proto lze uvažovat o jejich zanedbání v pozdějších výpočtech. Aplikováním úvah o místech průtoku zpětného proudu dochází ke změnám modulu impedance napájecí stanice v rozmezí  $-4,17$  až  $+16,34$  % a změnám fázového úhlu impedance v rozmezí  $-14,65$  až  $+33,65$  %. Největší vliv na odchylky hodnot modulů a úhlů impedancí napájecích stanic při porovnání s referenčními hodnotami má směr proudů v trolejových stopách dvoukolejné trati (viz tabulka 5). Zde dochází ke změnám hodnot modulů impedancí o  $-17,86$  až  $+18,75$  % a ke změnám úhlů impedance o  $-35,31$  až  $+49,64$  %.

Změny hodnot modulů a fázových úhlů výstupních impedancí napájecích stanic oproti referenční variantě, jenž jsou způsobené volbou cesty zpětného proudu a směry proudů v trolejových stopách dvoukolejné trati nelze ve výpočtech se zkraty zanedbat.

### **3.4 Posouzení možnosti zanedbání měrné kapacity trakčního vedení v simulacích – 4. etapa**

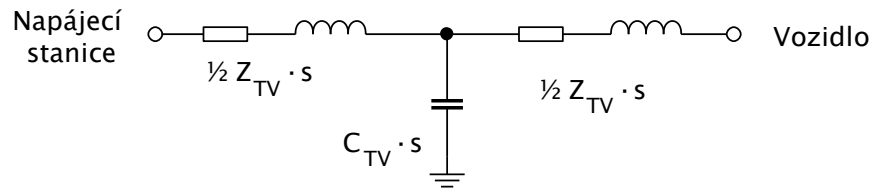
Hlavním cílem předkládané kapitoly je posouzení vhodnosti/nevhodnosti zanedbání měrné kapacity trakčního vedení v simulačním modelu při zkratech a běžném provozu a také zvolení vhodné implementace měrné kapacity trakčního vedení do simulačního modelu.

Simulace jsou provedeny pouze pro 1., 3. a 5. topologii trakčního obvodu při jmenovitých podmínkách: teplota  $20$  °C, průtok zpětného proudu z  $90$  % zemí a úvaha pouze jednostopého vedení. Hodnota vztažné reference tedy zůstává neměnná oproti hodnotám uvedených v minulých etapách.

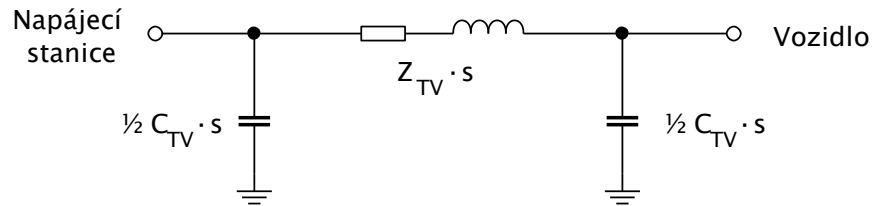
Pro porovnání jsou zde využity dvě varianty implementace měrné kapacity do simulačního modelu (viz obr. 12)

- **T článek** = úvaha implementace kapacity trakčního obvodu doprostřed úseku mezi vozidlem a NS anebo jiným vozidlem,
- **II článek** = úvaha implementace kapacity trakčního obvodu do modelu v podobě dvou kapacit (o polovičních hodnotách oproti T článku), které jsou umístěny přímo u vozidla a NS anebo dvou vozidel.

## 1) T článek



## 2) Π článek



Obr. 12 Ukázka implementací kapacity trakčního obvodu

Veličina pojmenovaná  $s$  (na obr. 12) představuje délku trakčního úseku mezi napájecí stanicí a vozidlem. V simulacích je použita hodnota měrné kapacity trakčního vedení:  $c_{TV} = 20 \text{ nF/km}$ .

Tabulka 6 obsahuje změřené hodnoty  $U$ ,  $I$ ,  $P$ ,  $Q$  a  $\cos\varphi$  napájecích stanic a vozidel pro 3. topologii trakčního obvodu v závislosti na implementaci kapacity trakčního vedení. Tabulka 6 dále obsahuje i procentuální porovnání variant implementace kapacity v podobě  $\Pi$  a  $T$  článků oproti referenční variantě (zanedbaná kapacita trakčního vedení). Obdobné tabulky pro 1. a 5. topologii trakčního obvodu jsou uvedeny v přílohách M a N.

Při posouzení hodnot z tabulky 6 a příloh M a N vyplývá, že jsou obě implementace kapacity trakčního vedení ( $\Pi$  a  $T$  článek) vzájemně zaměnitelné. Zkoumané veličiny  $U$ ,  $I$ ,  $P$ ,  $Q$  vozidel 1., 3. i 5. topologie trakčního obvodu se vlivem úvahy kapacity trakčního vedení oproti variantě se zanedbanou kapacitou trakčního vedení mění pouze v rozmezí  $-1,5$  až  $+1,1$  %.

Hodnoty  $I$ ,  $U$ ,  $P$  napájecích stanic se u 1. a 3. topologie trakčního obvodu mění pouze mírně v rozsahu  $\pm 1$  % při úvaze kapacity trakčního vedení oproti variantě se zanedbanou kapacitou. Nicméně u 5. topologie trakčního obvodu se  $I$  a  $P$  odlišují o až 3,5 %.

Pro simulační účely se z hlediska nižšího počtu uzlů, ve kterých simulační program řeší napěťové rovnice, jeví použití  $T$  článku jako vhodnější varianta oproti použití  $\Pi$  článku.

Hodnoty jalových výkonů  $Q$  napájecích stanic se vlivem uvažování kapacity trakčního vedení mění oproti ostatním veličinám mnohem výrazněji. Například u 1. a 3. topologie trakčního obvodu se mění  $Q$  NS v rozmezí  $-19,9$  až  $-13,3$  %.

Tabulka 6

Simulace 3. topologie trakčního obvodu – simulací získané hodnoty  $I$ ,  $U$ ,  $P$ ,  $Q$  a  $\cos\varphi$  napájecích stanic i vozidel a jejich procentuální porovnání v závislosti na implementaci kapacity trakčního vedení

Vliv kapacity vedení na výsledky simulace											
3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)											
Referenční měrná impedance vedení: 20 °C, jednokolejná trať ( $z_{TV} = 0,26 + j0,6 \Omega/\text{km}$ )											
3.1) Bez měrné kapacity vedení											
U_NS1 [V]	26974	U_NS2 [V]	27038	U_vl1 [V]	26557	U_vl2 [V]	25542	U_vl3 [V]	25297	U_vl4 [V]	25936
I_NS1 [A]	259,9	I_NS2 [A]	240,9	I_vl1 [A]	128,8	I_vl2 [A]	123,8	I_vl3 [A]	122,6	I_vl4 [A]	125,7
P_NS1 [W]	6850320	P_NS2 [W]	6382971	P_vl1 [W]	3385145	P_vl2 [W]	3131352	P_vl3 [W]	3071429	P_vl4 [W]	3228573
Q_NS1 [Var]	1492688	Q_NS2 [Var]	1295570	Q_vl1 [Var]	482386	Q_vl2 [Var]	446220	Q_vl3 [Var]	437681	Q_vl4 [Var]	460074
cosfi_NS1 [-]	0,98	cosfi_NS2 [-]	0,98	cosfi_vl1 [-]	0,99	cosfi_vl2 [-]	0,99	cosfi_vl3 [-]	0,99	cosfi_vl4 [-]	0,99
3.2) Měrná kapacita vedení: Pí článek											
U_NS1 [V]	27044	U_NS2 [V]	27110	U_vl1 [V]	26647	U_vl2 [V]	25664	U_vl3 [V]	25432	U_vl4 [V]	26054
I_NS1 [A]	259,6	I_NS2 [A]	240,6	I_vl1 [A]	129,2	I_vl2 [A]	124,4	I_vl3 [A]	123,3	I_vl4 [A]	126,3
P_NS1 [W]	6909739	P_NS2 [W]	6439559	P_vl1 [W]	3407946	P_vl2 [W]	3161108	P_vl3 [W]	3104349	P_vl4 [W]	3258004
Q_NS1 [Var]	1238469	Q_NS2 [Var]	1037708	Q_vl1 [Var]	485635	Q_vl2 [Var]	450460	Q_vl3 [Var]	442372	Q_vl4 [Var]	464268
cosfi_NS1 [-]	0,98	cosfi_NS2 [-]	0,99	cosfi_vl1 [-]	0,99	cosfi_vl2 [-]	0,99	cosfi_vl3 [-]	0,99	cosfi_vl4 [-]	0,99
3.3) Měrná kapacita vedení: T článek											
U_NS1 [V]	27045	U_NS2 [V]	27110	U_vl1 [V]	26647	U_vl2 [V]	25665	U_vl3 [V]	25433	U_vl4 [V]	26054
I_NS1 [A]	259,6	I_NS2 [A]	240,6	I_vl1 [A]	129,2	I_vl2 [A]	124,4	I_vl3 [A]	123,3	I_vl4 [A]	126,3
P_NS1 [W]	6909817	P_NS2 [W]	6440100	P_vl1 [W]	3408034	P_vl2 [W]	3161393	P_vl3 [W]	3104662	P_vl4 [W]	3258090
Q_NS1 [Var]	1238006	Q_NS2 [Var]	1037751	Q_vl1 [Var]	485648	Q_vl2 [Var]	450501	Q_vl3 [Var]	442417	Q_vl4 [Var]	464280
cosfi_NS1 [-]	0,98	cosfi_NS2 [-]	0,99	cosfi_vl1 [-]	0,99	cosfi_vl2 [-]	0,99	cosfi_vl3 [-]	0,99	cosfi_vl4 [-]	0,99
Procentuální porovnání: Vliv kapacity vedení na výsledky simulace											
3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)											
Referenční měrná impedance vedení: 20 °C, jednokolejná trať ( $z_{TV} = 0,26 + j0,6 \Omega/\text{km}$ )											
3.2) Měrná kapacita vedení: Pí článek											
U_NS1 [V]	100,3%	U_NS2 [V]	100,3%	U_vl1 [V]	100,3%	U_vl2 [V]	100,5%	U_vl3 [V]	100,5%	U_vl4 [V]	100,5%
I_NS1 [A]	99,9%	I_NS2 [A]	99,9%	I_vl1 [A]	100,3%	I_vl2 [A]	100,5%	I_vl3 [A]	100,6%	I_vl4 [A]	100,5%
P_NS1 [W]	100,9%	P_NS2 [W]	100,9%	P_vl1 [W]	100,7%	P_vl2 [W]	101,0%	P_vl3 [W]	101,1%	P_vl4 [W]	100,9%
Q_NS1 [Var]	83,0%	Q_NS2 [Var]	80,1%	Q_vl1 [Var]	100,7%	Q_vl2 [Var]	101,0%	Q_vl3 [Var]	101,1%	Q_vl4 [Var]	100,9%
cosfi_NS1 [-]	100,0%	cosfi_NS2 [-]	101,0%	cosfi_vl1 [-]	100,0%	cosfi_vl2 [-]	100,0%	cosfi_vl3 [-]	100,0%	cosfi_vl4 [-]	100,0%
3.3) Měrná kapacita vedení: T článek											
U_NS1 [V]	100,3%	U_NS2 [V]	100,3%	U_vl1 [V]	100,3%	U_vl2 [V]	100,5%	U_vl3 [V]	100,5%	U_vl4 [V]	100,5%
I_NS1 [A]	99,9%	I_NS2 [A]	99,9%	I_vl1 [A]	100,3%	I_vl2 [A]	100,5%	I_vl3 [A]	100,6%	I_vl4 [A]	100,5%
P_NS1 [W]	100,9%	P_NS2 [W]	100,9%	P_vl1 [W]	100,7%	P_vl2 [W]	101,0%	P_vl3 [W]	101,1%	P_vl4 [W]	100,9%
Q_NS1 [Var]	82,9%	Q_NS2 [Var]	80,1%	Q_vl1 [Var]	100,7%	Q_vl2 [Var]	101,0%	Q_vl3 [Var]	101,1%	Q_vl4 [Var]	100,9%
cosfi_NS1 [-]	100,0%	cosfi_NS2 [-]	101,0%	cosfi_vl1 [-]	100,0%	cosfi_vl2 [-]	100,0%	cosfi_vl3 [-]	100,0%	cosfi_vl4 [-]	100,0%

Nyní je vhodné ověřit vliv uvažování kapacity trakčního vedení v simulačním modelu na velikost modulů a fázových úhlů fázorů výstupních impedancí napájecích stanic při běžném provozu a při zkratu.

V tabulce 7 jsou uvedeny hodnoty modulů a fázových úhlů fázorů impedancí napájecích stanic při běžném provozu pro 1., 3., a 5. topologii trakčního obvodu při uvažování a neuvažování kapacity trakčního vedení. Dále v tabulce 7 jsou zahrnuty i procentuální porovnání zmíněných hodnot při úvaze kapacity trakčního vedení oproti referenční variantě s neuvažovanou kapacitou.

Tabulka 7

Hodnoty  $|Z|$  a  $\varphi$  impedancí NS a jejich procentuální porovnání při běžném provozu (1., 3. a 5. topologie) v závislosti na implementaci kapacity trakčního vedení do simulačního modelu

Vliv kapacity vedení na výsledky simulace: Provozní stav					
Referenční měrná impedance vedení: 20 °C, jednokolejná trať ( $z_{TV} = 0,26 + j0,6 \Omega/\text{km}$ )					
1) 1x NS a 2x vlak (2x trať)		3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)			
1.1) Bez měrné kapacity vedení		3.1) Bez měrné kapacity vedení			
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	107,2	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	104,3	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	112,7
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	10,51	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	11,74	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	11,05
1.2) Měrná kapacita vedení: Pí člunek		3.2) Měrná kapacita vedení: Pí člunek			
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	107,6	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	104,6	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	113,1
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	8,69	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	9,16	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	8,25
1.3) Měrná kapacita vedení: T člunek		3.3) Měrná kapacita vedení: T člunek			
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	107,6	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	104,6	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	113
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	8,68	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	9,16	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	8,25
5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)					
5.1) Bez měrné kapacity vedení					
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	82,5	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	90,8	$ Z_{NS3} $ [ $\Omega$ ]	100,6
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	10	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	9,01	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	8,55
5.2) Měrná kapacita vedení: Pí člunek					
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	82,8	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	91	$ Z_{NS3} $ [ $\Omega$ ]	100,8
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	8,18	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	7,47	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	6,84
5.3) Měrná kapacita vedení: T člunek					
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	82,8	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	91	$ Z_{NS3} $ [ $\Omega$ ]	100,8
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	8,17	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	7,47	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	6,84
Procentuální porovnání					
Vliv kapacity vedení na výsledky simulace: Provozní stav					
Referenční měrná impedance vedení: 20 °C, jednokolejná trať ( $z_{TV} = 0,26 + j0,6 \Omega/\text{km}$ )					
1) 1x NS a 2x vlak (2x trať)		3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)			
1.2) Měrná kapacita vedení: Pí člunek		3.2) Měrná kapacita vedení: Pí člunek			
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,4%	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,3%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	100,4%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	82,7%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	78,0%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	74,7%
1.3) Měrná kapacita vedení: T člunek		3.3) Měrná kapacita vedení: T člunek			
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,4%	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,3%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	100,3%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	82,6%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	78,0%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	74,7%
5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)					
5.2) Měrná kapacita vedení: Pí člunek					
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,4%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	100,2%	$ Z_{NS3} $ [ $\Omega$ ]	100,2%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	81,8%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	82,9%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	80,0%
5.3) Měrná kapacita vedení: T člunek					
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,4%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	100,2%	$ Z_{NS3} $ [ $\Omega$ ]	100,2%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	81,7%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	82,9%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	80,0%

Z tabulky 7 je zřejmé, že vlivem uvažování kapacity trakčního vedení v simulačním modelu při běžném provozu se moduly fázorů výstupních impedancí napájecích stanic neliší. Fázové úhly fázorů výstupních impedancí napájecích stanic se ale s uvažováním kapacity trakčního vedení mění výrazně. Dochází k jejich snížení o - 25,3 až - 17,4 %.

Z těchto výsledků vyplývá nutnost implementace kapacity trakčního vedení do simulačních modelů trakčního obvodu 25 kV 50 Hz při běžném provozu. Neboť je potřeba docílit fyzikální přesnosti zkoumané situace.

Tabulka 8

Hodnoty  $|Z|$  a  $\varphi$  impedancí NS a jejich procentuální porovnání při zkratu (1., 3. a 5. topologie) v závislosti na implementaci kapacity trakčního vedení do simulačního modelu

Vliv kapacity vedení na výsledky simulace: Zkrat 1 $\Omega$ , 5 km od NS1					
Referenční měrná impedance vedení: 20 °C, jednokolejná trať ( $z_{TV} = 0,26 + j0,6 \Omega/\text{km}$ )					
1) 1x NS a 2x vlak (2x trať)		3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)			
1.1) Bez měrné kapacity vedení		3.1) Bez měrné kapacity vedení			
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	4,2	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	5,4	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	19,8
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	56,63	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	47,67	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	61,04
1.2) Měrná kapacita vedení: Pí člunek		3.2) Měrná kapacita vedení: Pí člunek			
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	4,2	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	5,5	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	19,9
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	56,6	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	47,5	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	60,83
1.3) Měrná kapacita vedení: T člunek		3.3) Měrná kapacita vedení: T člunek			
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	4,2	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	5,5	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	19,9
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	56,6	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	47,5	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	60,86
5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)					
5.1) Bez měrné kapacity vedení					
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	7,6	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	30	$ Z_{NS3} $ [ $\Omega$ ]	28,4
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	43,1	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	53,63	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	57,15
5.2) Měrná kapacita vedení: Pí člunek					
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	7,7	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	30,2	$ Z_{NS3} $ [ $\Omega$ ]	28,6
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	42,88	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	53,38	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	59,91
5.3) Měrná kapacita vedení: T člunek					
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	7,7	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	30,2	$ Z_{NS3} $ [ $\Omega$ ]	28,6
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	42,88	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	53,4	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	56,93
Procentuální porovnání					
Vliv kapacity vedení na výsledky simulace: Zkrat 1 $\Omega$ , 5 km od NS1					
Referenční měrná impedance vedení: 20 °C, jednokolejná trať ( $z_{TV} = 0,26 + j0,6 \Omega/\text{km}$ )					
1) 1x NS a 2x vlak (2x trať)		3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)			
1.2) Měrná kapacita vedení: Pí člunek		3.2) Měrná kapacita vedení: Pí člunek			
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,0%	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	101,9%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	100,5%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	99,9%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	99,6%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	99,7%
1.3) Měrná kapacita vedení: T člunek		3.3) Měrná kapacita vedení: T člunek			
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	100,0%	$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	101,9%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	100,5%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	99,9%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	99,6%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	99,7%
5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)					
5.2) Měrná kapacita vedení: Pí člunek					
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	101,3%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	100,7%	$ Z_{NS3} $ [ $\Omega$ ]	100,7%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	99,5%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	99,5%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	104,8%
5.3) Měrná kapacita vedení: T člunek					
$ Z_{NS1} $ [ $\Omega$ ]	101,3%	$ Z_{NS2} $ [ $\Omega$ ]	100,7%	$ Z_{NS3} $ [ $\Omega$ ]	100,7%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	99,5%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	99,6%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	99,6%

Při ověřování vlivu kapacity trakčního vedení na fázory výstupních impedancí napájecích stanic během zkratů, jsou v simulacích aplikovány pouze měničové napájecí stanice. Dále jsou v simulacích zanedbána všechna vozidla a je uvažován pouze zkrat o impedanci 1  $\Omega$  v místě A (5 km od NS1).

Z dat v tabulce 8 lze vyvodit, že při zkratech se vlivem uvažování kapacity trakčního vedení moduly výstupních impedancí napájecích stanic téměř neliší (nejvíce o + 1,9 %) a fázové úhly se také prakticky nemění (na rozdíl od dříve uvedeného běžného provozu). Z výsledků je tedy zřejmé, že při simulacích zkratových poměrů v trakčním obvodu, není nutné uvažovat v simulačním modelu kapacitu trakčního vedení.

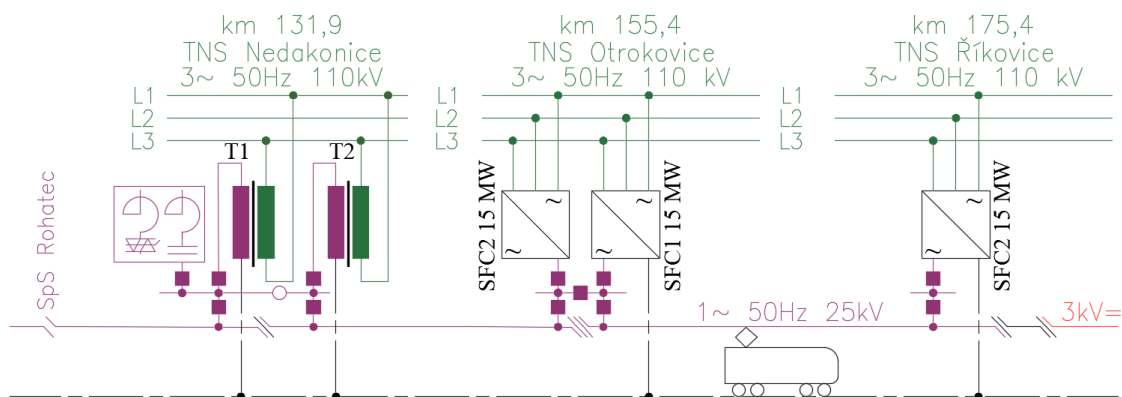


## 4 SIMULAČNÍ VYŠETŘENÍ ZKRATOVÝCH POMĚRŮ V TRAKČNÍM OBVODU

Předkládaná kapitola si bere za cíl vytvořit simulační model trakčního obvodu, který lze použít pro analýzu zkratových poměrů v trakčním obvodu 25 kV 50 Hz. Přičemž je uvažováno napájení jak konvenčními transformátorovými napájecími stanicemi, tak jejich měničovými variantami.

Od této části předkládané práce se již vyhodnocují pouze reálné části, imaginární části, moduly a fázové úhly fázorů měřených impedancí a nejsou sledovány jiné elektrické veličiny. Proto je v simulačních modelech uváděné kapitoly, a i poslední kapitoly využito výhradně fázorového řešení simulace (viz kapitola 3.2).

Pro účely simulací je zvolen již dříve zmiňovaný úsek Nedakonice-Otrokovice-Říkovice (viz obr. 13), jenž má celkovou délku 43 km. V TNS Otrokovice jsou umístěné dva SFC, oba o výkonu 15 MW a v TNS Říkovice je instalován jeden SFC s výkonem 15 MW. Trakční výzbroj napájecí stanice v Nedakonicích sestává z dvou trakčních transformátorů (2x12,5 MVA) a FKZ. V trakční výzbroji TNS Nedakonice jsou dále provedeny úpravy pro umožnění spolupráce transformátorů s okolními SFC. [5]



Obr. 13 Schéma úseku Nedakonice-Říkovice (převzato z [5])

V práci jsou vyšetřovány reálné zkratové scénáře, které byly testovány během zkratových zkoušek na úseku Nedakonice–Otrokovice Elektrizací železnic Praha a.s.. Díky poskytnutým výsledkům zkratových zkoušek od Elektrizace železnic a.s. se předkládaná práce dále zaměřuje na porovnání simulačně vypočtených výsledků s reálně změřenými výsledky z praxe.

Elektrizace železnic Praha a.s. během různých scénářů zkratových zkoušek ověřovala funkčnost instalovaných distančních zón, a především si potvrdila správnost jejich nastavené časové a impedanční selektivity. Selektivitou nastavení distančních ochran neboli zónami distančních ochran se zabývá 5. kapitola.

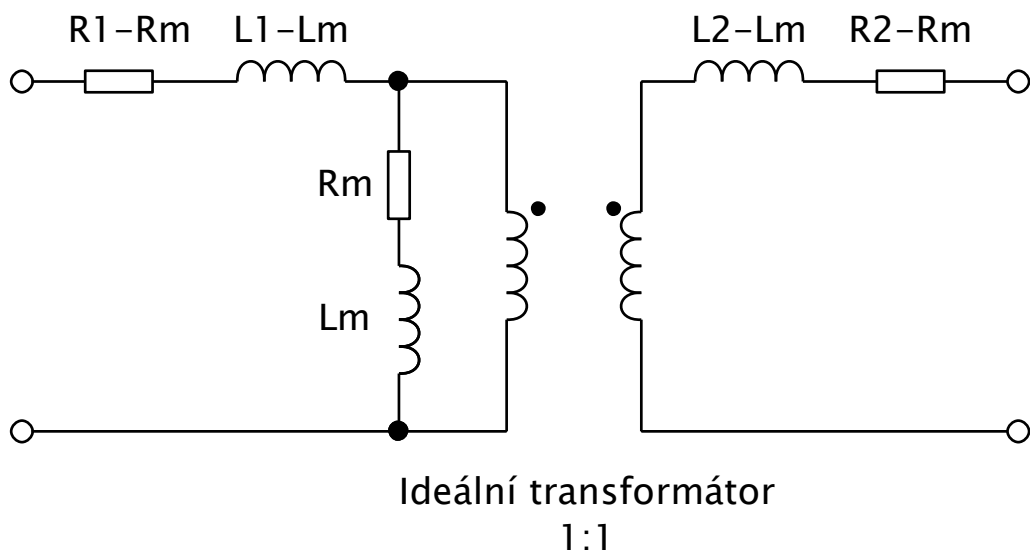
Traťové úseky mezi Otrokovicemi, Nedakonicemi a Říkovicemi jsou dvoukolejné. Proto je nutné simulační modely upravit na dvoustopý trakční obvod. S tím souvisí nutnost aplikování úvahy měrné vzájemné indukčnosti trakčních stop do dosud pouze používaných vlastních měrných indukčností trakčního vedení.

Při aplikaci vzájemné indukčnosti do simulačního modelu trakčního obvodu je možné zvolit jednu ze dvou možností implementace:

- Využití bloku *Mutual Inductance*,
  - z knihovny *Simscape Electrical* z podknihovny *Specialized Power Systems*,
- Použití řízeného/závislého zdroje střídavého napětí.

Blok *Mutual Inductance* lze použít pro třífázové i dvoufázové systémy. V bloku lze nastavit hodnotu vzájemné indukčnosti a také vzájemného odporu dvoufázového systému.

Vnitřní zapojení bloku *Mutual Inductance* je uvedeno na obr. 14. Skládá se z několika sériových RL článků a ideálního transformátoru s převodem 1:1 (viz obr. 14).



Obr. 14 Vnitřní zapojení bloku *Mutual Inductance* (překresleno z [9])

Význam jednotlivých veličin z obr. 14 je následující:

- $L_m = M =$  vzájemná indukčnost daného úseku souběžných trakčních stop [H],
- $R_m =$  vzájemný odpor daného úseku souběžných trakčních stop [ $\Omega$ ],
- $L_1 =$  vlastní indukčnost první stopy trakčního vedení [H],
- $L_2 =$  vlastní indukčnost druhé stopy trakčního vedení [H],
- $R_1 =$  celkový odpor první stopy trakčního vedení [ $\Omega$ ],
- $R_2 =$  celkový odpor druhé stopy trakčního vedení [ $\Omega$ ].

Druhou možností implementace vzájemné indukčnosti souběžných trakčních stop je vložení závislých napěťových zdrojů do obou trakčních stop v náhradním zapojení zkoumaného trakčního obvodu.

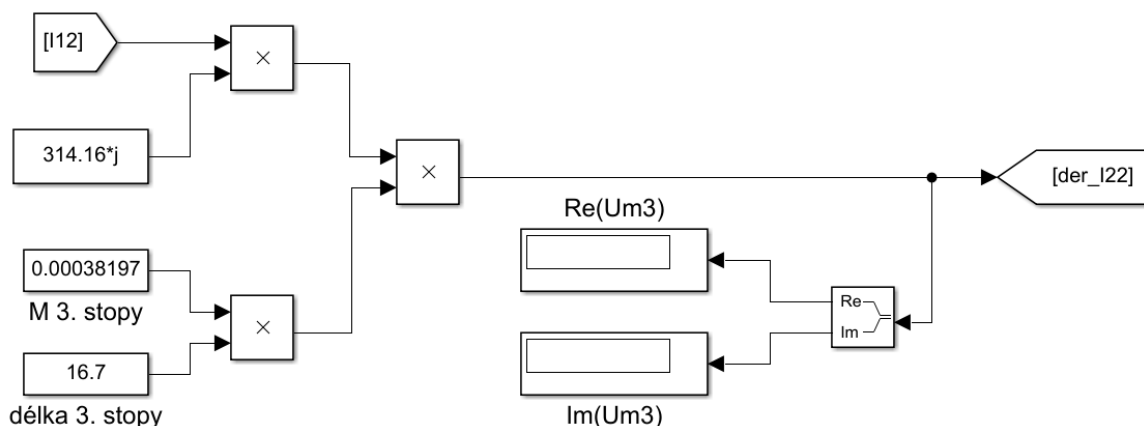
Potřebné hodnoty výstupních napětí vložených napěťových zdrojů jsou odvozeny ze základního elektrotechnického vzorce pro úbytek napětí na vzájemné indukčnosti (viz rovnice 2):

$$\widehat{U}_1 = \pm M \cdot j\omega \cdot \widehat{I}_2, \quad (2)$$

kde:

- $\widehat{U}_1 =$  fázor výstupního napětí závislého napěťového zdroje v 1. stopě trakčního vedení [V]
  - Představuje ovlivnění napěťových poměrů v 1. trakční stopě dvoukolejné tratě vlivem vzájemné indukčnosti souběžných stop a protékajícího proudu v 2. stopě (směr a efektivní hodnota/modul).
- $M =$  vzájemná indukčnost dvojice souběžných trakčních stop [H]
- $j =$  imaginární jednotka
- $\omega =$  úhlová frekvence proudu  $I_2$  [ $s^{-1}$ ]
- $\widehat{I}_2 =$  fázor proudu protékajícího druhou stopou trakčního vedení [A]

Z rovnice 2 je patrné, že pro vyjádření vlivu vzájemné indukčnosti souběžných stop trakčního vedení na napěťové poměry v druhé stopě se vkládá závislý zdroj napětí řízený derivací proudu v druhé stopě. Parametr vazby závislého zdroje je samotná vzájemná indukčnost souběžných stop  $M$ . Časová derivace proudu je z důvodu řešení v komplexní rovině nahrazena násobením fázoru proudu 2. stopy členem  $j\omega$ .



Obr. 15 Schématické znázornění rovnice 2 v simulačním modelu trakčního obvodu

Na obr. 15 je uvedeno grafické zapojení bloků v *Simulinku*, které řeší výpočet fázoru výstupního napětí závislého zdroje napětí podle rovnice 2. Výstupní signál *der\_I22* vstupuje do bloku *Controlled Voltage Source*, jenž představuje zmiňovaný řízený zdroj napětí v simulačním modelu.

Pro účely předkládané kapitoly a následující 5. kapitoly, zabývající se simulačním nastavením distančních ochran, je zvolena metoda implementace vzájemné indukčnosti souběžných stop pomocí závislých zdrojů napětí, a nikoliv bloku *Mutual Inductance*.

Důvodem je větší přehlednost simulačního modelu, neboť jsou na první pohled více patrné fyzikální funkce jednotlivých prvků, a především je zde snadnější implementace bloků měření zkoumaných veličin do simulačního modelu. Zároveň je vhodnější sestavit model z elementárních bloků než z nabízených subsystémů knihoven *Simulinku*, neboť to umožňuje snadnější a někdy i jedinou možnost obvodové implementace případných dalších zpřesňujících úvah do simulačního modelu.

Simulační modely trakčních obvodů se od dříve popisovaných zapojení odlišují pouze přidáním řízených zdrojů napětí k sériovým RL článkům, jenž představují dané úseky stop trakčního vedení a dále subsystémem vykonávajícím dříve uvedený výpočet výstupního napětí těchto zdrojů (viz obr. 15). Z toho důvodu zde není opětovně uvedena ukázka celkového simulačního modelu, neboť je snadno představitelná z uváděných popisů a obr. 8 a 15.

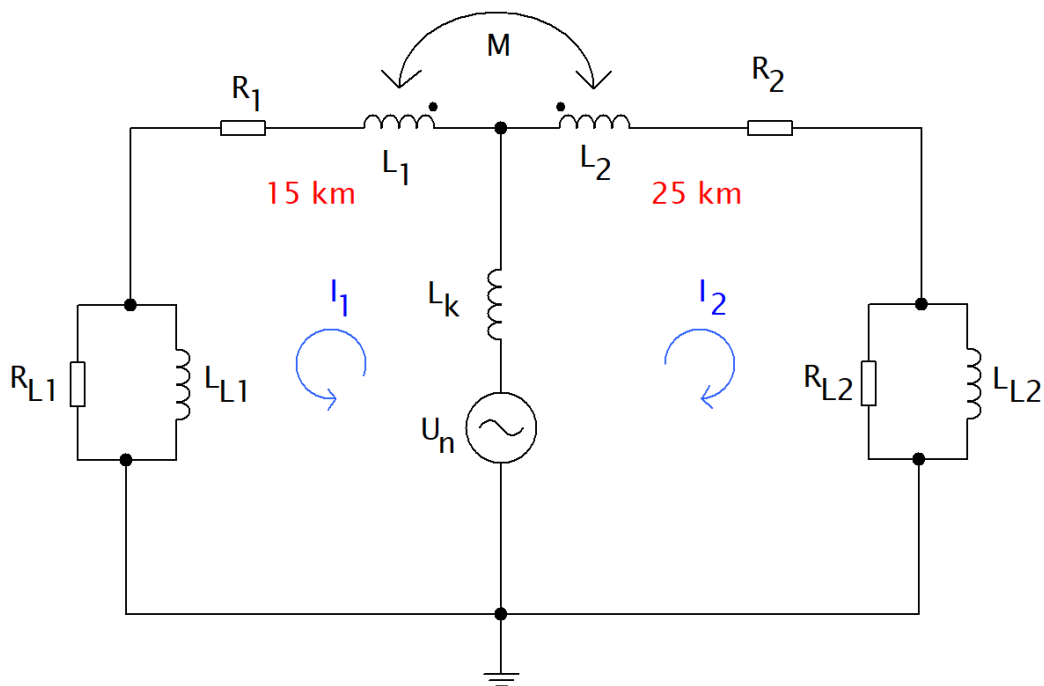
## 4.1 Ověření správnosti simulačního modelu

Před simulacemi, zabývajícími se reálně testovanými scénáři zkratových zkoušek, je provedeno ověření správné funkčnosti simulačních modelů.

Pro ověření funkčnosti modelu je zvolen jednoduchý obvod, který představuje jednu transformátorovou napájecí stanici (opět složenou ze zdroje napětí a cívky představující reaktanci nakrátko transformátoru), která napájí dvě souběžné stopy trakčního vedení. Na každé stopě trakčního vedení je právě jedno vozidlo. Vozidlo na 1. stopě je vzdáleno od napájecí stanice 15 km a vozidlo na 2. stopě 25 km.

Náhradní obvod ověřovacího modelu trakčního obvodu (viz obr. 16) je řešen třemi způsoby:

- „Ručním výpočtem“ za pomoci metody smyčkových proudů
- Simulačním obvodem při použití řízených zdrojů napětí pro vyjádření vzájemné indukčnosti stop vedení
- Simulačním obvodem při použití bloku *Mutual Inductance* pro vyjádření vzájemné indukčnosti stop vedení



Obr. 16 Náhradní zapojení ověřovacího scénáře trakčního obvodu

Veličiny zakreslené na obr. 16 a použité v rovnici 3 představují:

- $R_1 = 3,75 \Omega$  – odpor 1. trakční stopy o délce 15 km
- $R_2 = 6,25 \Omega$  – odpor 2. trakční stopy o délce 25 km
- $L_1 = 0,0191 \text{ H}$  – vlastní indukčnost 1. trakční stopy (15 km)
- $L_2 = 0,0318 \text{ H}$  – vlastní indukčnost 2. trakční stopy (25 km)
- $R_{L1}, R_{L2} = 208,35 \Omega$  – odpor paralelního RL článku představujícího vozidlo o parametrech:  $P = 3 \text{ MW}$ ,  $\cos\varphi = 0,99$
- $L_{L1}, L_{L2} = 4,654 \text{ H}$  – indukčnost paralelního RL článku představujícího vozidlo o parametrech:  $P = 3 \text{ MW}$ ,  $\cos\varphi = 0,99$
- $L_k = 0,02387 \text{ H}$  – indukčnost cívky představující reaktanci trakčního transformátoru nakrátko
- $U_n = 38184 \cdot e^{j0} \text{ V}$  – výstupní napětí transformátorové NS o frekvenci 50 Hz a efektivní hodnotě 27 kV
- $I_1, I_2 \text{ [A]}$  – vyznačené smyčkové proudy
- $M = 0,00573 \text{ H}$  – vzájemná indukčnost souběžných trakčních stop

Uvedená hodnota vzájemné indukčnosti odpovídá hodnotě měrné vzájemné indukčnosti  $m = 382 \mu\text{H/km}$  (viz tabulka 10) vynásobené délkou společného úseku obou stop (15 km).

Použité hodnoty měrného odporu, vlastní měrné indukčnosti a vzájemné měrné indukčnosti vychází z SR 34 – viz [10]. Modul fázoru napětí napájecí stanice představuje amplitudu napětí, a nikoliv efektivní hodnotu napětí, jak je v praxi běžné. S měřenými fázory napětí a proudů v simulačním obvodu Simulinku je možné pracovat pouze ve tvaru s modulem rovným amplitudě veličiny, proto je stejný tvar použit i pro uvedený ověřovací výpočet.

## Výpočet proudových poměrů ve zkušebním obvodu

Rovnice 3 obsahuje výpočet celkové impedance (paralelního RL článku) uvažovaných vozidel.

$$\widehat{Z}_{VL2} = \widehat{Z}_{VL1} = \frac{R_{L1} \cdot X_{L1}^2}{R_{L1}^2 + X_{L1}^2} + j \cdot \frac{R_{L1}^2 \cdot X_{L1}}{R_{L1}^2 + X_{L1}^2} = 204,2 + j \cdot 29,01 \Omega \quad (3)$$

Následující rovnice 4 obsahuje maticový zápis rovnic, popisujících proudové poměry ve zkušebním obvodu.

$$\begin{pmatrix} \widehat{Z}_{VL1} + R_1 + j\omega \cdot (L_1 + L_k) & j\omega \cdot (M + L_k) \\ j\omega \cdot (M + L_k) & \widehat{Z}_{VL2} + R_2 + j\omega \cdot (L_2 + L_k) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \widehat{I}_1 \\ \widehat{I}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \widehat{U}_n \\ \widehat{U}_n \end{pmatrix} \quad (4)$$

Řešení rovnice 4:

$$\widehat{I}_1 = 178,1 \cdot e^{-0,2438j} [A]$$

$$\widehat{I}_2 = 175,5 \cdot e^{-0,2604j} [A]$$

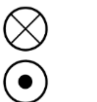
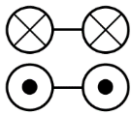
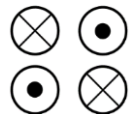
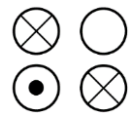
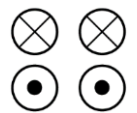
Stejně výsledné fázory pro proudy v první a druhé trakční stopě vychází při řešení obou zkoumaných simulačních modelů. Tím je ověřena funkčnost použitých simulačních modelů.

Uvedené ověření autor provedl s ohledem na zkušenosti se simulačními výpočty elektrických obvodů v programu *Matlab Simulink*. Při určité kombinaci bloků *Parallel RLC Branch* a *Series RLC Branch* z knihovny *Simscape Electrical* se při některých jejich kombinacích zapojení stává, že výpočty simulací jsou z hlediska měřených proudů nekorektní. Pro upřesnění je zde uveden jeden příklad chybného chování modelu na ověřovacím zapojení. Při reprezentaci paralelního RL článku blokem *Parallel RLC Branch* jsou proudové poměry v obvodu korektní (shodují se s „ručním výpočtem“), ale při složení paralelního RL článku z dvou paralelně zapojených bloků *Series RLC Branch* (jeden představuje rezistor a druhý cívku), jsou na stejném ověřovacím simulačním modelu změřeny výsledky odlišné (nekorektní) od předchozí simulace a výpočtu. Z toho důvodu je vhodné simulační modely elektrických obvodů v *Simulinku*, které využívají složitější větvení bloků *Series RLC Branch* a *Parallel RLC Branch*, ověřovat, aby nedošlo k zanesení chyb do výsledků simulace.

## 4.2 Uvažované měrné impedance trakčního vedení

V tabulce 9 jsou uvedené uvažované varianty měrné impedance trakčního vedení závislé na počtu trakčních stop a směrech protékajících proudů v souběžných trakčních stopách dvoukolejně trati. Součástí tabulky 9 je i označování jednotlivých měrných impedancí trakčního vedení pro jednotlivé varianty.

*Tabulka 9*  
*Varianty měrných impedancí trakčního vedení z hlediska průtoků proudů*  
*v souběžných stopách (přepsáno z [10])*

Označení měrných impedancí trakčního vedení 25 kV 50 Hz			
$z_1$	jednokolejná trať		
$z_2$	dvoukolejná trať	obě stopy paralelně	
$z_{20}$	dvoukolejná trať	v druhé stopě stejně velký proud opačného směru	
$z_{21}$	dvoukolejná trať	druhá stopa bez proudu	
$z_{22}$	dvoukolejná trať	v druhé stopě stejně velký proud stejného směru	

Hodnoty měrné impedance trakčního vedení (viz tabulka 10), používané v simulačních modelech, vychází ze Služební rukověti SR 34 – viz [10]. Na řešeném traťovém úseku byl při přechodu ze stejnosměrné soustavy 3 kV na střídavou soustavu ponechán trolejový drát 150Cu. Aplikovaná sestava trakčního vedení 150Cu + 70Bz je proto z hlediska střídavé trakční soustavy atypická a měrné impedance pro tuto sestavu trakčního vedení při střídavém napájení se autorovi nepodařilo dohledat v Služební rukověti SR34 ani v jiné literatuře. [5]

Z toho důvodu je v simulačních výpočtech využito hodnot měrné impedance vedení pro sestavu 100Cu + 50Bz, která je aplikované sestavě trakčního vedení nejbližší z variant uvedených v SR34. V simulacích jsou dále uvažovány i „zpřesněné hodnoty“ měrných impedancí trakčního vedení, které vychází z hodnot pro sestavu 100Cu + 50Bz. upravených korekční konstantou  $k_k$ .



V praxi se při nastavování ochran vkládají do vypočtených hodnot modulů fázorů sledovaných impedancí rezervy 30–40 % a i úhly měřených fázorů impedancí mají obdobnou toleranci. [5]

Uvedenými tolerancemi v hodnotách modulů a úhlů měřených impedancí je nutné se zabývat při porovnání simulačních výsledků s reálně naměřenými daty. Jelikož potvrzení o správnosti a praktické použitelnosti simulačních modelů lze získat tím, že simulační výsledky modulů a fázových úhlů měřených impedancí (poruchových impedancí) se budou odlišovat od skutečně změřených hodnot v rozsahu uvedených tolerancí.

Při získání zpřesněných hodnot měrných impedancí trakčního vedení, oproti známým ale nepřesným hodnotám pro sestavu 100Cu + 50Bz, se vychází z výsledků skutečných měření provedených při zkratových zkouškách. Je nutné podotknout, že uvedené „zpřesnění“ je provedeno pouze na triviální úrovni a je realizováno pouze jako doplňující úkol s cílem získání fyzikálně vhodnějších/přesnějších vstupních údajů do simulací. Ale další teoreticky přesnější/vhodnější zpřesnění není součástí práce, neboť není součástí primárních cílů, kterými se práce zabývá. Stojí ale za uvedení, že se jedná se o aktuální téma, v souvislosti s předkládanou prací, a případný budoucí výzkum v oblasti získání přesných hodnot měrných impedancí trakčního vedení pro sestavu 150Cu + 70Bz by pomohl doplnit uvedené téma a zpřesnit vstupní údaje simulačních modelů předkládané práce.

Výsledky zkratových zkoušek Elektrizace železnic Praha a.s. jsou v práci uvedené pouze ve velmi redukované podobě, jelikož je jinak nelze šířit.

Z výsledků zkratových zkoušek vyplývá, že se měrná indukčnost vedení při úvaze sestavy 150Cu + 70Bz oproti sestavě 100Cu + 50Bz (viz SR34) mění pouze velmi málo, ale měrný odpor vedení se mění podstatně výrazněji. Je pochopitelné, že hodnota měrného odporu vedení se vlivem zvětšení průřezu trolejového drátu snižuje. Proto při korekci hodnot měrných impedancí trakčního vedení je aplikována pouze korekce měrného odporu vedení. Při korekci měrného odporu trakčního vedení je použita korekční konstanta  $k_k = 0,682$ , kterou je vynásobená patřičná reálná složka měrné impedance trakčního vedení sestavy 100Cu + 50Bz.

Korekční konstanta je zvolena jako poměr celkového průřezu sestavy 100Cu + 50Bz (150) a celkového průřezu sestavy 150Cu + 70Bz (220). Ve shrnutí uváděné kapitoly je uvedena tabulka (viz tabulky 21 a 22), ze které je patrné, že se simulační výsledky aplikováním korekce velmi přibližují skutečným měřením a korekce splňují svůj účel.

*Tabulka 10*  
*Hodnoty měrných impedancí trakčního vedení 25 kV 50 Hz (přepsáno z [10])*

<b>Hodnoty měrných impedancí trakčního vedení 25 kV 50 Hz [<math>\Omega/\text{km}</math>]</b>				
<b>Označení měrných impedancí</b>	<b>100Cu + 50Bz (100Cu + 72AlFe)</b>	<b>100Cu + 50Bz + 95AlFe</b>	<b>100Cu + 70Fe</b>	<b>100Cu + 70Fe + 95AlFe</b>
$z_1$	0,26 + j 0,45	0,18 + j 0,36	0,34 + j 0,61	0,21 + j 0,40
$z_2$	0,14 + j 0,26	–	0,18 + j 0,33	0,12 + j 0,23
$z_{20}$	0,21 + j 0,28	–	0,29 + j 0,43	0,18 + j 0,25
$z_{21}$	0,25 + j 0,40	–	0,33 + j 0,55	0,20 + j 0,36
$z_{22}$	0,28 + j 0,52	–	0,36 + j 0,66	0,24 + j 0,46

V simulacích používané hodnoty měrných impedancí trakčního vedení pro sestavu 100Cu + 50Bz jsou v tabulce 10 modře podbarvené.

Z tabulky 10 je patrná hodnota měrné vzájemné indukčnosti při posouzení hodnot imaginárních složek měrných impedancí  $z_{21}$ ,  $z_{20}$  a  $z_{22}$ . Hodnoty měrného vzájemného odporu jsou zřejmé z posouzení reálných složek uvedených impedancí. Hodnota měrné vzájemné reaktance je  $x_M = 0,12 \Omega/\text{km}$ . Měrná vzájemná indukčnost vedení se poté rovná dříve uvedené hodnotě:  $m = 382 \mu\text{H}/\text{km}$ .

Uvedené hodnoty měrné impedance trakčního vedení (viz tabulka 10) v sobě obsahují impedance trolejového i zpětného vedení a jsou platné pro úvahu 20 % opotřebení trolejového drátu oproti jmenovité hodnotě průřezu. [10]

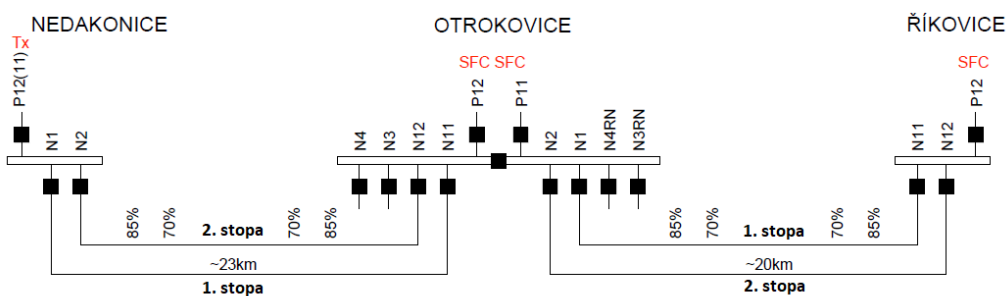
Reálné zkratové zkoušky byly realizovány pro nízkoohmové kovové zkraty. Z toho důvodu jsou v simulacích uvažovány dvě hodnoty impedance zkratu:  $Z_{ZK} = 1 \Omega$  a  $0,1 \Omega$  (čistě odporové zkraty). Hodnota impedance zkratu  $Z_{ZK} = 0,1 \Omega$  lépe vystihuje měřené zkratové scénáře, a proto je primárně uvažována při finálním zhodnocení výsledků simulačních modelů.

Během vypracování druhého úkolu bylo provedeno ověření 22 zkratových scénářů. V následující části práce jsou uvedeny pouze výběry ze všech scénářů, které slouží pro kvalitativní zhodnocení získaných simulačních výsledků. I přílohy O až S neobsahují tabulky se všemi zkoumanými zkratovými scénáři, ale pouze výběr nejdůležitějších případů pro předkládanou analýzu. Důvodem je velké množství všech tabulek.

V simulačních modelech není uvažováno větvení trakčního vedení v rámci stanic. Nicméně při zkratu v blízkosti napájecí stanice, například na 7. traťové koleji v Otrokovicích, se do celkové vzdálenosti zkratu od distanční ochrany započítává i délka propojovacího převěsu, vedoucího od stopy připojené k napájecí stanici, až ke stopě nad 7. kolejí.

### 4.3 Vyhodnocení simulačních výsledků zkoumaných zkratových scénářů

Pro snadnější orientaci v popisech topologií trakčních obvodů jednotlivých zkoumaných zkratových scénářů je na obr. 17 uvedeno schématické zapojení zkoumaného úseku i s uvedenými označeními jednotlivých vypínačů.



Obr. 17 Schématické zapojení úseku i s vyznačenými vypínači (převzato z [5])

Veškeré zkratové scénáře, použité při simulacích, vychází z poskytnutých zpráv ze zkratových zkoušek TNS Otrokovice – TNS Říkovice (viz [11]) a TNS Otrokovice – TNS Nedakonice (viz [12]) od Elektrizace železnic a.s.. Vstupní údaje pro simulační modely (místo měření zkratu, místo napájení, vzdálenost zkratu od distanční ochrany, typ měřené měrné poruchové impedance vedení) jsou proto vyčteny ze zmiňovaných zpráv. V tabulkách s výsledky jsou dále uvedeny reálně změřené hodnoty modulů a úhlů poruchových impedancí pro jednotlivé zkratové scénáře, které slouží jako referenční hodnoty pro jejich následné porovnání se simulačními výsledky.

Jak bylo zmíněno, pro každý zkratový scénář jsou provedeny čtyři simulační výpočty, které se liší použitím modifikované/běžné měrné impedance vedení sestavy 100Cu + 50Bz a dále dvěma uvažovanými hodnotami odporů zkratu. Simulace pro  $R_{ZK} = 0,1 \Omega$  a použitou modifikovanou měrnou impedancí vedení (v následujících tabulkách označeny zelenou barvou) nejvíce odpovídají skutečným měřením a jsou brány jako finální výstupy předkládané kapitoly, ke kterým se vztahuje celkové hodnocení simulačních modelů.

V následujících tabulkách jsou pro přehlednost impedance měřené fiktivní distanční ochranou nazývány „poruchové impedance  $Z_p$ “. Pro přehlednost je zde vhodné připomenout, že měrné impedance se označují malými písmeny a impedance celého poruchové smyčky se označují velkými písmeny.

### 4.3.1 Simulace zaměřené na měrnou impedanci $z_{P1}$ (jednokolejná trať)

Tabulka 11

Výsledky simulací zkratového scénáře č. 1 (protokol 1) z úseku Otrokovice – Říkovice, zaměřeného na poruchovou impedanci  $Z_{P1}$  při napájení ze SFC Říkovice

TNS Otrokovice – TNS Říkovice													
1. protokol					Výsledky ze zkratové zkoušky EŽ								
jednokolejná trať - zkoumáno $z_{P1}$					celková hodnota $Z_{P1}$			měrná hodnota $z_{P1}$					
místo napájení: Říkovice SFC					$ Z $ [ $\Omega$ ]	8,8		$ z $ [ $\Omega$ /km]	0,481				
místo zkratu: žst. Otrokovice 7. kolej					$\phi$ [°]	68,68							
vzdálenost zkratu: 18,3 km					R [ $\Omega$ ]	3,2		r [ $\Omega$ /km]	0,175				
místo měření: Říkovice N11					X [ $\Omega$ ]	8,2		x [ $\Omega$ /km]	0,448				
1) $z_{TV}$ podle SR34 (100Cu + 50Bz) a $R_{zk} = 1 \Omega$					2) $z_{TV}$ podle SR34 (100Cu + 50Bz) a $R_{zk} = 0,1 \Omega$								
celková hodnota $Z_{P1}$			měrná hodnota $z_{P1}$		procentuální porovnání		celková hodnota $Z_{P1}$			měrná hodnota $z_{P1}$		procentuální porovnání	
$ Z $ [ $\Omega$ ]	10,04	$ z $ [ $\Omega$ /km]	0,549	$ Z $ [%]	14,1	$ Z $ [ $\Omega$ ]	9,55	$ z $ [ $\Omega$ /km]	0,522	$ Z $ [%]	8,5		
$\phi$ [°]	54,99			$\phi$ [%]	-19,9	$\phi$ [°]	59,42			$\phi$ [%]	-13,5		
R [ $\Omega$ ]	5,76	r [ $\Omega$ /km]	0,315	R [%]	79,9	R [ $\Omega$ ]	4,86	r [ $\Omega$ /km]	0,265	R [%]	51,8		
X [ $\Omega$ ]	8,22	x [ $\Omega$ /km]	0,449	X [%]	0,2	X [ $\Omega$ ]	8,22	x [ $\Omega$ /km]	0,449	X [%]	0,3		
3) upravené $z_{TV}$ a $R_{zk} = 1 \Omega$					4) upravené $z_{TV}$ a $R_{zk} = 0,1 \Omega$								
celková hodnota $Z_{P1}$			měrná hodnota $z_{P1}$		procentuální porovnání		celková hodnota $Z_{P1}$			měrná hodnota $z_{P1}$		procentuální porovnání	
$ Z $ [ $\Omega$ ]	9,25	$ z $ [ $\Omega$ /km]	0,505	$ Z $ [%]	5,1	$ Z $ [ $\Omega$ ]	8,87	$ z $ [ $\Omega$ /km]	0,485	$ Z $ [%]	0,8		
$\phi$ [°]	62,72			$\phi$ [%]	-8,7	$\phi$ [°]	67,9			$\phi$ [%]	-1,1		
R [ $\Omega$ ]	4,24	r [ $\Omega$ /km]	0,232	R [%]	32,5	R [ $\Omega$ ]	3,34	r [ $\Omega$ /km]	0,182	R [%]	4,3		
X [ $\Omega$ ]	8,22	x [ $\Omega$ /km]	0,449	X [%]	0,3	X [ $\Omega$ ]	8,22	x [ $\Omega$ /km]	0,449	X [%]	0,3		

Tabulka 12

Porovnání výsledných měrných poruchových impedancí  $z_{P1}$  při napájení ze SFC a z transformátoru (uvazuje se upravená hodnota  $z_{TV}$  a  $R_{zk} = 0,1 \Omega$ )

Měření $z_1$ (při úvaze upravené $z_{TV}$ a $R_{zk} = 0,1 \Omega$ )											
zdroj zkratu: SFC Říkovice					zdroj zkratu: Tx2 Nedakonice						
zkratové zkoušky EŽ		simulační výsledky			zkratové zkoušky EŽ		simulační výsledky				
měrná hodnota $z_{P1}$		měrná hodnota $z_{P1}$		procent. porovnání	měrná hodnota $z_{P1}$		měrná hodnota $z_{P1}$		procent. porovnání		
$ z $ [ $\Omega$ /km]	0,481	$ z $ [ $\Omega$ /km]	0,485	$ Z $ [%]	0,8	$ z $ [ $\Omega$ /km]	0,453	$ z $ [ $\Omega$ /km]	0,485	$ Z $ [%]	7,2
$\phi$ [°]	68,68	$\phi$ [°]	67,90	$\phi$ [%]	-1,1	$\phi$ [°]	73,86	$\phi$ [°]	67,97	$\phi$ [%]	-8,0
r [ $\Omega$ /km]	0,175	r [ $\Omega$ /km]	0,182	R [%]	4,3	r [ $\Omega$ /km]	0,126	r [ $\Omega$ /km]	0,182	R [%]	44,5
x [ $\Omega$ /km]	0,448	x [ $\Omega$ /km]	0,449	X [%]	0,3	x [ $\Omega$ /km]	0,435	x [ $\Omega$ /km]	0,450	X [%]	3,4

Uvedená podkapitola se zabývá měřeními fázorů poruchových impedancí  $Z_{P1}$ , při konfiguraci trakčního obvodu do podoby jednokolejné tratě. Při úvaze jednokolejné tratě lze měrnou poruchovou impedanci označovat  $z_{P1}$ .

Tabulka 11 obsahuje vypočtené hodnoty modulů a úhlů fázorů poruchových impedancí  $Z_{P1}$  pro simulační model představující jednokolejnou trať, napájenou ze SFC. Z výsledků simulačního modelu se zpřesňujícími úpravami (viz zelená část tabulky 11) vyplývá, že procentuální odchylky modulu a úhlu fázoru  $Z_{P1}$  od skutečně změřených výsledků EŽ se pohybují výrazně pod požadovanou tolerancí 30-40 %. Simulační model je proto aplikovatelný i pro praktické použití.

Tabulka 12 obsahuje procentuální porovnání simulačních výsledků pro zpřesněný simulační model ( $R_{zk} = 0,1 \Omega$  + modifikované  $z_{TV}$ ) jednokolejné tratě při napájení z transformátoru (Tx) a ze SFC. Z výsledků je patrné, že simulační modely při napájení ze SFC i transformátoru splňují toleranci odchylek vypočteného modulu a úhlu fázoru poruchové impedance od hodnot skutečně změřených při zkratových zkouškách.

Je zřejmé, že se hodnota simulačně získané reálné složky poruchové impedance při napájení z transformátoru výrazněji odlišuje (o až 44 %) od změřených hodnot EŽ (viz tabulka 12). Příloha O obsahuje obdobu tabulky 11 (napájení trakčního obvodu ze SFC) pro případ napájení z trakčního transformátoru (v tabulce 11 označen jako „Tx“).

Předkládaná práce se při ověřování použitelnosti simulačních modelů, z hlediska v praxi používaných tolerancí, zaměřuje především na hodnoty modulů a úhlů fázorů poruchových impedancí. Případné zvýšené odchylky činné (odpor) a jalové (reaktance) složky počítaného fázoru poruchové impedance  $Z_{P1}$  jsou způsobeny nepřesnými vstupními hodnotami měrné impedance trakčního vedení, jak bylo zmíněno již dříve. Jediným řešením uvedeného problému může být získání přesnějších hodnot měrných impedancí trakčního vedení.

### 4.3.2 Simulace zaměřené na měrnou impedanci $z_{P21}$ (dvoukolejná trať)

Tabulka 13

Výsledky simulací zkratového scénáře č. 3 (protokol 3) z úseku Otrokovice – Říkovice, zaměřeného na poruchovou impedanci  $Z_{P21}$  při napájení z transformátoru v Říkovicích

TNS Otrokovice – TNS Říkovice																							
3. protokol					Výsledky ze zkratové zkoušky EŽ																		
dvoukolejná trať (druhá stopa bez proudu) - zkoumáno $z_{P21}$					celková hodnota $Z_{P21}$			měrná hodnota $z_{P21}$															
místo napájení: Říkovice Tx					$ Z $ [Ω]	8,29		$ z $ [Ω/km]	0,471														
místo zkratu: žst. Otrokovice 7. kolej					$\phi$ [°]	68,21																	
vzdálenost zkratu: 17,6 km					R [Ω]	3,08		r [Ω/km]	0,175														
místo měření: Říkovice N12					X [Ω]	7,70		x [Ω/km]	0,438														
1) $z_{TV}$ podle SR34 (100Cu + 50Bz) a $R_{zk} = 1 \Omega$					2) $z_{TV}$ podle SR34 (100Cu + 50Bz) a $R_{zk} = 0,1 \Omega$																		
celková hodnota $Z_{P21}$			měrná hodnota $z_{P21}$		procentuální porovnání		celková hodnota $Z_{P21}$			měrná hodnota $z_{P21}$		procentuální porovnání											
$ Z $ [Ω]	8,87		$ z $ [Ω/km]	0,504		$ Z $ [%]	7,0		$ Z $ [Ω]	8,35		$ z $ [Ω/km]	0,475		$ Z $ [%]	0,7							
$\phi$ [°]	52,5					$\phi$ [%]	-23,0					$\phi$ [°]	57,41					$\phi$ [%]	-15,8				
R [Ω]	5,40		r [Ω/km]	0,307		R [%]	75,4		R [Ω]	4,50		r [Ω/km]	0,256		R [%]	46,2							
X [Ω]	7,04		x [Ω/km]	0,400		X [%]	-8,6		X [Ω]	7,04		x [Ω/km]	0,400		X [%]	-8,6							
3) upravené $z_{TV}$ a $R_{zk} = 1 \Omega$					4) upravené $z_{TV}$ a $R_{zk} = 0,1 \Omega$																		
celková hodnota $Z_{P21}$			měrná hodnota $z_{P21}$		procentuální porovnání		celková hodnota $Z_{P21}$			měrná hodnota $z_{P21}$		procentuální porovnání											
$ Z $ [Ω]	8,09		$ z $ [Ω/km]	0,460		$ Z $ [%]	-2,4		$ Z $ [Ω]	7,69		$ z $ [Ω/km]	0,437		$ Z $ [%]	-7,3							
$\phi$ [°]	60,44					$\phi$ [%]	-11,4					$\phi$ [°]	66,28					$\phi$ [%]	-2,8				
R [Ω]	3,99		r [Ω/km]	0,227		R [%]	29,7		R [Ω]	3,09		r [Ω/km]	0,176		R [%]	0,5							
X [Ω]	7,04		x [Ω/km]	0,400		X [%]	-8,6		X [Ω]	7,04		x [Ω/km]	0,400		X [%]	-8,6							

Předkládaná podkapitola se zaměřuje na simulační výpočty fázorů poruchových impedancí  $Z_{P21}$  pro případy dvoukolejných tratí, kdy proud teče pouze jednou trakční stopou. Rozdíl uvedeného trakčního obvodu od trakčního obvodu s jednokolejnou tratí je v možnosti indukování napětí do druhé stopy trakčního vedení. Při úvaze této topologie trakčního obvodu lze měrnou poruchovou impedanci značit  $z_{P21}$ .

V simulacích této kapitoly je principiální zapojení simulačního modelu trakčního obvodu stejné jako pro příklad s jednokolejnou tratí, ale liší se pouze hodnoty použitých měrných impedancí trakčního vedení ( $z_I$  vs  $z_{2I}$  – viz tabulka 10).

Simulačně vypočtené hodnoty modulů a úhlů fázorů impedancí  $Z_{P21}$  pro simulační zkratové modely dvoukolejných tratí, v nichž je pouze jedna trakční stopa protékána proudem a trakční obvod napájí transformátor jsou uvedeny v tabulce 13.

Z výsledků simulačního modelu se zpřesněními ( $R_{ZK} = 0,1 \Omega$  + modifikovaná měrná impedance vedení  $z_{TV}$ ) je patrné, že se modul fázoru  $Z_{P21}$  odlišuje od změřených hodnot EŽ o - 7,3 % a úhel fázoru  $Z_{P21}$  se odlišuje pouze o - 2,8 %. Procentuální odchylky modulu a úhlu fázoru poruchové impedance od změřených výsledků EŽ opět dosahují hodnot výrazně nižších, než je tolerance 30 - 40%, a simulační model pro uvedený trakční obvod je dostatečně přesný z hlediska požadavků aplikovaných v praxi.

*Tabulka 14*  
*Porovnání výsledných měrných poruchových impedancí  $z_{P21}$  při napájení ze SFC a z transformátoru (uvažuje se upravená hodnota  $z_{TV}$  a  $R_{ZK} = 0,1 \Omega$ )*

Měření $z_{21}$ (při úvaze upravené $z_{TV}$ a $R_{ZK} = 0,1 \Omega$ )											
zdroj zkratu: SFC1 Otrokovice						zdroj zkratu: Tx Říkovice					
zkratové zkoušky EŽ		simulační výsledky				zkratové zkoušky EŽ		simulační výsledky			
měrná hodnota $z_{P21}$		měrná hodnota $z_{P21}$		percent. porovnání		měrná hodnota $z_{P21}$		měrná hodnota $z_{P21}$		percent. porovnání	
$ z $ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,500	$ z $ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,437	$ Z $ [%]	-12,7	$ z $ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,471	$ z $ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,437	$ Z $ [%]	-7,3
$\phi$ [°]	67,16	$\phi$ [°]	66,31	$\phi$ [%]	-1,3	$\phi$ [°]	68,21	$\phi$ [°]	66,28	$\phi$ [%]	-2,8
$r$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,194	$r$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,175	$R$ [%]	-9,7	$r$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,175	$r$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,176	$R$ [%]	0,5
$x$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,461	$x$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,400	$X$ [%]	-13,3	$x$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,438	$x$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,400	$X$ [%]	-8,6

Tabulka 14 obsahuje procentuální porovnání simulačních výsledků pro zpřesněný simulační model dvoukolejně tratě s pouze jednou stopou protékanou proudem při napájení z transformátoru (Tx) a ze SFC. Z výsledků je pochopitelné, že simulační modely při napájení ze SFC i transformátoru splňují toleranci odchylky vypočteného modulu a úhlu fázoru měrné poruchové impedance  $z_{P21}$  od hodnot skutečně změřených při zkratových zkouškách. Větší odchylky simulačně vypočteného fázoru měrné impedance  $z_{P21}$  od referenční hodnoty jsou v tomto případě u napájení ze SFC, na rozdíl od předchozího případu, kdy vyšších odchylek je docíleno při napájení z transformátoru. Příloha P obsahuje obdobu tabulky 13 (napájení trakčního obvodu z transformátoru) pro případ napájení ze SFC.

### 4.3.3 Simulace zaměřené na měrnou impedanci $z_{P20}$ (dvoukolejná trať)

Uváděná část práce se zabývá měřením fázorů poruchových impedancí  $Z_{P20}$  pro případy dvoukolejných tratí, kdy v trakčních stopách tečou proudy opačnými směry (aplikována měrná impedance trakčního vedení  $z_{20}$ ). Při úvaze zmiňované topologie trakčního obvodu lze měřenou měrnou poruchovou impedance označovat  $z_{P20}$ .

Pro objasnění zapojení této varianty trakčního obvodu následuje popis ukázkového případu.

Ukázková úvaha se týká zkratu na 7. koleji v žst. Otrokovice, napájeném ze SFC v Otrokovicích. Měření fázoru poruchové impedance je zajištěno u vypínače OTR N1 v napájecí stanici Otrokovice. Obě stopy trakčního vedení jsou protékány proudem, přičemž je sepnutý pouze vypínač OTR N1 a trakční stopy jsou propojeny jedním odpojovačem na konci vedení v Říkovicích. Pro lepší představu je vhodné si uvedený popis spojit s ukázkou zapojení trakčních stop v úseku Nedakonice-Říkovice z obr. 17.

Tabulka 15

Výsledky simulací zkratového scénáře č. 9 (protokol 9) z úseku Otrokovice – Říkovice, zaměřeného na poruchovou impedanci  $Z_{P20}$  při napájení ze SFC Otrokovice

TNS Otrokovice – TNS Říkovice											
9. protokol						Výsledky ze zkratové zkoušky EŽ					
dvoukolejná trať (opačný směr proudů v obou stopách) - zkoumáno $Z_{P20}$						celková hodnota $Z_{P20}$			měrná hodnota $Z_{P20}$		
místo napájení: Otrokovice SFC						$ Z $ [Ω]	4,17		$ z $ [Ω/km]	0,401	
místo zkratu: žst. Otrokovice 7. kolej						$\phi$ [°]	64,06				
vzdálenost zkratu: 10,4 km						R [Ω]	1,82		r [Ω/km]	0,175	
místo měření: Otrokovice N1						X [Ω]	3,75		x [Ω/km]	0,360	
1) $z_{TV}$ podle SR34 (100Cu + 50Bz) a $R_{zk} = 1 \Omega$						2) $z_{TV}$ podle SR34 (100Cu + 50Bz) a $R_{zk} = 0,1 \Omega$					
celková hodnota $Z_{P20}$		měrná hodnota $Z_{P20}$		procentuální porovnání		celková hodnota $Z_{P20}$		měrná hodnota $Z_{P20}$		procentuální porovnání	
$ Z $ [Ω]	4,46	$ z $ [Ω/km]	0,428	$ Z $ [%]	0,6	$ Z $ [Ω]	3,85	$ z $ [Ω/km]	0,370	$ Z $ [%]	-7,7
$\phi$ [°]	43,28		$\phi$ [%]		-19,3	$\phi$ [°]	52,50		$\phi$ [%]		-18,0
R [Ω]	3,24	r [Ω/km]	0,312	R [%]	43,7	R [Ω]	2,34	r [Ω/km]	0,225	R [%]	28,5
X [Ω]	3,06	x [Ω/km]	0,294	X [%]	-12,1	X [Ω]	3,06	x [Ω/km]	0,294	X [%]	-18,5
3) upravené $z_{TV}$ a $R_{zk} = 1 \Omega$						4) upravené $z_{TV}$ a $R_{zk} = 0,1 \Omega$					
celková hodnota $Z_{P20}$		měrná hodnota $Z_{P20}$		procentuální porovnání		celková hodnota $Z_{P20}$		měrná hodnota $Z_{P20}$		procentuální porovnání	
$ Z $ [Ω]	3,97	$ z $ [Ω/km]	0,381	$ Z $ [%]	-4,9	$ Z $ [Ω]	3,46	$ z $ [Ω/km]	0,333	$ Z $ [%]	-17,0
$\phi$ [°]	50,39		$\phi$ [%]		-21,3	$\phi$ [°]	61,95		$\phi$ [%]		-3,3
R [Ω]	2,53	r [Ω/km]	0,243	R [%]	38,6	R [Ω]	1,63	r [Ω/km]	0,157	R [%]	-10,8
X [Ω]	3,06	x [Ω/km]	0,294	X [%]	-18,5	X [Ω]	3,06	x [Ω/km]	0,294	X [%]	-18,5

V tabulce 15 jsou uvedeny hodnoty modulů, úhlů, reálných a imaginárních složek fázorů poruchových impedancí  $Z_{P20}$  pro dvoukolejně tratě, kde v trakčních stopách protékají proudy opačným směrem a trakční obvod napájí SFC. Při uváděném příkladu jsou obě trakční stopy spojeny odpojovačem ve stanici Tlumačov, která je vzdálena od žst. Otrokovice cca 5,8 km.

Z tabulky 15 je zřejmé, že pro zpřesněný simulační model (zeleně vyznačen v tabulce) se modul fázoru  $Z_{P20}$  odlišuje od změřených hodnot EŽ o - 17 % a úhel fázoru  $Z_{P20}$  se odlišuje pouze o - 3,3 %. Lze proto konstatovat, že i použitím simulačního zkratového modelu pro dvoukolejně tratě, v jejichž stopách protékají proudy opačných směrů (při napájení ze SFC), je dosaženo dostatečně nízkých odchylek zkoumaných veličin od skutečně změřených hodnot (méně než 30 - 40 %) a výsledky simulačního modelu lze považovat za správné a použitelné pro další využití.

Obdoba tabulky 15 (napájení ze SFC) pro stejnou topologii trakčního obvodu, ale při napájení z transformátoru je uvedena v příloze Q.



Tabulka 16

Porovnání výsledných měrných poruchových impedancí  $z_{P20}$  při napájení ze SFC a z transformátoru (uvažuje se upravená hodnota  $z_{TV}$  a  $R_{ZK} = 0,1 \Omega$ )

Měření $z_{20}$ (při úvaze upravené $z_{TV}$ a $R_{ZK} = 0,1 \Omega$ )											
zdroj zkratu: SFC1 Otrokovice						zdroj zkratu: Tx2 Nedakonice					
zkratové zkoušky EŽ		simulační výsledky				zkratové zkoušky EŽ		simulační výsledky			
měrná hodnota $z_{P20}$		měrná hodnota $z_{P20}$	procent. porovnání		měrná hodnota $z_{P20}$		měrná hodnota $z_{P20}$	procent. porovnání			
$ z  [\Omega/km]$	0,401	$ z  [\Omega/km]$	0,333	$ Z  [%]$	-17,0	$ z  [\Omega/km]$	0,328	$ z  [\Omega/km]$	0,339	$ Z  [%]$	3,3
$\phi [^\circ]$	64,06	$\phi [^\circ]$	61,95	$\phi [%]$	-3,3	$\phi [^\circ]$	70,41	$\phi [^\circ]$	63,33	$\phi [%]$	-10,1
$r [\Omega/km]$	0,175	$r [\Omega/km]$	0,157	$R [%]$	-10,8	$r [\Omega/km]$	0,110	$r [\Omega/km]$	0,152	$R [%]$	38,3
$x [\Omega/km]$	0,360	$x [\Omega/km]$	0,294	$X [%]$	-18,5	$x [\Omega/km]$	0,309	$x [\Omega/km]$	0,303	$X [%]$	-2,0

Procentuální porovnání simulačních výsledků pro zpřesněný simulační model dvoukolejně tratě, v jejíž stopách protékají proudy opačného směru, při napájení z transformátoru (Tx) a ze SFC je uvedeno v tabulce 16. I pro simulační modely uváděné topologie trakčního obvodu, napájeného ze SFC i transformátoru, se odchylky vypočteného modulu a úhlu fázoru měrné impedance  $z_{P20}$  od hodnot skutečně změřených nachází výrazně pod horní hranicí uvažované tolerance. Větší odchylky modulu fázoru měrné poruchové impedance od referenční hodnoty nastávají při napájení trakčního obvodu ze SFC. Přičemž opět dochází k výrazně větší odlišnosti v hodnotě reálné složky fázoru měrné impedance  $z_{P20}$  u transformátoru (38,3 %) než u SFC (-10,8 %).

#### 4.3.4 Simulace zaměřené na měrnou impedanci $z_{P22}$ (dvoukolejná trať)

Předkládaná podkapitola se zabývá měřením fázorů poruchových impedancí  $Z_{P22}$  v trakčním obvodu dvoukolejně tratě, v jejichž stopách tečou proudy stejného směru. Pro tuto topologii trakčního obvodu lze měrnou poruchovou impedanci uvádět jako  $z_{P22}$ .

Pro získání představy o zapojení trakčního obvodu je zde uvedena následující ukázková úvaha. Úvaha se týká zkratu ve 2. stopě v blízkosti Nedakonic při napájení trakčního obvodu ze SFC v Otrokovicích. Měření fázoru poruchové impedance je zajištěno u vypínače OTR N11 v napájecí stanici Otrokovice. Obě stopy trakčního vedení jsou paralelně spojeny přes sběrnici 25 kV 50 Hz v Nedakonicích. (jsou sepnuty všechny čtyři vypínače: N1 NED, N2 NED, N12 OTR a N11 OTR). Pro lepší představu je opět vhodné si uvedený popis spojit s ukázkou zapojení trakčních stop v úseku Nedakonice-Říkovice (viz obr. 17).

Z hodnot uvedených v tabulce 17 vyplývá, že simulační zkratový model se zpřesňujícími úpravami (zeleně označené výsledky) poskytuje správné výsledky pro dvoukolejně tratě, jejichž trakčními stopami protékají proudy stejným směrem a jsou napájené ze SFC. Procentuální odchylky modulu (15,2 %) a úhlu (-2 %) fázoru  $Z_{P22}$  od změřených výsledků EŽ se opět pohybují pod požadovanou tolerancí 30-40 % a lze tak získané výsledky považovat za správné.



Obdoba tabulky 17 (napájení ze SFC) pro analogický trakční obvod, ale napájený z transformátoru, je uvedena v příloze R. Příloha S obsahuje obdobný zkratový scénář jako tabulka 17, pouze s rozdílnou vzdáleností zkratu.

*Tabulka 17*  
*Výsledky simulací zkratového scénáře č. 18 (protokol 18) z úseku Otrokovice – Nedakonice, zaměřeného na poruchovou impedanci  $Z_{P22}$  při napájení ze SFC2 v Otrokovicích*

TNS Nedakonice – TNS Otrokovice											
18. protokol						Výsledky ze zkratové zkoušky EŽ					
dvoukolejná trať (stejný směr proudů v obou stopách) - zkoumáno $Z_{P22}$						celková hodnota $Z_{P22}$			měrná hodnota $Z_{P22}$		
místo napájení: Otrokovice SFC2						$ Z $ [Ω]	12,66		$ z $ [Ω/km]	0,429	
místo zkratu: Nedakonice N2 2. stopa						$\phi$ [°]	70,95				
vzdálenost zkratu: 29,5 km						R [Ω]	4,13		r [Ω/km]	0,140	
místo měření: Otrokovice N11						X [Ω]	11,96		x [Ω/km]	0,405	
1) $z_{TV}$ podle SR34 (100Cu + 50Bz) a $R_{zk} = 1 \Omega$						2) $z_{TV}$ podle SR34 (100Cu + 50Bz) a $R_{zk} = 0,1 \Omega$					
celková hodnota $Z_{P22}$		měrná hodnota $Z_{P22}$		procentuální porovnání		celková hodnota $Z_{P22}$		měrná hodnota $Z_{P22}$		procentuální porovnání	
$ Z $ [Ω]	16,85	$ z $ [Ω/km]	0,571	$ Z $ [%]	33,2	$ Z $ [Ω]	15,49	$ z $ [Ω/km]	0,525	$ Z $ [%]	22,4
$\phi$ [°]	54,26		$\phi$ [%]	-23,5		$\phi$ [°]	61,36		$\phi$ [%]	-13,5	
R [Ω]	9,84	r [Ω/km]	0,334	R [%]	138,4	R [Ω]	7,42	r [Ω/km]	0,252	R [%]	79,8
X [Ω]	13,68	x [Ω/km]	0,464	X [%]	14,4	X [Ω]	13,59	x [Ω/km]	0,461	X [%]	13,6
3) upravené $z_{TV}$ a $R_{zk} = 1 \Omega$						4) upravené $z_{TV}$ a $R_{zk} = 0,1 \Omega$					
celková hodnota $Z_{P22}$		měrná hodnota $Z_{P22}$		procentuální porovnání		celková hodnota $Z_{P22}$		měrná hodnota $Z_{P22}$		procentuální porovnání	
$ Z $ [Ω]	15,68	$ z $ [Ω/km]	0,532	$ Z $ [%]	23,9	$ Z $ [Ω]	14,58	$ z $ [Ω/km]	0,494	$ Z $ [%]	15,2
$\phi$ [°]	61,21		$\phi$ [%]	-13,7		$\phi$ [°]	69,53		$\phi$ [%]	-2,0	
R [Ω]	7,55	r [Ω/km]	0,256	R [%]	82,9	R [Ω]	5,10	r [Ω/km]	0,173	R [%]	23,5
X [Ω]	13,75	x [Ω/km]	0,466	X [%]	15,0	X [Ω]	13,66	x [Ω/km]	0,463	X [%]	14,2

V tabulce 18 je uvedeno procentuální porovnání simulačních výsledků pro zpřesněný simulační model ( $R_{ZK} = 0,1 \Omega$  + modifikovaná hodnota  $z_{TV}$ ) dvoukolejně trati se souhlasným směrem proudů v obou stopách a při napájení z transformátoru (Tx) a ze SFC. Ze získaných dat lze vyvodit, že odchylky modulů a úhlů fázoru měrné impedance  $Z_{P22}$  při úvaze napájení zkoumaného trakčního obvodu ze SFC i transformátoru splňují toleranci odchylek (30-40 %) od hodnot skutečně změřených během zkratových zkoušek.

Větší odchylky modulu fázoru měrné impedance  $Z_{P22}$  opět nastávají u varianty trakčního obvodu napájené ze SFC. Dále opět dochází k výrazně větší odlišnosti v hodnotě reálné složky fázoru měrné impedance  $Z_{P22}$  u transformátoru (43,4 %) než u SFC (23,5 %).

*Tabulka 18*  
*Porovnání výsledných měrných poruchových impedancí  $Z_{P22}$  při napájení ze SFC a z transformátoru (uvažují se upravené hodnoty  $z_{TV}$  a  $R_{ZK} = 0,1 \Omega$ )*

Měření $Z_{22}$ (při úvaze upravené $z_{TV}$ a $R_{ZK} = 0,1 \Omega$ )											
zdroj zkratu: SFC2 Otrokovice						zdroj zkratu: Tx2 Nedakonice					
zkratové zkoušky EŽ		simulační výsledky				zkratové zkoušky EŽ		simulační výsledky			
měrná hodnota $Z_{P22}$		měrná hodnota $Z_{P22}$		procent. porovnání		měrná hodnota $Z_{P22}$		měrná hodnota $Z_{P22}$		procent. porovnání	
$ z $ [Ω/km]	0,429	$ z $ [Ω/km]	0,494	$ Z $ [%]	15,2	$ z $ [Ω/km]	0,55	$ z $ [Ω/km]	0,549	$ Z $ [%]	-0,1
$\phi$ [°]	70,95	$\phi$ [°]	69,53	$\phi$ [%]	-2,0	$\phi$ [°]	75,25	$\phi$ [°]	68,57	$\phi$ [%]	-8,9
r [Ω/km]	0,140	r [Ω/km]	0,173	R [%]	23,5	r [Ω/km]	0,140	r [Ω/km]	0,201	R [%]	43,4
x [Ω/km]	0,405	x [Ω/km]	0,463	X [%]	14,2	x [Ω/km]	0,532	x [Ω/km]	0,511	X [%]	-3,8

Vytvořené simulační modely, při úvaze velmi blízkého zkratu (např. 2-4 km), dosahují takových hodnot modulů a úhlů fázorů poruchových impedancí, u kterých dochází k mnohem větším odchylkám od skutečně změřených hodnot (viz tabulka 19).

Tabulka 19

Výsledky simulací zkratového scénáře č. 5 (protokol 5) z úseku Otrokovice – Nedakonice, zaměřeného na poruchovou impedanci  $Z_{P22}$  při napájení ze SFC2 v Otrokovicích a při velmi blízkém zkratu

TNS Nedakonice – TNS Otrokovice											
5. protokol					Výsledky ze zkratové zkoušky EŽ						
dvoukolejná trať (stejný směr proudů v obou stopách) - zkoumáno $Z_{P22}$					celková hodnota $Z_{P22}$		měrná hodnota $Z_{P22}$				
místo napájení: Nedakonice Tx2					$ Z $ [Ω]	0,58	$ z $ [Ω/km]	0,216			
místo zkratu: žst. Otrokovice 7. kolej (připojeno z 2. stopy)					$\phi$ [°]	51,28					
vzdálenost zkratu: 2,7 km					R [Ω]	0,364	r [Ω/km]	0,135			
místo měření: Otrokovice N11, N12					X [Ω]	0,45	x [Ω/km]	0,168			
1) $Z_{TV}$ podle SR34 (100Cu + 50Bz) a $R_{zk} = 1 \Omega$					2) $Z_{TV}$ podle SR34 (100Cu + 50Bz) a $R_{zk} = 0,1 \Omega$						
celková hodnota $Z_{P22}$	měrná hodnota $Z_{P22}$	procentuální porovnání			celková hodnota $Z_{P22}$	měrná hodnota $Z_{P22}$	procentuální porovnání				
$ Z $ [Ω]	2,91	$ z $ [Ω/km]	1,077	$ Z $ [%]	399,8	$ Z $ [Ω]	1,10	$ z $ [Ω/km]	0,406	$ Z $ [%]	88,3
$\phi$ [°]	15,74			$\phi$ [%]	-69,3	$\phi$ [°]	43,85			$\phi$ [%]	-14,5
R [Ω]	2,80	r [Ω/km]	1,037	R [%]	669,2	R [Ω]	0,79	r [Ω/km]	0,293	R [%]	117,1
X [Ω]	0,79	x [Ω/km]	0,292	X [%]	73,8	X [Ω]	0,76	x [Ω/km]	0,281	X [%]	67,2
3) upravené $Z_{TV}$ a $R_{zk} = 1 \Omega$					4) upravené $Z_{TV}$ a $R_{zk} = 0,1 \Omega$						
celková hodnota $Z_{P22}$	měrná hodnota $Z_{P22}$	procentuální porovnání			celková hodnota $Z_{P22}$	měrná hodnota $Z_{P22}$	procentuální porovnání				
$ Z $ [Ω]	2,75	$ z $ [Ω/km]	1,017	$ Z $ [%]	371,8	$ Z $ [Ω]	0,97	$ z $ [Ω/km]	0,361	$ Z $ [%]	67,4
$\phi$ [°]	16,55			$\phi$ [%]	-67,7	$\phi$ [°]	51,18			$\phi$ [%]	-0,2
R [Ω]	2,63	r [Ω/km]	0,974	R [%]	622,8	R [Ω]	0,61	r [Ω/km]	0,226	R [%]	67,8
X [Ω]	0,79	x [Ω/km]	0,291	X [%]	73,3	X [Ω]	0,76	x [Ω/km]	0,281	X [%]	67,2

Z výsledků (zpřesněný simulační model – zeleně označen) tabulky 19 vyplývá, že při blízkém zkratu (2,7 km od měřicího místa) dochází k odchylce 67,4 % vypočteného modulu fázoru  $Z_{P22}$  od skutečně změřených hodnot. Simulační model pro velmi blízké zkraty (cca 2-4 km) v sobě nese nezanedbatelnou chybu ve výpočtu modulu fázoru  $Z_{P22}$ . Chyba je způsobena použitou nepřesnou měrnou impedancí trakčního vedení, jak je patrné z odchylky vypočtené reálné a imaginární složky fázoru  $Z_{P22}$  od hodnot skutečně změřených při zkratových zkouškách. Možným řešením uváděného problému by mohlo být uvažování větvení trakčního vedení ve stanici, a především přesné vstupní hodnoty měrné impedance instalovaného trakčního vedení sestavy 150Cu + 70Bz.

#### 4.3.5 Simulace zaměřené na oboustranně napájené dvoukolejně tratě

Poslední zkoumaným typovým zkratovým scénářem je případ, kdy je zkoumaný dvoukolejný traťový úsek napájen z obou stran.

V tabulce 20 jsou uvedeny hodnoty modulů, úhlů, reálných a imaginárních složek fázorů poruchových impedancí  $Z_P$  pro dvoukolejně oboustranně napájené tratě. Ze simulací získaných hodnot „zpřesněného“ simulačního modelu vyplývá, že procentuální odchylka vypočtených hodnot modulu a úhlu fázoru  $Z_P$  oproti hodnotám skutečně změřeným, splňuje tolerance používané v praxi (30-40 %) i pro tento zkoumaný případ. Odchylka modulu fázoru  $Z_P$  je 5,9 % a odchylka úhlu fázoru  $Z_P$  je - 8,1 %.

Tabulka 20

Výsledky simulací zkratového scénáře č.20 (protokol 20) z úseku Otrokovice – Nedakonice, zaměřeného na poruchovou impedanci  $Z_P$  při oboustranném napájení ze SFC1 v Otrokovicích a transformátoru v Nedakonicích

TNS Nedakonice – TNS Otrokovice									
20. protokol					Výsledky ze zkratové zkoušky EŽ				
dvoukolejná trať – oboustranné napájení					celková hodnota $Z_P$		měrná hodnota $z_P$		
místo napájení: Otrokovice SFC1, Nedakonice Tx2					Z  [Ω]	12,20	z  [Ω/km]	0,521	
místo zkratu: žst. Otrokovice 7. kolej 2. stopa					φ [°]	74,83			
vzdálenost zkratu: 23,4 km					R [Ω]	3,20	r [Ω/km]	0,137	
místo měření: Nedakonice N2					X [Ω]	11,80	x [Ω/km]	0,504	
1) $z_{TV}$ podle SR34 (100Cu + 50Bz) a $R_{zk} = 1 \Omega$					2) $z_{TV}$ podle SR34 (100Cu + 50Bz) a $R_{zk} = 0,1 \Omega$				
celková hodnota $Z_P$		měrná hodnota $z_P$		procentuální porovnání	celková hodnota $Z_P$		měrná hodnota $z_P$		procentuální porovnání
Z  [Ω]	14,76	z  [Ω/km]	0,631	Z  [%]	21,0	Z  [Ω]	13,82	z  [Ω/km]	0,591
φ [°]	54,7			φ [%]	-26,9	φ [°]	60,68		
R [Ω]	8,53	r [Ω/km]	0,364	R [%]	166,5	R [Ω]	6,77	r [Ω/km]	0,289
X [Ω]	12,05	x [Ω/km]	0,515	X [%]	2,1	X [Ω]	12,05	x [Ω/km]	0,515
3) upravené $z_{TV}$ a $R_{zk} = 1 \Omega$					4) upravené $z_{TV}$ a $R_{zk} = 0,1 \Omega$				
celková hodnota $Z_P$		měrná hodnota $z_P$		procentuální porovnání	celková hodnota $Z_P$		měrná hodnota $z_P$		procentuální porovnání
Z  [Ω]	13,66	z  [Ω/km]	0,584	Z  [%]	12,0	Z  [Ω]	12,92	z  [Ω/km]	0,552
φ [°]	61,85			φ [%]	-17,3	φ [°]	68,75		
R [Ω]	6,44	r [Ω/km]	0,275	R [%]	101,3	R [Ω]	4,68	r [Ω/km]	0,200
X [Ω]	12,04	x [Ω/km]	0,515	X [%]	2,0	X [Ω]	12,04	x [Ω/km]	0,515

Z tabulky 20 je opět patrné, že simulačně vypočtená hodnota reálné složky fázoru  $Z_P$  dosahuje větších hodnot než hodnota skutečně změřená. Z toho plyne, že korekční konstanta  $k_k$ , použitá pro zpřesnění reálné složky měrné impedance trakčního vedení simulačního modelu, by mohla dosahovat vyšší hodnoty.

#### 4.3.6 Shrnutí vypočtených měrných poruchových impedancí $z_P$

Cílem uváděné podkapitoly je shrnutí vypočtených a skutečně změřených (referenčních) měrných poruchových impedancí  $z_P$  pro všechny druhy topologií trakčního obvodu ( $z_{P1}$ ,  $z_{P21}$ ,  $z_{P20}$ ,  $z_{P22}$ ) do jedné tabulky – viz tabulka 21. V tabulce je dále vytvořeno rozdělení jednotlivých měrných poruchových impedancí i podle „zdroje zkratu“, neboli podle typu připojené napájecí stanice – konvenční nebo měničové. Tabulka 21 obsahuje vypočtené hodnoty měrných poruchových impedancí pouze pro zpřesněný simulační model ( $R_{ZK} = 0,1 \Omega$  + modifikovaná hodnota  $z_{TV}$ ). Hodnoty simulačně vypočtených měrných poruchových impedancí uvedených v tabulce 21 jsou průměrnými hodnotami ze všech obdobných zkratových scénářů – z obdobných topologií trakčního obvodu.

V praxi se vypočtené hodnoty měrných poruchových impedancí následně používají k nastavení distančních zón s krátkou dohledovou vzdáleností, u kterých nemusí být uvažován efekt bočního napájení (infeed factor). [5]

**Tabulka 21**  
Shrnutí měrných poruchových impedancí pro jednotlivé zkoumané topologie trakčního obvodu a odlišné napájecí zdroje (SFC/transformátor)

Měrné poruchové impedance															
Změřené hodnoty EŽ				Vypočtené hodnoty (zprěsněný model)				Změřené hodnoty EŽ				Vypočtené hodnoty (zprěsněný model)			
<b>z<sub>P1</sub> (jednokolejná trať)</b>								<b>z<sub>P20</sub> (dvoukolejná trať, proud opačným směrem)</b>							
zdroj zkratu: transformátor				zdroj zkratu: transformátor				zdroj zkratu: transformátor				zdroj zkratu: transformátor			
z  [Ω/km]	φ [°]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	z  [Ω/km]	φ [°]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	z  [Ω/km]	φ [°]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	z  [Ω/km]	φ [°]	r [Ω/km]	x [Ω/km]
0,46	73,89	0,13	0,44	0,49	67,97	0,18	0,45	0,33	70,41	0,11	0,31	0,34	63,33	0,15	0,30
zdroj zkratu: SFC				zdroj zkratu: SFC				zdroj zkratu: SFC				zdroj zkratu: SFC			
z  [Ω/km]	φ [°]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	z  [Ω/km]	φ [°]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	z  [Ω/km]	φ [°]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	z  [Ω/km]	φ [°]	r [Ω/km]	x [Ω/km]
0,50	68,37	0,18	0,46	0,48	67,88	0,18	0,45	0,38	64,03	0,17	0,34	0,36	63,50	0,16	0,32
<b>z<sub>P21</sub> (dvoukolejná trať, jedna stopa bez proudu)</b>								<b>z<sub>P22</sub> (dvoukolejná trať, proud stejným směrem)</b>							
zdroj zkratu: transformátor				zdroj zkratu: transformátor				zdroj zkratu: transformátor				zdroj zkratu: transformátor			
z  [Ω/km]	φ [°]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	z  [Ω/km]	φ [°]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	z  [Ω/km]	φ [°]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	z  [Ω/km]	φ [°]	r [Ω/km]	x [Ω/km]
0,47	68,37	0,17	0,43	0,44	66,29	0,18	0,40	0,59	72,11	0,18	0,56	0,54	68,86	0,19	0,50
zdroj zkratu: SFC				zdroj zkratu: SFC				zdroj zkratu: SFC				zdroj zkratu: SFC			
z  [Ω/km]	φ [°]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	z  [Ω/km]	φ [°]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	z  [Ω/km]	φ [°]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	z  [Ω/km]	φ [°]	r [Ω/km]	x [Ω/km]
0,50	67,16	0,19	0,46	0,44	66,31	0,18	0,40	0,44	71,61	0,14	0,42	0,50	69,52	0,17	0,46

**Tabulka 22**  
Procentuální porovnání jednotlivých zkoumaných měrných poruchových impedancí z<sub>P</sub> vzhledem ke skutečně změřeným hodnotám

Procentuální porovnání měrných poruchových impedancí							
z <sub>P1</sub> (jednokolejná trať)				z <sub>P21</sub> (dvoukolejná trať, jedna stopa bez proudu)			
zdroj zkratu: transformátor				zdroj zkratu: transformátor			
z  [%]	φ [%]	r [%]	x [%]	z  [%]	φ [%]	r [%]	x [%]
6,52	-8,01	38,46	2,27	-6,38	-3,04	5,88	-6,98
zdroj zkratu: SFC				zdroj zkratu: SFC			
z  [%]	φ [%]	r [%]	x [%]	z  [%]	φ [%]	r [%]	x [%]
-4,00	-0,72	0,00	-2,17	-12,00	-1,27	-5,26	-13,04
<b>z<sub>P20</sub> (dvoukolejná trať, proud opačným směrem)</b>				<b>z<sub>P22</sub> (dvoukolejná trať, proud stejným směrem)</b>			
zdroj zkratu: transformátor				zdroj zkratu: transformátor			
z  [%]	φ [%]	r [%]	x [%]	z  [%]	φ [%]	r [%]	x [%]
3,03	-10,06	36,36	-3,23	-8,47	-4,51	5,56	-10,71
zdroj zkratu: SFC				zdroj zkratu: SFC			
z  [%]	φ [%]	r [%]	x [%]	z  [%]	φ [%]	r [%]	x [%]
-5,26	-0,83	-5,88	-5,88	13,64	-2,92	21,43	9,52

Tabulka 22 obsahuje procentuální porovnání simulačně vypočtených měrných poruchových impedancí vzhledem ke změřeným hodnotám během zkratových zkoušek. V tabulce 22 se opět dělí procentuální porovnání měrných impedancí z<sub>P</sub> podle zkoumaných topologií trakčního obvodu (dvoukolejná/ jednokolejná atd.) a dále typu připojené napájecí stanice.

Při pohledu na procentuální porovnání je patrné, že pro všechny zkoumané varianty simulačního modelu trakčního obvodu dosahují odchylky modulů a úhlů vypočtených měrných impedancí poruchy hodnot výrazně nižších, než je toleranční rezerva v nastavování ochran (30 – 40 %). Hodnoty měrného odporu *r* dosahují v některých případech odchylky až 38,46 %, důvodem je již zmíněná neznalost přesných hodnot měrné impedance trakčního vedení sestavy 150Cu + 70Bz. Největších odchylek úhlu (až -10,06 %) poruchových impedancí se dosahuje u případů s napájením z transformátoru. U modulů měrných poruchových impedancí dochází k největším odchylkám, vůči referenčním hodnotám, u měrných poruchových impedancí z<sub>P22</sub> a poté z<sub>P21</sub>. Přičemž obecně největší odchylky modulů měrných poruchových impedancí nastávají při napájení ze SFC.

# 5 SIMULAČNÍ INDIKACE ZKRATŮ POMOCÍ DISTANČNÍCH OCHRAN

Cílem předkládané kapitoly je vytvoření simulačního modelu celého zkoumaného traťového úseku Nedakonice-Říkovice a následně aplikování simulační indikace zkratů ve vytvořeném modelu. Výstupem ze simulačních indikací zkratů ve zkoumaném trakčním obvodu je určení nastavení distančních ochran napáječů a vykreslení daných zón. V rámci práce je simulačně stanoveno nastavení distančních ochran napáječů u všech tří zkoumaných napájecích stanic.

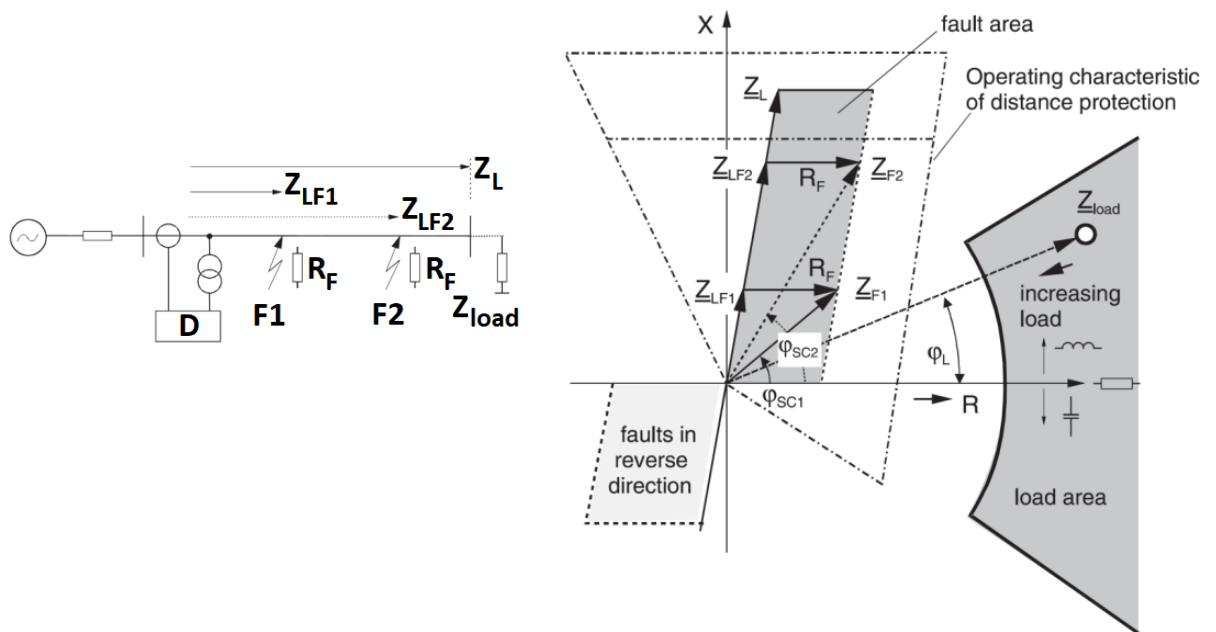
Popisem zkoumaného trakčního obvodu a dále popisem zkoumaných zón distančních ochran se zabývají následující podkapitoly. Nejprve je ale vhodné uvést krátký teoretický úvod do problematiky distančních ochran a možností nastavování jejich ochranných zón. Uvedeným shrnutím se zabývá následující podkapitola.

## 5.1 Distanční ochrany – principy, charakteristiky

### 5.1.1 Základní popis

Největší využití distančních ochran je při chránění vedení na napěťové hladině zvn a vvn, nicméně jsou hojně používány i pro chránění trakčního vedení soustavy 25 kV 50 Hz. Při možném budoucím větším rozšíření měničových napájecích stanic, a s tím souvisejících spojitě napájených úseků, je pochopitelné očekávat ještě výraznější aplikaci distančních ochran pro drážní aplikace. Neboť jak bylo dříve zmíněno, pro spojitě napájené úseky z měničových napájecích stanic nelze pro chránění použít nadproudové ochrany, frekvenční ochrany (kvůli způsobu řízení činného výkonu SFC) nebo rozdílové ochrany. Chránění trakčního vedení jsou provedena především distančními ochranami, či případně ochranami *Delta I* (reagujícími na rychlé změny proudu:  $di/dt$ ). [5], [13]

Distanční ochrana v místě jejího instalování měří fázor proudu a napětí. Z fázorů napětí a proudu následně přes Ohmův zákon získává fázor impedance. Během zkratu je vypočtená hodnota impedance nižší než impedance měřená při zátěži ( $Z_{LOAD} = U^2 / P_{LOAD}$ ). Z této úvahy vyplývá základní princip vyhodnocování zkratu: je-li změřená impedance nižší než provozní a zároveň se nachází v nastavené ochranné ploše komplexní R-X roviny distanční ochrany, pak ochrana na svém výstupu vysílá vypínací impuls do patřičného vypínače.



Obr. 18 Ukázka poruchové a provozní impedance v komplexní R-X rovině (převzato z [14])

Úhel  $\varphi_L$  impedance zátěže  $Z_{LOAD}$  je zakreslen na obr. 18 a jeho velikost závisí na poměru reálné a imaginární složky impedance zátěže potažmo na poměru činného a jalového výkonu ( $\varphi_L = \text{atan}[Q/P]$ ). [14]

Jak bylo zmíněno, při zkratu na vedení dochází ke snížení měřené impedance z hodnoty impedance zátěže na nižší poruchovou impedanci. Poruchová impedance ( $Z_{F1}$ ,  $Z_{F2}$ ) se skládá ze dvou složek. První složkou je impedance trakčního vedení mezi ochranou a zkratem ( $Z_{LF1}$  a  $Z_{LF2}$ ). Druhou složku představuje impedance zkratu ( $R_F$ ), která je čistě odporová a má v sobě zahrnutý i odpor oblouku. Výsledný fázor impedance poruchy se značí  $\varphi_{SC1}$  (nebo  $\varphi_{SC2}$ ). [14]

Z obr. 18 je patrné oddělení oblasti zátěže od oblasti poruchy. Oblast poruchy se poté vždy dělí na několik odstupňovaných ploch neboli takzvaných zón, které se liší svým dosahem. Dosahem je myšlena maximální hodnota odporu zkratu ( $R_F$ ) a maximální vzdálenost, při které je fázor impedance poruchy stále v ploše dané zóny. Na obr. 18 je vyznačena plocha ochrany pro přímý a zpětný směr chránění. [14]

Distanční ochrana je ochranou stupňovitou, u které je selektivity docíleno odstupňovanými časovými zpožděními vybavení. I v chránění drážní energetické infrastruktury jsou stejné principy jako v energetice. Ochrany (potažmo zóny ochrany) více vzdálené od zkratu mají nastavený delší čas stupně ochrany. Celkový čas vypnutí je složen z doby vypnutí vypínače a času stupně ochrany. Je nutné, aby vždy zareagovala ochrana, která je zkratu nejbližší. Při selhání vypínače či ochrany, vypíná zkrat nejbližší další ochrana (záložní). [13]

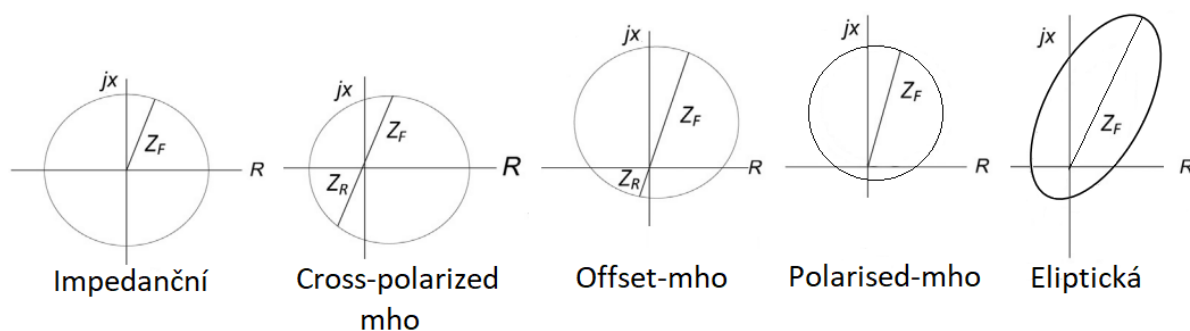
## 5.1.2 Charakteristiky distanční ochrany

Charakteristiky distančních ochrany jsou tvořeny křivkami, zakreslenými v Gaussově impedanční rovině (komplexní rovině R-X), které rozdělují rovinu na oblast zátěže či blokování ochrany a na oblast vybavení ochrany (oblast poruchy). [13]

### Charakteristiky analogových ochrany

Analogové ochrany využívají kuželosečkové charakteristiky, jelikož přinášejí výhody v podobě rychlosti a stability v přechodných stavech. Konstrukce kuželosečkových charakteristik závisí na konkrétním úhlu fázoru poruchové impedance, pro který se charakteristika sestavuje. [13]

Při sestavování charakteristik analogových ochrany je na výběr z několika variant. Pět základních charakteristik analogových ochrany je uvedeno na obr. 19.

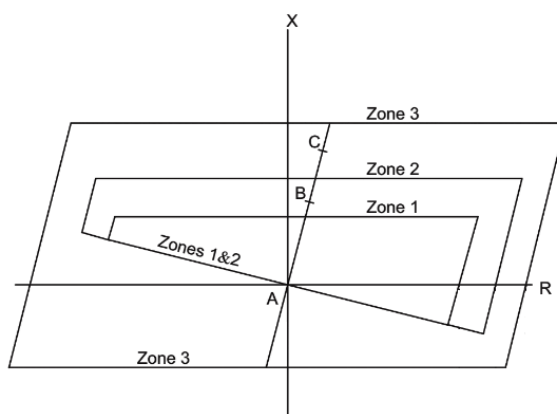


Obr. 19 Ukázka běžných charakteristik analogových distančních ochrany (překresleno z [13] a [15])

Impedanční charakteristika má za křivku kružnici se středem v počátku. Jedná se o nesměrovou charakteristiku, ve které je při potřebě směrové charakteristiky nutné použití směrového členu distanční ochrany. Charakteristika „Polarised-mho“ je směrová a nevyžaduje použití směrového členu. [13]

## Charakteristiky digitálních ochran

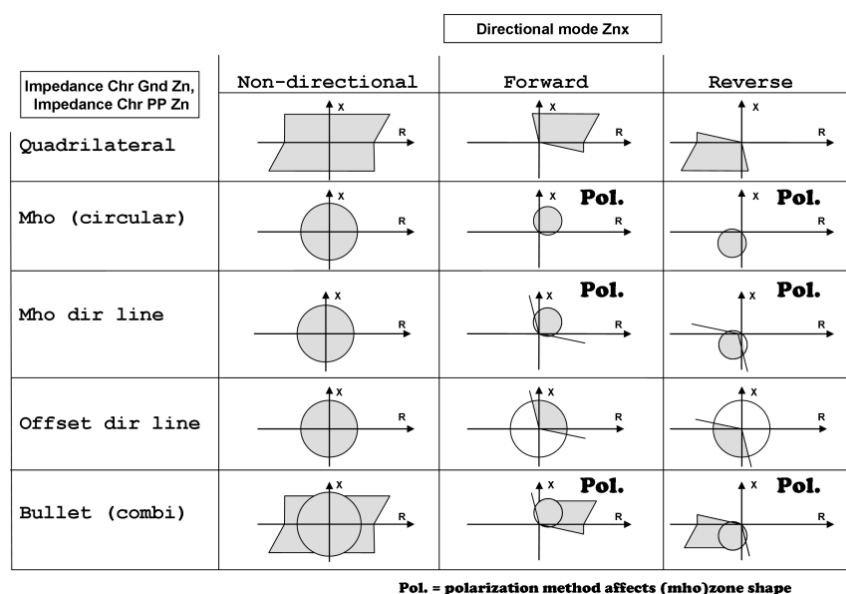
U jednotlivých zón charakteristik digitálních ochran lze nezávisle na sobě nastavovat odporový dosah ochrany (dán maximálním uvažovaným odporem zkratu potažmo oblouku) a dosah ochrany z hlediska impedance zátěže. Jedná se o hlavní výhodu digitálních distančních ochran oproti analogovým ochranám. Díky této vlastnosti poskytují digitální distanční ochrany větší dosah ve směru reálné osy soustavy (odpor) oproti analogovým ochranám. [13], [16]



Obr. 20 Ukázka charakteristiky digitální distanční ochrany (quadrilateral characteristic) – převzato z [16]

Obr. 20 obsahuje běžnou charakteristiku digitální distanční ochrany, která se nazývá „quadrilateral characteristic“. Jedná se o typ charakteristiky, který je dále v práci používán.

### Ukázka nastavitelných charakteristik ABB RELION 630 series



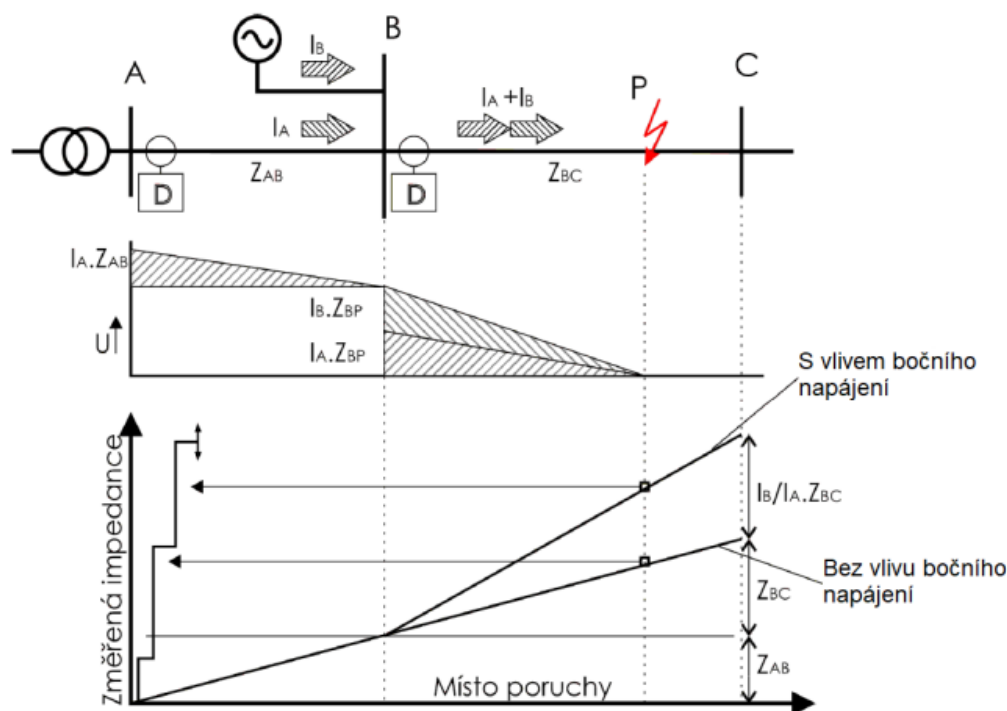
Obr. 21 Ukázka charakteristik ochrany ABB RELION 630 (převzato z [17])

Na obr. 21 jsou uvedeny nesměrové, přímé (dopředné) a zpětné charakteristiky, které lze používat v distanční ochraně ABB RELION 630 series.



### 5.1.3 Vliv bočního napájení (infeed factor)

Jedná se o negativní vliv ovlivňující měřený fázor poruchové impedance. Nastává u mřížových topologií vedení.



Obr. 22 Zkrat na vedení s bočním napájením (převzato z [18])

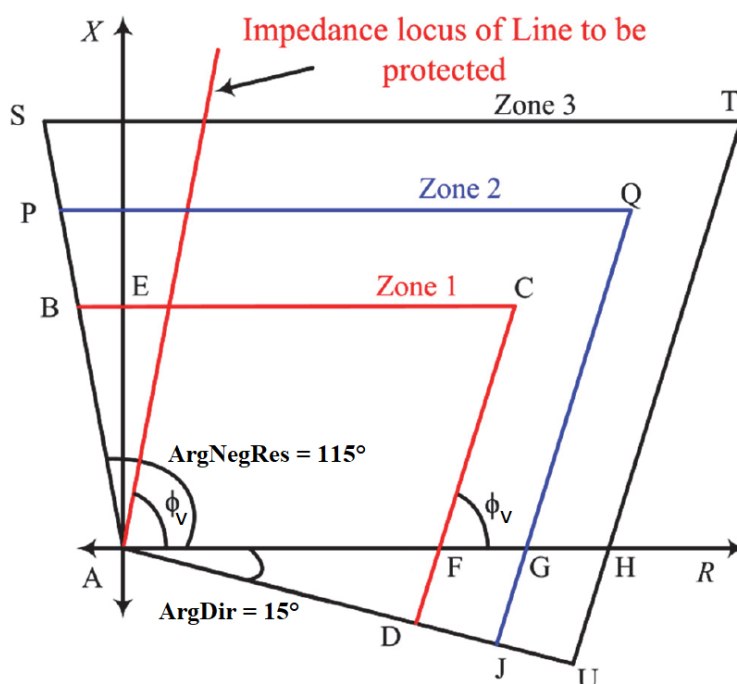
Jsou-li úseky vedení AB a BC napájeny pouze ze sběrnice A, tak nenastává efekt bočního napájení a distanční ochrana u sběrnice A změří správnou hodnotu fázoru poruchové impedance  $Z_P = Z_{AB} + Z_{BP}$  (viz obr. 22). [13]

Při úvaze napájení vedení i ze sběrnice B (znázorněná situace na obr. 22) dochází k bočnímu napájení proudem  $I_B$ , který pochopitelně zapříčiní zvýšení úbytku napětí na úseku vedení BP (sběrnice B – porucha P). Zvýšení úbytku napětí na úseku vedení BP způsobuje zvýšenou hodnotu měřeného napětí u přípojnic A. Dochází tedy ke změření mnohem vyšší poruchové impedance, než by odpovídala situaci bez bočního napájení. Vlivem bočního napájení vidí distanční ochrana u přípojnic A zkrat dál o  $I_B/I_A \cdot Z_{BP}$ . [13]

S rostoucím poměrem fázorů proudů  $I_B/I_A$  se zvyšuje chyba zanesená do měřeného fázoru poruchové impedance. Velký podíl fázorů proudů  $I_B/I_A$  vede až k nemožnosti selektivního nastavení ochrany. [13]



Z uvedených fázorů impedancí jednotlivých prvků poruchové smyčky vyplývá fázor celkové impedance ( $Z_{PP1} = 19 + j43 \Omega$ ). Z uvedeného fázoru celkové impedance je patrná maximální hodnota reaktance  $X_{PP1} = 43 \Omega$ , která určuje velikost úsečky  $AE = 43$ , potažmo vzdálenost úsečky  $BC$  od reálné osy soustavy (viz obr. 24). Maximální hodnota odporu  $R_{PP1} = 19 \Omega$  stanovuje velikost úsečky  $AF = 19$  (viz obr. 24). Úhel vedení  $\phi_V = \text{atan}(43/19) = 66,2^\circ$ , tento úhel svírá úsečka  $CD$  s reálnou osou soustavy (viz obr. 24). Výsledné zakreslení zóny 1 a ukázky zón 2 a 3 je uvedeno na obr. 24. [19]



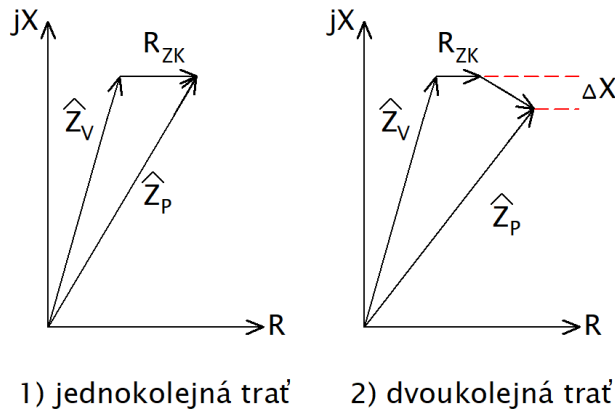
Obr. 24 Ukázka zón distanční ochrany (upraveno z [19])

Druhá zóna je nastavena, aby chránila úsek vedení dlouhý 170 km (ochrana přesahuje přes přílehnou přípojnicí do 50 % následujícího vedení). Výsledný fázor celkové poruchové impedance 2. zóny je ( $Z_{PP2} = 20 + j66 \Omega/\text{km}$ ). Z reálné složky fázoru poruchové impedance 2. zóny vyplývá délka úsečky  $AG = 20$  a z imaginární složky vyplývá vzdálenost úsečky  $PQ$  od reálné osy soustavy. Úsečka  $QJ$  je kreslena stejným úhlem  $\phi_V$  jako v případě zóny 1 (viz obr. 24). [19]

Třetí zóna je nastavena pro chránění úseku dlouhého 220 km. Při úvaze stejné hodnoty odporu zkratu a impedance zdroje je výsledný fázor poruchové impedance 3. zóny roven ( $Z_{PP3} = 22 + j83 \Omega$ ). Z uvedeného fázoru poruchové impedance 3. zóny vyplývá vzdálenost úsečky  $ST$  od reálné osy (22) a délka úsečky  $AH$  (83). Úsečka  $TU$  je kreslena stejným úhlem  $\phi_V$  jako v případě zóny 1 (viz obr. 24). [19]

### 5.1.5 Vliv vzájemné indukčnosti vedení dvoukolejné tratě a proměnného odporu zkratu na počítaný fázor poruchové impedance

V simulačních modelech třetího úkolu jsou traťové úseky dvoukolejné tratě Nedakonice–Říkovice napájeny oboustranně. Při výskytu zkratu na jedné stopě vedení dochází pochopitelně k napájení zkratu ze dvou směrů.



Obr. 25 Porovnání vlivu zkratového odporu  $R_Z$  na fázor poruchové impedance  $Z_P$  při úvaze dvoukolejné a jednokolejné tratě ( $Z_V$  = impedance vedení)

Při úvaze jednokolejného traťového úseku, napájeného z jedné strany, ovlivňuje hodnota odporu zkratu  $R_{ZK}$  pouze reálnou složku počítaného fázoru poruchové impedance (viz obr. 18 a levá část obr. 25).

Při úvaze dvoukolejného traťového úseku, napájeného z obou stran, ovlivňuje hodnota odporu zkratu jak reálnou, tak i imaginární složku počítaného fázoru poruchové impedance (viz pravá část obr. 25). Hodnota odporu zkratu  $R_{ZK}$  ovlivňuje proudové poměry v uvažovaném trakčním obvodu. Tím se mění vliv vzájemné indukčnosti souběžných stop na trakční obvod z hlediska napětí indukovaných na fiktivních modelových prvcích představujících vzájemnou indukčnost souběžného vedení. Proto proudy tekoucí do zkratu z jedné a druhé strany nejsou ve fázi. Právě odlišnost fázových posuvů proudů, tekoucích do zkratu z obou stran, způsobuje ovlivnění  $\pm \Delta X$  imaginární složky výsledného fázoru poruchové impedance  $Z_P$ .

Změna reaktance  $\Delta X$ , vyvolaná proudy tekoucími do zkratu s odlišným fázovým posuvem, nemá jen zápornou polaritu, jak je zakresleno na obr. 25, ale pochopitelně i kladnou.

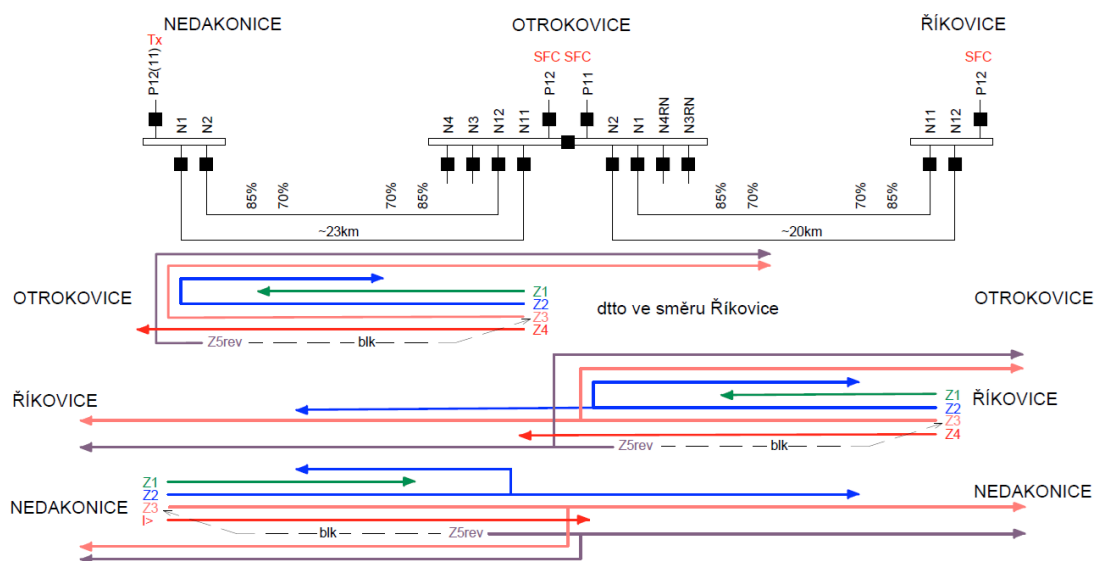
## 5.1.6 Popis úhlů ArgNegRes a ArgDir

Úhly *ArgNegRes* a *ArgDir* jsou vykresleny na obr. 24. Úhel *ArgNegRes* představuje horní úhel dopředné směrové charakteristiky a slouží především k zachycení vlivů blízkých zkratů, jak bylo již dříve popsáno. Výchozí hodnota je obvykle v distančních ochranách nastavena na 115°, ale nastavitelný rozsah je v rozmezí 90° až 175°. Obdobný rozsah nastavení úhlu *ArgNegRes* lze nalézt u distančních ochranných ABB série RELION: REL650 (viz [20]), REL521 (viz [21]), REL670 (viz [22] a [23]). Úhel *ArgNegRes* bývá občas v technických manuálech distančních ochranných také nazýván „*Min phase angle zone*“.

Úhel *ArgDir* reprezentuje spodní úhel dopředné směrové charakteristiky a primárně slouží k zachycení vzdálených zkratů. Výrobci většinou udávají výchozí hodnotu 15°, přičemž je možné úhel nastavovat v rozmezí 5° až 45°. Obdobný rozsah nastavitelnosti úhlu *ArgDir* lze nalézt u distančních ochranných ABB série RELION: REL650 (viz [20]), REL521 (viz [21]), REL670 (viz [22] a [23]). Úhel *ArgDir* bývá občas v technických manuálech distančních ochranných také nazýván „*Max phase angle zone*“.

## 5.2 Popis zkoumaného trakčního obvodu a popis nastavených zón ochrany

Simulační model zde není uveden, jelikož jeho podoba je zřejmá z popisů a ukávek simulačních modelů z dříve uvedených kapitol. Pro účely simulační indikace zkratů je použita obdoba strategie chránění distančními ochrannými, kterou Elektrizace Železnic Praha a.s. aplikovala na úseku Nedakonice-Říkovice (viz obr. 26).

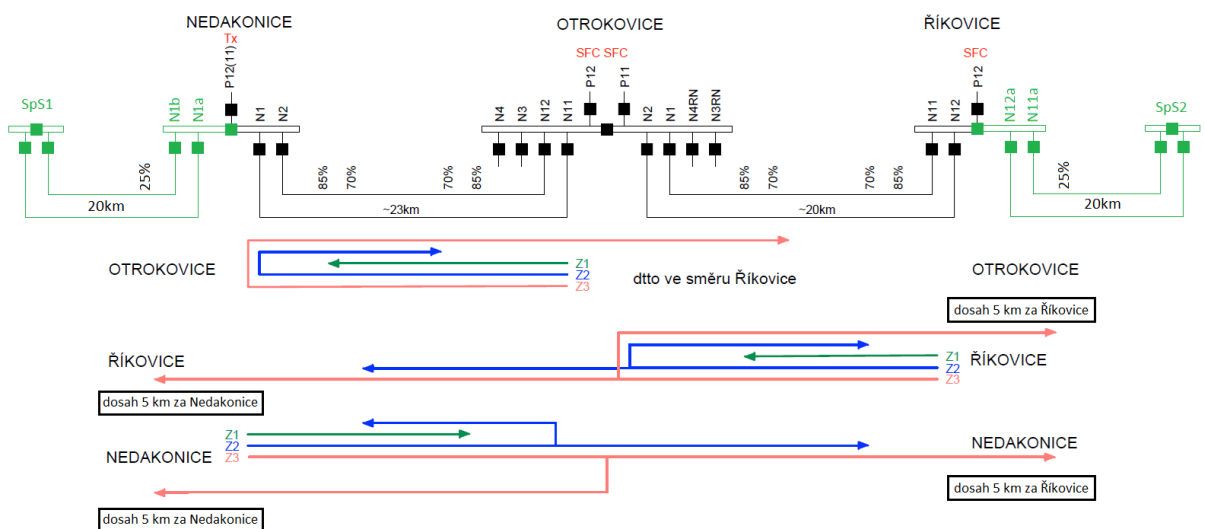


Obr. 26 Skutečně používaná strategie chránění trakčního vedení navržená EŽ (použito z [5])

**Popis zón uvedených na obr. 26:**

- **Z1** = 1. zóna distanční ochrany v napáječi, která reaguje se zpožděním 0 s a dosahuje do 85 % přilehlé trakční stopy (nepřesahuje za přípojnicí sousední rozvodny (viz obr. 26)). [5]
- **Z2** = 2. zóna distanční ochrany v napáječi, která je časově odstupňována od zóny 1 za pomoci zpoždění 0,16 s. Dosahuje do 70 % úseku za přípojnicí sousední rozvodny a dále do 70 % druhé stopy, než je umístěna distanční ochrana (viz obr. 26). [5]
- **Z3** = 3. zóna distanční ochrany v napáječi, která slouží jako ochrana záložní. Od zóny 1 je časově odstupňovaná zpožděním 0,5 s. Zóna 3 dosahuje za přípojnicí přilehlé ochrany a poté i až k přípojnicí další rozvodny. Přesný rozsah zón Z3 pro každou ze zkoumaných rozvodů je patrný z obr. 26. [5]
- **Z4** = Záložní zóna Z4 distanční ochrany v přívodu SFC s časovým zpožděním 0,6 s (přesahuje za přípojnicí sousední rozvodny). [5]
- **Z5rev** = 5. zóna distanční ochrany v napáječi, která je časově odstupňovaná od zóny 1 zpožděním 0,5 s. Zóna Z5rev se odlišuje od zón Z1 až Z4 svou směrovostí, jelikož oproti zónám Z1 až Z4, které jsou dopředné, je zóna Z5rev reverzní. Svou ochranu směřuje směrem do přilehlé přípojnice. [5]

V rámci předkládané práce jsou simulačně zkoumány pouze zóny Z1, Z2 a Z3. Strategie chránění trakčního vedení pro uváděnou práci je vykreslena na obr. 27.



Obr. 27 Strategie chránění trakčního vedení používaná v předkládané práci (přepřacováno z [5])

V simulačním modelu jsou traťové úseky spojitě napájeny a nejsou uvažována neutrální pole. Ve vytvořené strategii chránění pro předkládanou práci (viz obr. 27) jsou přijaty úvahy/úpravy v trakčním obvodu (zeleně zbarvené), které neodpovídají reálnému trakčnímu obvodu. Ve skutečnosti je v žst. Říkovice umístěn styčný bod soustav 3 kV DC a 25 kV 50 Hz, přičemž při úvahách chránění je uvažováno, že i za žst. Říkovice je soustava 25 kV 50 Hz a zóna Z3 chrání i 5 km navazujícího úseku za Říkovicemi. Pro tento případ přesahu je uvažována spínací stanice (Sps2) ve vzdálenosti 20 km od žst. Říkovice, která propojuje obě trakční stopy. Zkrat nastává ve vzdálenosti 5 km od žst. Říkovice na druhé stopě, než je analyzovaná distanční ochrana v Říkovicích (v napáječi N11/N12).

Další fiktivní úvahou je obdobné doplnění trakčního obvodu i pro úsek před Nedakonicemi (pohled zleva). V žst. Nedakonice je ve skutečnosti neutrální pole oddělující úseky trakčního vedení napájeného z trakčních transformátorů umístěných v TNS Nedakonice. Pro účely simulací je i zde aplikována fiktivní úprava trakčního obvodu. Je zde aplikována úvaha, že trakční transformátor v TNS Nedakonice dále napájí i levý úsek o délce 20 km od žst. Nedakonice a není zde uvažováno neutrální pole. I zde jsou trakční stopy propojeny ve spínací stanici Sps1. Spínací stanice je zde zakreslena zjednodušenou úvahou v podobě přípojnice.

V [5] je uvedeno, že reálně používaná nastavení ochran v Z1 a Z2 jsou stanovena na základě běžných výpočtů z měrné impedance trakčního vedení. Určení zón Z1, Z2 a Z3 je v předkládané práci provedeno pouze na základě provedených simulací. Při simulacích zón Z2 a Z3 je pochopitelné, že výsledky jsou ovlivněné efektem bočního napájení, jelikož mezi umístěním distanční ochrany a zkratem je připojen jiný zdroj energie/napájecí stanice.

Dále je zde vhodné uvést rozdíly v chránění trakčního vedení ve střídavých trakčních soustavách 15 kV 16,7 Hz a 25 kV 50 Hz napájených ze SFC. V soustavě 15 kV 16,7 Hz se používá nižšího počtu zón distančních ochran. Konkrétně jsou zde používány pouze zóny Z1 a Z2. Dále se chránění trakčního vedení u soustavy 15 kV 16,7 Hz odlišuje od soustavy 25 kV 50 Hz v aplikaci dvojí ochrany u každého napáječe, kdy každá ochrana ze zmiňované dvojice je od jiného výrobce.

### 5.2.1 Popis simulačních výpočtů

Při simulacích zaměřených na konkrétní zónu distanční ochrany dochází k postupnému posouvání místa zkratu po trakčním vedení v rozmezí celého ochranného dohledu dané zóny. Nejbližší uvažovaná vzdálenost zkratu od distanční ochrany je 0,1 km. Zároveň se simulace s posouvajícím se místem zkratu, v rámci dohledné vzdálenosti ochrany, provádí pro několik hodnot odporu zkratu  $R_{ZK}$  (včetně uvažované hodnoty  $R_{ZK} = 0 \Omega$ ).

Výstupem ze simulačních výpočtů jsou tabulky s hodnotami reálných a imaginárních složek fázorů poruchové impedance  $Z_P$  spolu s moduly a úhly daných fázorů impedance  $Z_P$  (viz přílohy T až LL).

Množina koncových bodů fázorů poruchové impedance, platných pro zkrat pohybující se v rámci dohledné vzdálenosti zkoumané zóny ochrany, definuje plochu této zóny distanční ochrany. Okrajové křivky, definující hranice vybavení/nevybavení ochrany, jsou následně vykresleny za pomoci autorem upravených postupů.

Autorovy postupy vychází z obecně platných pravidel a zákonitostí konstruování zón ochran, ale jsou autorem upraveny pro účely této práce. Protože obecně platná pravidla konstruování zón vychází především z teoreticky vypočteného fázoru poruchové impedance pro nejvzdálenější místo dohledu distanční ochrany. Fázor poruchové impedance je v tomto případě vypočten ze známých hodnot měrné impedance vedení, dané konfigurace trakčního obvodu a zvolené maximální uvažované hodnoty odporu zkratu  $R_{ZK}$  (viz kapitola 5.1.4). Následně s teoreticky vypočteným fázorem poruchové impedance jsou v praxi již známy všechny potřebné vstupy pro vykreslení zóny distanční ochrany spolu s vykreslenou oblastí zátěže.

Avšak při konstrukci zón v uváděné práci musí autor do postupů zahrnout i vliv odlišností trakčního obvodu od konvenčních případů. Odlišnostmi je myšlena úvaha spojitého napájení trakčního obvodu z kombinace napět'ových zdrojů (transformátorové napájecí stanice) a proudových zdrojů (měničové napájecí stanice ve zkratovém módu). Proto jsou postupy konstrukce zón autorem upraveny, aby se daly použít na výsledky simulačních výpočtů uvedeného trakčního obvodu. Výsledky jsou v podobě množiny fázorů poruchové impedance, a nikoliv jediného teoreticky vypočteného fázoru poruchové impedance, u kterého se předpokládá, že je nejvíce omezující/určující pro konstrukci zóny ochrany.

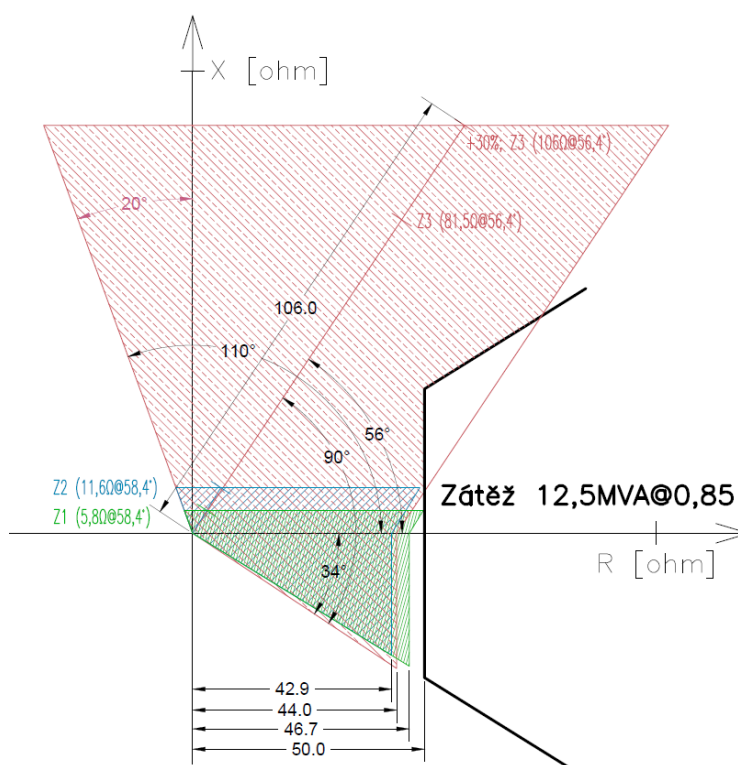


### 5.3 Konstruování zón distančních ochran

Pro umožnění porovnání skutečného nastavení dopředné distanční ochrany Z1, Z2 a Z3 se simulačně stanoveným nastavením, je na obr. 28 uvedena ukázka nastavení ochrany v napáječi N11 a N12 u TNS Říkovice.

Na obr. 28 jsou vykresleny pouze dopředné zóny ochrany Z1, Z2 a Z3. Reverzní (zpětná) distanční ochrana Z5rev a dopředná zóna Z4 nejsou na obrázku vykresleny. Tvar zóny Z5rev je obdobný jako u dopředných zón, pouze je oproti nim o 180° pootočen.

V rámci simulačně vytvářených nastavení zón ochrany Z1, Z2 a Z3 jsou vykreslována nastavení v podobě dopředných distančních ochran, jako je tomu u nastavení ochrany vytvořených Elektrizací železnic Praha a.s.. Nicméně v rámci provedených simulací se v některých případech koncové body fázorů poruchové impedance vyskytují i v oblasti 3. kvadrantu komplexní R-X roviny a ne pouze v oblastech ohraničených zónami nastavenými Elektrizací železnic Praha a.s.. Podrobnější popsání a případná řešení ochrany těchto oblastí jsou popsána dále v textu.

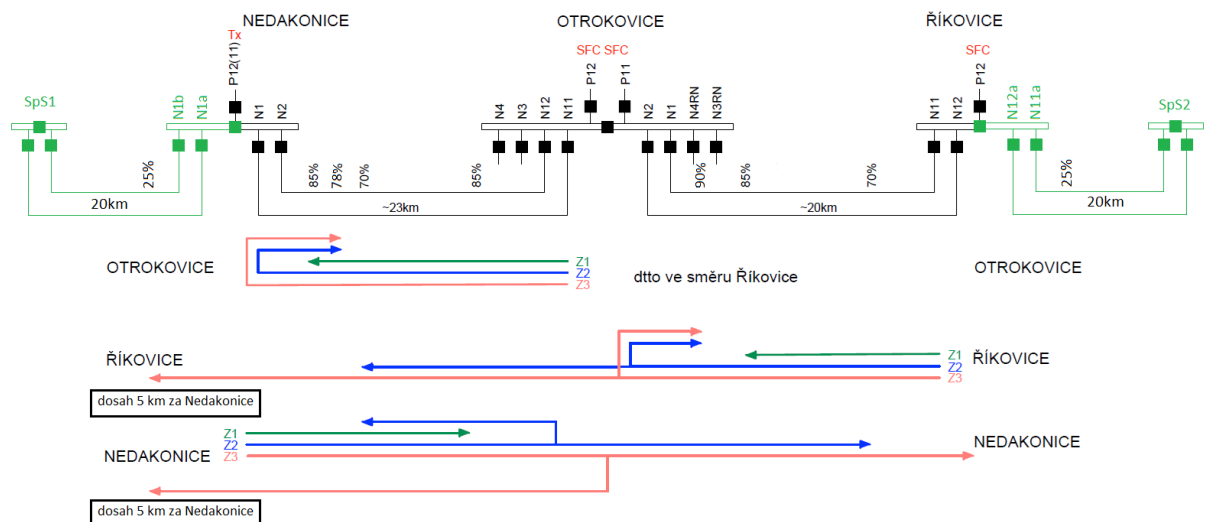


Obr. 28 Nastavení dopředné distanční ochrany Z1, Z2 a Z3 v napáječi N11, N12 TNS Říkovice (použito z [5])

Z obr. 28 je patrná odlišnost tvorby nastavení zón Z1, Z2 a Z3 pro chránění trakčního vedení od postupu pro energetickou soustavu, uvedeného v kapitole 5.1.4. Odlišnost je v podobě aplikace úhlu  $90^\circ$  mezi teoreticky vypočteným fázorem poruchové impedance jednotlivých zón (na obr. 28 jsou Elektrizační železnic Praha a.s. fázory poruchové impedance vyznačeny Z1, Z2 a Z3) a spodní křivkou zóny u nastavení distanční ochrany trakčního vedení. Toto pravidlo u tvorby charakteristik distančních ochrany energetických sítí není většinou používáno a daný úhel se nastavuje podle potřebné plochy ochrany v 2. kvadrantu komplexní R-X soustavy.

Při pohledu na přechod mezi zónami chránění a oblastí zátěže (viz obr. 28) je patrné, že se v praxi při chránění trakčního vedení ponechává pouze malá rezerva mezi přechodem oblasti vybavení ochrany a oblasti zátěže. To je rozdíl oproti nastavování ochrany u energetické sítě, kdy se například používá 20% odstup mezi charakteristikou ochrany a minimální provozní impedancí (viz například [13]). U simulačně vytvářených zón ochrany trakčního vedení je proto také používáno pouze malé rezervy mezi přechodem oblastí vybavení ochrany a zátěže.

Strategie chránění trakčního vedení, při které se koncové body simulačně změřených fázorů poruchové impedance nachází v oblasti pokrytí dopřednými distančními ochranami Z1, Z2 a Z3, je uvedena na obr. 29.



Obr. 29 Strategie chránění trakčního vedení používaná v předkládané práci, při které je dostačující použití pouze dopředných ochrany (přepřacováno z [5])

### 5.3.1 Používaný postup konstrukce zón Z1, Z2, Z3 za pomoci simulačních výpočtů

Ve všech vykreslených nastaveních zón distančních ochran jsou rozměry uvažované oblasti zátěže (12,5 MVA @  $\cos\varphi = 0,85$ ) přežaty z [5] (viz. obr. 28). Minimální hodnota zátěžného odporu je  $50 \Omega$ .

Nejprve před zhodnocením a zanalyzováním nastavení jednotlivých zón distančních ochran, umístěných v napáječích uvažovaných TNS, je vhodné uvést postup jejich tvorby.

Ze simulačních výsledků, zaměřených na určení nastavení zón distančních ochran všech tří zkoumaných NS (viz přílohy T až LL) vyplývá, že změřená imaginární složka (reaktance) fázoru poruchové impedance s rostoucím odporem zkratu  $R_{ZK}$  má jiný trend změn při měření u SFC a u transformátoru. Při měření fázoru poruchové impedance u SFC dochází k poklesu poruchové reaktance s růstem odporu zkratu. Naopak měřené hodnoty poruchové reaktance u transformátoru rostou s růstem odporu zkratu. Důvodem je odlišná fyzikální podstata jednotlivých zdrojů energie. SFC ve zkratovém módu se chová jako proudový zdroj a transformátor je zdrojem napětíovým. Z toho vyplývá, že je nutné vytvořit dva postupy konstrukce zón ochran neboli vytvořit postup zvlášť pro ochrany umístěné u napáječe ze SFC a z transformátoru.

Při konstrukci zón distančních ochran se vychází z ukázkového popisu konstrukce zóny– viz kapitola 5.1.4.

#### 5.3.1.1 Postup konstrukce zón distančních ochran umístěných u MNS

Ze simulací jsou pro danou zónu Z1, Z2 nebo Z3 získány hodnoty fázorů poruchové impedance pro celý rozsah dohledu distanční ochrany (viz obr. 27) a pro různé hodnoty odporů zkratu. Koncové body získaných fázorů poruchových impedancí následně definují plochy zón distančních ochran.

Maximální hodnota odporu zkratu, při které je daná zóna distanční ochrany ještě schopna v celém rozsahu dohledové vzdálenosti chránit trakční vedení, je stanovena z porovnání minimálního odporu zátěže ( $50 \Omega$ ) a reálné složky měřeného fázoru poruchové impedance. Neboli  $R_{ZKmax}$  se ze simulací stanovuje tak, aby při zkratu v nejvzdálenějším místě dohledu zóny ochrany byla změřená hodnota reálné složky fázoru poruchové impedance mimo oblast zátěže, a přitom aby byla zároveň co nejbližší hranici oblasti zátěže (s ohledem na požadovanou rezervu mezi oblastí zátěže a oblastí vybavení ochrany).

Nyní následuje samotný postup tvorby nastavení zón distančních ochran umístěných u MNS:

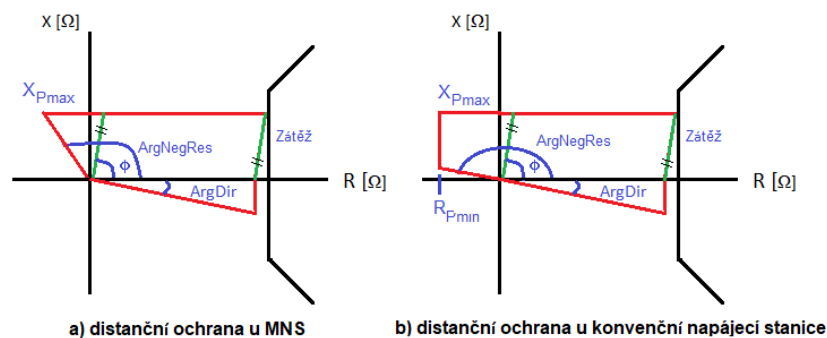
Z kapitoly 5.1.4 a simulačně získaných dat pro daný trakční obvod vyplývá, že pro zkonstruování zóny distanční ochrany jsou potřebné čtyři základní veličiny: úhel  $ArgNegRes$ , úhel  $ArgDir$ , hodnota maximální poruchové reaktance  $X_{Pmax}$  a úhel  $\varphi/\varphi_V$  fázoru rozhodné poruchové impedance.

Nutností je pochopitelně také zkonstruování dříve uvedené plochy zátěže před konstrukcí zón distanční ochrany, neboť plocha zátěže limituje zóny ochrany (viz body B1, B2 a B3 zóny Z3 ochrany u Říkovic zkonstruované na obr. 31).

Fázor rozhodné poruchové impedance je měřen distanční ochranou umístěnou u SFC při úvaze výskytu zkratu v nejbližším místě dohledu zkoumané zóny ochrany (viz obr. 27) a nulové hodnotě odporu zkratu ( $R_{ZK} = 0 \Omega$ ). Přičemž nejbližší místo dohledu dané zóny distanční ochrany je nutno uvažovat pouze v rozmezí mezi přípojniciemi v Nedakonicích a Říkovicích (černě zakreslená část obr. 27). Hodnota maximální poruchové reaktance  $X_{Pmax}$  je při úvaze distanční ochrany umístěné u MNS imaginární složkou fázoru rozhodné poruchové impedance.

Při konstrukci zón distančních ochran umístěných u MNS lze uvažovat běžně v praxi používanou hodnotu úhlu  $ArgNegRes = 110^\circ$  (viz obr. 28). Při získávání úhlu  $ArgDir$  autor zvolil metodu použitou v [5]. Neboli úhel  $ArgDir$  dosahuje pro dané zóny ochrany takových hodnot, aby jeho součet s úhlem fázoru rozhodné poruchové impedance  $\varphi$  dával výslednou hodnotu  $90^\circ$ .

Při znalosti všech čtyřech veličin (viz obr. 30) již lze zkonstruovat zónu distanční charakteristiky aplikací základních goniometrických vzorců a dříve uváděného postupu konstrukce v kapitole 5.1.4.



Obr. 30 Základní veličiny pro konstrukci zón distančních ochran u MNS a konvenčních napájecích stanic

### 5.3.1.2 Postup konstrukce zón distančních ochran umístěných u transformátorových napájecích stanic

Pro zkonstruování zón distančních ochran, umístěných u konvenčních napájecích stanic, je potřeba pěti základních veličin (viz obr. 30): úhel  $ArgNegRes$ , úhel  $ArgDir$ , hodnota maximální poruchové reaktance  $X_{Pmax}$ , hodnota minimálního poruchového odporu  $R_{Pmin}$  a úhel  $\varphi/\varphi_V$  fázoru rozhodné poruchové impedance. Další omezení dále opět zajišťuje plocha zátěže.

Fázor rozhodné poruchové impedance je měřen distanční ochranou umístěnou u konvenční napájecí stanice při úvaze výskytu zkratu v nejvzdálenějším místě dohledu zkoumané zóny ochrany (viz obr. 27) a nulové hodnotě odporu zkratu ( $R_{ZK} = 0 \Omega$ ). Pro rozmezí nejvzdálenějšího místa dohledu zkoumané zóny ochrany platí stejné pravidlo jako u MNS. Hodnota maximální poruchové reaktance  $X_{Pmax}$  je při úvaze distanční ochrany umístěné u konvenční napájecí stanice imaginární složkou fázoru poruchové impedance, měřeného při daném maximálním zkratovém odporu  $R_{ZKmax}$  a nejvzdálenějším místě dohledu zkoumané zóny ochrany. Tím se odlišuje konstrukce zón ochran umístěných u transformátorů oproti konstrukci zón ochran umístěných u SFC. Hodnota minimálního poruchového odporu  $R_{Pmin}$  je získána z provedených simulací.

Omezení z hlediska hodnot  $X_{Pmax}$  záleží na volbě maximálního uvažovaného zkratu odporu tvůrce zón distančních ochran. Jelikož při možnosti návrhu chránění trakčního obvodu na nižší hodnotu maximálního uvažovaného zkratového odporu se zároveň snižuje hodnota  $X_{Pmax}$ .

Při konstrukci zón distančních ochran umístěných u transformátoru se volí hodnota úhlu  $ArgNegRes$  taková, aby v ploše dané zóny ochrany byly obsaženy všechny simulačně vypočtené koncové body fázorů poruchových impedancí. Přičemž hodnota úhlu  $ArgNegRes$  nesmí být větší než  $175^\circ$ , neboť se jedná o hraniční hodnotu, kterou lze nastavit ve vnitřní logice distanční ochrany.

Při získávání úhlu  $ArgDir$  se volí stejný postup jako u distančních ochran umístěných u MNS. Avšak u zón chránících vzdálenější úseky nastává problém s používaným pravidlem, neboť vychází hodnota úhlu  $ArgDir$  nižší jak  $5^\circ$  (minimální nastavitelná hodnota úhlu  $ArgDir$  v řídicím systému distanční ochrany). Proto u těchto zón je nutné stanovit úhel  $ArgDir$  na hodnotu  $5^\circ$  a tím nedodržovat pravidlo týkající se kolmosti na úhel  $\varphi$ .

Ze znalosti všech pěti základních veličin a hraničních křivek zóny zátěže lze známými principy zkonstruovat zóny distančních ochran umístěných u konvenčních napájecích stanic.

### 5.3.2 Analýza zón Z1, Z2, Z3 ochrany v napáječi N11/N12 TNS Říkovice

Simulačně získané hodnoty modulů a úhlů fázorů poruchových impedancí, definujících nastavení zóny Z1 distanční ochrany v Říkovících, jsou uvedeny v příloze T. Hodnoty fázorů poruchových impedancí týkajících se nastavení zóny Z2 jsou uvedeny v přílohách U až W. Přílohy X až Z obsahují výsledky simulačních výpočtů týkajících se zóny Z3. Důležité hodnoty (úhel rozhodného poruchového fázoru a  $X_{Pmax}$ ), potřebné pro určení hraničních křivek nastavení zón Z1 až Z3, jsou v přílohových tabulkách žlutě zvýrazněny.

Vykreslené nastavení dopředné zóny Z1 distanční ochrany v Říkovících je uvedeno v příloze MM a nastavení dopředné zóny Z2 ochrany se nachází v příloze NN. Nastavení zbylých zón se nachází v této podkapitole. V simulacích provedených za účelem zjištění nastavení zón distančních ochran (umístěných v Říkovících) je uvažován pouze jediný připojený SFC v TNS Otrokovice, jelikož při této variantě bylo dosaženo mírně vyšších hodnot fázorů měřených poruchových impedancí (o cca 1-3 %). Např. u imaginární části impedance jsou získány hodnoty:  $X_P = 7,2 \Omega$  (2x SFC) a  $X_P = 7,4 \Omega$  (1x SFC). Jedná se o zanedbatelnou změnu, ale i přesto je zvoleno použití pouze 1x MNS v Otrokovících. Tím se odlišují simulace pro Říkovice od simulací pro Otrokovice a Nedakonice, neboť tam jsou uvažovány zapojené 2x SFC v Otrokovících (jsou zde více omezujícím případem z hlediska  $X_P$ ).

Zkonstruovaná zóna Z1 distanční ochrany v Říkovících (viz příloha MM) má následující konstrukční parametry:  $ArgNegRes = 110^\circ$ , úhel rozhodného fázoru poruchové impedance  $\varphi = 72,05^\circ$  a  $ArgDir = 17,95^\circ$ . Maximální hodnota  $X_{Pmax} = 7,369 \Omega$  je pro účely vykreslení zaokrouhlena na vyšší celé číslo:  $X_{Pmax} = 8 \Omega$ . Hodnota maximálního zkratového odporu získaného ze simulací je  $R_{ZKmax} = 10 \Omega$ . Všechny simulačně vypočtené fázory poruchové impedance se nachází v nastavené dopředné zóně Z1. Oproti konstrukci zóny Z1 vytvořené Elektrizací železnic Praha a.s. se modul rozhodného fázoru poruchové impedance  $Z_{PZ1}$  odlišuje o cca + 34 % a v úhel se odlišuje o + 24 % (viz příloha T (data ze simulací) a viz obr. 28 (EŽ)).

Vytvořená zóna Z2 distanční ochrany v Říkovících (viz přílohy U až W) má následující konstrukční parametry:  $ArgNegRes = 110^\circ$ , úhel rozhodného fázoru poruchové impedance  $\varphi = 54,07^\circ$  a  $ArgDir = 35,93^\circ$ . Maximální hodnota  $X_{Pmax} = 26,25 \Omega$  je zaokrouhlena na vyšší celé číslo:  $X_{Pmax} = 27 \Omega$ . Hodnota maximálního zkratového odporu získaného ze simulací se pochopitelně pro různé větvení dohledu ochrany liší (viz přílohy U až W).

Fázory poruchové impedance, které jsou měřené při výskytu zkratu na druhé trakční stopě, než je umístěna distanční ochrana, se nachází v nastavené zóně Z1 pouze při vzdálenosti do 10 % délky úseku Otrokovice-Říkovice (měřeno od žst. Otrokovice). Při větší vzdálenosti se koncové body fázorů poruchové impedance nacházejí i ve 3. kvadrantu R-X soustavy. Na ochranu tohoto úseku vedení by mohla být použita jedna nesměrová ochrana (viz obr. 21) místo pouze dopředné zóny Z2 anebo by mohla být aplikována kombinace dopředné zóny Z2 a zpětné zóny Z23rev (viz obr. 31).

Oproti konstrukci zóny Z2, vytvořené Elektrizací železnic Praha a.s., se hodnoty vypočtených úhlů rozhodných poruchových impedancí odlišují obdobně jako u zóny Z1. Modul simulačně vypočteného rozhodného fázoru impedance  $Z_{PZ2}$  je 3x větší než modul stanovený Elektrizací železnic Praha a.s. (viz příloha V (data ze simulací) a viz obr. 28 (EŽ)).

Zkonstruovaná zóna Z3 distanční ochrany v Říkovících je uvedena na obr. 31. Konstrukční parametry zóny Z3 jsou následující (viz přílohy X až Z):  $ArgNegRes = 110^\circ$ , úhel rozhodného fázoru poruchové impedance  $\varphi = 68,07^\circ$  a  $ArgDir = 21,93^\circ$ . Maximální hodnota  $X_{Pmax} = 33,6 \Omega$  je pro účely vykreslení zaokrouhlena na  $X_{Pmax} = 34 \Omega$ . Tabulka 23 obsahuje body křivek zón Z3 a Z3+30%.

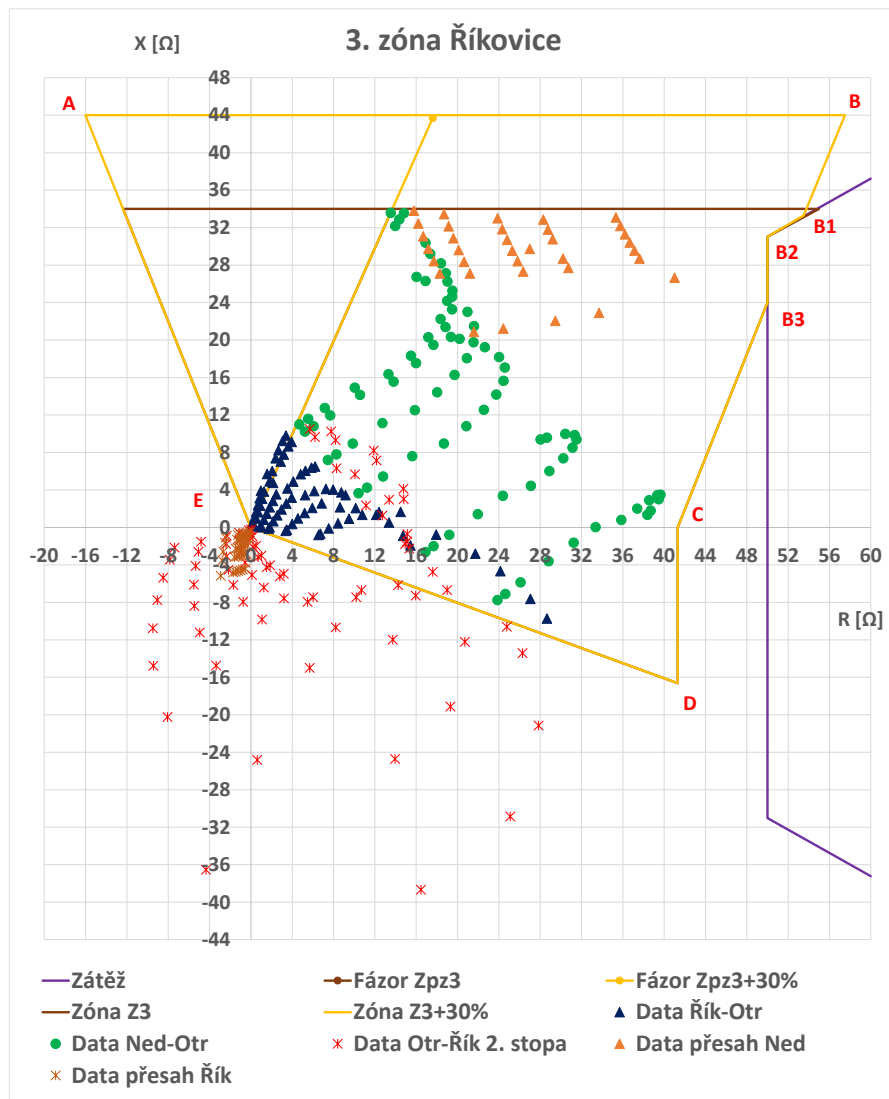
Obr. 31 dále obsahuje úpravu zóny Z3 v podobě přidané 30% rezervy modulu rozhodného fázoru poruchové impedance  $Z_{PZ3}$ . Úhel fázoru impedance zůstává nezměněn.

Dříve uvedený problém s dosahem použité dopředné topologie zóny Z2 do více jak 10 % úseku při úvaze zkratu na druhé trakční stopě, než je zkoumaná distanční ochrana, přetrvává i u dopředné zóny Z3 (viz obr. 31)

Oproti konstrukci zóny Z3 vytvořené Elektrizací železnic Praha a.s., je vypočtený modul rozhodného fázoru poruchové impedance  $Z_{PZ3+30\%}$  cca 3x menší a vypočtený úhel fázoru  $Z_{PZ3+30\%}$  se odlišuje o + 21 % (viz příloha X (data ze simulací) a viz obr. 28 (EŽ)).

Na obr. 32 je uveden přehled všech vytvořených zón distanční ochrany v Říkovících. Provozní omezení z hlediska rekuperace (2. a 3. kvadrant R-X soustavy) je opět převzato z [5].

Zpětná zóna Z23rev na obr. 32 je vykreslena pouze jako doplňující úkol. Jedná se o zónu, která chrání trakční vedení při zkratových scénářích, které dopředné zóny Z2 a Z3 (Z3+30%) nemohou vyhodnotit jako zkraty na trakčním vedení.



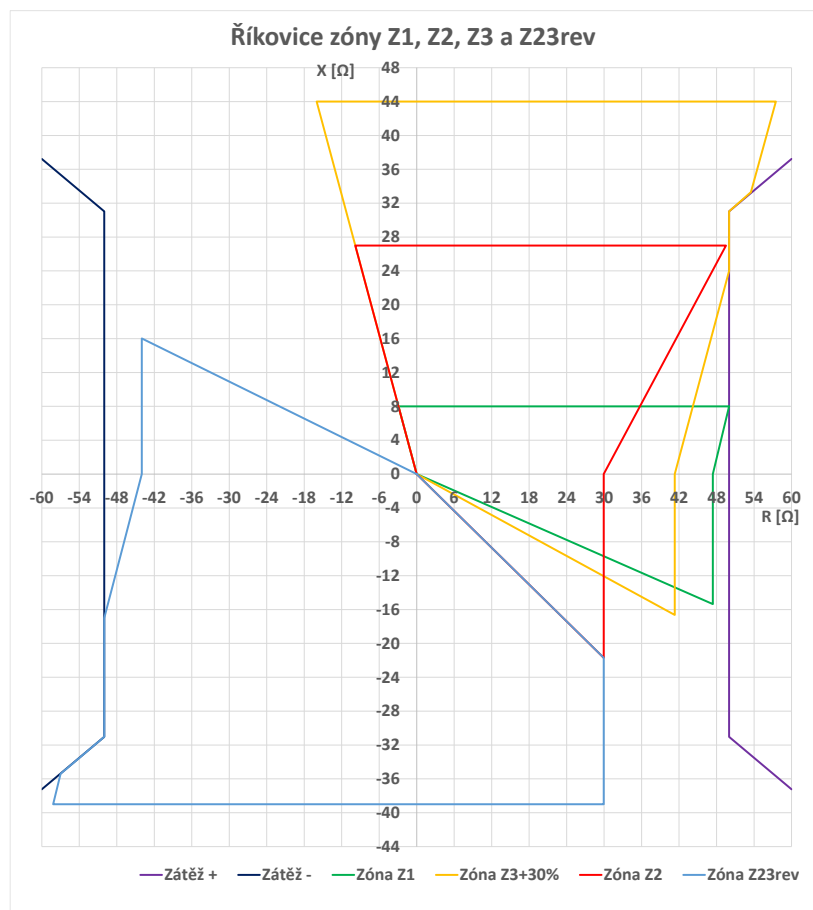
Obr. 31 Nastavení zóny Z3 distanční ochrany v Říkovicích + simulačně získaná data

Tabulka 23  
Body nastavení zóny Z3 a Z3+30% distanční ochrany v Říkovicích

Říkovice									
Zóna Z3									
Bod	E	A	B	B1	B2	C	D	E	
R [ $\Omega$ ]	0	-12,375	55	50	50	41,311	41,311	0	
X [ $\Omega$ ]	0	34	34	31,03	24	0	-16,632	0	
Říkovice									
Zóna Z3+30%									
Bod	E	A	B	B1	B2	B3	C	D	E
R [ $\Omega$ ]	0	-16,015	57,5	53,5	50	50	41,311	41,311	0
X [ $\Omega$ ]	0	44	44	33,3	31,03	24	0	-16,632	0

Je zde nutné podotknout, že zpětná zóna Z23rev je na obr. 32 uvedena pouze jako doplňující náčrt. Konstrukční parametry zóny Z23rev jsou následující:  $ArgDir = 20^\circ$ ,  $ArgNegRes = 144^\circ$ , minimální poruchová reaktance  $XP_{min} = -39 \Omega$ . Úhel  $\varphi = 70^\circ$  je zvolen náhodně za účelem vytvoření pouhého náčrtu zóny Z23rev.





Obr. 32 Přehled nastavení všech zón distanční ochrany v Říkovicích

### 5.3.3 Analýza zón Z1, Z2, Z3 ochrany v napáječi N1/N2 TNS Nedakonice

Příloha AA obsahuje tabulku se simulačně vypočtenými hodnotami reálných částí, imaginárních částí, modulů a úhlů fázorů poruchových impedancí definujících nastavení zóny Z1 distanční ochrany v Nedakonicích. Vypočtené hodnoty týkající se nastavení zóny Z2 jsou uvedeny v přílohách BB až DD. Vypočtené hodnoty fázorů poruchové impedance, sloužící pro popsání zóny Z3 distanční ochrany, jsou zaznamenány v přílohách EE až GG.

Příloha OO sestává z vykreslené zóny Z1 distanční ochrany umístěné v Nedakonicích. V příloze PP je uvedena konstrukce ochranné zóny Z2. Konstrukce zbylých zón distanční ochrany v Nedakonicích jsou uvedené v předkládané podkapitole.

Konstrukční parametry vytvořené zóny Z1 distanční ochrany v Nedakonicích (viz příloha OO a AA):  $ArgNegRes = 110^\circ$ , úhel rozhodného fázoru poruchové impedance  $\varphi = 71,69^\circ$  a  $ArgDir = 18,05^\circ$ . Maximální hodnota  $X_{Pmax} = 26,5 \Omega$  je zaokrouhlena na hodnotu  $X_{Pmax} = 27 \Omega$ . U zóny Z1 distanční ochrany v Nedakonicích má úhel  $ArgNegRes$  nízkou hodnotu oproti ostatním zónám, a nemusí se proto upravovat nastavení zóny ochrany podle  $R_{Pmin}$ .

Hodnota maximálního zkratového odporu získaného ze simulací je  $R_{ZKmax} = 10 \Omega$ . Simulačně vypočtené fázory poruchové impedance se nachází bez výjimek v nastavené dopředné zóně Z1.

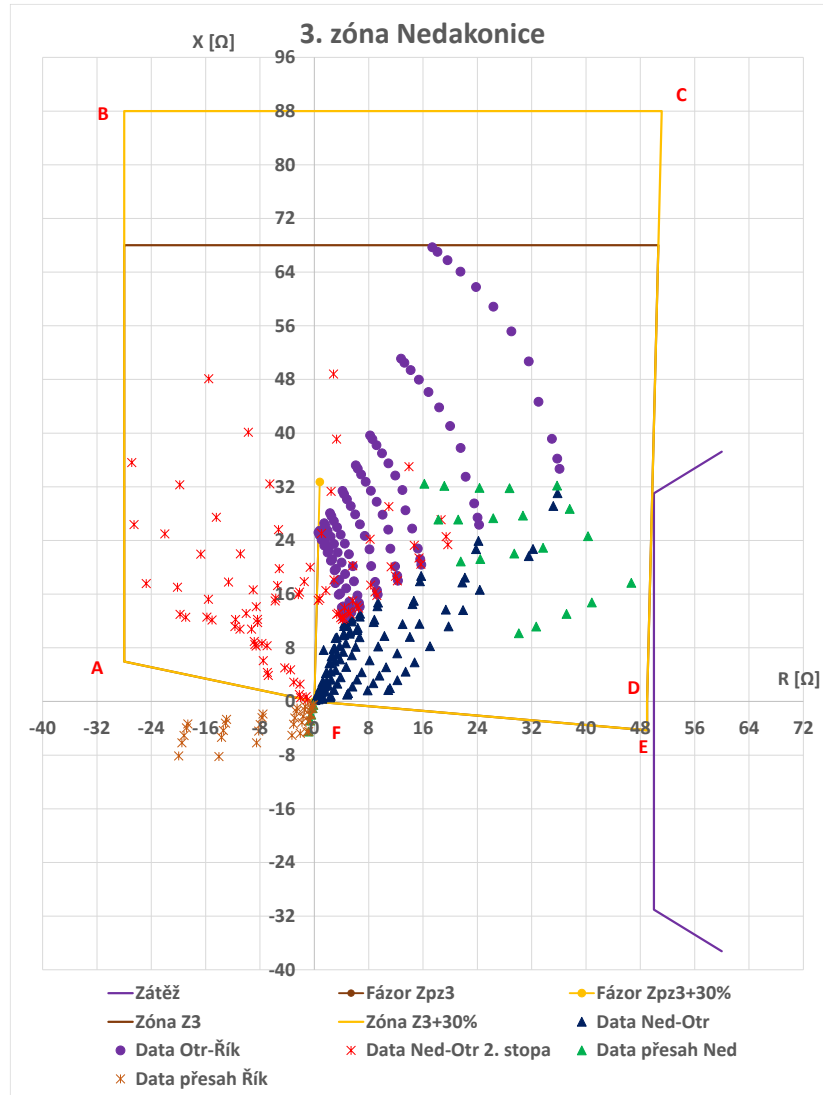
Vytvořená zóna Z2 distanční ochrany v Nedakonicích (viz přílohy BB až DD a dále i PP) má následující konstrukční parametry. Úhel  $ArgNegRes$  má hodnotu  $136^\circ$ , hodnota je zvolena s ohledem na simulačně získaný maximální úhel fázoru poruchové impedance. Úhel rozhodného fázoru poruchové impedance je  $\varphi = 86,35^\circ$ . Při aplikaci dříve zmiňovaného pravidla pro dopočítávání úhlu  $ArgDir$  z úhlu  $\varphi$ , by hodnota úhlu  $ArgDir$  vycházela nižší, než je minimální nastavitelná hodnota v řídicí jednotce distanční ochrany. Proto je zvolena hodnota  $ArgDir = 5^\circ$ . Maximální hodnota poruchové reaktance  $X_{Pmax} = 64,06 \Omega$  je zaokrouhlena na vyšší celé číslo:  $X_{Pmax} = 65 \Omega$ . Rozmezí hodnot zkratových odporů, při kterých dochází ke správné detekci zkratu v jednotlivých sekcích dohledu zóny Z2 distanční ochrany vyplývá z příloh BB až DD a minimální hodnoty odporu zátěže ( $50 \Omega$ ). Simulačně určená minimální hodnota poruchového odporu odpovídá hodnotě  $R_{Pmin} = -26,89 \Omega$ . Pro účely vykreslení zóny Z2 je hodnota  $R_{Pmin}$  zaokrouhlena na hodnotu  $-27 \Omega$ .

Distančních ochrany umístěné u transformátorových napájecích stanic nemají problémy s ochranným dosahem zóny Z2 až do navrhovaných 70% délky (měřené od žst. Otrokovice) opačné trakční stopy, než je stopa se zkoumanou distanční ochranou (viz příloha PP). Na vykreslení zóny Z2 distanční ochrany v Nedakonicích (viz příloha PP) je uveden čárkovanou čarou dříve popisovaný vliv snížení maximálního odporu zkratu (z  $R_{ZKmax} = 8 \Omega$  na  $R_{ZKmax} = 4 \Omega$ ) na snížení hodnoty maximální poruchové reaktance  $X_{Pmax}$ .

Zkonstruovaná zóna Z3 distanční ochrany v Nedakonicích je uvedena na obr. 33. Konstrukční parametry zóny Z3 jsou následující (viz přílohy EE až GG):  $ArgNegRes = 168^\circ$  (stanoven na základě maximálního úhlu fázoru poruchové impedance), úhel rozhodného fázoru poruchové impedance  $\varphi = 88,6^\circ$  a  $ArgDir = 5^\circ$  (minimální nastavitelná hodnota). Maximální hodnota  $X_{Pmax} = 67,71 \Omega$  je pro účely vykreslení zaokrouhlena na  $X_{Pmax} = 68 \Omega$ . V tabulce 24 jsou uvedeny body křivek zón Z3 a Z3+30% pro distanční ochranu v Nedakonicích. Vytvoření zóny Z3+30% opět spočívá pouze v přičtení 30 % rezervy k modulu rozhodného fázoru poruchové impedance  $Z_{PZ3}$  (vytvoří se fázor impedance  $Z_{PZ3+30\%}$ ).

Při analyzování výsledků distanční ochrany umístěné v Nedakonicích a zkratech vyskytujících se na trakční stopě za přípojnicí v Říkovcích, se vyskytují fázory poruchové impedance ve 3. kvadrantu komplexní impedanční roviny.

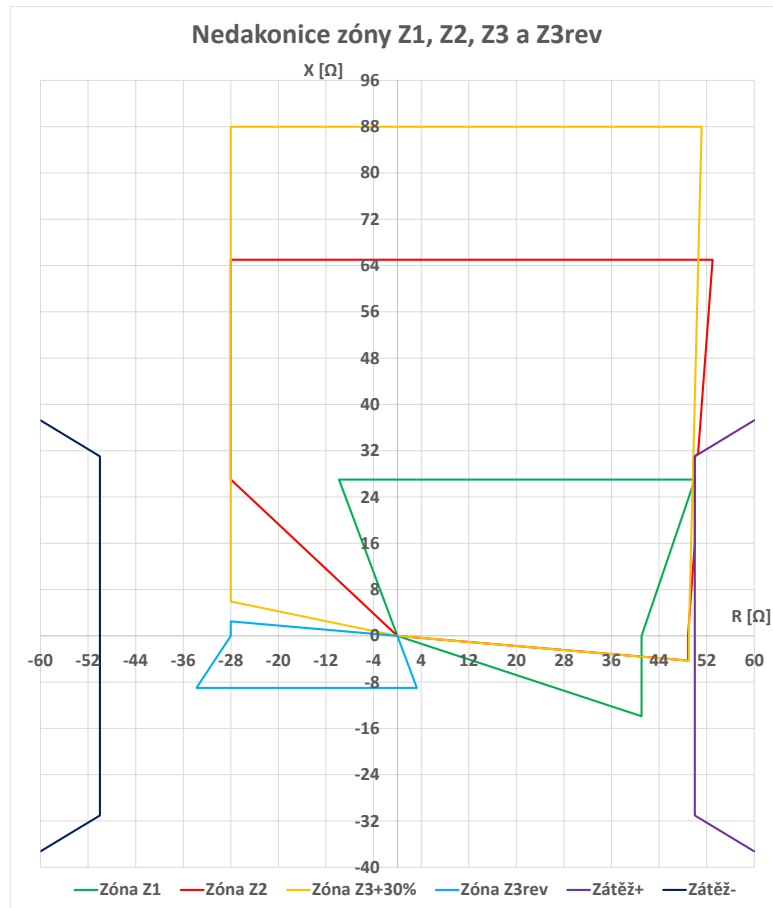
Pro zajištění chránění uvedeného trakčního vedení za přípojnicí v Říkovcích (distanční ochrana umístěná v Nedakonicích) je nutné doplnit do strategie chránění pomocnou zpětnou/reverzní zónu Z3rev. Obr 34 obsahuje přehled všech vytvořených zón distanční ochrany v Nedakonicích.



Obr. 33 Nastavení zóny Z3 distanční ochrany v Nedakonicích + simulačně získaná data

Tabulka 24  
Body nastavení zóny Z3 a Z3+30% distanční ochrany v Nedakonicích

Nedakonice							
Zóna Z3							
Bod	F	A	B	C	D	E	F
R [Ω]	0	-28	-28	50,662	49	49	0
X [Ω]	0	5,95	68	68	0	-4,287	0
Nedakonice							
Zóna Z3+30%							
Bod	F	A	B	C	D	E	F
R [Ω]	0	-28	-28	51,151	49	49	0
X [Ω]	0	5,95	88	88	0	-4,287	0



Obr. 34 Přehled nastavení všech zón distanční ochrany v Nedakonících

Zóna Z3rev, uvedená na obr. 34, je opět doplňujícím náčrtem možného řešení strategie ochrany. Konstrukční parametry zóny Z3rev:  $ArgDir = 5^\circ$ ,  $ArgNegRes = 110^\circ$  (výchozí/běžná hodnota použité distanční ochrany), minimální poruchová reaktance  $X_{Pmin} = -9 \Omega$ . Úhel  $\varphi = 62^\circ$  je opět zvolen náhodně za účelem vytvoření pouhého náčrtu zóny Z3rev.

### 5.3.4 Analýza zón Z1, Z2, Z3 ochrany v napáječi N11/N12 TNS Otrokovice

V příloze HH je uvedena tabulka se simulačně vypočtenými hodnotami reálných částí, imaginárních částí, modulů a úhlů fázorů poruchových impedancí definujících nastavení zóny Z1 distanční ochrany v Otrokovících. Hodnoty fázorů poruchových impedancí týkající se nastavení zóny Z2 jsou uvedeny v přílohách II a JJ. Přílohy KK a LL obsahují výsledky simulačních výpočtů týkajících se zóny Z3 distanční ochrany v Otrokovících.

Vykreslená zóna Z1 distanční ochrany umístěné v Otrokovících je spolu se znázorněnými simulačně vypočtenými fázory poruchové impedance obsažena v příloze QQ. Konstrukce zóny Z2 distanční ochrany v Otrokovících je uvedena v příloze RR.

Zkonstruovaná zóna Z1 distanční ochrany v Otrokovicích (viz příloha HH a QQ) má následující konstrukční parametry:  $ArgNegRes = 110^\circ$ , úhel rozhodného fázoru poruchové impedance  $\varphi = 72,74^\circ$  a  $ArgDir = 17,26^\circ$ . Maximální hodnota  $X_{Pmax} = 9,29 \Omega$  je zaokrouhlena na hodnotu  $X_{Pmax} = 10 \Omega$ .

Hodnota maximálního zkratového odporu získaného ze simulací je  $R_{ZKmax} = 12 \Omega$ . Vypočtené fázory poruchové impedance se nachází bez výjimek v nastavené dopředné zóně Z1.

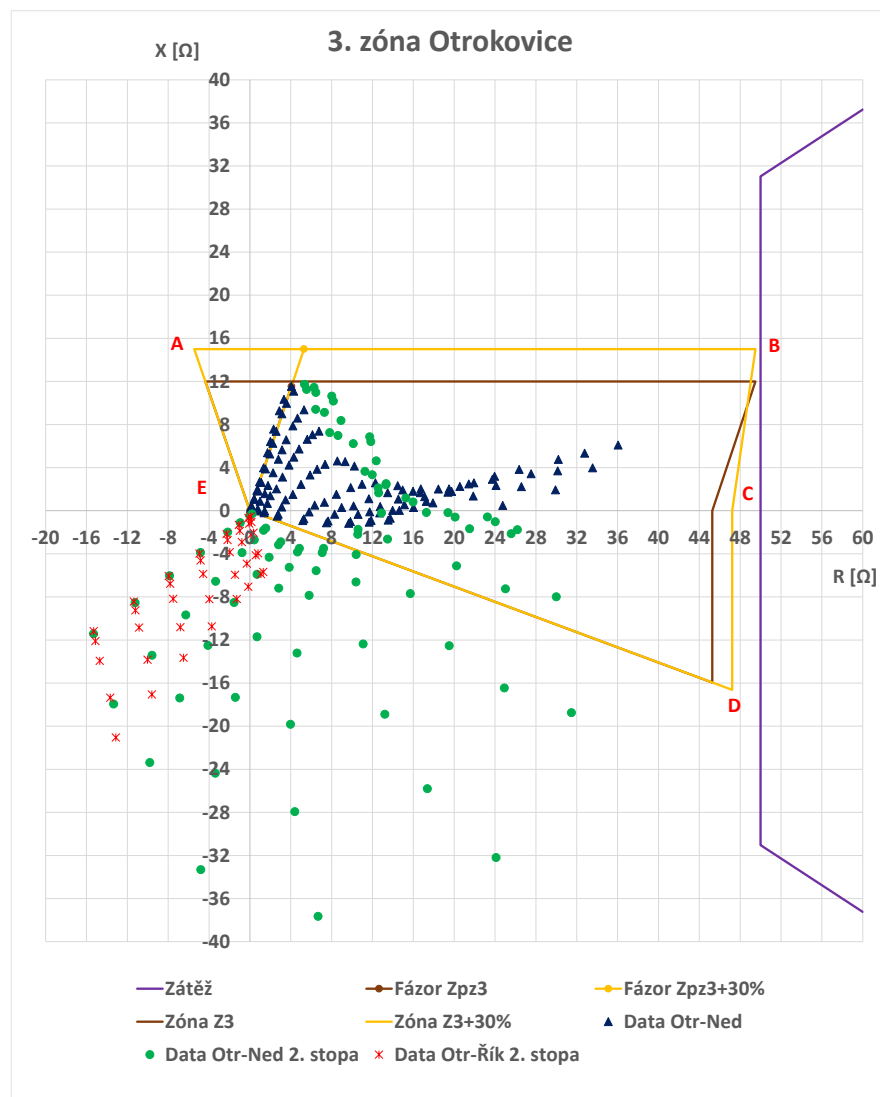
Konstrukční parametry vytvořené zóny Z2 distanční ochrany v Otrokovicích (viz přílohy II, JJ a RR) dosahují hodnot: úhel  $ArgNegRes = 110^\circ$  (běžná hodnota distanční ochrany), úhel rozhodného fázoru poruchové impedance je  $\varphi = 70,6^\circ$ . Při aplikaci dříve zmiňovaného pravidla pro dopočítávání úhlu  $ArgDir$  z úhlu  $\varphi$  vychází hodnota úhlu  $ArgDir = 19,4^\circ$ . Pro účely konstrukce zóny Z2 je maximální hodnota poruchové reaktance  $X_{Pmax} = 11,55 \Omega$  zaokrouhlena na nejbližší vyšší celé číslo:  $X_{Pmax} = 12 \Omega$ . Simulačně určená hodnota maximálního zkratového odporu, při kterém ještě dochází ke správné detekci zkratu v jednotlivých sekcích dohledu zóny Z2 distanční ochrany, vyplývá z příloh II a JJ + z minimální hodnoty odporu zátěže ( $50 \Omega$ ). Jedná se o hodnotu  $R_{ZKmax} = 12 \Omega$ . Nicméně nastavování distanční ochrany v Otrokovicích má oproti nastavování ochran u ostatních napájecích stanic výhodu, ve vyšší maximální hodnotě odporu zkratu, při které dokáže daná distanční ochrana zaznamenat zkrat umístěný kdekoli v jejím ochranném dohledu.

Dopředná zóna Z2 distanční ochrany umístěné v Otrokovicích nedokáže zaznamenat zkrat, který nastal na druhé trakční stopě, než je samotná ochrana a je od žst. Nedakonice vzdálen více jak 10 % úseku Nedakonice-Otrokovice (viz příloha II a JJ). Při větší vzdálenosti se koncové body měřených fázorů poruchové impedance nacházejí ve 3. kvadrantu komplexní impedanční roviny. Na ochranu popisované části úseku vedení je nutné použít zpětnou/reverzní zónu Z23rev.

Obr. 35 obsahuje zkonstruovanou zónu Z3 distanční ochrany v Otrokovicích. Vlivem použité strategie chránění trakčního vedení distanční ochranou umístěnou v Otrokovicích (viz obr. 27 a 28) dochází ke shodnosti zóny Z2 a zóny Z3. Vytvoření zóny Z3+30% opět spočívá pouze v přičtení 30 % rezervy k modulu rozhodného fázoru poruchové impedance  $Z_{PZ3}$  (vytvoření fázoru impedance  $Z_{PZ3+30\%}$ ).

I u dopředné zóny Z3 (viz obr. 35) přetrvává problém s dosahem větším jak 10 % úseku při úvaze zkratu na opačné trakční stopě, než je zkoumaná distanční ochrana.

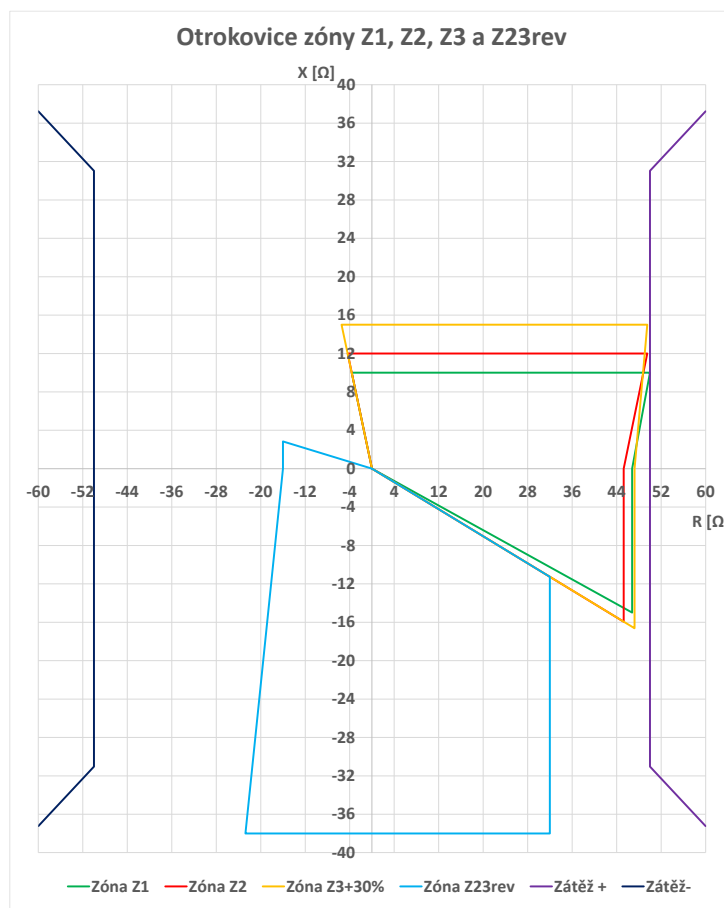
Tabulka 25 obsahuje body určující zónu Z3 a Z3+30% distanční ochrany v Otrokovicích.



Obr. 35 Nastavení zóny Z3 distanční ochrany v Otrokovicích + simulačně získaná data

Tabulka 25  
Body nastavení zóny Z3 a Z3+30% distanční ochrany v Otrokovicích

Otrokovice						
Zóna Z3						
Bod	E	A	B	C	D	E
R [Ω]	0	-4,368	49,5	45,274	45,274	0
X [Ω]	0	12	12	0	-15,943	0
Otrokovice						
Zóna Z3+30%						
Bod	E	A	B	C	D	E
R [Ω]	0	-5,46	49,5	47,218	47,218	0
X [Ω]	0	15	15	0	-16,628	0



Obr. 36 Přehled nastavení všech zón distanční ochrany v Otrokovicích

Doplňková zpětná zóna Z23rev (viz obr. 36) slouží k ochraně úseků trakčního vedení, ve kterých by dopředné zóny Z2 a Z3+30% (umístěné v Otrokovicích) nedokázaly vyhodnotit zkrat, jelikož by se koncové body měřených fázorů poruchové impedance nacházely buď ve 3. kvadrantu R-X soustavy anebo mimo dosah úhlu  $ArgDir$  ve 2. kvadrantu komplexní impedanční roviny R-X.

Na obr. 36 je uveden pouze náčrt zóny Z23rev. Konstrukční parametry zóny Z23rev jsou následující:  $ArgDir = 10,07^\circ$ ,  $ArgNegRes = 160,6^\circ$ , minimální poruchová reaktance  $X_{Pmin} = -38 \Omega$ . Pro účely náčrtu zóny Z23rev je zvolen úhel  $\varphi = 79,93^\circ$ .

## ZÁVĚR

Předkládaná práce se zabývá vyšetřením zkratových poměrů v trakčním obvodu 25 kV 50 Hz spojitě napájeném z měničových napájecích stanic. Cesta k výsledné analýze sestává ze tří úkolů, které na sebe navazují a doplňují se.

První část práce se zabývá analýzou parametrizace trakčního obvodu. Na začátku analýzy je zařazeno porovnání různých implementací impedance zpětné cesty do trakčního obvodu z hlediska přesnosti a zjednodušení simulačních výpočtů trakčních obvodů. Z porovnání vychází implementace impedance zpětné cesty a trolejového vedení do jediného prvku modelu jako nejvýhodnější varianta. Oproti fyzikálně přesné úvaze s uvažovanou oddělenou impedancí trolejového vedení a zpětné cesty je zde zanesena do výpočtu pouze malá odchylka v rozmezí  $\pm 2 \%$ . Následně je v první části práce zkoumán vliv proměnných okolních teplot, místa průtoku zpětného proudu (zemí/kolejnicí) a směrů proudů v sousedních stopách trakčního vedení na průběhy obvodových veličin modelu. Z výsledků vyplývá, že největších změn je dosahováno u jalových výkonů napájecích stanic vlivem místa průtoku zpětného proudu a směrů proudů v sousedních stopách ( $0 \pm 5 \%$ ). Dále je provedeno analyzování vlivů zkoumaných vnějších parametrů trakčního obvodu na moduly a úhly měřených výstupních impedancí napájecích stanic při běžném provozu a při zkratu. Ze simulací zaměřených na běžný provoz vyplývá, že vlivy zmiňovaných parametrů trakčního obvodu, kromě směrů proudů v souběžných stopách trolejového vedení, lze s malou zanesenou chybou ve výpočtech zanedbat. Avšak změny hodnot modulů a fázových úhlů výstupních impedancí napájecích stanic oproti referenční variantě při zkratu, jenž jsou způsobeny vlivem uvažovaného místa průtoku zpětného proudu a směrem proudů v souběžných trakčních stopách nelze ve výpočtech zanedbat. Poslední součástí prvního úkolu je zjištění míry ovlivnění modulů a úhlů výstupních impedancí napájecích stanic při zkratu a běžném provozu vlivem uvažování kapacity trakčního vedení. Z analýzy vyplývá, že měrná kapacita trakčního vedení se nesmí při běžném provozu zanedbávat, avšak při zkratu lze kapacitu vedení plně zanedbat. Implementování kapacity trakčního vedení v podobě  $\Pi$  nebo  $T$  článku je v rámci simulací plně zaměnitelné.

Druhá část práce se zaměřuje na vytvoření simulačního modelu, sloužícího k analýze zkratových poměrů v trakčním obvodu 25 kV 50 Hz napájeného jak z měničových, tak i z transformátorových napájecích stanic. Pro účely analýzy jsou simulovány reálné zkratové scénáře a výsledky simulací jsou porovnávány se skutečně změřenými výsledky.



Skutečná sestava trakčního vedení na úseku Nedakonice-Říkovice má atypické parametry 150Cu + 70Bz. Proto nejsou k dispozici žádné přesné hodnoty měrné impedance vedení. Pro účely přiblížení se skutečnosti jsou použity dvě hodnoty měrné impedance TV – pro sestavu 100Cu + 50Bz bez zpřesnění a se zpřesněnou (sníženou) reálnou částí měrné impedance vedení. Simulační výpočty jsou provedeny pro dvě uvažované hodnoty odporu zkratu  $R_{ZK} = 0,1 \Omega$  a  $1 \Omega$ . Výslednými případy pro porovnání jsou simulace s  $R_{ZK} = 0,1 \Omega$  a upravenými hodnotami měrné impedance. Z výsledků simulací vyplývá, že pro všechny zkoumané topologie trakčního obvodu jsou simulačně vypočtené hodnoty modulů a úhlů měrných poruchových impedancí odlišné od skutečně změřených hodnot výrazně méně, než je v praxi aplikovaná tolerance výpočtů 30-40 %. Z hlediska modulů se nejvíce odlišuje měrná poruchová impedance  $Z_{P22}$  o +13,46 % (napájení ze SFC) a z hlediska úhlů se nejvíce odlišuje měrná poruchová impedance  $Z_{P20}$  o -10,06 % (napájení z transformátoru). Avšak simulace pro velmi blízké zkraty (například 2 km) obsahují velkou chybu vlivem neznalosti přesných měrných impedancí používané sestavy.

V poslední části práce je uveden stručný pohled do problematiky distančních ochran. Při výpočtech fázoru poruchové impedance u SFC dochází k poklesu poruchové reaktance s růstem odporu zkratu a při měření u transformátoru je trend opačný. Odlišný trend je způsoben tím, že při zkratu se SFC chová jako zdroj proudu a transformátor se chová jako zdroj napětí. Z toho vyplývá, že je nutné vytvořit dva postupy konstrukce zón ochran neboli vytvořit postup zvlášť pro ochrany umístěné u napáječe ze SFC a z transformátoru.

Pro zkonstruování zón distančních ochran, umístěných u konvenčních napájecích stanic, je potřeba pěti základních veličin: úhel  $ArgNegRes$ , úhel  $ArgDir$ , hodnota maximální poruchové reaktance  $X_{Pmax}$ , hodnota minimálního poruchového odporu  $R_{Pmin}$  a úhel  $\varphi/\varphi_V$  fázoru rozhodné poruchové impedance. Další omezení je zajištěno plochou zátěže. Rozdíl u konstrukce zóny distanční ochrany umístěné u SFC je především v získání hodnoty maximální poruchové reaktance  $X_{Pmax}$ .  $X_{Pmax}$  je získána jako imaginární složky poruchové impedance změřené při zkratu v nejbližším místě dohledu dané zóny distanční ochrany a při nulovém odporu zkratu.  $X_{Pmax}$  pro distanční ochranu, umístěnou u transformátoru, se získává při obdobném zkratovém scénáři, ale při maximálním dovoleném odporu zkratu (omezen minimálním odporem zátěže).

Na předkládanou práci by mohla navázat analýza zabývající se zjištěním přesných hodnot měrných impedancí vedení pro sestavu 150Cu + 70Bz či vytvoření simulačních modelů, akceptujících kolejové rozvětvení ve stanicích. Touto cestou by se mohly zpřesnit výpočty simulačních modelů pro případy blízkých zkratů, a i obecně všech zkratů v předkládané práci.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] NOVÁK, Jaroslav a Ladislav MLYNAŘÍK. Nové technologie trakčního napájení 25 kV/50 Hz (1. část). *Elektro: odborný časopis pro elektrotechniku* [online]. Praha: FCC Public, 2020, 2020(6) [cit. 2023-04-20]. ISSN 1210-0889. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/nove-technologie-trakcniho-napajeni-25-kv-50-hz-1-cast--17232>
- [2] HASAN, Nor Shahida, Norzanah ROSMIN, Dygku. Asmanissa Awg. OSMAN and Aede Hatib MUSTA'AMAL@JAMAL. Reviews on multilevel converter and modulation techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2017, 80, 163-174 [cit. 2023-04-20]. ISSN 13640321. DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.163. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.163>
- [3] Static frequency converter supports 50 Hz rail network: Advanced power conversion keeps Queensland Rail's network on track. In: *ABB Library* [online]. Turgi: ABB, 2016 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: [https://library.e.abb.com/public/cf24550613384ef2bce9bcc95077dabf/ABB\\_Reference\\_Wulkuraka\\_EN\\_web.pdf?x-sign=RZSA0zTEa+yzWrtekT0iFoUzNmBunoit/e2QvoqLtsjWio3UgIPhYEG3a4pbLSI](https://library.e.abb.com/public/cf24550613384ef2bce9bcc95077dabf/ABB_Reference_Wulkuraka_EN_web.pdf?x-sign=RZSA0zTEa+yzWrtekT0iFoUzNmBunoit/e2QvoqLtsjWio3UgIPhYEG3a4pbLSI)
- [4] NOVÁK, Jaroslav a Ladislav MLYNAŘÍK. Nové technologie trakčního napájení 25 kV/50 Hz (2. část). *Elektro: odborný časopis pro elektrotechniku* [online]. Praha: FCC Public, 2020, 2020(7) [cit. 2023-04-20]. ISSN 1210-0889. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/nove-technologie-trakcniho-napajeni-25-kv-50-hz-2-cast--17263>
- [5] Ing. Jindřich Kašpar: Zkušenosti s realizací pilotního projektu statických měničů (Nedakonice – Říkovice); Sborník z odborné konference *Nová elektrická zařízení železniční infrastruktury*, VTK Zlín 2022
- [6] CERMAN, Ladislav. *Ročníkový projekt, Citlivostní analýza vlivu parametrů trakčního obvodu 25 kV 50 Hz na přesnost výpočtů provozních a zkratových poměrů*, Univerzita Pardubice, 2023.
- [7] HORÁK, Karel, Josef PALEČEK a Michal POKORNÝ. *Napájení elektrizovaných železnic: (elektroenergetika)*. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1989. ISBN 80-703-0030-2.
- [8] TRÁVNÍČEK, Jaroslav a kol. *Energetika v dopravě*. 1. vyd. vyd. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1988.
- [9] Mutual Inductance. In: *MathWorks* [online]. Natick (Massachusetts): The MATHWorks, c1994-2023 [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.mathworks.com/help/sps/powersys/ref/mutualinductance.html>

- [10] *Služobná rukoväť SR 34 (E): Nastavovanie, prevádzka a údržba reléových ochrán trakčného napájacieho obvodu*. Praha: Odbor elektrotechniky FMD, Nakladatelství dopravy a spojů, 1979.
- [11] VOJKŮVKA, Aleš, Richard LUŽNÝ a NEŠKODNÝ. *Zpráva ze zkratových zkoušek TNS Otrokovice - TNS Říkovice*. Praha: ELEKTRIZACE ŽELEZNIC PRAHA, 2022.
- [12] VOJKŮVKA, Aleš, Richard LUŽNÝ a NEŠKODNÝ. *Zpráva ze zkratových zkoušek TNS Otrokovice - TNS Nedakonice*. Praha: ELEKTRIZACE ŽELEZNIC PRAHA, 2022.
- [13] CHMELÍK, Karel. *Chránění III: Elektrická zařízení vysokého napětí*. Havířov: IRIS, c2005. Pracovní a učební pomůcka. ISBN 80-903540-5-X.
- [14] ZIEGLER, Gerhard. *Numerical Distance Protection: Principles and Applications*. 4th ed. Nuremberg: Publicis Publishing, 2011. ISBN 978-3-89678-667-9.
- [15] ATWA, Omar Salah Elsayed. Protection Relays. In: *Practical Power System and Protective Relays Commissioning* [online]. Elsevier, 2019, 2019, s. 189-280 [cit. 2023-05-06]. ISBN 9780128168585. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-816858-5.00018-6
- [16] CSANYI, Edvard. Eight most important distance relay characteristics (based on impedance comparison). *Electrical Engineering Portal* [online]. Nova Pazova: Electrical Engineering Portal PR, c2022, 31 October 2018 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://electrical-engineering-portal.com/distance-relay-characteristics>
- [17] *RELION Protection and control: 630 series Technical Manual* [online]. Product Version: 1.3, Revision: G. ABB, c2022 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1MRS756508&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [18] BENEDIKT, Jan. *Distanční ochrany REF630 pro drážní aplikace* [online]. Plzeň, 2019 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: [https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/38318/1/DP\\_Jan\\_Benedikt.pdf](https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/38318/1/DP_Jan_Benedikt.pdf). Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická, Katedra elektroenergetiky a ekologie. Vedoucí práce Jana Jiříčková.
- [19] PATEL, Ujjaval J., Nilesh G. CHOTHANI a Praghnes J. BHATT. Adaptive quadrilateral distance relaying scheme for fault impedance compensation. *Electrical, Control and Communication Engineering* [online]. 2018, 14(1), 58-70 [cit. 2023-05-06]. ISSN 2255-9159. Dostupné z: doi:10.2478/ecce-2018-0007

- [20] *Line distance protection REL650: Relion 650 SERIES Technical manual* [online]. Version 1.1, Revision: B. ABB, 2020 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1MRK506326-UUS&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [21] *Technický referenční manuál REL 521\*2.3: Terminál distanční ochrany vedení* [online]. Verze: 2.3. ABB, 2001 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: [https://www.vfservis.cz/files/000294\\_REL521\\_2-3Tech.ref.manual.pdf](https://www.vfservis.cz/files/000294_REL521_2-3Tech.ref.manual.pdf)
- [22] *Line distance protection REL670 2.0 IEC: Application manual* [online]. Product version: 2.0, Revision: B. ABB, 2016 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: [https://library.e.abb.com/public/d0b4ec9f3ab846bc9edf7a398e7aa7d7/1MRK506338-UEN\\_B\\_en\\_Application\\_manual\\_Line\\_distance\\_protection\\_REL670\\_2.0\\_IEC.pdf](https://library.e.abb.com/public/d0b4ec9f3ab846bc9edf7a398e7aa7d7/1MRK506338-UEN_B_en_Application_manual_Line_distance_protection_REL670_2.0_IEC.pdf)
- [23] ABB / Distance measuring zones quadrilateral characteristic (ZMQPDIS, ZMQAPDIS, ZDRDIR)\_Setting & highlights\_AB2014. *Web Green Station* [online]. [2014] [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.webgreenstation.com/ab2014-distance-measuring-zones-quadrilateral-characteristic/>

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A .....	95
Příloha B .....	96
Příloha C .....	97
Příloha D .....	98
Příloha E .....	99
Příloha F .....	100
Příloha G .....	101
Příloha H .....	102
Příloha I .....	103
Příloha J .....	104
Příloha K .....	105
Příloha L .....	106
Příloha M .....	107
Příloha N .....	108
Příloha O .....	109
Příloha P .....	110
Příloha Q .....	111
Příloha R .....	112
Příloha S .....	113
Příloha T .....	114
Příloha U .....	115
Příloha V .....	116
Příloha W .....	117
Příloha X .....	118
Příloha Y .....	119
Příloha Z .....	120
Příloha AA .....	121
Příloha BB .....	122
Příloha CC .....	123
Příloha DD .....	124
Příloha EE .....	125
Příloha FF .....	126

Příloha GG .....	127
Příloha HH .....	128
Příloha II .....	129
Příloha JJ .....	130
Příloha KK .....	131
Příloha LL .....	132
Příloha MM .....	133
Příloha NN .....	134
Příloha OO .....	135
Příloha PP .....	136
Příloha QQ .....	137
Příloha RR .....	138

*Příloha A*  
*Simulace 3. topologie trakčního obvodu*  
*Hodnoty I, U, P, Q a cosφ napájecích stanic a vozidel*

<b>3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)</b>											
<b>3a) Uvažovaná impedance zpětné cesty</b>											
<b>3a.1) Z<sub>zc</sub> = 1/2 Z<sub>tv</sub></b>											
U_NS1 [V]	26945	U_NS2 [V]	27013	U_vl1 [V]	26323	U_vl2 [V]	24861	U_vl3 [V]	24508	U_vl4 [V]	25414
I_NS1 [A]	253.7	I_NS2 [A]	236.2	I_vl1 [A]	127.6	I_vl2 [A]	120.5	I_vl3 [A]	118.8	I_vl4 [A]	123.2
P_NS1 [W]	6644637	P_NS2 [W]	6224472	P_vl1 [W]	3325726	P_vl2 [W]	2966485	P_vl3 [W]	2882781	P_vl4 [W]	3099972
Q_NS1 [Var]	1609001	Q_NS2 [Var]	1396530	Q_vl1 [Var]	473919	Q_vl2 [Var]	422726	Q_vl3 [Var]	410799	Q_vl4 [Var]	441748
cosfi_NS1 [-]	0.972	cosfi_NS2 [-]	0.976	cosfi_vl1 [-]	0.99	cosfi_vl2 [-]	0.99	cosfi_vl3 [-]	0.99	cosfi_vl4 [-]	0.99
<b>3a.2) Z<sub>zc</sub> = 1/3 Z<sub>tv</sub></b>											
U_NS1 [V]	26957	U_NS2 [V]	27024	U_vl1 [V]	26407	U_vl2 [V]	25104	U_vl3 [V]	24787	U_vl4 [V]	25601
I_NS1 [A]	255.8	I_NS2 [A]	238	I_vl1 [A]	128	I_vl2 [A]	121.7	I_vl3 [A]	120.2	I_vl4 [A]	124.1
P_NS1 [W]	6717177	P_NS2 [W]	6286828	P_vl1 [W]	3347000	P_vl2 [W]	3024652	P_vl3 [W]	2948861	P_vl4 [W]	3145642
Q_NS1 [Var]	1560812	Q_NS2 [Var]	1352925	Q_vl1 [Var]	476950	Q_vl2 [Var]	431015	Q_vl3 [Var]	420215	Q_vl4 [Var]	448256
cosfi_NS1 [-]	0.974	cosfi_NS2 [-]	0.978	cosfi_vl1 [-]	0.99	cosfi_vl2 [-]	0.99	cosfi_vl3 [-]	0.99	cosfi_vl4 [-]	0.99
<b>3a.3) Z<sub>zc</sub> = 1/4 Z<sub>tv</sub></b>											
U_NS1 [V]	26963	U_NS2 [V]	27030	U_vl1 [V]	26450	U_vl2 [V]	25225	U_vl3 [V]	24928	U_vl4 [V]	25694
I_NS1 [A]	256.9	I_NS2 [A]	238.9	I_vl1 [A]	128.2	I_vl2 [A]	122.3	I_vl3 [A]	120.9	I_vl4 [A]	124.6
P_NS1 [W]	6753648	P_NS2 [W]	6318155	P_vl1 [W]	3357723	P_vl2 [W]	3054107	P_vl3 [W]	2982410	P_vl4 [W]	3168708
Q_NS1 [Var]	1535842	Q_NS2 [Var]	1330380	Q_vl1 [Var]	478478	Q_vl2 [Var]	435213	Q_vl3 [Var]	424996	Q_vl4 [Var]	451543
cosfi_NS1 [-]	0.975	cosfi_NS2 [-]	0.979	cosfi_vl1 [-]	0.99	cosfi_vl2 [-]	0.99	cosfi_vl3 [-]	0.99	cosfi_vl4 [-]	0.99
<b>3b) Neuvažovaná impedance zpětné cesty</b>											
U_NS1 [V]	26983	U_NS2 [V]	27048	U_vl1 [V]	26577	U_vl2 [V]	25594	U_vl3 [V]	25353	U_vl4 [V]	25977
I_NS1 [A]	260	I_NS2 [A]	241.6	I_vl1 [A]	128.8	I_vl2 [A]	124.1	I_vl3 [A]	122.9	I_vl4 [A]	125.9
P_NS1 [W]	6863781	P_NS2 [W]	6412650	P_vl1 [W]	3390245	P_vl2 [W]	3143924	P_vl3 [W]	3085075	P_vl4 [W]	3238795
Q_NS1 [Var]	1457311	Q_NS2 [Var]	1259675	Q_vl1 [Var]	483113	Q_vl2 [Var]	448012	Q_vl3 [Var]	439626	Q_vl4 [Var]	461531
cosfi_NS1 [-]	0.978	cosfi_NS2 [-]	0.981	cosfi_vl1 [-]	0.99	cosfi_vl2 [-]	0.99	cosfi_vl3 [-]	0.99	cosfi_vl4 [-]	0.99
<b>3c) Impedance zpětné cesty v sérii s trolejovým vedením</b>											
<b>3c.1) Z<sub>zc</sub> = 1/2 Z<sub>tv</sub></b>											
U_NS1 [V]	26941	U_NS2 [V]	27016	U_vl1 [V]	26323	U_vl2 [V]	24860	U_vl3 [V]	24507	U_vl4 [V]	25416
I_NS1 [A]	255.5	I_NS2 [A]	234.4	I_vl1 [A]	127.6	I_vl2 [A]	120.5	I_vl3 [A]	118.8	I_vl4 [A]	123.2
P_NS1 [W]	6690823	P_NS2 [W]	6177997	P_vl1 [W]	3325633	P_vl2 [W]	2966166	P_vl3 [W]	2882599	P_vl4 [W]	3100327
Q_NS1 [Var]	1617517	Q_NS2 [Var]	1387876	Q_vl1 [Var]	473905	Q_vl2 [Var]	422681	Q_vl3 [Var]	410773	Q_vl4 [Var]	441799
cosfi_NS1 [-]	0.972	cosfi_NS2 [-]	0.976	cosfi_vl1 [-]	0.99	cosfi_vl2 [-]	0.99	cosfi_vl3 [-]	0.99	cosfi_vl4 [-]	0.99
<b>3c.2) Z<sub>zc</sub> = 1/3 Z<sub>tv</sub></b>											
U_NS1 [V]	26955	U_NS2 [V]	27026	U_vl1 [V]	26407	U_vl2 [V]	25103	U_vl3 [V]	24786	U_vl4 [V]	25602
I_NS1 [A]	257.1	I_NS2 [A]	236.7	I_vl1 [A]	128	I_vl2 [A]	121.7	I_vl3 [A]	120.2	I_vl4 [A]	124.1
P_NS1 [W]	6750764	P_NS2 [W]	6253034	P_vl1 [W]	3346932	P_vl2 [W]	3024416	P_vl3 [W]	2948727	P_vl4 [W]	3145903
Q_NS1 [Var]	1566842	Q_NS2 [Var]	1346806	Q_vl1 [Var]	476940	Q_vl2 [Var]	430982	Q_vl3 [Var]	420196	Q_vl4 [Var]	448294
cosfi_NS1 [-]	0.974	cosfi_NS2 [-]	0.978	cosfi_vl1 [-]	0.99	cosfi_vl2 [-]	0.99	cosfi_vl3 [-]	0.99	cosfi_vl4 [-]	0.99
<b>3c.3) Z<sub>zc</sub> = 1/4 Z<sub>tv</sub></b>											
U_NS1 [V]	26962	U_NS2 [V]	27032	U_vl1 [V]	26449	U_vl2 [V]	25225	U_vl3 [V]	24927	U_vl4 [V]	25695
I_NS1 [A]	257.9	I_NS2 [A]	237.9	I_vl1 [A]	128.2	I_vl2 [A]	122.3	I_vl3 [A]	120.8	I_vl4 [A]	124.6
P_NS1 [W]	6780004	P_NS2 [W]	6291637	P_vl1 [W]	3357670	P_vl2 [W]	3053919	P_vl3 [W]	2982303	P_vl4 [W]	3168915
Q_NS1 [Var]	1540527	Q_NS2 [Var]	1325629	Q_vl1 [Var]	478471	Q_vl2 [Var]	435186	Q_vl3 [Var]	424981	Q_vl4 [Var]	451573
cosfi_NS1 [-]	0.975	cosfi_NS2 [-]	0.979	cosfi_vl1 [-]	0.99	cosfi_vl2 [-]	0.99	cosfi_vl3 [-]	0.99	cosfi_vl4 [-]	0.99

*Příloha B*  
*Simulace 3. topologie trakčního obvodu*  
*Porovnání variant implementace impedance zpětné cesty A a C vzhledem k referenční variantě B*

<b>3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)</b>											
<b>3a) Uvažovaná impedance zpětné cesty</b>											
<b>3a.1) <math>Z_{zc} = 1/2 Z_{tv}</math></b>											
U_NS1 [V]	99.9%	U_NS2 [V]	99.9%	U_vl1 [V]	99.0%	U_vl2 [V]	97.1%	U_vl3 [V]	96.7%	U_vl4 [V]	97.8%
I_NS1 [A]	97.6%	I_NS2 [A]	97.8%	I_vl1 [A]	99.1%	I_vl2 [A]	97.1%	I_vl3 [A]	96.7%	I_vl4 [A]	97.9%
P_NS1 [W]	96.8%	P_NS2 [W]	97.1%	P_vl1 [W]	98.1%	P_vl2 [W]	94.4%	P_vl3 [W]	93.4%	P_vl4 [W]	95.7%
Q_NS1 [Var]	110.4%	Q_NS2 [Var]	110.9%	Q_vl1 [Var]	98.1%	Q_vl2 [Var]	94.4%	Q_vl3 [Var]	93.4%	Q_vl4 [Var]	95.7%
cosfi_NS1 [-]	99.4%	cosfi_NS2 [-]	99.5%	cosfi_vl1 [-]	100.0%	cosfi_vl2 [-]	100.0%	cosfi_vl3 [-]	100.0%	cosfi_vl4 [-]	100.0%
<b>3a.2) <math>Z_{zc} = 1/3 Z_{tv}</math></b>											
U_NS1 [V]	99.9%	U_NS2 [V]	99.9%	U_vl1 [V]	99.4%	U_vl2 [V]	98.1%	U_vl3 [V]	97.8%	U_vl4 [V]	98.6%
I_NS1 [A]	98.4%	I_NS2 [A]	98.5%	I_vl1 [A]	99.4%	I_vl2 [A]	98.1%	I_vl3 [A]	97.8%	I_vl4 [A]	98.6%
P_NS1 [W]	97.9%	P_NS2 [W]	98.0%	P_vl1 [W]	98.7%	P_vl2 [W]	96.2%	P_vl3 [W]	95.6%	P_vl4 [W]	97.1%
Q_NS1 [Var]	107.1%	Q_NS2 [Var]	107.4%	Q_vl1 [Var]	98.7%	Q_vl2 [Var]	96.2%	Q_vl3 [Var]	95.6%	Q_vl4 [Var]	97.1%
cosfi_NS1 [-]	99.6%	cosfi_NS2 [-]	99.7%	cosfi_vl1 [-]	100.0%	cosfi_vl2 [-]	100.0%	cosfi_vl3 [-]	100.0%	cosfi_vl4 [-]	100.0%
<b>3a.3) <math>Z_{zc} = 1/4 Z_{tv}</math></b>											
U_NS1 [V]	99.9%	U_NS2 [V]	99.9%	U_vl1 [V]	99.5%	U_vl2 [V]	98.6%	U_vl3 [V]	98.3%	U_vl4 [V]	98.9%
I_NS1 [A]	98.8%	I_NS2 [A]	98.9%	I_vl1 [A]	99.5%	I_vl2 [A]	98.5%	I_vl3 [A]	98.4%	I_vl4 [A]	99.0%
P_NS1 [W]	98.4%	P_NS2 [W]	98.5%	P_vl1 [W]	99.0%	P_vl2 [W]	97.1%	P_vl3 [W]	96.7%	P_vl4 [W]	97.8%
Q_NS1 [Var]	105.4%	Q_NS2 [Var]	105.6%	Q_vl1 [Var]	99.0%	Q_vl2 [Var]	97.1%	Q_vl3 [Var]	96.7%	Q_vl4 [Var]	97.8%
cosfi_NS1 [-]	99.7%	cosfi_NS2 [-]	99.8%	cosfi_vl1 [-]	100.0%	cosfi_vl2 [-]	100.0%	cosfi_vl3 [-]	100.0%	cosfi_vl4 [-]	100.0%
<b>3c) Impedance zpětné cesty v sérii s trolejovým vedením</b>											
<b>3c.1) <math>Z_{zc} = 1/2 Z_{tv}</math></b>											
U_NS1 [V]	99.8%	U_NS2 [V]	99.9%	U_vl1 [V]	99.0%	U_vl2 [V]	97.1%	U_vl3 [V]	96.7%	U_vl4 [V]	97.8%
I_NS1 [A]	98.3%	I_NS2 [A]	97.0%	I_vl1 [A]	99.1%	I_vl2 [A]	97.1%	I_vl3 [A]	96.7%	I_vl4 [A]	97.9%
P_NS1 [W]	97.5%	P_NS2 [W]	96.3%	P_vl1 [W]	98.1%	P_vl2 [W]	94.3%	P_vl3 [W]	93.4%	P_vl4 [W]	95.7%
Q_NS1 [Var]	111.0%	Q_NS2 [Var]	110.2%	Q_vl1 [Var]	98.1%	Q_vl2 [Var]	94.3%	Q_vl3 [Var]	93.4%	Q_vl4 [Var]	95.7%
cosfi_NS1 [-]	99.4%	cosfi_NS2 [-]	99.5%	cosfi_vl1 [-]	100.0%	cosfi_vl2 [-]	100.0%	cosfi_vl3 [-]	100.0%	cosfi_vl4 [-]	100.0%
<b>3c.2) <math>Z_{zc} = 1/3 Z_{tv}</math></b>											
U_NS1 [V]	99.9%	U_NS2 [V]	99.9%	U_vl1 [V]	99.4%	U_vl2 [V]	98.1%	U_vl3 [V]	97.8%	U_vl4 [V]	98.6%
I_NS1 [A]	98.9%	I_NS2 [A]	98.0%	I_vl1 [A]	99.4%	I_vl2 [A]	98.1%	I_vl3 [A]	97.8%	I_vl4 [A]	98.6%
P_NS1 [W]	98.4%	P_NS2 [W]	97.5%	P_vl1 [W]	98.7%	P_vl2 [W]	96.2%	P_vl3 [W]	95.6%	P_vl4 [W]	97.1%
Q_NS1 [Var]	107.5%	Q_NS2 [Var]	106.9%	Q_vl1 [Var]	98.7%	Q_vl2 [Var]	96.2%	Q_vl3 [Var]	95.6%	Q_vl4 [Var]	97.1%
cosfi_NS1 [-]	99.6%	cosfi_NS2 [-]	99.7%	cosfi_vl1 [-]	100.0%	cosfi_vl2 [-]	100.0%	cosfi_vl3 [-]	100.0%	cosfi_vl4 [-]	100.0%
<b>3c.3) <math>Z_{zc} = 1/4 Z_{tv}</math></b>											
U_NS1 [V]	99.9%	U_NS2 [V]	99.9%	U_vl1 [V]	99.5%	U_vl2 [V]	98.6%	U_vl3 [V]	98.3%	U_vl4 [V]	98.9%
I_NS1 [A]	99.2%	I_NS2 [A]	98.5%	I_vl1 [A]	99.5%	I_vl2 [A]	98.5%	I_vl3 [A]	98.3%	I_vl4 [A]	99.0%
P_NS1 [W]	98.8%	P_NS2 [W]	98.1%	P_vl1 [W]	99.0%	P_vl2 [W]	97.1%	P_vl3 [W]	96.7%	P_vl4 [W]	97.8%
Q_NS1 [Var]	105.7%	Q_NS2 [Var]	105.2%	Q_vl1 [Var]	99.0%	Q_vl2 [Var]	97.1%	Q_vl3 [Var]	96.7%	Q_vl4 [Var]	97.8%
cosfi_NS1 [-]	99.7%	cosfi_NS2 [-]	99.8%	cosfi_vl1 [-]	100.0%	cosfi_vl2 [-]	100.0%	cosfi_vl3 [-]	100.0%	cosfi_vl4 [-]	100.0%



5) 3x NS a 7x vliak (4x traťové úseky)

5a) Uvažovaná impedancia zpeňné cesty

5a.1) Zzc = 1/2 Ztv																			
U NS1 [V]	26899	U NS2 [V]	26915	U NS3 [V]	26997	U v1 [V]	25500	U v2 [V]	25953	U v3 [V]	25948	U v4 [V]	26333	U v5 [V]	26327	U v6 [V]	25946	U v7 [V]	26208
I NS1 [A]	321.4	I NS2 [A]	294.8	I NS3 [A]	267.3	I v1 [A]	123.6	I v2 [A]	125.8	I v3 [A]	125.8	I v4 [A]	127.7	I v5 [A]	127.6	I v6 [A]	125.8	I v7 [A]	127.1
P NS1 [W]	8480027	P NS2 [W]	7799109	P NS3 [W]	7112877	P v1 [W]	3120994	P v2 [W]	3232753	P v3 [W]	3231479	P v4 [W]	3328199	P v5 [W]	3325762	P v6 [W]	3231129	P v7 [W]	3296607
Q NS1 [Var]	1777338	Q NS2 [Var]	1458587	Q NS3 [Var]	1222466	Q v1 [Var]	444744	Q v2 [Var]	460670	Q v3 [Var]	460488	Q v4 [Var]	474270	Q v5 [Var]	474056	Q v6 [Var]	460438	Q v7 [Var]	469769
cosφ NS1 [-]	0.978	cosφ NS2 [-]	0.983	cosφ NS3 [-]	0.986	cosφ v1 [-]	0.99	cosφ v2 [-]	0.99	cosφ v3 [-]	0.99	cosφ v4 [-]	0.99	cosφ v5 [-]	0.99	cosφ v6 [-]	0.99	cosφ v7 [-]	0.99

5a.2) Zzc = 1/3 Ztv

U NS1 [V]	26818	U NS2 [V]	26923	U NS3 [V]	27004	U v1 [V]	25655	U v2 [V]	26064	U v3 [V]	26064	U v4 [V]	26412	U v5 [V]	26403	U v6 [V]	26056	U v7 [V]	26292
I NS1 [A]	322.8	I NS2 [A]	295.8	I NS3 [A]	268.4	I v1 [A]	124.4	I v2 [A]	126.4	I v3 [A]	126.4	I v4 [A]	128	I v5 [A]	128	I v6 [A]	126.3	I v7 [A]	127.5
P NS1 [W]	8481798	P NS2 [W]	7835832	P NS3 [W]	7147818	P v1 [W]	3158900	P v2 [W]	3260425	P v3 [W]	3260440	P v4 [W]	3348110	P v5 [W]	3345826	P v6 [W]	3258608	P v7 [W]	3317894
Q NS1 [Var]	1738883	Q NS2 [Var]	1427993	Q NS3 [Var]	1193053	Q v1 [Var]	450146	Q v2 [Var]	464613	Q v3 [Var]	464615	Q v4 [Var]	477108	Q v5 [Var]	476783	Q v6 [Var]	464354	Q v7 [Var]	472802
cosφ NS1 [-]	0.98	cosφ NS2 [-]	0.984	cosφ NS3 [-]	0.986	cosφ v1 [-]	0.99	cosφ v2 [-]	0.99	cosφ v3 [-]	0.99	cosφ v4 [-]	0.99	cosφ v5 [-]	0.99	cosφ v6 [-]	0.99	cosφ v7 [-]	0.99

5a.3) Zzc = 1/4 Ztv

U NS1 [V]	26823	U NS2 [V]	26927	U NS3 [V]	27008	U v1 [V]	25732	U v2 [V]	26119	U v3 [V]	26122	U v4 [V]	26451	U v5 [V]	26440	U v6 [V]	26111	U v7 [V]	26335
I NS1 [A]	323.6	I NS2 [A]	296.4	I NS3 [A]	268.9	I v1 [A]	124.8	I v2 [A]	126.6	I v3 [A]	126.6	I v4 [A]	128.2	I v5 [A]	128.2	I v6 [A]	126.6	I v7 [A]	127.7
P NS1 [W]	8507243	P NS2 [W]	7854210	P NS3 [W]	7165304	P v1 [W]	3172990	P v2 [W]	3274324	P v3 [W]	3275000	P v4 [W]	3358109	P v5 [W]	3355395	P v6 [W]	3272422	P v7 [W]	3325890
Q NS1 [Var]	1719309	Q NS2 [Var]	1412487	Q NS3 [Var]	1178136	Q v1 [Var]	452866	Q v2 [Var]	465595	Q v3 [Var]	466690	Q v4 [Var]	478533	Q v5 [Var]	478146	Q v6 [Var]	466323	Q v7 [Var]	474325
cosφ NS1 [-]	0.98	cosφ NS2 [-]	0.984	cosφ NS3 [-]	0.987	cosφ v1 [-]	0.99	cosφ v2 [-]	0.99	cosφ v3 [-]	0.99	cosφ v4 [-]	0.99	cosφ v5 [-]	0.99	cosφ v6 [-]	0.99	cosφ v7 [-]	0.99

5b) Neuvažovaná impedancia zpeňné cesty

U NS1 [V]	26899	U NS2 [V]	26959	U NS3 [V]	27020	U v1 [V]	25965	U v2 [V]	26286	U v3 [V]	26297	U v4 [V]	26570	U v5 [V]	26554	U v6 [V]	26277	U v7 [V]	26462
I NS1 [A]	325.8	I NS2 [A]	297.9	I NS3 [A]	270.4	I v1 [A]	125.9	I v2 [A]	127.4	I v3 [A]	127.5	I v4 [A]	128.8	I v5 [A]	128.7	I v6 [A]	127.4	I v7 [A]	128.3
P NS1 [W]	8585793	P NS2 [W]	7909398	P NS3 [W]	721781.1	P v1 [W]	3235794	P v2 [W]	3316347	P v3 [W]	3318991	P v4 [W]	3389268	P v5 [W]	3384253	P v6 [W]	3314163	P v7 [W]	3368099
Q NS1 [Var]	1669186	Q NS2 [Var]	1365122	Q NS3 [Var]	1132536	Q v1 [Var]	461103	Q v2 [Var]	472586	Q v3 [Var]	472959	Q v4 [Var]	482831	Q v5 [Var]	482259	Q v6 [Var]	472271	Q v7 [Var]	478918
cosφ NS1 [-]	0.982	cosφ NS2 [-]	0.985	cosφ NS3 [-]	0.988	cosφ v1 [-]	0.99	cosφ v2 [-]	0.99	cosφ v3 [-]	0.99	cosφ v4 [-]	0.99	cosφ v5 [-]	0.99	cosφ v6 [-]	0.99	cosφ v7 [-]	0.99

5c) Impedancia zpeňné cesty v sérii s trojrovným vedením

5c.1) Zzc = 1/2 Ztv																			
U NS1 [V]	26799	U NS2 [V]	26916	U NS3 [V]	27005	U v1 [V]	25491	U v2 [V]	25949	U v3 [V]	25948	U v4 [V]	26339	U v5 [V]	26330	U v6 [V]	25942	U v7 [V]	26207
I NS1 [A]	326.8	I NS2 [A]	295	I NS3 [A]	261.7	I v1 [A]	123.6	I v2 [A]	123.6	I v3 [A]	123.8	I v4 [A]	127.7	I v5 [A]	127.7	I v6 [A]	123.8	I v7 [A]	127.1
P NS1 [W]	8571972	P NS2 [W]	7804857	P NS3 [W]	696264.3	P v1 [W]	3118742	P v2 [W]	3231853	P v3 [W]	3231494	P v4 [W]	3329626	P v5 [W]	3327528	P v6 [W]	3230137	P v7 [W]	3296344
Q NS1 [Var]	1798640	Q NS2 [Var]	1453576	Q NS3 [Var]	1205128	Q v1 [Var]	444423	Q v2 [Var]	460542	Q v3 [Var]	460490	Q v4 [Var]	474474	Q v5 [Var]	474175	Q v6 [Var]	460297	Q v7 [Var]	469732
cosφ NS1 [-]	0.979	cosφ NS2 [-]	0.983	cosφ NS3 [-]	0.985	cosφ v1 [-]	0.99	cosφ v2 [-]	0.99	cosφ v3 [-]	0.99	cosφ v4 [-]	0.99	cosφ v5 [-]	0.99	cosφ v6 [-]	0.99	cosφ v7 [-]	0.99

5c.2) Zzc = 1/3 Ztv

U NS1 [V]	26811	U NS2 [V]	26923	U NS3 [V]	27010	U v1 [V]	25648	U v2 [V]	26061	U v3 [V]	26064	U v4 [V]	26416	U v5 [V]	26405	U v6 [V]	26053	U v7 [V]	26291
I NS1 [A]	326.8	I NS2 [A]	295.9	I NS3 [A]	264.3	I v1 [A]	124.3	I v2 [A]	126.3	I v3 [A]	126.4	I v4 [A]	128.1	I v5 [A]	128	I v6 [A]	126.3	I v7 [A]	127.5
P NS1 [W]	8584365	P NS2 [W]	7839389	P NS3 [W]	703996.5	P v1 [W]	3157253	P v2 [W]	3259773	P v3 [W]	3260476	P v4 [W]	3349167	P v5 [W]	3346362	P v6 [W]	3257866	P v7 [W]	3317677
Q NS1 [Var]	1754272	Q NS2 [Var]	1424899	Q NS3 [Var]	1180096	Q v1 [Var]	449911	Q v2 [Var]	464520	Q v3 [Var]	464620	Q v4 [Var]	477259	Q v5 [Var]	476859	Q v6 [Var]	464248	Q v7 [Var]	472722
cosφ NS1 [-]	0.98	cosφ NS2 [-]	0.984	cosφ NS3 [-]	0.986	cosφ v1 [-]	0.99	cosφ v2 [-]	0.99	cosφ v3 [-]	0.99	cosφ v4 [-]	0.99	cosφ v5 [-]	0.99	cosφ v6 [-]	0.99	cosφ v7 [-]	0.99

5c.3) Zzc = 1/4 Ztv

U NS1 [V]	26818	U NS2 [V]	26927	U NS3 [V]	27013	U v1 [V]	25727	U v2 [V]	26117	U v3 [V]	26122	U v4 [V]	26454	U v5 [V]	26442	U v6 [V]	26109	U v7 [V]	26334
I NS1 [A]	326.7	I NS2 [A]	296.4	I NS3 [A]	265.7	I v1 [A]	124.7	I v2 [A]	126.6	I v3 [A]	126.6	I v4 [A]	128.3	I v5 [A]	128.2	I v6 [A]	126.6	I v7 [A]	127.7
P NS1 [W]	8587968	P NS2 [W]	7856637	P NS3 [W]	708122.2	P v1 [W]	3176990	P v2 [W]	3273822	P v3 [W]	3275038	P v4 [W]	3358947	P v5 [W]	3355809	P v6 [W]	3271830	P v7 [W]	3329400
Q NS1 [Var]	1731401	Q NS2 [Var]	1410273	Q NS3 [Var]	116782	Q v1 [Var]	452681	Q v2 [Var]	465222	Q v3 [Var]	466696	Q v4 [Var]	478653	Q v5 [Var]	478205	Q v6 [Var]	464238	Q v7 [Var]	474300
cosφ NS1 [-]	0.98	cosφ NS2 [-]	0.984	cosφ NS3 [-]	0.987	cosφ v1 [-]	0.99	cosφ v2 [-]	0.99	cosφ v3 [-]	0.99	cosφ v4 [-]	0.99	cosφ v5 [-]	0.99	cosφ v6 [-]	0.99	cosφ v7 [-]	0.99

5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)

5a) Uvažovaná impedance zpětné cesty

5a.1) Z <sub>c</sub> = 1/2 Z <sub>v</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS3</sub> [V]	99,9%	U <sub>v11</sub> [V]	98,2%	U <sub>v12</sub> [V]	98,7%	U <sub>v13</sub> [V]	98,7%	U <sub>v14</sub> [V]	99,1%	U <sub>v15</sub> [V]	99,1%	U <sub>v16</sub> [V]	98,7%	U <sub>v17</sub> [V]	99,0%	U <sub>NS1</sub> [A]	98,6%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,0%	I <sub>NS3</sub> [A]	98,9%	I <sub>v11</sub> [A]	98,2%	I <sub>v12</sub> [A]	98,7%	I <sub>v13</sub> [A]	98,7%	I <sub>v14</sub> [A]	99,1%	I <sub>v15</sub> [A]	99,1%	I <sub>v16</sub> [A]	98,7%	I <sub>v17</sub> [A]	99,1%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
P <sub>NS1</sub> [W]	98,2%	P <sub>NS2</sub> [W]	98,6%	P <sub>NS3</sub> [W]	98,5%	P <sub>v11</sub> [W]	96,5%	P <sub>v12</sub> [W]	97,5%	P <sub>v13</sub> [W]	97,4%	P <sub>v14</sub> [W]	98,2%	P <sub>v15</sub> [W]	98,3%	P <sub>v16</sub> [W]	97,5%	P <sub>v17</sub> [W]	98,1%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	107,1%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	106,8%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	107,9%	Q <sub>v11</sub> [Var]	96,5%	Q <sub>v12</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v13</sub> [Var]	97,4%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v16</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,1%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,6%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,1%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,4%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,5%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,4%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,5%	5a.2) Z <sub>c</sub> = 1/3 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	100,0%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	99,1%	U <sub>v12</sub> [V]	99,4%	U <sub>v13</sub> [V]	99,3%	U <sub>v14</sub> [V]	99,6%	U <sub>v15</sub> [V]	99,6%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,5%	I <sub>NS1</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,5%	I <sub>NS3</sub> [A]	99,4%	I <sub>v11</sub> [A]	99,1%	I <sub>v12</sub> [A]	99,4%	I <sub>v13</sub> [A]	99,3%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,6%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,5%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	99,3%	P <sub>v11</sub> [W]	98,2%	P <sub>v12</sub> [W]	98,7%	P <sub>v13</sub> [W]	98,7%	P <sub>v14</sub> [W]	99,1%	P <sub>v15</sub> [W]	99,1%	P <sub>v16</sub> [W]	98,7%	P <sub>v17</sub> [W]	99,0%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	103,6%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	103,5%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,0%	Q <sub>v11</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,7%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,7%	Q <sub>v14</sub> [Var]	99,1%	Q <sub>v15</sub> [Var]	99,1%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,7%	Q <sub>v17</sub> [Var]	99,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,9%	5a.3) Z <sub>c</sub> = 1/4 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	100,0%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	98,2%	U <sub>v12</sub> [V]	98,7%	U <sub>v13</sub> [V]	98,7%	U <sub>v14</sub> [V]	99,1%	U <sub>v15</sub> [V]	99,2%	U <sub>v16</sub> [V]	98,7%	U <sub>v17</sub> [V]	99,0%	I <sub>NS1</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,0%	I <sub>NS3</sub> [A]	99,4%	I <sub>v11</sub> [A]	98,2%	I <sub>v12</sub> [A]	98,7%	I <sub>v13</sub> [A]	98,7%	I <sub>v14</sub> [A]	99,1%	I <sub>v15</sub> [A]	99,2%	I <sub>v16</sub> [A]	98,7%	I <sub>v17</sub> [A]	99,1%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	99,3%	P <sub>v11</sub> [W]	96,4%	P <sub>v12</sub> [W]	97,4%	P <sub>v13</sub> [W]	97,4%	P <sub>v14</sub> [W]	98,3%	P <sub>v15</sub> [W]	98,3%	P <sub>v16</sub> [W]	97,5%	P <sub>v17</sub> [W]	98,1%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	108,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	106,5%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	106,4%	Q <sub>v11</sub> [Var]	96,4%	Q <sub>v12</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v13</sub> [Var]	97,4%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v16</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,1%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,7%	5c.1) Z <sub>c</sub> = 1/2 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS3</sub> [V]	99,9%	U <sub>v11</sub> [V]	98,2%	U <sub>v12</sub> [V]	98,7%	U <sub>v13</sub> [V]	98,7%	U <sub>v14</sub> [V]	99,1%	U <sub>v15</sub> [V]	99,2%	U <sub>v16</sub> [V]	98,7%	U <sub>v17</sub> [V]	99,0%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,0%	I <sub>NS3</sub> [A]	96,8%	I <sub>v11</sub> [A]	98,2%	I <sub>v12</sub> [A]	98,7%	I <sub>v13</sub> [A]	98,7%	I <sub>v14</sub> [A]	99,1%	I <sub>v15</sub> [A]	99,2%	I <sub>v16</sub> [A]	98,7%	I <sub>v17</sub> [A]	99,1%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,8%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,7%	P <sub>NS3</sub> [W]	96,5%	P <sub>v11</sub> [W]	96,4%	P <sub>v12</sub> [W]	97,4%	P <sub>v13</sub> [W]	97,4%	P <sub>v14</sub> [W]	98,3%	P <sub>v15</sub> [W]	98,3%	P <sub>v16</sub> [W]	97,5%	P <sub>v17</sub> [W]	98,1%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	108,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	106,5%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	106,4%	Q <sub>v11</sub> [Var]	96,4%	Q <sub>v12</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v13</sub> [Var]	97,4%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v16</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,1%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,7%	5c.2) Z <sub>c</sub> = 1/3 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	98,8%	U <sub>v12</sub> [V]	99,1%	U <sub>v13</sub> [V]	99,1%	U <sub>v14</sub> [V]	99,4%	U <sub>v15</sub> [V]	99,4%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,4%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	100,0%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,6%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	105,7%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%	5c.3) Z <sub>c</sub> = 1/4 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	100,0%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	99,1%	U <sub>v12</sub> [V]	99,4%	U <sub>v13</sub> [V]	99,3%	U <sub>v14</sub> [V]	99,6%	U <sub>v15</sub> [V]	99,6%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,5%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,9%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,5%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%
cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,6%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,1%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,4%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,5%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,4%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,5%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
5a.2) Z <sub>c</sub> = 1/3 Z <sub>v</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	100,0%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	99,1%	U <sub>v12</sub> [V]	99,4%	U <sub>v13</sub> [V]	99,3%	U <sub>v14</sub> [V]	99,6%	U <sub>v15</sub> [V]	99,6%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,5%	I <sub>NS1</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,5%	I <sub>NS3</sub> [A]	99,4%	I <sub>v11</sub> [A]	99,1%	I <sub>v12</sub> [A]	99,4%	I <sub>v13</sub> [A]	99,3%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,6%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,5%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	99,3%	P <sub>v11</sub> [W]	98,2%	P <sub>v12</sub> [W]	98,7%	P <sub>v13</sub> [W]	98,7%	P <sub>v14</sub> [W]	99,1%	P <sub>v15</sub> [W]	99,1%	P <sub>v16</sub> [W]	98,7%	P <sub>v17</sub> [W]	99,0%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	103,6%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	103,5%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,0%	Q <sub>v11</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,7%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,7%	Q <sub>v14</sub> [Var]	99,1%	Q <sub>v15</sub> [Var]	99,1%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,7%	Q <sub>v17</sub> [Var]	99,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,9%	5a.3) Z <sub>c</sub> = 1/4 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	100,0%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	98,2%	U <sub>v12</sub> [V]	98,7%	U <sub>v13</sub> [V]	98,7%	U <sub>v14</sub> [V]	99,1%	U <sub>v15</sub> [V]	99,2%	U <sub>v16</sub> [V]	98,7%	U <sub>v17</sub> [V]	99,0%	I <sub>NS1</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,0%	I <sub>NS3</sub> [A]	99,4%	I <sub>v11</sub> [A]	98,2%	I <sub>v12</sub> [A]	98,7%	I <sub>v13</sub> [A]	98,7%	I <sub>v14</sub> [A]	99,1%	I <sub>v15</sub> [A]	99,2%	I <sub>v16</sub> [A]	98,7%	I <sub>v17</sub> [A]	99,1%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	99,3%	P <sub>v11</sub> [W]	96,4%	P <sub>v12</sub> [W]	97,4%	P <sub>v13</sub> [W]	97,4%	P <sub>v14</sub> [W]	98,3%	P <sub>v15</sub> [W]	98,3%	P <sub>v16</sub> [W]	97,5%	P <sub>v17</sub> [W]	98,1%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	108,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	106,5%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	106,4%	Q <sub>v11</sub> [Var]	96,4%	Q <sub>v12</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v13</sub> [Var]	97,4%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v16</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,1%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,7%	5c.1) Z <sub>c</sub> = 1/2 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS3</sub> [V]	99,9%	U <sub>v11</sub> [V]	98,2%	U <sub>v12</sub> [V]	98,7%	U <sub>v13</sub> [V]	98,7%	U <sub>v14</sub> [V]	99,1%	U <sub>v15</sub> [V]	99,2%	U <sub>v16</sub> [V]	98,7%	U <sub>v17</sub> [V]	99,0%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,0%	I <sub>NS3</sub> [A]	96,8%	I <sub>v11</sub> [A]	98,2%	I <sub>v12</sub> [A]	98,7%	I <sub>v13</sub> [A]	98,7%	I <sub>v14</sub> [A]	99,1%	I <sub>v15</sub> [A]	99,2%	I <sub>v16</sub> [A]	98,7%	I <sub>v17</sub> [A]	99,1%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,8%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,7%	P <sub>NS3</sub> [W]	96,5%	P <sub>v11</sub> [W]	96,4%	P <sub>v12</sub> [W]	97,4%	P <sub>v13</sub> [W]	97,4%	P <sub>v14</sub> [W]	98,3%	P <sub>v15</sub> [W]	98,3%	P <sub>v16</sub> [W]	97,5%	P <sub>v17</sub> [W]	98,1%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	108,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	106,5%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	106,4%	Q <sub>v11</sub> [Var]	96,4%	Q <sub>v12</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v13</sub> [Var]	97,4%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v16</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,1%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,7%	5c.2) Z <sub>c</sub> = 1/3 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	98,8%	U <sub>v12</sub> [V]	99,1%	U <sub>v13</sub> [V]	99,1%	U <sub>v14</sub> [V]	99,4%	U <sub>v15</sub> [V]	99,4%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,4%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	100,0%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,6%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	105,7%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%	5c.3) Z <sub>c</sub> = 1/4 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	100,0%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	99,1%	U <sub>v12</sub> [V]	99,4%	U <sub>v13</sub> [V]	99,3%	U <sub>v14</sub> [V]	99,6%	U <sub>v15</sub> [V]	99,6%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,5%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,9%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,5%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%																																																																																																								
P <sub>NS1</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	99,3%	P <sub>v11</sub> [W]	98,2%	P <sub>v12</sub> [W]	98,7%	P <sub>v13</sub> [W]	98,7%	P <sub>v14</sub> [W]	99,1%	P <sub>v15</sub> [W]	99,1%	P <sub>v16</sub> [W]	98,7%	P <sub>v17</sub> [W]	99,0%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	103,6%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	103,5%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,0%	Q <sub>v11</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,7%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,7%	Q <sub>v14</sub> [Var]	99,1%	Q <sub>v15</sub> [Var]	99,1%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,7%	Q <sub>v17</sub> [Var]	99,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,9%	5a.3) Z <sub>c</sub> = 1/4 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	100,0%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	98,2%	U <sub>v12</sub> [V]	98,7%	U <sub>v13</sub> [V]	98,7%	U <sub>v14</sub> [V]	99,1%	U <sub>v15</sub> [V]	99,2%	U <sub>v16</sub> [V]	98,7%	U <sub>v17</sub> [V]	99,0%	I <sub>NS1</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,0%	I <sub>NS3</sub> [A]	99,4%	I <sub>v11</sub> [A]	98,2%	I <sub>v12</sub> [A]	98,7%	I <sub>v13</sub> [A]	98,7%	I <sub>v14</sub> [A]	99,1%	I <sub>v15</sub> [A]	99,2%	I <sub>v16</sub> [A]	98,7%	I <sub>v17</sub> [A]	99,1%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	99,3%	P <sub>v11</sub> [W]	96,4%	P <sub>v12</sub> [W]	97,4%	P <sub>v13</sub> [W]	97,4%	P <sub>v14</sub> [W]	98,3%	P <sub>v15</sub> [W]	98,3%	P <sub>v16</sub> [W]	97,5%	P <sub>v17</sub> [W]	98,1%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	108,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	106,5%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	106,4%	Q <sub>v11</sub> [Var]	96,4%	Q <sub>v12</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v13</sub> [Var]	97,4%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v16</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,1%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,7%	5c.1) Z <sub>c</sub> = 1/2 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS3</sub> [V]	99,9%	U <sub>v11</sub> [V]	98,2%	U <sub>v12</sub> [V]	98,7%	U <sub>v13</sub> [V]	98,7%	U <sub>v14</sub> [V]	99,1%	U <sub>v15</sub> [V]	99,2%	U <sub>v16</sub> [V]	98,7%	U <sub>v17</sub> [V]	99,0%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,0%	I <sub>NS3</sub> [A]	96,8%	I <sub>v11</sub> [A]	98,2%	I <sub>v12</sub> [A]	98,7%	I <sub>v13</sub> [A]	98,7%	I <sub>v14</sub> [A]	99,1%	I <sub>v15</sub> [A]	99,2%	I <sub>v16</sub> [A]	98,7%	I <sub>v17</sub> [A]	99,1%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,8%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,7%	P <sub>NS3</sub> [W]	96,5%	P <sub>v11</sub> [W]	96,4%	P <sub>v12</sub> [W]	97,4%	P <sub>v13</sub> [W]	97,4%	P <sub>v14</sub> [W]	98,3%	P <sub>v15</sub> [W]	98,3%	P <sub>v16</sub> [W]	97,5%	P <sub>v17</sub> [W]	98,1%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	108,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	106,5%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	106,4%	Q <sub>v11</sub> [Var]	96,4%	Q <sub>v12</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v13</sub> [Var]	97,4%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v16</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,1%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,7%	5c.2) Z <sub>c</sub> = 1/3 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	98,8%	U <sub>v12</sub> [V]	99,1%	U <sub>v13</sub> [V]	99,1%	U <sub>v14</sub> [V]	99,4%	U <sub>v15</sub> [V]	99,4%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,4%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	100,0%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,6%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	105,7%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%	5c.3) Z <sub>c</sub> = 1/4 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	100,0%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	99,1%	U <sub>v12</sub> [V]	99,4%	U <sub>v13</sub> [V]	99,3%	U <sub>v14</sub> [V]	99,6%	U <sub>v15</sub> [V]	99,6%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,5%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,9%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,5%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%																																																																																																																																																
cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,9%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
5a.3) Z <sub>c</sub> = 1/4 Z <sub>v</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	100,0%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	98,2%	U <sub>v12</sub> [V]	98,7%	U <sub>v13</sub> [V]	98,7%	U <sub>v14</sub> [V]	99,1%	U <sub>v15</sub> [V]	99,2%	U <sub>v16</sub> [V]	98,7%	U <sub>v17</sub> [V]	99,0%	I <sub>NS1</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,0%	I <sub>NS3</sub> [A]	99,4%	I <sub>v11</sub> [A]	98,2%	I <sub>v12</sub> [A]	98,7%	I <sub>v13</sub> [A]	98,7%	I <sub>v14</sub> [A]	99,1%	I <sub>v15</sub> [A]	99,2%	I <sub>v16</sub> [A]	98,7%	I <sub>v17</sub> [A]	99,1%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	99,3%	P <sub>v11</sub> [W]	96,4%	P <sub>v12</sub> [W]	97,4%	P <sub>v13</sub> [W]	97,4%	P <sub>v14</sub> [W]	98,3%	P <sub>v15</sub> [W]	98,3%	P <sub>v16</sub> [W]	97,5%	P <sub>v17</sub> [W]	98,1%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	108,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	106,5%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	106,4%	Q <sub>v11</sub> [Var]	96,4%	Q <sub>v12</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v13</sub> [Var]	97,4%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v16</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,1%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,7%	5c.1) Z <sub>c</sub> = 1/2 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS3</sub> [V]	99,9%	U <sub>v11</sub> [V]	98,2%	U <sub>v12</sub> [V]	98,7%	U <sub>v13</sub> [V]	98,7%	U <sub>v14</sub> [V]	99,1%	U <sub>v15</sub> [V]	99,2%	U <sub>v16</sub> [V]	98,7%	U <sub>v17</sub> [V]	99,0%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,0%	I <sub>NS3</sub> [A]	96,8%	I <sub>v11</sub> [A]	98,2%	I <sub>v12</sub> [A]	98,7%	I <sub>v13</sub> [A]	98,7%	I <sub>v14</sub> [A]	99,1%	I <sub>v15</sub> [A]	99,2%	I <sub>v16</sub> [A]	98,7%	I <sub>v17</sub> [A]	99,1%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,8%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,7%	P <sub>NS3</sub> [W]	96,5%	P <sub>v11</sub> [W]	96,4%	P <sub>v12</sub> [W]	97,4%	P <sub>v13</sub> [W]	97,4%	P <sub>v14</sub> [W]	98,3%	P <sub>v15</sub> [W]	98,3%	P <sub>v16</sub> [W]	97,5%	P <sub>v17</sub> [W]	98,1%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	108,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	106,5%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	106,4%	Q <sub>v11</sub> [Var]	96,4%	Q <sub>v12</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v13</sub> [Var]	97,4%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v16</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,1%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,7%	5c.2) Z <sub>c</sub> = 1/3 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	98,8%	U <sub>v12</sub> [V]	99,1%	U <sub>v13</sub> [V]	99,1%	U <sub>v14</sub> [V]	99,4%	U <sub>v15</sub> [V]	99,4%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,4%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	100,0%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,6%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	105,7%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%	5c.3) Z <sub>c</sub> = 1/4 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	100,0%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	99,1%	U <sub>v12</sub> [V]	99,4%	U <sub>v13</sub> [V]	99,3%	U <sub>v14</sub> [V]	99,6%	U <sub>v15</sub> [V]	99,6%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,5%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,9%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,5%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%																																																																																																																																																																																																																																																								
P <sub>NS1</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	99,3%	P <sub>v11</sub> [W]	96,4%	P <sub>v12</sub> [W]	97,4%	P <sub>v13</sub> [W]	97,4%	P <sub>v14</sub> [W]	98,3%	P <sub>v15</sub> [W]	98,3%	P <sub>v16</sub> [W]	97,5%	P <sub>v17</sub> [W]	98,1%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	108,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	106,5%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	106,4%	Q <sub>v11</sub> [Var]	96,4%	Q <sub>v12</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v13</sub> [Var]	97,4%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v16</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,1%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,7%	5c.1) Z <sub>c</sub> = 1/2 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS3</sub> [V]	99,9%	U <sub>v11</sub> [V]	98,2%	U <sub>v12</sub> [V]	98,7%	U <sub>v13</sub> [V]	98,7%	U <sub>v14</sub> [V]	99,1%	U <sub>v15</sub> [V]	99,2%	U <sub>v16</sub> [V]	98,7%	U <sub>v17</sub> [V]	99,0%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,0%	I <sub>NS3</sub> [A]	96,8%	I <sub>v11</sub> [A]	98,2%	I <sub>v12</sub> [A]	98,7%	I <sub>v13</sub> [A]	98,7%	I <sub>v14</sub> [A]	99,1%	I <sub>v15</sub> [A]	99,2%	I <sub>v16</sub> [A]	98,7%	I <sub>v17</sub> [A]	99,1%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,8%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,7%	P <sub>NS3</sub> [W]	96,5%	P <sub>v11</sub> [W]	96,4%	P <sub>v12</sub> [W]	97,4%	P <sub>v13</sub> [W]	97,4%	P <sub>v14</sub> [W]	98,3%	P <sub>v15</sub> [W]	98,3%	P <sub>v16</sub> [W]	97,5%	P <sub>v17</sub> [W]	98,1%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	108,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	106,5%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	106,4%	Q <sub>v11</sub> [Var]	96,4%	Q <sub>v12</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v13</sub> [Var]	97,4%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v16</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,1%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,7%	5c.2) Z <sub>c</sub> = 1/3 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	98,8%	U <sub>v12</sub> [V]	99,1%	U <sub>v13</sub> [V]	99,1%	U <sub>v14</sub> [V]	99,4%	U <sub>v15</sub> [V]	99,4%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,4%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	100,0%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,6%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	105,7%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%	5c.3) Z <sub>c</sub> = 1/4 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	100,0%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	99,1%	U <sub>v12</sub> [V]	99,4%	U <sub>v13</sub> [V]	99,3%	U <sub>v14</sub> [V]	99,6%	U <sub>v15</sub> [V]	99,6%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,5%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,9%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,5%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%																																																																																																																																																																																																																																																																																																
cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,7%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
5c.1) Z <sub>c</sub> = 1/2 Z <sub>v</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS3</sub> [V]	99,9%	U <sub>v11</sub> [V]	98,2%	U <sub>v12</sub> [V]	98,7%	U <sub>v13</sub> [V]	98,7%	U <sub>v14</sub> [V]	99,1%	U <sub>v15</sub> [V]	99,2%	U <sub>v16</sub> [V]	98,7%	U <sub>v17</sub> [V]	99,0%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,0%	I <sub>NS3</sub> [A]	96,8%	I <sub>v11</sub> [A]	98,2%	I <sub>v12</sub> [A]	98,7%	I <sub>v13</sub> [A]	98,7%	I <sub>v14</sub> [A]	99,1%	I <sub>v15</sub> [A]	99,2%	I <sub>v16</sub> [A]	98,7%	I <sub>v17</sub> [A]	99,1%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,8%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,7%	P <sub>NS3</sub> [W]	96,5%	P <sub>v11</sub> [W]	96,4%	P <sub>v12</sub> [W]	97,4%	P <sub>v13</sub> [W]	97,4%	P <sub>v14</sub> [W]	98,3%	P <sub>v15</sub> [W]	98,3%	P <sub>v16</sub> [W]	97,5%	P <sub>v17</sub> [W]	98,1%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	108,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	106,5%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	106,4%	Q <sub>v11</sub> [Var]	96,4%	Q <sub>v12</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v13</sub> [Var]	97,4%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v16</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,1%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,7%	5c.2) Z <sub>c</sub> = 1/3 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	98,8%	U <sub>v12</sub> [V]	99,1%	U <sub>v13</sub> [V]	99,1%	U <sub>v14</sub> [V]	99,4%	U <sub>v15</sub> [V]	99,4%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,4%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	100,0%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,6%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	105,7%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%	5c.3) Z <sub>c</sub> = 1/4 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	100,0%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	99,1%	U <sub>v12</sub> [V]	99,4%	U <sub>v13</sub> [V]	99,3%	U <sub>v14</sub> [V]	99,6%	U <sub>v15</sub> [V]	99,6%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,5%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,9%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,5%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
P <sub>NS1</sub> [W]	99,8%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,7%	P <sub>NS3</sub> [W]	96,5%	P <sub>v11</sub> [W]	96,4%	P <sub>v12</sub> [W]	97,4%	P <sub>v13</sub> [W]	97,4%	P <sub>v14</sub> [W]	98,3%	P <sub>v15</sub> [W]	98,3%	P <sub>v16</sub> [W]	97,5%	P <sub>v17</sub> [W]	98,1%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	108,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	106,5%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	106,4%	Q <sub>v11</sub> [Var]	96,4%	Q <sub>v12</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v13</sub> [Var]	97,4%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v16</sub> [Var]	97,5%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,1%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,7%	5c.2) Z <sub>c</sub> = 1/3 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	98,8%	U <sub>v12</sub> [V]	99,1%	U <sub>v13</sub> [V]	99,1%	U <sub>v14</sub> [V]	99,4%	U <sub>v15</sub> [V]	99,4%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,4%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	100,0%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,6%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	105,7%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%	5c.3) Z <sub>c</sub> = 1/4 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	100,0%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	99,1%	U <sub>v12</sub> [V]	99,4%	U <sub>v13</sub> [V]	99,3%	U <sub>v14</sub> [V]	99,6%	U <sub>v15</sub> [V]	99,6%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,5%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,9%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,5%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,7%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,7%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
5c.2) Z <sub>c</sub> = 1/3 Z <sub>v</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	98,8%	U <sub>v12</sub> [V]	99,1%	U <sub>v13</sub> [V]	99,1%	U <sub>v14</sub> [V]	99,4%	U <sub>v15</sub> [V]	99,4%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,4%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	100,0%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,6%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	105,7%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%	5c.3) Z <sub>c</sub> = 1/4 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	100,0%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	99,1%	U <sub>v12</sub> [V]	99,4%	U <sub>v13</sub> [V]	99,3%	U <sub>v14</sub> [V]	99,6%	U <sub>v15</sub> [V]	99,6%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,5%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,9%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,5%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
P <sub>NS1</sub> [W]	100,0%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,1%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,6%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	105,7%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%	5c.3) Z <sub>c</sub> = 1/4 Z <sub>v</sub>																								U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	100,0%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	99,1%	U <sub>v12</sub> [V]	99,4%	U <sub>v13</sub> [V]	99,3%	U <sub>v14</sub> [V]	99,6%	U <sub>v15</sub> [V]	99,6%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,5%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,9%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,5%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
5c.3) Z <sub>c</sub> = 1/4 Z <sub>v</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
U <sub>NS1</sub> [V]	99,9%	U <sub>NS2</sub> [V]	100,0%	U <sub>NS3</sub> [V]	100,0%	U <sub>v11</sub> [V]	99,1%	U <sub>v12</sub> [V]	99,4%	U <sub>v13</sub> [V]	99,3%	U <sub>v14</sub> [V]	99,6%	U <sub>v15</sub> [V]	99,6%	U <sub>v16</sub> [V]	99,4%	U <sub>v17</sub> [V]	99,5%	I <sub>NS1</sub> [A]	100,3%	I <sub>NS2</sub> [A]	99,3%	I <sub>NS3</sub> [A]	97,7%	I <sub>v11</sub> [A]	98,7%	I <sub>v12</sub> [A]	99,1%	I <sub>v13</sub> [A]	99,1%	I <sub>v14</sub> [A]	99,5%	I <sub>v15</sub> [A]	99,5%	I <sub>v16</sub> [A]	99,4%	I <sub>v17</sub> [A]	99,4%	P <sub>NS1</sub> [W]	99,9%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,5%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
P <sub>NS1</sub> [W]	99,9%	P <sub>NS2</sub> [W]	99,3%	P <sub>NS3</sub> [W]	97,5%	P <sub>v11</sub> [W]	97,6%	P <sub>v12</sub> [W]	98,3%	P <sub>v13</sub> [W]	98,2%	P <sub>v14</sub> [W]	98,8%	P <sub>v15</sub> [W]	98,8%	P <sub>v16</sub> [W]	98,8%	P <sub>v17</sub> [W]	98,8%	Q <sub>NS1</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS2</sub> [Var]	104,4%	Q <sub>NS3</sub> [Var]	104,2%	Q <sub>v11</sub> [Var]	97,6%	Q <sub>v12</sub> [Var]	98,3%	Q <sub>v13</sub> [Var]	98,2%	Q <sub>v14</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v15</sub> [Var]	98,9%	Q <sub>v16</sub> [Var]	98,8%	Q <sub>v17</sub> [Var]	98,7%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	100,0%	cos $\phi$ <sub>NS1</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>NS2</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>NS3</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v11</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v12</sub> [-]	99,9%	cos $\phi$ <sub>v13</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v14</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v15</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v16</sub> [-]	99,8%	cos $\phi$ <sub>v17</sub> [-]	99,8%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

5j) 3x NS a 7x vlak (4x tratové úseky)

5b) Neuvážovaná impedance zpětné cesty

Vztaženo k variantě 5a.1): Z <sub>zc</sub> = 1/2 Z <sub>tv</sub> s uvážovanou impedancí zpětné cesty																			
U_NSI[V]	100.1%	U_NSZ[V]	100.1%	U_NS3[V]	100.1%	U_v11[V]	101.8%	U_v12[V]	101.3%	U_v13[V]	101.3%	U_v14[V]	100.9%	U_v15[V]	100.9%	U_v16[V]	101.3%	U_v17[V]	101.0%
I_NSI[A]	101.4%	I_NSZ[A]	101.1%	I_NS3[A]	101.2%	I_v11[A]	101.9%	I_v12[A]	101.3%	I_v13[A]	101.4%	I_v14[A]	100.9%	I_v15[A]	100.9%	I_v16[A]	101.3%	I_v17[A]	100.9%
P_NSI[W]	101.8%	P_NSZ[W]	101.4%	P_NS3[W]	101.5%	P_v11[W]	103.7%	P_v12[W]	102.6%	P_v13[W]	102.7%	P_v14[W]	101.8%	P_v15[W]	101.7%	P_v16[W]	102.6%	P_v17[W]	101.9%
Q_NSI[V <sub>ar</sub> ]	93.4%	Q_NSZ[V <sub>ar</sub> ]	93.6%	Q_NS3[V <sub>ar</sub> ]	92.6%	Q_v11[V <sub>ar</sub> ]	103.7%	Q_v12[V <sub>ar</sub> ]	102.6%	Q_v13[V <sub>ar</sub> ]	102.7%	Q_v14[V <sub>ar</sub> ]	101.8%	Q_v15[V <sub>ar</sub> ]	101.7%	Q_v16[V <sub>ar</sub> ]	102.6%	Q_v17[V <sub>ar</sub> ]	101.9%
cosfi_NSI[-]	100.4%	cosfi_NSZ[-]	100.2%	cosfi_NS3[-]	100.2%	cosfi_v11[-]	100.0%	cosfi_v12[-]	100.0%	cosfi_v13[-]	100.0%	cosfi_v14[-]	100.0%	cosfi_v15[-]	100.0%	cosfi_v16[-]	100.0%	cosfi_v17[-]	100.0%

Vztaženo k variantě 5a.2): Z<sub>zc</sub> = 1/3 Z<sub>tv</sub> s uvážovanou impedancí zpětné cesty

U_NSI[V]	100.1%	U_NSZ[V]	100.1%	U_NS3[V]	100.1%	U_v11[V]	101.2%	U_v12[V]	100.9%	U_v13[V]	100.9%	U_v14[V]	100.6%	U_v15[V]	100.6%	U_v16[V]	100.8%	U_v17[V]	100.6%
I_NSI[A]	100.9%	I_NSZ[A]	100.7%	I_NS3[A]	100.7%	I_v11[A]	101.2%	I_v12[A]	100.8%	I_v13[A]	100.9%	I_v14[A]	100.6%	I_v15[A]	100.5%	I_v16[A]	100.9%	I_v17[A]	100.6%
P_NSI[W]	101.2%	P_NSZ[W]	100.5%	P_NS3[W]	101.0%	P_v11[W]	102.4%	P_v12[W]	101.7%	P_v13[W]	101.8%	P_v14[W]	101.2%	P_v15[W]	101.1%	P_v16[W]	101.7%	P_v17[W]	101.3%
Q_NSI[V <sub>ar</sub> ]	95.4%	Q_NSZ[V <sub>ar</sub> ]	95.6%	Q_NS3[V <sub>ar</sub> ]	94.9%	Q_v11[V <sub>ar</sub> ]	102.4%	Q_v12[V <sub>ar</sub> ]	101.7%	Q_v13[V <sub>ar</sub> ]	101.8%	Q_v14[V <sub>ar</sub> ]	101.2%	Q_v15[V <sub>ar</sub> ]	101.1%	Q_v16[V <sub>ar</sub> ]	101.7%	Q_v17[V <sub>ar</sub> ]	101.3%
cosfi_NSI[-]	100.2%	cosfi_NSZ[-]	100.1%	cosfi_NS3[-]	100.2%	cosfi_v11[-]	100.0%	cosfi_v12[-]	100.0%	cosfi_v13[-]	100.0%	cosfi_v14[-]	100.0%	cosfi_v15[-]	100.0%	cosfi_v16[-]	100.0%	cosfi_v17[-]	100.0%

Vztaženo k variantě 5a.3): Z<sub>zc</sub> = 1/4 Z<sub>tv</sub> s uvážovanou impedancí zpětné cesty

U_NSI[V]	100.1%	U_NSZ[V]	100.0%	U_NS3[V]	100.0%	U_v11[V]	100.9%	U_v12[V]	100.6%	U_v13[V]	100.7%	U_v14[V]	100.4%	U_v15[V]	100.4%	U_v16[V]	100.6%	U_v17[V]	100.5%
I_NSI[A]	100.7%	I_NSZ[A]	100.5%	I_NS3[A]	100.6%	I_v11[A]	100.9%	I_v12[A]	100.6%	I_v13[A]	101.3%	I_v14[A]	100.5%	I_v15[A]	100.4%	I_v16[A]	100.6%	I_v17[A]	100.5%
P_NSI[W]	100.9%	P_NSZ[W]	100.7%	P_NS3[W]	100.7%	P_v11[W]	101.8%	P_v12[W]	101.3%	P_v13[W]	101.3%	P_v14[W]	100.9%	P_v15[W]	100.9%	P_v16[W]	101.3%	P_v17[W]	101.0%
Q_NSI[V <sub>ar</sub> ]	96.5%	Q_NSZ[V <sub>ar</sub> ]	96.6%	Q_NS3[V <sub>ar</sub> ]	96.1%	Q_v11[V <sub>ar</sub> ]	101.8%	Q_v12[V <sub>ar</sub> ]	101.3%	Q_v13[V <sub>ar</sub> ]	101.3%	Q_v14[V <sub>ar</sub> ]	100.9%	Q_v15[V <sub>ar</sub> ]	100.9%	Q_v16[V <sub>ar</sub> ]	101.3%	Q_v17[V <sub>ar</sub> ]	101.0%
cosfi_NSI[-]	100.2%	cosfi_NSZ[-]	100.1%	cosfi_NS3[-]	100.1%	cosfi_v11[-]	100.0%	cosfi_v12[-]	100.0%	cosfi_v13[-]	100.0%	cosfi_v14[-]	100.0%	cosfi_v15[-]	100.0%	cosfi_v16[-]	100.0%	cosfi_v17[-]	100.0%

5c) Impedance zpětné cesty v sérii s trojovým vedením

5c.1) Z <sub>zc</sub> = 1/2 Z <sub>tv</sub> [vztaženo k variantě 5a.1)]																			
U_NSI[V]	100.0%	U_NS2[V]	100.0%	U_NS3[V]	100.0%	U_v11[V]	100.0%	U_v12[V]	100.0%	U_v13[V]	100.0%	U_v14[V]	100.0%	U_v15[V]	100.0%	U_v16[V]	100.0%	U_v17[V]	100.0%
I_NSI[A]	101.7%	I_NS2[A]	100.1%	I_NS3[A]	97.9%	I_v11[A]	100.0%	I_v12[A]	100.0%	I_v13[A]	100.0%	I_v14[A]	100.0%	I_v15[A]	100.1%	I_v16[A]	100.0%	I_v17[A]	100.0%
P_NSI[W]	101.7%	P_NS2[W]	100.1%	P_NS3[W]	97.9%	P_v11[W]	99.9%	P_v12[W]	100.0%	P_v13[W]	100.0%	P_v14[W]	100.0%	P_v15[W]	100.0%	P_v16[W]	100.0%	P_v17[W]	100.0%
Q_NSI[V <sub>ar</sub> ]	101.2%	Q_NS2[V <sub>ar</sub> ]	99.7%	Q_NS3[V <sub>ar</sub> ]	98.6%	Q_v11[V <sub>ar</sub> ]	99.9%	Q_v12[V <sub>ar</sub> ]	100.0%	Q_v13[V <sub>ar</sub> ]	100.0%	Q_v14[V <sub>ar</sub> ]	100.0%	Q_v15[V <sub>ar</sub> ]	100.0%	Q_v16[V <sub>ar</sub> ]	100.0%	Q_v17[V <sub>ar</sub> ]	100.0%
cosfi_NSI[-]	100.1%	cosfi_NS2[-]	100.0%	cosfi_NS3[-]	99.9%	cosfi_v11[-]	100.0%	cosfi_v12[-]	100.0%	cosfi_v13[-]	100.0%	cosfi_v14[-]	100.0%	cosfi_v15[-]	100.0%	cosfi_v16[-]	100.0%	cosfi_v17[-]	100.0%

5c.2) Z<sub>zc</sub> = 1/3 Z<sub>tv</sub> [vztaženo k variantě 5a.2)]

U_NSI[V]	100.0%	U_NS2[V]	100.0%	U_NS3[V]	100.0%	U_v11[V]	100.0%	U_v12[V]	100.0%	U_v13[V]	100.0%	U_v14[V]	100.0%	U_v15[V]	100.0%	U_v16[V]	100.0%	U_v17[V]	100.0%
I_NSI[A]	101.2%	I_NS2[A]	100.0%	I_NS3[A]	98.5%	I_v11[A]	99.9%	I_v12[A]	99.9%	I_v13[A]	100.0%	I_v14[A]	100.1%	I_v15[A]	100.0%	I_v16[A]	100.0%	I_v17[A]	100.0%
P_NSI[W]	100.9%	P_NS2[W]	100.0%	P_NS3[W]	98.5%	P_v11[W]	99.9%	P_v12[W]	100.0%	P_v13[W]	100.0%	P_v14[W]	100.0%	P_v15[W]	100.0%	P_v16[W]	100.0%	P_v17[W]	100.0%
Q_NSI[V <sub>ar</sub> ]	100.9%	Q_NS2[V <sub>ar</sub> ]	99.8%	Q_NS3[V <sub>ar</sub> ]	98.9%	Q_v11[V <sub>ar</sub> ]	99.9%	Q_v12[V <sub>ar</sub> ]	100.0%	Q_v13[V <sub>ar</sub> ]	100.0%	Q_v14[V <sub>ar</sub> ]	100.0%	Q_v15[V <sub>ar</sub> ]	100.0%	Q_v16[V <sub>ar</sub> ]	100.0%	Q_v17[V <sub>ar</sub> ]	100.0%
cosfi_NSI[-]	100.0%	cosfi_NS2[-]	100.0%	cosfi_NS3[-]	100.0%	cosfi_v11[-]	100.0%	cosfi_v12[-]	100.0%	cosfi_v13[-]	100.0%	cosfi_v14[-]	100.0%	cosfi_v15[-]	100.0%	cosfi_v16[-]	100.0%	cosfi_v17[-]	100.0%

5c.3) Z<sub>zc</sub> = 1/4 Z<sub>tv</sub> [vztaženo k variantě 5a.3)]

U_NSI[V]	100.0%	U_NS2[V]	100.0%	U_NS3[V]	100.0%	U_v11[V]	100.0%	U_v12[V]	100.0%	U_v13[V]	100.0%	U_v14[V]	100.0%	U_v15[V]	100.0%	U_v16[V]	100.0%	U_v17[V]	100.0%
I_NSI[A]	101.0%	I_NS2[A]	100.0%	I_NS3[A]	98.8%	I_v11[A]	99.9%	I_v12[A]	100.0%	I_v13[A]	100.0%	I_v14[A]	100.1%	I_v15[A]	100.0%	I_v16[A]	100.0%	I_v17[A]	100.0%
P_NSI[W]	100.9%	P_NS2[W]	100.0%	P_NS3[W]	98.8%	P_v11[W]	100.0%	P_v12[W]	100.0%	P_v13[W]	100.0%	P_v14[W]	100.0%	P_v15[W]	100.0%	P_v16[W]	100.0%	P_v17[W]	100.0%
Q_NSI[V <sub>ar</sub> ]	100.7%	Q_NS2[V <sub>ar</sub> ]	99.8%	Q_NS3[V <sub>ar</sub> ]	99.1%	Q_v11[V <sub>ar</sub> ]	100.0%	Q_v12[V <sub>ar</sub> ]	100.0%	Q_v13[V <sub>ar</sub> ]	100.0%	Q_v14[V <sub>ar</sub> ]	100.0%	Q_v15[V <sub>ar</sub> ]	100.0%	Q_v16[V <sub>ar</sub> ]	100.0%	Q_v17[V <sub>ar</sub> ]	100.0%
cosfi_NSI[-]	100.0%	cosfi_NS2[-]	100.0%	cosfi_NS3[-]	100.0%	cosfi_v11[-]	100.0%	cosfi_v12[-]	100.0%	cosfi_v13[-]	100.0%	cosfi_v14[-]	100.0%	cosfi_v15[-]	100.0%	cosfi_v16[-]	100.0%	cosfi_v17[-]	100.0%

Priloha F

Simulace 3. topologie trakčního obvodu – hodnoty  $I$ ,  $U$ ,  $P$ ,  $Q$  a  $\cos\varphi$  napájecích stanic a vozidel při proměnných parametrech trakčního vedení

Vliv teploty na impedanci											
3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)											
3.1) teplota – 20°C											
U_NS1 [V]	26971	U_NS2 [V]	27031	U_v11 [V]	26614	U_v12 [V]	25721	U_v13 [V]	25510	U_v14 [V]	26068
I_NS1 [A]	261,3	I_NS2 [A]	242,3	I_v11 [A]	129	I_v12 [A]	124,7	I_v13 [A]	123,7	I_v14 [A]	126,4
P_NS1 [W]	6886350	P_NS2 [W]	6414780	P_v11 [W]	3399671	P_v12 [W]	3175359	P_v13 [W]	3123459	P_v14 [W]	3261555
Q_NS1 [Var]	1501240	Q_NS2 [Var]	1320020	Q_v11 [Var]	484456	Q_v12 [Var]	452491	Q_v13 [Var]	445095	Q_v14 [Var]	464774
cosfi_NS1 [-]	0,98	cosfi_NS2 [-]	0,98	cosfi_v11 [-]	0,99	cosfi_v12 [-]	0,99	cosfi_v13 [-]	0,99	cosfi_v14 [-]	0,99
3.2) teplota 20°C (referenční impedance)											
U_NS1 [V]	26974	U_NS2 [V]	27038	U_v11 [V]	26557	U_v12 [V]	25542	U_v13 [V]	25297	U_v14 [V]	25936
I_NS1 [A]	259,9	I_NS2 [A]	240,9	I_v11 [A]	128,8	I_v12 [A]	123,8	I_v13 [A]	122,6	I_v14 [A]	125,7
P_NS1 [W]	6850987	P_NS2 [W]	6382395	P_v11 [W]	3385150	P_v12 [W]	3131341	P_v13 [W]	3071494	P_v14 [W]	3228605
Q_NS1 [Var]	1492595	Q_NS2 [Var]	1295520	Q_v11 [Var]	482387	Q_v12 [Var]	446219	Q_v13 [Var]	437690	Q_v14 [Var]	460079
cosfi_NS1 [-]	0,98	cosfi_NS2 [-]	0,98	cosfi_v11 [-]	0,99	cosfi_v12 [-]	0,99	cosfi_v13 [-]	0,99	cosfi_v14 [-]	0,99
3.3) teplota 40°C											
U_NS1 [V]	26975	U_NS2 [V]	27041	U_v11 [V]	26535	U_v12 [V]	25472	U_v13 [V]	25213	U_v14 [V]	25884
I_NS1 [A]	259,4	I_NS2 [A]	240,3	I_v11 [A]	128,6	I_v12 [A]	123,5	I_v13 [A]	122,2	I_v14 [A]	125,5
P_NS1 [W]	6837176	P_NS2 [W]	6369306	P_v11 [W]	3379362	P_v12 [W]	3113994	P_v13 [W]	3051036	P_v14 [W]	3215574
Q_NS1 [Var]	1489087	Q_NS2 [Var]	1285949	Q_v11 [Var]	481562	Q_v12 [Var]	443747	Q_v13 [Var]	434775	Q_v14 [Var]	458222
cosfi_NS1 [-]	0,98	cosfi_NS2 [-]	0,98	cosfi_v11 [-]	0,99	cosfi_v12 [-]	0,99	cosfi_v13 [-]	0,99	cosfi_v14 [-]	0,99
Vliv cesty zpětného proudu na impedanci (Kolejnicí / zemí)											
3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)											
3.1) referenční impedance											
U_NS1 [V]	26974	U_NS2 [V]	27038	U_v11 [V]	26557	U_v12 [V]	25542	U_v13 [V]	25297	U_v14 [V]	25936
I_NS1 [A]	259,9	I_NS2 [A]	240,9	I_v11 [A]	128,8	I_v12 [A]	123,8	I_v13 [A]	122,6	I_v14 [A]	125,7
P_NS1 [W]	6850987	P_NS2 [W]	6382395	P_v11 [W]	3385150	P_v12 [W]	3131341	P_v13 [W]	3071494	P_v14 [W]	3228605
Q_NS1 [Var]	1492595	Q_NS2 [Var]	1295520	Q_v11 [Var]	482387	Q_v12 [Var]	446219	Q_v13 [Var]	437690	Q_v14 [Var]	460079
cosfi_NS1 [-]	0,98	cosfi_NS2 [-]	0,98	cosfi_v11 [-]	0,99	cosfi_v12 [-]	0,99	cosfi_v13 [-]	0,99	cosfi_v14 [-]	0,99
3.2) zpětný proud pouze KOLEJNICÍ											
U_NS1 [V]	26957	U_NS2 [V]	27026	U_v11 [V]	26472	U_v12 [V]	25297	U_v13 [V]	25015	U_v14 [V]	25748
I_NS1 [A]	258,5	I_NS2 [A]	238,4	I_v11 [A]	128,3	I_v12 [A]	122,6	I_v13 [A]	121,3	I_v14 [A]	124,8
P_NS1 [W]	6792536	P_NS2 [W]	6299996	P_v11 [W]	3363473	P_v12 [W]	3071470	P_v13 [W]	3003343	P_v14 [W]	3182016
Q_NS1 [Var]	1555097	Q_NS2 [Var]	1346081	Q_v11 [Var]	479298	Q_v12 [Var]	437687	Q_v13 [Var]	427979	Q_v14 [Var]	453440
cosfi_NS1 [-]	0,97	cosfi_NS2 [-]	0,98	cosfi_v11 [-]	0,99	cosfi_v12 [-]	0,99	cosfi_v13 [-]	0,99	cosfi_v14 [-]	0,99
3.3) zpětný proud ZEMÍ											
U_NS1 [V]	26974	U_NS2 [V]	27036	U_v11 [V]	26595	U_v12 [V]	25659	U_v13 [V]	25435	U_v14 [V]	26023
I_NS1 [A]	260,8	I_NS2 [A]	241,9	I_v11 [A]	128,9	I_v12 [A]	124,4	I_v13 [A]	123,3	I_v14 [A]	126,2
P_NS1 [W]	6874006	P_NS2 [W]	6408087	P_v11 [W]	3394813	P_v12 [W]	3160073	P_v13 [W]	3105092	P_v14 [W]	3250233
Q_NS1 [Var]	1491099	Q_NS2 [Var]	1303575	Q_v11 [Var]	483764	Q_v12 [Var]	450313	Q_v13 [Var]	442478	Q_v14 [Var]	463161
cosfi_NS1 [-]	0,98	cosfi_NS2 [-]	0,98	cosfi_v11 [-]	0,99	cosfi_v12 [-]	0,99	cosfi_v13 [-]	0,99	cosfi_v14 [-]	0,99
Vliv směrů proudů v sousedních stopách na impedanci											
3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)											
3.1) referenční impedance											
U_NS1 [V]	26974	U_NS2 [V]	27038	U_v11 [V]	26557	U_v12 [V]	25542	U_v13 [V]	25297	U_v14 [V]	25936
I_NS1 [A]	259,9	I_NS2 [A]	240,9	I_v11 [A]	128,8	I_v12 [A]	123,8	I_v13 [A]	122,6	I_v14 [A]	125,7
P_NS1 [W]	6850987	P_NS2 [W]	6382395	P_v11 [W]	3385150	P_v12 [W]	3131341	P_v13 [W]	3071494	P_v14 [W]	3228605
Q_NS1 [Var]	1492595	Q_NS2 [Var]	1295520	Q_v11 [Var]	482387	Q_v12 [Var]	446219	Q_v13 [Var]	437690	Q_v14 [Var]	460079
cosfi_NS1 [-]	0,98	cosfi_NS2 [-]	0,98	cosfi_v11 [-]	0,99	cosfi_v12 [-]	0,99	cosfi_v13 [-]	0,99	cosfi_v14 [-]	0,99
3.2) souhlasný směr proudů											
U_NS1 [V]	26953	U_NS2 [V]	27021	U_v11 [V]	26476	U_v12 [V]	25312	U_v13 [V]	25034	U_v14 [V]	25758
I_NS1 [A]	258,7	I_NS2 [A]	238,4	I_v11 [A]	128,4	I_v12 [A]	122,7	I_v13 [A]	121,4	I_v14 [A]	124,9
P_NS1 [W]	6793171	P_NS2 [W]	6295716	P_v11 [W]	3364431	P_v12 [W]	3075010	P_v13 [W]	3008024	P_v14 [W]	3184440
Q_NS1 [Var]	1570392	Q_NS2 [Var]	1363335	Q_v11 [Var]	479434	Q_v12 [Var]	438191	Q_v13 [Var]	428646	Q_v14 [Var]	453785
cosfi_NS1 [-]	0,97	cosfi_NS2 [-]	0,98	cosfi_v11 [-]	0,99	cosfi_v12 [-]	0,99	cosfi_v13 [-]	0,99	cosfi_v14 [-]	0,99
3.3) opačný směr proudů											
U_NS1 [V]	26995	U_NS2 [V]	27057	U_v11 [V]	26639	U_v12 [V]	25771	U_v13 [V]	25558	U_v14 [V]	26112
I_NS1 [A]	260,9	I_NS2 [A]	243,6	I_v11 [A]	129,1	I_v12 [A]	124,9	I_v13 [A]	123,9	I_v14 [A]	126,6
P_NS1 [W]	6901085	P_NS2 [W]	6475201	P_v11 [W]	3406048	P_v12 [W]	3187601	P_v13 [W]	3135053	P_v14 [W]	3272584
Q_NS1 [Var]	1412477	Q_NS2 [Var]	1223906	Q_v11 [Var]	485365	Q_v12 [Var]	454236	Q_v13 [Var]	446748	Q_v14 [Var]	466346
cosfi_NS1 [-]	0,98	cosfi_NS2 [-]	0,98	cosfi_v11 [-]	0,99	cosfi_v12 [-]	0,99	cosfi_v13 [-]	0,99	cosfi_v14 [-]	0,99

Změřené hodnoty  $|Z|$  a  $\varphi$  impedanci NS při běžném provozu, pro 1., 3. a 5. topologii trakčního obvodu v závislosti na proměnných parametrech trakčního vedení

Vliv teploty na impedanci	Vliv teploty na impedanci	Vliv teploty na impedanci
<b>1) 1x NS a 2x vlak (2x trať)</b>	<b>3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)</b>	<b>5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)</b>
1.1) teplota -20°C		
$ Z_{NS1}  [Ω]$	$ Z_{NS2}  [Ω]$	$ Z_{NS3}  [Ω]$
106,7	103,7	112
$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS2}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$
10,56	11,75	11,19
1.2) teplota 20°C (reference)		
$ Z_{NS1}  [Ω]$	$ Z_{NS2}  [Ω]$	$ Z_{NS1}  [Ω]$
107,2	104,3	112,7
$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS2}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$
10,51	11,74	11,05
1.3) teplota 40°C		
$ Z_{NS1}  [Ω]$	$ Z_{NS2}  [Ω]$	$ Z_{NS1}  [Ω]$
107,4	104,5	113
$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS2}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$
10,48	11,73	10,99
Vliv cesty zpětného proudu na impedanci		
Vliv cesty zpětného proudu na impedanci		
Vliv cesty zpětného proudu na impedanci		
<b>1) 1x NS a 2x vlak (2x trať)</b>	<b>3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)</b>	<b>5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)</b>
3.1) referenční impedance		
$ Z_{NS1}  [Ω]$	$ Z_{NS2}  [Ω]$	$ Z_{NS3}  [Ω]$
107,2	104,3	112,7
$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS2}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$
10,51	11,74	11,05
3.2) zpětný i pouze KOLEJNICÍ		
$ Z_{NS1}  [Ω]$	$ Z_{NS2}  [Ω]$	$ Z_{NS1}  [Ω]$
107,9	104,8	113,9
$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS2}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$
11,1	12,47	11,75
3.3) zpětný i pouze ZEMÍ		
$ Z_{NS1}  [Ω]$	$ Z_{NS2}  [Ω]$	$ Z_{NS1}  [Ω]$
106,9	103,9	112,2
$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS2}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$
10,48	11,67	11,05
Vliv směrů proudů v TV u dvojkolejné trati		
Vliv směrů proudů v TV u dvojkolejné trati		
Vliv směrů proudů v TV u dvojkolejné trati		
<b>1) 1x NS a 2x vlak (2x trať)</b>	<b>3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)</b>	<b>5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)</b>
3.1) referenční impedance		
$ Z_{NS1}  [Ω]$	$ Z_{NS2}  [Ω]$	$ Z_{NS3}  [Ω]$
107,2	104,3	112,7
$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS2}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$
10,51	11,74	11,05
3.2) souhlasný směr proudů		
$ Z_{NS1}  [Ω]$	$ Z_{NS2}  [Ω]$	$ Z_{NS1}  [Ω]$
107,8	104,8	113,9
$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS2}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$
11,24	12,62	11,93
3.3) opačný směr proudů		
$ Z_{NS1}  [Ω]$	$ Z_{NS2}  [Ω]$	$ Z_{NS1}  [Ω]$
106,6	103,9	111,5
$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS2}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$
9,77	10,84	10,13
5.1) referenční impedance		
$ Z_{NS2}  [Ω]$	$ Z_{NS3}  [Ω]$	$ Z_{NS1}  [Ω]$
90,8	90,8	100,6
$\varphi_{Z_{NS2}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS3}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$
9,01	9,01	8,55
5.2) souhlasný směr proudů		
$ Z_{NS2}  [Ω]$	$ Z_{NS3}  [Ω]$	$ Z_{NS1}  [Ω]$
91	91	101,8
$\varphi_{Z_{NS2}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS3}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$
9,43	9,43	9,1
5.3) opačný směr proudů		
$ Z_{NS2}  [Ω]$	$ Z_{NS3}  [Ω]$	$ Z_{NS1}  [Ω]$
90,5	90,5	99,2
$\varphi_{Z_{NS2}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS3}} [^\circ]$	$\varphi_{Z_{NS1}} [^\circ]$
8,59	8,59	7,97

Príloha H

Změřené hodnoty  $|Z|$  a  $\varphi$  impedancí NS při zkratu, pro 3. topologii trakčního obvodu v závislosti na proměnných parametrech trakčního vedení a při všech zanedbaných vozidlech

Vliv teploty na impedanci	Vliv teploty na impedanci	Vliv teploty na impedanci	Vliv teploty na impedanci
zkrat v místě A na úseku T2	zkrat v místě A na úseku T2	zkrat v místě B na úseku T3	zkrat v místě B na úseku T3
$Z_{zkr} = 1 \Omega$	$Z_{zkr} = 12 \Omega$	$Z_{zkr} = 1 \Omega$	$Z_{zkr} = 12 \Omega$
3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)	3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)	3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)	3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)
3.1) teplota -20°C	3.1) teplota -20°C	3.1) teplota -20°C	3.1) teplota -20°C
$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 4,5 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 21,38 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 19,7 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 72,88	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 22,6 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ -20,44 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 35,4 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 51,54	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 27,5 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 35,85 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 10,85 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 82,44	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 36,9 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 12,7 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 25 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 51
3.2) teplota 20°C (reference)	3.2) teplota 20°C (reference)	3.2) teplota 20°C (reference)	3.2) teplota 20°C (reference)
$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 4,8 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 20 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 20,2 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 69,43	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 22,9 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ -18,98 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 36,6 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 49,56	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 28,6 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 33,37 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 11,2 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 79,17	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 38,5 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 12,47 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 26,1 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 50
3.3) teplota 40°C	3.3) teplota 40°C	3.3) teplota 40°C	3.3) teplota 40°C
$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 4,9 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 19,52 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 20,4 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 68,1	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 23 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ -18,41 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 37,1 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 48,8	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 29 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 32,43 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 11,4 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 77,91	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 39,1 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 12,39 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 26,5 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 49,57
Vliv směru zpětného proudu na impedanci	Vliv směru zpětného proudu na impedanci	Vliv směru zpětného proudu na impedanci	Vliv směru zpětného proudu na impedanci
zkrat v místě A na úseku T2	zkrat v místě A na úseku T2	zkrat v místě B na úseku T3	zkrat v místě B na úseku T3
$Z_{zkr} = 1 \Omega$	$Z_{zkr} = 12 \Omega$	$Z_{zkr} = 1 \Omega$	$Z_{zkr} = 12 \Omega$
3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)	3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)	3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)	3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)
3.1) referenční impedance	3.1) referenční impedance	3.1) referenční impedance	3.1) referenční impedance
$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 4,8 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 20 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 20,2 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 69,43	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 22,9 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ -18,98 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 36,6 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 49,56	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 28,6 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 33,37 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 11,2 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 79,17	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 38,5 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 12,47 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 26,1 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 50
3.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ	3.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ	3.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ	3.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ
$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 5,03 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 26,73 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 23,5 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 70,21	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 21,8 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ -16,2 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 40,6 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 52,31	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 32,3 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 36,37 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 13 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 81,36	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 40,2 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 17,6 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 28,1 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 54,64
3.3) zpětný I pouze ZEMÍ	3.3) zpětný I pouze ZEMÍ	3.3) zpětný I pouze ZEMÍ	3.3) zpětný I pouze ZEMÍ
$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 4,6 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 19,95 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 19,63 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 71,17	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 22,8 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ -20 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 35,6 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 50,3	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 27,7 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 34,35 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 10,9 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 80,67	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 37,5 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 12,05 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 25,3 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 50,05
Vliv směru proudů ve stopách TV na impedanci	Vliv směru proudů ve stopách TV na impedanci	Vliv směru proudů ve stopách TV na impedanci	Vliv směru proudů ve stopách TV na impedanci
zkrat v místě A na úseku T2	zkrat v místě A na úseku T2	zkrat v místě B na úseku T3	zkrat v místě B na úseku T3
$Z_{zkr} = 1 \Omega$	$Z_{zkr} = 12 \Omega$	$Z_{zkr} = 1 \Omega$	$Z_{zkr} = 12 \Omega$
3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)	3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)	3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)	3) 2x NS a 4x vlak (4x traťové úseky)
3.1) referenční impedance	3.1) referenční impedance	3.1) referenční impedance	3.1) referenční impedance
$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 4,8 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 20 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 20,2 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 69,43	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 22,9 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ -18,98 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 36,6 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 49,56	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 28,6 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 33,37 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 11,2 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 79,17	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 38,5 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 12,47 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 26,1 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 50
3.2) souhlasný směr proudů	3.2) souhlasný směr proudů	3.2) souhlasný směr proudů	3.2) souhlasný směr proudů
$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 5,3 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 28,33 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 23,9 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 71,34	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 21,6 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ -16,08 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 41 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 53,41	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 32,6 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 37,59 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 13,3 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 82,69	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 40,1 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 18,66 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 28,1 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 55,82
3.3) opačný směr proudů	3.3) opačný směr proudů	3.3) opačný směr proudů	3.3) opačný směr proudů
$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 4,4 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 9,1 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 16,5 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 66,78	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 24,5 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ -21,42 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 32,5 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 44,8	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 24,5 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 27,82 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 9,2 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 74,78	$ Z_{NS1}  [ \Omega ]$ 37,5 $\varphi_{Z_{NS1}} [ ^\circ ]$ 5,65 $ Z_{NS2}  [ \Omega ]$ 24,2 $\varphi_{Z_{NS2}} [ ^\circ ]$ 43,51

Příloha I

Změřené hodnoty  $|Z|$  a  $\phi$  impedancí NS při zkratu, pro 5. topologii trakčního obvodu v závislosti na proměnných parametrech trakčního vedení a při všech zanedbaných vozidlech  
1/2

Vliv teploty na impedanci					Vliv teploty na impedanci						
zkrat v místě A na úseku T2					zkrat v místě A na úseku T2						
$Z_{zkr} = 1 \Omega$					$Z_{zkr} = 12 \Omega$						
5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)					5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)						
5.1) teplota -20°C					5.1) teplota -20°C						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	5,1	$ Z_{NS2} $ [Ω]	27,9	$ Z_{NS3} $ [Ω]	19,8	$ Z_{NS1} $ [Ω]	16,3	$ Z_{NS2} $ [Ω]	35,2	$ Z_{NS3} $ [Ω]	33,2
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	34,95	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	32,26	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	91,18	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	9,1	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	25,52	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	96,93
5.2) teplota 20°C (reference)					5.2) teplota 20°C (reference)						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	5,35	$ Z_{NS2} $ [Ω]	28,9	$ Z_{NS3} $ [Ω]	20,6	$ Z_{NS1} $ [Ω]	16,5	$ Z_{NS2} $ [Ω]	36,2	$ Z_{NS3} $ [Ω]	34,5
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	32,91	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	30,36	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	87,95	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	8,79	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	24,35	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	94,08
5.3) teplota 40°C					5.3) teplota 40°C						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	5,5	$ Z_{NS2} $ [Ω]	29,3	$ Z_{NS3} $ [Ω]	20,9	$ Z_{NS1} $ [Ω]	16,6	$ Z_{NS2} $ [Ω]	36,6	$ Z_{NS3} $ [Ω]	35
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	32,17	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	29,65	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	86,7	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	8,67	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	23,9	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	92,99
Vliv cesty zpětného proudu na impedanci					Vliv cesty zpětného proudu na impedanci						
zkrat v místě A na úseku T2					zkrat v místě A na úseku T2						
$Z_{zkr} = 1 \Omega$					$Z_{zkr} = 12 \Omega$						
5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)					5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)						
5.1) referenční impedance					5.1) referenční impedance						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	5,35	$ Z_{NS2} $ [Ω]	28,9	$ Z_{NS3} $ [Ω]	20,6	$ Z_{NS1} $ [Ω]	16,5	$ Z_{NS2} $ [Ω]	36,2	$ Z_{NS3} $ [Ω]	34,5
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	32,91	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	30,36	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	87,95	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	8,79	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	24,35	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	94,08
5.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ					5.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	6	$ Z_{NS2} $ [Ω]	31,8	$ Z_{NS3} $ [Ω]	23,9	$ Z_{NS1} $ [Ω]	16,9	$ Z_{NS2} $ [Ω]	38,7	$ Z_{NS3} $ [Ω]	39,5
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	38,02	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	33,34	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	90,81	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	10,59	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	27,15	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	97,36
5.3) zpětný I pouze ZEMÍ					5.3) zpětný I pouze ZEMÍ						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	5,1	$ Z_{NS2} $ [Ω]	28,1	$ Z_{NS3} $ [Ω]	19,8	$ Z_{NS1} $ [Ω]	16,4	$ Z_{NS2} $ [Ω]	35,4	$ Z_{NS3} $ [Ω]	33,3
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	33,39	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	31,04	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	89,38	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	8,79	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	24,68	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	95,29
Vliv směrů proudů ve stopách TV na impedanci					Vliv směrů proudů ve stopách TV na impedanci						
zkrat v místě A na úseku T2					zkrat v místě A na úseku T2						
$Z_{zkr} = 1 \Omega$					$Z_{zkr} = 12 \Omega$						
5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)					5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)						
5.1) referenční impedance					5.1) referenční impedance						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	5,35	$ Z_{NS2} $ [Ω]	28,9	$ Z_{NS3} $ [Ω]	20,6	$ Z_{NS1} $ [Ω]	16,5	$ Z_{NS2} $ [Ω]	36,2	$ Z_{NS3} $ [Ω]	34,5
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	32,91	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	30,36	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	87,95	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	8,79	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	24,35	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	94,08
5.2) souhlasný směr proudů					5.2) souhlasný směr proudů						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	6,1	$ Z_{NS2} $ [Ω]	32,1	$ Z_{NS3} $ [Ω]	24,3	$ Z_{NS1} $ [Ω]	16,9	$ Z_{NS2} $ [Ω]	38,8	$ Z_{NS3} $ [Ω]	39,9
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	34,49	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	34,41	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	92,25	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	11,01	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	28	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	98,73
5.3) opačný směr proudů					5.3) opačný směr proudů						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	4,7	$ Z_{NS2} $ [Ω]	25,6	$ Z_{NS3} $ [Ω]	16,8	$ Z_{NS1} $ [Ω]	16	$ Z_{NS2} $ [Ω]	33,5	$ Z_{NS3} $ [Ω]	28,7
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	24,05	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	25,29	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	82,94	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	6,61	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	20,19	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	89,01

Příloha J

Změřené hodnoty  $|Z|$  a  $\phi$  impedancí NS při zkratu, pro 5. topologii trakčního obvodu v závislosti na proměnných parametrech trakčního vedení a při všech zanedbaných vozidlech  
2/2

Vliv teploty na impedanci					Vliv teploty na impedanci						
zkrat v místě B na úseku T3					zkrat v místě B na úseku T3						
$Z_{zkr} = 1 \Omega$					$Z_{zkr} = 12 \Omega$						
5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)					5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)						
5.1) teplota -20°C					5.1) teplota -20°C						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	13,8	$ Z_{NS2} $ [Ω]	13,4	$ Z_{NS3} $ [Ω]	9,55	$ Z_{NS1} $ [Ω]	17,7	$ Z_{NS2} $ [Ω]	22,7	$ Z_{NS3} $ [Ω]	19,5
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	42,21	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	57,38	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	77,63	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	24,95	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	15,07	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	68,59
5.2) teplota 20°C (reference)					5.2) teplota 20°C (reference)						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	14,3	$ Z_{NS2} $ [Ω]	13,9	$ Z_{NS3} $ [Ω]	9,8	$ Z_{NS1} $ [Ω]	18,4	$ Z_{NS2} $ [Ω]	23,6	$ Z_{NS3} $ [Ω]	19,9
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	39,41	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	53,88	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	74,29	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	23,71	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	14,73	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	63,37
5.3) teplota 40°C					5.3) teplota 40°C						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	14,5	$ Z_{NS2} $ [Ω]	14,1	$ Z_{NS3} $ [Ω]	9,9	$ Z_{NS1} $ [Ω]	18,7	$ Z_{NS2} $ [Ω]	23,9	$ Z_{NS3} $ [Ω]	20
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	38,35	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	52,55	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	72,99	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	23,23	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	14,6	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	62,5
Vliv cesty zpětného proudu na impedanci					Vliv cesty zpětného proudu na impedanci						
zkrat v místě B na úseku T3					zkrat v místě B na úseku T3						
$Z_{zkr} = 1 \Omega$					$Z_{zkr} = 12 \Omega$						
5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)					5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)						
5.1) referenční impedance					5.1) referenční impedance						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	14,3	$ Z_{NS2} $ [Ω]	13,9	$ Z_{NS3} $ [Ω]	9,8	$ Z_{NS1} $ [Ω]	18,4	$ Z_{NS2} $ [Ω]	23,6	$ Z_{NS3} $ [Ω]	19,9
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	39,41	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	53,88	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	74,29	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	23,71	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	14,73	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	63,37
5.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ					5.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	16,4	$ Z_{NS2} $ [Ω]	16,3	$ Z_{NS3} $ [Ω]	11,4	$ Z_{NS1} $ [Ω]	19,9	$ Z_{NS2} $ [Ω]	24,7	$ Z_{NS3} $ [Ω]	22,01
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	42,06	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	56,26	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	75,65	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	27,72	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	19,45	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	64,68
5.3) zpětný I pouze ZEMÍ					5.3) zpětný I pouze ZEMÍ						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	13,9	$ Z_{NS2} $ [Ω]	13,4	$ Z_{NS3} $ [Ω]	9,5	$ Z_{NS1} $ [Ω]	17,9	$ Z_{NS2} $ [Ω]	23	$ Z_{NS3} $ [Ω]	19,4
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	40,6	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	55,45	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	75,91	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	23,95	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	14,46	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	64,43
Vliv směrů proudů ve stopách TV na impedanci					Vliv směrů proudů ve stopách TV na impedanci						
zkrat v místě B na úseku T3					zkrat v místě B na úseku T3						
$Z_{zkr} = 1 \Omega$					$Z_{zkr} = 12 \Omega$						
5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)					5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)						
5.1) referenční impedance					5.1) referenční impedance						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	14,3	$ Z_{NS2} $ [Ω]	13,9	$ Z_{NS3} $ [Ω]	9,8	$ Z_{NS1} $ [Ω]	18,4	$ Z_{NS2} $ [Ω]	23,6	$ Z_{NS3} $ [Ω]	19,9
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	39,41	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	53,88	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	74,29	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	23,71	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	14,73	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	63,37
5.2) souhlasný směr proudů					5.2) souhlasný směr proudů						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	16,6	$ Z_{NS2} $ [Ω]	16,6	$ Z_{NS3} $ [Ω]	11,6	$ Z_{NS1} $ [Ω]	20	$ Z_{NS2} $ [Ω]	24,6	$ Z_{NS3} $ [Ω]	22,2
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	43,31	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	57,63	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	76,85	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	28,83	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	20,47	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	65,59
5.3) opačný směr proudů					5.3) opačný směr proudů						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	12,1	$ Z_{NS2} $ [Ω]	11,27	$ Z_{NS3} $ [Ω]	8,1	$ Z_{NS1} $ [Ω]	16,9	$ Z_{NS2} $ [Ω]	22,7	$ Z_{NS3} $ [Ω]	17,3
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	34,27	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	48,36	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	70,96	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	17,85	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	8,88	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	61,19



Příloha K

Procentuální porovnání hodnot  $|Z|$  a  $\phi$  impedancí NS při zkratu, pro 5. topologii trakčního obvodu v závislosti na proměnných parametrech trakčního vedení, při zanedbaných všech vozidlech, vůči referenční impedanci trakčního vedení

1/2

Vliv teploty na impedanci					Vliv teploty na impedanci						
zkrat v místě A na úseku T2					zkrat v místě A na úseku T2						
$Z_{zkr} = 1 \Omega$					$Z_{zkr} = 12 \Omega$						
5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)					5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)						
5.1) teplota -20°C					5.1) teplota -20°C						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	95,33%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	96,54%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	96,12%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	98,79%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	97,24%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	96,23%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	106,20%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	106,26%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	103,67%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	103,53%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	104,80%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	103,03%
5.3) teplota 40°C					5.3) teplota 40°C						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	102,80%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	101,38%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	101,46%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	100,61%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	101,10%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	101,45%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	97,75%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	97,66%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	98,58%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	98,63%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	98,15%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	98,84%
Vliv cesty zpětného proudu na impedanci					Vliv cesty zpětného proudu na impedanci						
zkrat v místě A na úseku T2					zkrat v místě A na úseku T2						
$Z_{zkr} = 1 \Omega$					$Z_{zkr} = 12 \Omega$						
5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)					5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)						
5.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ					5.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	112,15%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	110,03%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	116,02%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	102,42%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	106,91%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	114,49%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	115,53%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	109,82%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	103,25%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	120,48%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	111,50%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	103,49%
5.3) zpětný I pouze ZEMÍ					5.3) zpětný I pouze ZEMÍ						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	95,33%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	97,23%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	96,12%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	99,39%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	97,79%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	96,52%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	101,46%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	102,24%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	101,63%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	100,00%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	101,36%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	101,29%
Vliv směrů proudů ve stopách TV na impedanci					Vliv směrů proudů ve stopách TV na impedanci						
zkrat v místě A na úseku T2					zkrat v místě A na úseku T2						
$Z_{zkr} = 1 \Omega$					$Z_{zkr} = 12 \Omega$						
5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)					5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)						
5.2) souhlasný směr proudů					5.2) souhlasný směr proudů						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	114,02%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	111,07%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	117,96%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	102,42%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	107,18%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	115,65%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	104,80%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	113,34%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	104,89%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	125,26%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	114,99%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	104,94%
5.3) opačný směr proudů					5.3) opačný směr proudů						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	87,85%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	88,58%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	81,55%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	96,97%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	92,54%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	83,19%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	73,08%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	83,30%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	94,30%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	75,20%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	82,92%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	94,61%

Příloha L

Procentuální porovnání hodnot  $|Z|$  a  $\phi$  impedancí NS při zkratu, pro 5. topologii trakčního obvodu v závislosti na proměnných parametrech trakčního vedení, při zanedbaných všech vozidlech, vůči referenční impedanci trakčního vedení

2/2

Vliv teploty na impedanci					Vliv teploty na impedanci						
zkrat v místě B na úseku T3					zkrat v místě B na úseku T3						
$Z_{zkr} = 1 \Omega$					$Z_{zkr} = 12 \Omega$						
5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)					5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)						
5.1) teplota -20°C					5.1) teplota -20°C						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	96,50%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	96,40%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	97,45%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	96,20%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	96,19%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	97,99%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	107,10%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	106,50%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	104,50%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	105,23%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	102,31%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	108,24%
5.3) teplota 40°C					5.3) teplota 40°C						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	101,40%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	101,44%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	101,02%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	101,63%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	101,27%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	100,50%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	97,31%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	97,53%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	98,25%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	97,98%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	99,12%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	98,63%
Vliv cesty zpětného proudu na impedanci					Vliv cesty zpětného proudu na impedanci						
zkrat v místě B na úseku T3					zkrat v místě B na úseku T3						
$Z_{zkr} = 1 \Omega$					$Z_{zkr} = 12 \Omega$						
5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)					5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)						
5.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ					5.2) zpětný I pouze KOLEJNICÍ						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	114,69%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	117,27%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	116,33%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	108,15%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	104,66%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	110,60%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	106,72%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	104,42%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	101,83%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	116,91%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	132,04%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	102,07%
5.3) zpětný I pouze ZEMÍ					5.3) zpětný I pouze ZEMÍ						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	97,20%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	96,40%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	96,94%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	97,28%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	97,46%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	97,49%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	103,02%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	102,91%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	102,18%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	101,01%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	98,17%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	101,67%
Vliv směrů proudů ve stopách TV na impedanci					Vliv směrů proudů ve stopách TV na impedanci						
zkrat v místě B na úseku T3					zkrat v místě B na úseku T3						
$Z_{zkr} = 1 \Omega$					$Z_{zkr} = 12 \Omega$						
5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)					5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)						
5.2) souhlasný směr proudů					5.2) souhlasný směr proudů						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	116,08%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	119,42%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	118,37%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	108,70%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	104,24%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	111,56%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	109,90%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	106,96%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	103,45%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	121,59%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	138,97%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	103,50%
5.3) opačný směr proudů					5.3) opačný směr proudů						
$ Z_{NS1} $ [Ω]	84,62%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	81,08%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	82,65%	$ Z_{NS1} $ [Ω]	91,85%	$ Z_{NS2} $ [Ω]	96,19%	$ Z_{NS3} $ [Ω]	86,93%
$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	86,96%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	89,76%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	95,52%	$\phi_{Z_{NS1}}$ [°]	75,28%	$\phi_{Z_{NS2}}$ [°]	60,29%	$\phi_{Z_{NS3}}$ [°]	96,56%

Příloha M

Simulace I. topologie trakčního obvodu – hodnoty  $I$ ,  $U$ ,  $P$ ,  $Q$  a  $\cos\varphi$  napájecích stanic i vozidel a jejich procentuální porovnání v závislosti na implementaci kapacity trakčního vedení

<b>Vliv kapacity vedení na výsledky simulace</b>					
<b>1) 1x NS a 2x vlak (2x trať)</b>					
Referenční měrná impedance vedení: 20 °C, jednokolejná trať ( $z_{TV} = 0,26 + j0,6 \Omega/\text{km}$ )					
<b>1.1) Bez měrné kapacity vedení</b>					
<b>U_NS1 [V]</b>	27024	<b>U_vl1 [V]</b>	26348	<b>U_vl2 [V]</b>	25849
<b>I_NS1 [A]</b>	253	<b>I_vl1 [A]</b>	127,7	<b>I_vl2 [A]</b>	125,3
<b>P_NS1 [W]</b>	6708641	<b>P_vl1 [W]</b>	3331937	<b>P_vl2 [W]</b>	3206906
<b>Q_NS1 [Var]</b>	1323660	<b>Q_vl1 [Var]</b>	474804	<b>Q_vl2 [Var]</b>	456987
<b>cosfi_NS1 [-]</b>	0,98	<b>cosfi_vl1 [-]</b>	0,99	<b>cosfi_vl2 [-]</b>	0,99
<b>1.2) Měrná kapacita vedení: Pí člunek</b>					
<b>U_NS1 [V]</b>	27074	<b>U_vl1 [V]</b>	26407	<b>U_vl2 [V]</b>	25926
<b>I_NS1 [A]</b>	252,6	<b>I_vl1 [A]</b>	128	<b>I_vl2 [A]</b>	125,7
<b>P_NS1 [W]</b>	6743070	<b>P_vl1 [W]</b>	3346794	<b>P_vl2 [W]</b>	3226202
<b>Q_NS1 [Var]</b>	1146988	<b>Q_vl1 [Var]</b>	476921	<b>Q_vl2 [Var]</b>	459736
<b>cosfi_NS1 [-]</b>	0,99	<b>cosfi_vl1 [-]</b>	0,99	<b>cosfi_vl2 [-]</b>	0,99
<b>1.3) Měrná kapacita vedení: T člunek</b>					
<b>U_NS1 [V]</b>	27074	<b>U_vl1 [V]</b>	26407	<b>U_vl2 [V]</b>	25928
<b>I_NS1 [A]</b>	252,7	<b>I_vl1 [A]</b>	128	<b>I_vl2 [A]</b>	125,7
<b>P_NS1 [W]</b>	6743340	<b>P_vl1 [W]</b>	3346845	<b>P_vl2 [W]</b>	3226515
<b>Q_NS1 [Var]</b>	1146825	<b>Q_vl1 [Var]</b>	476931	<b>Q_vl2 [Var]</b>	459781
<b>cosfi_NS1 [-]</b>	0,99	<b>cosfi_vl1 [-]</b>	0,99	<b>cosfi_vl2 [-]</b>	0,99
<b>Procentuální porovnání: Vliv kapacity vedení na výsledky simulace</b>					
<b>1) 1x NS a 2x vlak (2x trať)</b>					
Referenční měrná impedance vedení: 20 °C, jednokolejná trať ( $z_{TV} = 0,26 + j0,6 \Omega/\text{km}$ )					
<b>1.2) Měrná kapacita vedení: Pí člunek</b>					
<b>U_NS1 [V]</b>	100,2%	<b>U_vl1 [V]</b>	100,2%	<b>U_vl2 [V]</b>	100,3%
<b>I_NS1 [A]</b>	99,8%	<b>I_vl1 [A]</b>	100,2%	<b>I_vl2 [A]</b>	100,3%
<b>P_NS1 [W]</b>	100,5%	<b>P_vl1 [W]</b>	100,4%	<b>P_vl2 [W]</b>	100,6%
<b>Q_NS1 [Var]</b>	86,7%	<b>Q_vl1 [Var]</b>	100,4%	<b>Q_vl2 [Var]</b>	100,6%
<b>cosfi_NS1 [-]</b>	101,0%	<b>cosfi_vl1 [-]</b>	100,0%	<b>cosfi_vl2 [-]</b>	100,0%
<b>1.3) Měrná kapacita vedení: T člunek</b>					
<b>U_NS1 [V]</b>	100,2%	<b>U_vl1 [V]</b>	100,2%	<b>U_vl2 [V]</b>	100,3%
<b>I_NS1 [A]</b>	99,9%	<b>I_vl1 [A]</b>	100,2%	<b>I_vl2 [A]</b>	100,3%
<b>P_NS1 [W]</b>	100,5%	<b>P_vl1 [W]</b>	100,4%	<b>P_vl2 [W]</b>	100,6%
<b>Q_NS1 [Var]</b>	86,6%	<b>Q_vl1 [Var]</b>	100,4%	<b>Q_vl2 [Var]</b>	100,6%
<b>cosfi_NS1 [-]</b>	101,0%	<b>cosfi_vl1 [-]</b>	100,0%	<b>cosfi_vl2 [-]</b>	100,0%

Simulace 5. topologie trakčného obvodu – hodnoty I, U, P, Q a cosφ napájecích stanic i vozidel a jejich procentuální porovnání v závislosti na implementaci kapacity trakčného vedení

Vliv kapacity vedení na výsledky simulace

5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)

Referenční měrná impedance vedení: 20 °C, jednokolejná trať (z<sub>rv</sub> = 0,26 + j0,6 Ω/km)

5.1) Bez měrné kapacity vedení																			
U_N51 [V]	26833	U_N52 [V]	26933	U_N53 [V]	27012	U_v12 [V]	25936	U_v12 [V]	26264	U_v13 [V]	26273	U_v14 [V]	26553	U_v15 [V]	26538	U_v16 [V]	26257	U_v17 [V]	26445
I_N51 [A]	326.6	I_N52 [A]	297.8	I_N53 [A]	269.1	I_v12 [A]	125.7	I_v12 [A]	127.3	I_v13 [A]	127.4	I_v14 [A]	128.7	I_v15 [A]	128.7	I_v16 [A]	127.3	I_v17 [A]	128.2
P_N51 [W]	8600033	P_N52 [W]	7898963	P_N53 [W]	7176641	P_v12 [W]	3228558	P_v12 [W]	3310880	P_v13 [W]	3313151	P_v14 [W]	3383994	P_v15 [W]	3380300	P_v16 [W]	3308984	P_v17 [W]	3356506
Q_N51 [Var]	1678750	Q_N52 [Var]	1385167	Q_N53 [Var]	1161566	Q_v12 [Var]	460072	Q_v12 [Var]	471803	Q_v13 [Var]	472127	Q_v14 [Var]	482213	Q_v15 [Var]	481695	Q_v16 [Var]	471533	Q_v17 [Var]	478305
cosφ_N51 [-]	0.98	cosφ_N52 [-]	0.98	cosφ_N53 [-]	0.99	cosφ_v12 [-]	0.99	cosφ_v12 [-]	0.99	cosφ_v13 [-]	0.99	cosφ_v14 [-]	0.99	cosφ_v15 [-]	0.99	cosφ_v16 [-]	0.99	cosφ_v17 [-]	0.99

5.2) Měrná kapacita vedení: T článek

U_N51 [V]	26834	U_N52 [V]	26934	U_N53 [V]	27006	U_v12 [V]	25738	U_v12 [V]	26141	U_v13 [V]	26140	U_v14 [V]	26472	U_v15 [V]	26465	U_v16 [V]	26147	U_v17 [V]	26356
I_N51 [A]	330	I_N52 [A]	295.8	I_N53 [A]	260.2	I_v12 [A]	124.8	I_v12 [A]	126.7	I_v13 [A]	126.7	I_v14 [A]	128.3	I_v15 [A]	128.3	I_v16 [A]	126.8	I_v17 [A]	127.8
P_N51 [W]	8697137	P_N52 [W]	7844266	P_N53 [W]	6923943	P_v12 [W]	3179507	P_v12 [W]	3279514	P_v13 [W]	3276658	P_v14 [W]	3363368	P_v15 [W]	3361753	P_v16 [W]	3281416	P_v17 [W]	3333948
Q_N51 [Var]	1667200	Q_N52 [Var]	1387007	Q_N53 [Var]	1201922	Q_v12 [Var]	453082	Q_v12 [Var]	467300	Q_v13 [Var]	467354	Q_v14 [Var]	479283	Q_v15 [Var]	479052	Q_v16 [Var]	467604	Q_v17 [Var]	475090
cosφ_N51 [-]	0.98	cosφ_N52 [-]	0.98	cosφ_N53 [-]	0.99	cosφ_v12 [-]	0.99	cosφ_v12 [-]	0.99	cosφ_v13 [-]	0.99	cosφ_v14 [-]	0.99	cosφ_v15 [-]	0.99	cosφ_v16 [-]	0.99	cosφ_v17 [-]	0.99

5.3) Měrná kapacita vedení: T článek

U_N51 [V]	26834	U_N52 [V]	26934	U_N53 [V]	27006	U_v12 [V]	25739	U_v12 [V]	26142	U_v13 [V]	26141	U_v14 [V]	26472	U_v15 [V]	26466	U_v16 [V]	26148	U_v17 [V]	26356
I_N51 [A]	330	I_N52 [A]	295.7	I_N53 [A]	260.2	I_v12 [A]	124.8	I_v12 [A]	126.7	I_v13 [A]	126.7	I_v14 [A]	128.3	I_v15 [A]	128.3	I_v16 [A]	126.8	I_v17 [A]	127.8
P_N51 [W]	8697613	P_N52 [W]	7844070	P_N53 [W]	6924295	P_v12 [W]	3179805	P_v12 [W]	3280025	P_v13 [W]	3279784	P_v14 [W]	3363411	P_v15 [W]	3361801	P_v16 [W]	3281551	P_v17 [W]	3334025
Q_N51 [Var]	1666985	Q_N52 [Var]	1386688	Q_N53 [Var]	1201873	Q_v12 [Var]	453125	Q_v12 [Var]	467406	Q_v13 [Var]	467372	Q_v14 [Var]	479289	Q_v15 [Var]	479059	Q_v16 [Var]	467624	Q_v17 [Var]	475101
cosφ_N51 [-]	0.98	cosφ_N52 [-]	0.98	cosφ_N53 [-]	0.99	cosφ_v12 [-]	0.99	cosφ_v12 [-]	0.99	cosφ_v13 [-]	0.99	cosφ_v14 [-]	0.99	cosφ_v15 [-]	0.99	cosφ_v16 [-]	0.99	cosφ_v17 [-]	0.99

Procentuální porovnání: Vliv kapacity vedení na výsledky simulace

5) 3x NS a 7x vlak (4x traťové úseky)

Referenční měrná impedance vedení: 20 °C, jednokolejná trať (z<sub>rv</sub> = 0,26 + j0,6 Ω/km)

5.2) Měrná kapacita vedení: Pí článek

U_N51 [V]	100,0%	U_N52 [V]	100,0%	U_N53 [V]	100,0%	U_v12 [V]	99,2%	U_v12 [V]	99,5%	U_v13 [V]	99,5%	U_v14 [V]	99,7%	U_v15 [V]	99,7%	U_v16 [V]	99,6%	U_v17 [V]	99,7%
I_N51 [A]	101,0%	I_N52 [A]	99,3%	I_N53 [A]	96,7%	I_v12 [A]	99,3%	I_v12 [A]	99,5%	I_v13 [A]	99,5%	I_v14 [A]	99,7%	I_v15 [A]	99,7%	I_v16 [A]	99,6%	I_v17 [A]	99,7%
P_N51 [W]	101,1%	P_N52 [W]	99,3%	P_N53 [W]	96,5%	P_v12 [W]	98,5%	P_v12 [W]	99,1%	P_v13 [W]	99,0%	P_v14 [W]	99,4%	P_v15 [W]	99,5%	P_v16 [W]	99,2%	P_v17 [W]	99,3%
Q_N51 [Var]	99,3%	Q_N52 [Var]	100,1%	Q_N53 [Var]	103,5%	Q_v12 [Var]	98,5%	Q_v12 [Var]	99,1%	Q_v13 [Var]	99,1%	Q_v14 [Var]	99,4%	Q_v15 [Var]	99,5%	Q_v16 [Var]	99,2%	Q_v17 [Var]	99,3%
cosφ_N51 [-]	100,0%	cosφ_N52 [-]	100,0%	cosφ_N53 [-]	100,0%	cosφ_v12 [-]	100,0%	cosφ_v12 [-]	100,0%	cosφ_v13 [-]	100,0%	cosφ_v14 [-]	100,0%	cosφ_v15 [-]	100,0%	cosφ_v16 [-]	100,0%	cosφ_v17 [-]	100,0%

5.3) Měrná kapacita vedení: T článek

U_N51 [V]	100,0%	U_N52 [V]	100,0%	U_N53 [V]	100,0%	U_v12 [V]	99,2%	U_v12 [V]	99,5%	U_v13 [V]	99,5%	U_v14 [V]	99,7%	U_v15 [V]	99,7%	U_v16 [V]	99,6%	U_v17 [V]	99,7%
I_N51 [A]	101,0%	I_N52 [A]	99,3%	I_N53 [A]	96,7%	I_v12 [A]	99,3%	I_v12 [A]	99,5%	I_v13 [A]	99,5%	I_v14 [A]	99,7%	I_v15 [A]	99,7%	I_v16 [A]	99,6%	I_v17 [A]	99,7%
P_N51 [W]	101,1%	P_N52 [W]	99,3%	P_N53 [W]	96,5%	P_v12 [W]	98,5%	P_v12 [W]	99,1%	P_v13 [W]	99,0%	P_v14 [W]	99,4%	P_v15 [W]	99,5%	P_v16 [W]	99,2%	P_v17 [W]	99,3%
Q_N51 [Var]	99,3%	Q_N52 [Var]	100,1%	Q_N53 [Var]	103,5%	Q_v12 [Var]	98,5%	Q_v12 [Var]	99,1%	Q_v13 [Var]	99,1%	Q_v14 [Var]	99,4%	Q_v15 [Var]	99,5%	Q_v16 [Var]	99,2%	Q_v17 [Var]	99,3%
cosφ_N51 [-]	100,0%	cosφ_N52 [-]	100,0%	cosφ_N53 [-]	100,0%	cosφ_v12 [-]	100,0%	cosφ_v12 [-]	100,0%	cosφ_v13 [-]	100,0%	cosφ_v14 [-]	100,0%	cosφ_v15 [-]	100,0%	cosφ_v16 [-]	100,0%	cosφ_v17 [-]	100,0%

Priloha O

Výsledky simulací zkratového scénáře č. 1 (protokol 1) z úseku Nedakonice – Otrokovice, zaměřeného na měrnou poruchovou impedanci  $z_{p1}$  při napájení z transformátoru v Nedakonicích

TNS Nedakonice – TNS Otrokovice											
1. protokol				Výsledky ze zkratové zkoušky EŽ							
jednokolejná trať - zkoumáno $z_{p1}$				celková hodnota $Z_{p1}$		měrná hodnota $z_{p1}$					
místo napájení: Nedakonice TX2				Z  [Ω]	9,01	z  [Ω/km]	0,453				
místo zkratu: žst. Otrokovice 7. koleji (připojeno z 1. stopy)				φ [°]	73,86						
vzdálenost zkratu: 19,9 km				R [Ω]	2,506	r [Ω/km]	0,126				
místo měření: Nedakonice N1				X [Ω]	8,66	x [Ω/km]	0,435				
1) $z_{TV}$ podle SR34 (100Cu + 50Bz) a $R_{zk} = 1 \Omega$				2) $z_{TV}$ podle SR34 (100Cu + 50Bz) a $R_{zk} = 0,1 \Omega$							
celková hodnota $Z_{p1}$				celková hodnota $Z_{p1}$		celková hodnota $Z_{p1}$					
Z  [Ω]	10,88	z  [Ω/km]	0,547	Z  [%]	20,7	Z  [Ω]	10,39	z  [Ω/km]	0,522	Z  [%]	15,3
φ [°]	55,41			φ [%]	-25,0	φ [°]	59,5			φ [%]	-19,4
R [Ω]	6,17	r [Ω/km]	0,310	R [%]	146,4	R [Ω]	5,27	r [Ω/km]	0,265	R [%]	110,5
X [Ω]	8,95	x [Ω/km]	0,450	X [%]	3,4	X [Ω]	8,95	x [Ω/km]	0,450	X [%]	3,4
3) upravené $z_{TV}$ a $R_{zk} = 1 \Omega$				4) upravené $z_{TV}$ a $R_{zk} = 0,1 \Omega$							
celková hodnota $Z_{p1}$				celková hodnota $Z_{p1}$		celková hodnota $Z_{p1}$					
Z  [Ω]	10,03	z  [Ω/km]	0,504	Z  [%]	11,3	Z  [Ω]	9,66	z  [Ω/km]	0,485	Z  [%]	7,2
φ [°]	63,2			φ [%]	-14,4	φ [°]	67,97			φ [%]	-8,0
R [Ω]	4,52	r [Ω/km]	0,227	R [%]	80,5	R [Ω]	3,62	r [Ω/km]	0,182	R [%]	44,5
X [Ω]	8,95	x [Ω/km]	0,450	X [%]	3,4	X [Ω]	8,95	x [Ω/km]	0,450	X [%]	3,4

**TNS Nedakonice – TNS Otrokovice**

8. protokol		Výsledky ze zkratové zkoušky EŽ			
dvoukolejná trať (druhá stopa bez proudu) - zkoumáno $z_{p21}$		celková hodnota $Z_{p21}$		měrná hodnota $z_{p21}$	
místo napájení: Otrokovice SFCl		Z  [Ω]	9,16	z  [Ω/km]	0,500
místo zkratu: žst. Nedakonice N1 1. stopa		φ [°]	67,16		
vzdálenost zkratu: 18,3 km		R [Ω]	3,55	r [Ω/km]	0,194
místo měření: Otrokovice N11		X [Ω]	8,44	x [Ω/km]	0,461
<b>1) <math>z_{TV}</math> podle SR34 (100Cu + 50Bz) a <math>R_{zk} = 1 \Omega</math></b>		<b>2) <math>z_{TV}</math> podle SR34 (100Cu + 50Bz) a <math>R_{zk} = 0,1 \Omega</math></b>			
celková hodnota $Z_{p21}$		měrná hodnota $z_{p21}$		procentuální porovnání	
Z  [Ω]	9,20	z  [Ω/km]	0,503	Z  [%]	0,5
φ [°]	52,7			φ [%]	-21,5
R [Ω]	5,58	r [Ω/km]	0,305	R [%]	56,9
X [Ω]	7,32	x [Ω/km]	0,400	X [%]	-13,3
<b>3) upravené <math>z_{TV}</math> a <math>R_{zk} = 1 \Omega</math></b>		<b>4) upravené <math>z_{TV}</math> a <math>R_{zk} = 0,1 \Omega</math></b>			
celková hodnota $Z_{p21}$		měrná hodnota $z_{p21}$		procentuální porovnání	
Z  [Ω]	8,39	z  [Ω/km]	0,459	Z  [%]	-8,3
φ [°]	60,68			φ [%]	-9,7
R [Ω]	4,11	r [Ω/km]	0,225	R [%]	15,7
X [Ω]	7,32	x [Ω/km]	0,400	X [%]	-13,3

### TNS Nedakonice – TNS Otrokovice

7. protokol				Výsledky ze zkratové zkoušky EŽ			
dvoukolejná trať (opačný směr proudů v obou stopách) - zkoumáno $z_{p20}$							
místo napájení: Nedakonice TX2				celková hodnota $Z_{p20}$		měrná hodnota $z_{p20}$	
místo zkratu: žst. Nedakonice N2 2. stopa				Z  [Ω]	12,69	z  [Ω/km]	0,328
vzdálenost zkratu: 38,7 km				φ [°]	70,41		
místo měření: Nedakonice N1				R [Ω]	4,25	r [Ω/km]	0,110
				X [Ω]	11,95	x [Ω/km]	0,309
<b>1) <math>z_{TV}</math> podle SR34 (100Cu + 50Bz) a <math>R_{fk} = 1 \Omega</math></b>				<b>2) <math>z_{TV}</math> podle SR34 (100Cu + 50Bz) a <math>R_{fk} = 0,1 \Omega</math></b>			
celková hodnota $Z_{p20}$		měrná hodnota $z_{p20}$		celková hodnota $Z_{p20}$		měrná hodnota $z_{p20}$	
Z  [Ω]	15,07	z  [Ω/km]	0,389	Z  [Ω]	14,52	z  [Ω/km]	0,375
φ [°]	50,97			φ [°]	53,73		
R [Ω]	9,49	r [Ω/km]	0,245	R [Ω]	8,59	r [Ω/km]	0,222
X [Ω]	11,71	x [Ω/km]	0,303	X [Ω]	11,71	x [Ω/km]	0,303
<b>3) upravené <math>z_{TV}</math> a <math>R_{fk} = 1 \Omega</math></b>				<b>4) upravené <math>z_{TV}</math> a <math>R_{fk} = 0,1 \Omega</math></b>			
celková hodnota $Z_{p20}$		měrná hodnota $z_{p20}$		celková hodnota $Z_{p20}$		měrná hodnota $z_{p20}$	
Z  [Ω]	13,53	z  [Ω/km]	0,350	Z  [Ω]	13,10	z  [Ω/km]	0,339
φ [°]	59,92			φ [°]	63,33		
R [Ω]	6,78	r [Ω/km]	0,175	R [Ω]	5,88	r [Ω/km]	0,152
X [Ω]	11,71	x [Ω/km]	0,303	X [Ω]	-2,02	x [Ω/km]	0,303
procentuální porovnání				procentuální porovnání			
		Z  [%]		Z  [%]		Z  [%]	
		6,7		6,7		3,3	
		φ [%]		φ [%]		φ [%]	
		-14,9		-14,9		-10,1	
		R [%]		R [%]		R [%]	
		59,5		59,5		38,3	
		X [%]		X [%]		X [%]	
		-2,0		-2,0		-2,0	

<b>TNS Nedakonice – TNS Otrokovice</b>											
<b>3. protokol</b>				<b>Výsledky ze zkratové zkoušky EŽ</b>							
dvoukolejná trať (stejný směr proudů v obou stopách) - zkoumáno $z_{p22}$				celková hodnota $Z_{p22}$		měrná hodnota $z_{p22}$					
místo napájení: Nedakonice TX2				Z  [Ω]	12,15	z  [Ω/km]	0,550				
místo zkratu: žst. Otrokovice 7. koleje (připojeno z 2. stopy)				φ [°]	75,25						
vzdálenost zkratu: 22,1 km				R [Ω]	3,094	r [Ω/km]	0,140				
místo měření: Nedakonice N2				X [Ω]	11,75	x [Ω/km]	0,532				
1) $z_{TV}$ podle SR34 (100Cu + 50Bz) a $R_{zk} = 1 \Omega$				2) $z_{TV}$ podle SR34 (100Cu + 50Bz) a $R_{zk} = 0,1 \Omega$							
celková hodnota $Z_{p22}$				měrná hodnota $z_{p22}$		procentuální porovnání					
Z  [Ω]	13,93	z  [Ω/km]	0,630	Z  [%]	14,7	Z  [Ω]	13,00	z  [Ω/km]	0,588	Z  [%]	7,0
φ [°]	54,23		φ [%]	-27,9	φ [°]	60,48		φ [%]	-19,6		
R [Ω]	8,15	r [Ω/km]	0,369	R [%]	163,3	R [Ω]	6,41	r [Ω/km]	0,290	R [%]	107,0
X [Ω]	11,30	x [Ω/km]	0,511	X [%]	-3,8	X [Ω]	11,31	x [Ω/km]	0,512	X [%]	-3,7
3) upravené $z_{TV}$ a $R_{zk} = 1 \Omega$				4) upravené $z_{TV}$ a $R_{zk} = 0,1 \Omega$							
celková hodnota $Z_{p22}$				měrná hodnota $z_{p22}$		procentuální porovnání					
Z  [Ω]	12,87	z  [Ω/km]	0,582	Z  [%]	5,9	Z  [Ω]	12,14	z  [Ω/km]	0,549	Z  [%]	-0,1
φ [°]	61,35		φ [%]	-18,5	φ [°]	68,57		φ [%]	-8,9		
R [Ω]	6,17	r [Ω/km]	0,279	R [%]	99,5	R [Ω]	4,44	r [Ω/km]	0,201	R [%]	43,4
X [Ω]	11,30	x [Ω/km]	0,511	X [%]	-3,8	X [Ω]	11,30	x [Ω/km]	0,511	X [%]	-3,8



<b>TNS Nedakonice – TNS Otrokovice</b>											
<b>11. protokol</b>					<b>Výsledky ze zkratové zkoušky EŽ</b>						
<b>dvoukolejná trať (stejný směr proudů v obou stopách) - zkoumáno <math>z_{p22}</math></b>					<b>celková hodnota <math>Z_{p22}</math></b>		<b>měrná hodnota <math>z_{p22}</math></b>				
místo napájení: Otrokovice SF C1					<b> Z  [Ω]</b>	13,17	<b> z  [Ω/km]</b>	0,451			
místo zkratu: žst. Nedakonice N2 2. stopa					<b>φ [°]</b>	72,27					
vzdálenost zkratu: 29,2 km					<b>R [Ω]</b>	4,01	<b>r [Ω/km]</b>	0,137			
místo měření: Otrokovice N11					<b>X [Ω]</b>	12,55	<b>x [Ω/km]</b>	0,430			
<b>1) <math>z_{TV}</math> podle SR34 (100Cu + 50Bz) a <math>R_{zk} = 1 \Omega</math></b>					<b>2) <math>z_{TV}</math> podle SR34 (100Cu + 50Bz) a <math>R_{zk} = 0,1 \Omega</math></b>						
<b>celková hodnota <math>Z_{p22}</math></b>					<b>celková hodnota <math>Z_{p22}</math></b>		<b>měrná hodnota <math>z_{p22}</math></b>			<b>procentuální porovnání</b>	
<b> Z  [Ω]</b>	16,74	<b> z  [Ω/km]</b>	0,573	<b> Z  [%]</b>	27,1	<b> Z  [Ω]</b>	15,40	<b> z  [Ω/km]</b>	0,527	<b> Z  [%]</b>	16,9
<b>φ [°]</b>	54,31		<b>φ [%]</b>	-24,9	<b>φ [°]</b>	61,34		<b>φ [%]</b>	-15,1		
<b>R [Ω]</b>	9,77	<b>r [Ω/km]</b>	0,335	<b>R [%]</b>	143,5	<b>R [Ω]</b>	7,39	<b>r [Ω/km]</b>	0,253	<b>R [%]</b>	84,2
<b>X [Ω]</b>	13,60	<b>x [Ω/km]</b>	0,466	<b>X [%]</b>	8,4	<b>X [Ω]</b>	13,52	<b>x [Ω/km]</b>	0,463	<b>X [%]</b>	7,8
<b>3) upravené <math>z_{TV}</math> a <math>R_{zk} = 1 \Omega</math></b>											
<b>celková hodnota <math>Z_{p22}</math></b>					<b>celková hodnota <math>Z_{p22}</math></b>		<b>měrná hodnota <math>z_{p22}</math></b>			<b>procentuální porovnání</b>	
<b> Z  [Ω]</b>	15,58	<b> z  [Ω/km]</b>	0,534	<b> Z  [%]</b>	18,3	<b> Z  [Ω]</b>	14,50	<b> z  [Ω/km]</b>	0,497	<b> Z  [%]</b>	10,1
<b>φ [°]</b>	61,28		<b>φ [%]</b>	-15,2	<b>φ [°]</b>	69,51		<b>φ [%]</b>	-3,8		
<b>R [Ω]</b>	7,49	<b>r [Ω/km]</b>	0,256	<b>R [%]</b>	86,7	<b>R [Ω]</b>	5,08	<b>r [Ω/km]</b>	0,174	<b>R [%]</b>	26,6
<b>X [Ω]</b>	13,66	<b>x [Ω/km]</b>	0,468	<b>X [%]</b>	8,9	<b>X [Ω]</b>	13,58	<b>x [Ω/km]</b>	0,465	<b>X [%]</b>	8,2
<b>4) upravené <math>z_{TV}</math> a <math>R_{zk} = 0,1 \Omega</math></b>											

Příloha T  
Říkovice – zóna Z1  
Říkovice – zóna Z1  
Zkrat v úseku Říkovice-Otrokovice (měření v Říkovicích na stejné stopě jako zkrat) – 1x MNS v Otrokovicích

Vzdálenost zkratu od dist. ochrany v Říkovicích		Říkovice - 1. zóna																													
		Zkrat v úseku Říkovice-Otrokovice (měření: Říkovice – distanční ochrana na stejné trakční stopě jako zkrat) – 1x MNS v Otrokovicích																													
s [km]		0						0,1						0,5						1						2					
		Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]						
17	7,75	72,05	2,39	7,369	7,58	67,75	2,87	7,018	7,44	49,66	4,82	5,669	8,33	29,48	7,25	4,100	12,20	6,30	12,13	1,339											
15	6,34	71,10	2,06	6,001	5,91	74,64	1,57	5,698	6,38	50,10	4,10	4,897	7,25	32,31	6,12	3,873	10,34	11,43	10,14	2,050											
13	5,24	69,89	1,80	4,916	5,22	65,71	2,15	4,758	5,45	49,61	3,53	4,148	6,27	33,20	5,24	3,431	8,88	13,96	8,62	2,143											
11	4,02	76,31	0,95	3,906	4,03	71,87	1,25	3,828	4,30	55,20	2,45	3,530	5,06	38,96	3,94	3,182	7,30	20,59	6,84	2,568											
9	3,22	75,14	0,82	3,107	3,24	70,39	1,09	3,048	3,53	53,00	2,13	2,821	4,26	36,83	3,41	2,555	6,29	19,33	5,93	2,082											
7	2,46	74,14	0,67	2,366	2,49	68,72	0,90	2,319	2,81	49,56	1,82	2,136	3,53	33,02	2,96	1,921	5,41	16,48	5,19	1,535											
5	1,74	73,28	0,50	1,662	1,77	66,49	0,71	1,623	2,12	43,88	1,53	1,469	2,85	26,83	2,55	1,288	4,65	11,91	4,55	0,959											
3	1,03	72,53	0,31	0,984	1,07	62,39	0,50	0,950	1,49	33,32	1,24	0,816	2,26	16,89	2,16	0,657	4,00	5,27	3,98	0,368											
1	0,34	71,87	0,11	0,324	0,40	46,64	0,28	0,294	0,97	10,27	0,96	0,174	1,80	0,98	1,80	0,031	3,48	-3,81	3,47	-0,231											
0,5	0,17	71,72	0,05	0,162	0,26	30,81	0,22	0,132	0,89	0,94	0,89	0,015	1,72	-4,16	1,72	-0,125	3,37	-6,50	3,35	-0,382											
s [km]		4						6						8						10						12					
		Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]						
17	21,89	-7,36	21,71	-2,805	31,28	-9,91	30,81	-5,380	39,82	-9,69	39,25	-6,705	47,49	-8,56	46,96	-7,069	54,33	-7,10	53,91	-6,718											
15	17,94	-2,47	17,92	-0,773	25,43	-5,99	25,29	-2,652	32,40	-6,67	32,18	-3,761	38,81	-6,29	38,57	-4,252	44,67	-5,47	44,46	-4,256											
13	14,57	6,54	14,48	1,659	20,50	2,46	20,55	0,883	26,20	1,11	26,19	0,506	31,43	0,82	31,43	0,450	36,29	1,03	36,29	0,651											
11	12,50	7,52	12,39	1,635	17,65	3,38	17,61	1,041	22,53	1,85	22,52	0,729	27,13	1,38	27,12	0,651	31,44	1,40	31,43	0,766											
9	10,87	7,12	10,78	1,347	15,40	3,21	15,38	0,861	19,73	1,71	19,73	0,588	23,84	1,19	23,83	0,494	27,72	1,14	27,72	0,552											
7	9,54	5,56	9,50	0,925	13,61	2,13	13,60	0,507	17,51	0,83	17,51	0,254	21,23	0,39	21,23	0,146	24,76	0,37	24,76	0,161											
5	8,44	2,92	8,43	0,430	12,15	0,25	12,15	0,054	15,70	-0,68	15,70	-0,187	19,10	-0,93	19,10	-0,308	22,35	-0,84	22,35	-0,327											
3	7,52	-0,82	7,52	-0,107	10,93	-2,39	10,92	-0,455	14,20	-2,79	14,18	-0,690	17,34	-2,73	17,32	-0,825	20,35	-2,45	20,33	-0,871											
1	6,75	-5,68	6,72	-0,669	9,91	-5,79	9,86	-0,999	12,94	-5,47	12,88	-1,232	15,85	-4,99	15,79	-1,380	18,66	-4,46	18,60	-1,449											
0,5	6,59	-7,08	6,54	-0,811	9,68	-6,75	9,61	-1,138	12,66	-6,22	12,58	-1,372	15,52	-5,63	15,44	-1,522	18,28	-5,01	18,21	-1,597											





Příloha W  
Říkovice – zóna Z2  
Zkrat v úseku Otrokovice-Říkovice (měření v Říkovících na opačné stopě než zkrat) – 1x MNS v Otrokovićích

**Říkovice - 2. zóna**

Vzdálenost zkratu od žst. Otrokovice	Zkrat v úseku Otrokovice-Říkovice na opačné trakční stopě (měření: Říkovice – distanční ochrana na opačné trakční stopě než zkrat) – 1x MNS v Otrokovićích																											
	$R_{zk} [\Omega]$																											
	0						0,1						0,5						1									
s [km]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]				
	14	3,19	-71,58	1,01	-3,02	3,25	-77,62	0,70	-3,17	3,81	-98,50	-0,56	-3,77	5,02	-115,60	-2,18	-4,53											
12	4,45	-65,40	1,85	-4,05	4,51	-70,49	1,51	-4,25	5,08	-88,87	0,10	-5,08	6,38	-105,50	-1,70	-6,15												
10	5,88	-57,25	3,18	-4,95	5,94	-61,87	2,80	-5,24	6,36	-79,01	1,25	-6,42	7,99	-95,41	-0,75	-7,95												
8	9,58	-51,15	6,01	-7,46	9,65	-55,42	5,48	-7,95	8,23	-67,15	3,19	-7,58	9,90	-83,78	1,07	-9,84												
6	12,61	-32,02	10,69	-6,69	12,63	-36,18	10,19	-7,46	13,46	-52,44	8,20	-10,67	16,04	-69,23	5,69	-15,00												
4	15,15	-2,67	15,13	-0,71	15,04	-6,75	14,93	-1,77	15,53	-23,37	14,25	-6,16	18,22	-41,15	13,72	-11,99												
3	15,32	15,60	14,75	4,12	15,09	11,52	14,79	3,01	15,18	-5,62	15,11	-1,49	17,53	-24,49	15,95	-7,29												
2	14,44	34,58	11,89	8,20	14,09	30,46	12,15	7,14	13,69	12,41	13,37	2,94	15,50	-8,37	15,33	-2,26												
1	12,85	52,85	7,76	10,24	12,40	48,66	8,19	9,31	11,54	29,34	10,06	5,66	12,78	5,73	12,72	1,28												
0,5	11,96	61,49	5,71	10,51	11,47	57,29	6,20	9,65	10,41	37,29	8,28	6,31	11,39	11,88	11,14	2,34												
s [km]	2																											
	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]
14	8,23	-132,20	-5,53	-6,10	11,93	-139,50	-9,07	-7,75	15,93	-143,50	-12,81	-9,47																
12	10,01	-123,20	-5,48	-8,38	14,35	-131,40	-9,49	-10,76	19,14	-136,00	-13,76	-13,30																
10	12,26	-113,80	-4,95	-11,21	17,53	-122,60	-9,45	-14,77	23,48	-127,40	-14,26	-18,66																
8	15,13	-102,90	-3,37	-14,75	21,80	-111,80	-8,08	-20,25	29,50	-116,30	-13,09	-26,43																
6	24,84	-88,59	0,61	-24,83	36,80	-96,80	-4,36	-36,54	51,32	-100,00	-8,91	-50,54																
4	28,38	-60,57	13,95	-24,72	42,03	-66,96	16,45	-38,68	57,38	-67,70	21,88	-53,36																
3	27,17	-44,73	19,30	-19,12	39,77	-50,88	25,10	-30,86	53,44	-51,34	33,39	-41,73																
2	24,03	-30,54	20,70	-12,21	34,28	-35,69	27,84	-20,00	46,33	-35,28	36,42	-28,64																
1	20,14	-19,41	18,99	-6,69	29,51	-27,04	26,29	-13,42	39,04	-28,70	34,24	-18,74																
0,5	18,22	-15,08	17,59	-4,74	26,94	-23,18	24,77	-10,60	35,74	-25,15	32,36	-15,19																

Příloha X  
Říkovice – zóna Z3  
Zkrat v úseku Nedakonice-Otrokovice (měření v Říkovicích na stejné stopě jako zkrat) – 1x MNS v Otrokovicích

Vzdálenost zkratu od žst. Otrokovice		Zkrat v úseku Nedakonice-Otrokovice (měření: Říkovice – distanční ochrana na stejné trakční stopě jako zkrat) – 1x MNS v Otrokovicích																													
		0						0,1						0,5						1						2					
s [km]	R <sub>sk</sub> [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]						
		22,5	36,2	68,07	13,53	33,6	35,08	66,55	13,96	32,18	31,18	59,05	16,03	26,74	28,08	46,41	19,36	20,34	29,55	18,51	28,03	9,38									
22	35,88	66,41	14,36	32,88	34,83	64,87	14,80	33,53	31,25	57,29	16,89	26,29	28,51	44,92	20,19	20,13	30,21	18,48	28,65	9,58											
20	34,77	60,92	16,90	30,39	33,97	59,27	17,36	29,20	31,38	51,66	19,47	24,61	29,70	40,34	22,64	19,23	32,03	18,14	30,43	9,97											
18	33,66	56,89	18,39	28,19	33,04	55,20	18,86	27,13	31,12	47,67	20,96	23,01	30,13	37,13	24,02	18,19	32,84	17,48	31,32	9,86											
16,1	32,42	54,07	19,02	26,25	31,92	52,35	19,50	25,27	30,46	44,87	21,59	21,49	29,91	34,78	24,57	17,06	32,88	16,58	31,51	9,38											
14	30,75	51,85	18,99	24,18	30,35	50,08	19,47	23,27	29,24	42,53	21,55	19,76	29,03	32,62	24,45	15,65	32,26	15,28	31,12	8,50											
12	28,83	50,47	18,35	22,24	28,49	48,62	18,83	21,38	27,62	40,83	20,90	18,06	27,66	30,81	23,75	14,17	31,12	13,72	30,23	7,38											
10	26,58	49,76	17,17	20,29	26,28	47,80	17,65	19,47	25,57	39,55	19,71	16,28	25,80	29,10	22,54	12,55	29,50	11,75	28,88	6,01											
8	23,99	49,81	15,49	18,33	23,71	47,66	15,97	17,53	23,10	38,68	18,03	14,43	23,48	27,40	20,84	10,81	27,46	9,28	27,10	4,43											
6	21,08	50,85	13,31	16,35	20,80	48,44	13,80	15,56	20,21	38,28	15,87	12,52	20,71	25,61	18,68	8,95	24,62	7,87	24,38	3,37											
4	17,98	56,02	10,05	14,91	17,65	53,23	10,56	14,14	16,90	41,19	12,72	11,13	17,37	25,98	15,61	7,61	22,01	3,69	21,96	1,42											
2	14,61	60,72	7,15	12,74	14,21	57,34	7,67	11,96	13,31	42,26	9,85	8,95	13,89	22,99	12,79	5,43	19,21	-2,38	19,19	-0,80											
1	12,84	64,48	5,54	11,59	12,40	60,72	6,06	10,81	11,36	43,30	8,27	7,79	12,00	20,73	11,23	4,25	17,79	-6,47	17,68	-2,00											
0,5	11,96	66,91	4,69	11,00	11,48	62,94	5,22	10,22	10,35	44,03	7,44	7,19	11,03	19,27	10,41	3,64	17,09	-8,86	16,89	-2,63											
s [km]	R <sub>sk</sub> [Ω]	3						4						6						8						10					
		Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]		
22,5	38,39	2,00	38,37	1,34	49,38	-4,34	49,23	-3,74	69,62	-5,57	69,29	-6,75	84,99	-2,71	28,99	-4,02	96,06	0,61	96,06	1,02											
22	38,72	2,65	38,68	1,79	49,32	-3,72	49,22	-3,20	69,06	-5,27	68,77	-6,34	84,23	-2,65	84,14	-3,89	95,28	0,54	95,28	0,90											
20	39,58	4,36	39,47	3,01	48,96	-1,93	48,93	-1,65	67,01	-4,43	66,81	-5,18	81,47	-2,56	81,39	-3,64	90,53	1,03	90,51	1,63											
18	39,79	5,04	39,64	3,49	48,34	-1,07	48,33	-0,91	65,13	-4,11	64,97	-4,67	79,01	-2,76	78,92	-3,80	89,75	-0,33	89,75	-0,52											
16,1	39,48	4,99	39,33	3,44	47,50	-0,94	47,49	-0,78	63,41	-4,24	63,24	-4,69	76,85	-3,20	76,73	-4,29	87,46	-0,98	87,45	-1,50											
14	38,65	4,30	38,54	2,90	46,28	-1,43	46,27	-1,16	61,52	-4,84	61,30	-5,19	74,59	-4,00	74,41	-5,20	85,10	-1,91	85,05	-2,87											
12	37,43	3,07	37,38	2,00	44,86	-2,49	44,82	-1,95	59,68	-5,85	59,37	-6,08	72,52	-5,06	72,24	-6,39	82,98	-3,02	82,86	-4,37											
10	35,85	1,27	35,85	0,79	43,20	-4,12	43,09	-3,10	56,91	-6,55	59,53	-6,49	70,50	-6,43	70,05	-7,90	80,94	-4,35	80,71	-6,14											
8	33,35	0,06	33,35	0,04	40,65	-5,30	40,47	-3,75	55,02	-8,35	54,43	-7,99	67,56	-7,46	66,99	-8,78	77,95	-5,38	77,61	-7,31											
6	31,27	-3,00	31,23	-1,64	38,68	-8,09	38,30	-5,45	53,12	-10,66	52,20	-9,83	65,70	-9,47	64,81	-10,81	76,17	-7,19	75,57	-9,54											
4	29,03	-7,13	28,80	-3,60	36,64	-11,73	35,88	-7,45	51,25	-13,52	49,83	-11,98	63,93	-11,86	62,56	-13,14	74,49	-9,28	73,52	-12,02											
2	26,74	-12,66	26,09	-5,86	34,62	-16,40	33,21	-9,77	49,47	-16,99	47,31	-14,46	62,27	-14,67	60,24	-15,78	72,95	-11,68	71,44	-14,77											
1	25,62	-16,09	24,62	-7,10	33,66	-19,17	31,79	-11,05	48,64	-18,98	46,00	-15,82	61,51	-16,25	59,05	-17,21	72,24	-13,00	70,39	-16,25											
0,5	25,08	-18,00	23,86	-7,75	33,20	-20,68	31,06	-11,72	48,24	-20,04	45,32	-16,53	61,15	-17,07	58,45	-17,95	71,91	-13,69	69,86	-17,02											

Příloha Y  
Říkovice – zóna Z3

Zkrat v úseku za Nedakonicemi a poté za Říkovicemi (měření v Říkovicích) – 1x MNS v Otrokovicích

<b>Říkovice - 3. zóna</b>																
Vzdálenost zkratu od žst. Nedakonice	Zkrat v úseku za Nedakonicemi (25% přesah za zkoumaný traťový úsek) (měření: Říkovice) – 1x MNS v Otrokovicích															
	<b>R<sub>ZK</sub> [Ω]</b>															
	s [km]	0				0,1				0,2				0,3		
Z <sub>p</sub> [Ω]		φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]
5	48,4	43,12	35,33	33,08	48,1	41,99	35,75	32,18	47,84	40,85	36,19	31,29	47,62	39,69	36,65	30,41
3	43,36	49,25	28,3	32,85	42,86	47,88	28,74	31,79	42,41	46,47	29,21	30,75	42,01	45,02	26,99	29,72
2	40,72	54,11	23,88	32,99	40,05	52,62	24,32	31,83	39,44	51,06	24,79	30,68	38,88	49,44	25,28	29,54
1	38,3	60,79	18,69	33,43	37,4	59,24	19,13	32,14	36,56	57,58	19,6	30,86	35,77	55,82	20,1	29,6
0,5	37,1	64,86	15,77	33,6	36,26	63,46	16,2	32,44	35,27	61,8	16,67	31,08	34,34	60,01	17,17	29,75
s [km]	0,4				0,5				1							
	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]
5	47,44	38,52	37,12	29,55	47,31	37,34	37,61	28,69	47,84	31,01	41,00	26,64				
3	41,66	43,54	30,20	28,70	41,37	42,03	30,73	27,69	40,74	34,22	33,69	22,91				
2	38,39	47,76	25,81	28,42	37,96	46,03	26,35	27,32	36,79	36,81	29,45	22,04				
1	35,06	53,95	20,63	28,35	34,41	51,99	21,19	27,11	32,37	40,98	24,43	21,23				
0,5	33,48	58,09	17,70	28,42	32,69	56,03	18,27	27,11	30,01	44,04	21,57	20,86				
<b>Říkovice - 3. zóna</b>																
Vzdálenost zkratu od žst. Říkovice	Zkrat v úseku za Říkovicemi (25% přesah za zkoumaný traťový úsek) (měření: Říkovice, opačná stopa než zkrat) – 1x MNS v Otrokovicích															
	<b>R<sub>ZK</sub> [Ω]</b>															
	s [km]	0				0,1				0,2				0,3		
Z <sub>p</sub> [Ω]		φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]
5	4,47	-97,00	-0,54	-4,43	4,57	-99,80	-0,78	-4,51	4,69	-102,50	-1,01	-4,58	4,82	-105,00	-1,25	-4,66
3	2,87	-98,52	-0,42	-2,84	2,98	-102,80	-0,66	-2,90	3,10	-106,70	-0,89	-2,97	3,24	-110,30	-1,13	-3,04
2	1,97	-99,33	-0,32	-1,95	2,09	-105,30	-0,55	-2,01	2,22	-110,70	-0,78	-2,08	2,37	-115,40	-1,02	-2,14
1	1,02	-100,20	-0,18	-1,00	1,14	-111,10	-0,41	-1,06	1,30	-119,70	-0,64	-1,13	1,47	-126,30	-0,87	-1,19
0,5	0,52	-100,60	-0,09	-0,51	0,65	-119,80	-0,32	-0,57	0,84	-131,50	-0,55	-0,63	1,05	-138,80	-0,79	-0,69
s [km]	0,4				0,5				1							
	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]
5	4,96	-107,40	-1,49	-4,73	5,10	-109,70	-1,72	-4,80	5,94	-119,50	-2,93	-5,17				
3	3,39	-113,60	-1,36	-3,11	3,56	-116,70	-1,60	-3,18	4,49	-128,40	-2,79	-3,52				
2	2,54	-119,50	-1,25	-2,21	2,72	-123,20	-1,49	-2,27	3,73	-135,80	-2,67	-2,60				
1	1,67	-131,50	-1,11	-1,25	1,88	-135,60	-1,34	-1,31	3,00	-147,20	-2,52	-1,62				
0,5	1,26	-143,60	-1,02	-0,75	1,49	-147,10	-1,25	-0,81	2,67	-155,30	-2,43	-1,12				



Příloha Z  
Říkovice – zóna Z3  
Zkrat v úseku Otrokovice-Říkovice (měření v Říkovicích na opačné stopě než zkrat) – 1x MNS v Otrokovicích

Vzdálenost zkratu od žst. Otrokovice		Říkovice – 3. zóna																	
		Zkrat v úseku Otrokovice-Říkovice na opačné trakční stopě (měření: Říkovice – distanční ochrana na opačné trakční stopě než zkrat) – 1x MNS v Otrokovicích				R <sub>zk</sub> [Ω]				0,1				0,5				1	
s [km]		0				0,1				0,5				1					
Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]
19,5	0,24	-82,96	0,03	-0,24	0,37	-123,90	-0,20	-0,30	1,28	-154,10	-1,15	-0,56	2,51	-159,50	-2,35	-0,88			
18	0,99	-80,42	0,16	-0,98	1,06	-94,74	-0,09	-1,06	1,77	-128,80	-1,11	-1,38	2,99	-143,20	-2,40	-1,78			
16	2,04	-76,45	0,48	-1,99	2,11	-84,56	0,20	-2,10	2,70	-110,20	-0,93	-2,53	3,89	-127,60	-2,37	-3,09			
14	3,19	-71,58	1,01	-3,02	3,25	-77,62	0,70	-3,17	3,81	-98,50	-0,56	-3,77	5,02	-115,60	-2,18	-4,53			
12	4,45	-65,40	1,85	-4,05	4,51	-70,49	1,51	-4,25	5,08	-88,87	0,10	-5,08	6,38	-105,50	-1,70	-6,15			
10	5,88	-57,25	3,18	-4,95	5,94	-61,87	2,80	-5,24	6,36	-79,01	1,25	-6,42	7,99	-95,41	-0,75	-7,95			
8	9,58	-51,15	6,01	-7,46	9,65	-55,42	5,48	-7,95	8,23	-67,15	3,19	-7,58	9,90	-83,78	1,07	-9,84			
6	12,61	-32,02	10,69	-6,69	12,63	-36,18	10,19	-7,46	13,46	-52,44	8,20	-10,67	16,04	-69,23	5,69	-15,00			
4	15,15	-2,67	15,13	-0,71	15,04	-6,75	14,93	-1,77	15,53	-23,37	14,25	-6,16	18,22	-41,15	13,72	-11,99			
3	15,32	15,60	14,75	4,12	15,09	11,52	14,79	3,01	15,18	-5,62	15,11	-1,49	17,53	-24,49	15,95	-7,29			
2	14,44	34,58	11,89	8,20	14,09	30,46	12,15	7,14	13,69	12,41	13,37	2,94	15,50	-8,37	15,33	-2,26			
1	12,85	52,85	7,76	10,24	12,40	48,66	8,19	9,31	11,54	29,34	10,06	5,66	12,78	5,73	12,72	1,28			
0,5	11,96	61,49	5,71	10,51	11,47	57,29	6,20	9,65	10,41	37,29	8,28	6,31	11,39	11,88	11,14	2,34			
s [km]		2				3				4									
Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]
19,5	5,06	-162,50	-4,83	-1,52	7,70	-163,70	-7,39	-2,17	10,45	-164,40	-10,06	-2,81							
18	5,70	-152,90	-5,08	-2,60	8,58	-156,50	-7,87	-3,43	11,59	-158,40	-10,77	-4,27							
16	6,82	-141,80	-5,36	-4,12	10,05	-147,70	-8,49	-5,37	13,48	-150,80	-11,77	-6,57							
14	8,23	-132,20	-5,53	-6,10	11,93	-139,50	-9,07	-7,75	15,93	-143,50	-12,81	-9,47							
12	10,01	-123,20	-5,48	-8,38	14,35	-131,40	-9,49	-10,76	19,14	-136,00	-13,76	-13,30							
10	12,26	-113,80	-4,95	-11,21	17,53	-122,60	-9,45	-14,77	23,48	-127,40	-14,26	-18,66							
8	15,13	-102,90	-3,37	-14,75	21,80	-111,80	-8,08	-20,25	29,50	-116,30	-13,09	-26,43							
6	24,84	-88,59	0,61	-24,83	36,80	-96,80	-4,36	-36,54	51,32	-100,00	-8,91	-50,54							
4	28,38	-60,57	13,95	-24,72	42,03	-66,96	16,45	-38,68	57,38	-67,70	21,88	-53,36							
3	27,17	-44,73	19,30	-19,12	39,77	-50,88	25,10	-30,86	53,44	-51,34	33,39	-41,73							
2	24,03	-30,54	20,70	-12,21	34,96	-34,40	27,84	-21,15	46,33	-35,28	36,42	-28,64							
1	20,14	-19,41	18,99	-6,69	29,51	-27,04	26,29	-13,42	39,04	-28,70	34,24	-18,74							
0,5	18,22	-15,08	17,59	-4,74	26,94	-23,18	24,77	-10,60	35,74	-25,15	32,36	-15,19							



Příloha A4  
Nedakonice – zóna Z1  
Zkrat v úseku Nedakonice-Otrokovice (měření v Nedakonicích na stejné stopě jako zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích

Vzdálenost zkratu od dist. ochrany v Nedakonicích		Nedakonice - 1. zóna																																																										
		Zkrat v úseku Nedakonice-Otrokovice (měření: Nedakonice – distanční ochrana na stejné trakční stopě jako zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích																																																										
		0						0,1						0,5						1						2																																		
s [km]	R <sub>zk</sub> [Ω]						R <sub>zk</sub> [Ω]						R <sub>zk</sub> [Ω]						R <sub>zk</sub> [Ω]						R <sub>zk</sub> [Ω]																																			
	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]																																
19,6	9,95	71,69	3,12	9,44	10,11	70,84	3,32	9,55	11,36	62,68	5,22	10,09	12,38	59,28	6,33	10,64	14,69	53,54	8,73	11,81	8,32	70,16	2,82	7,82	8,45	69,23	3,00	7,90	9,03	65,71	3,72	8,24	9,83	61,77	4,65	8,66	11,65	55,16	6,66	9,56																				
17	7,16	69,27	2,54	6,70	7,29	68,26	2,70	6,77	7,81	64,46	3,37	7,04	8,52	60,22	4,23	7,40	10,16	53,23	6,08	8,14	6,08	68,59	2,22	5,66	6,19	67,47	2,37	5,72	6,66	63,28	3,00	5,95	7,31	58,68	3,80	6,25	8,80	51,21	5,51	6,86																				
13	4,55	67,86	1,72	4,22	4,65	66,49	1,86	4,26	5,06	61,44	2,42	4,44	5,63	56,04	3,15	4,67	6,96	47,67	4,68	5,14	3,12	67,41	1,20	2,88	3,20	65,56	1,32	2,91	3,56	58,97	1,84	3,06	4,09	52,30	2,50	3,23	4,29	37,88	3,39	2,63																				
7	2,20	67,23	0,85	2,03	2,28	64,75	0,97	2,06	2,62	56,25	1,46	2,18	3,12	48,26	2,08	2,33	4,29	37,88	3,39	2,63	1,31	67,13	0,51	1,20	1,38	63,21	0,62	1,23	1,71	50,96	1,08	1,33	2,21	41,17	1,67	1,46	3,37	30,59	2,90	1,71																				
3	0,43	67,11	0,17	0,40	0,50	56,71	0,27	0,42	0,87	35,43	0,71	0,50	1,41	25,80	1,27	0,61	2,57	18,77	2,43	0,83	0,21	67,11	0,08	0,20	0,29	49,11	0,19	0,22	0,69	25,97	0,62	0,30	1,24	19,08	1,17	0,40	2,39	14,72	2,32	0,61																				
0,5	0,21	67,11	0,08	0,20	0,29	49,11	0,19	0,22	0,69	25,97	0,62	0,30	1,24	19,08	1,17	0,40	2,39	14,72	2,32	0,61																																								
s [km]	4						6						8						10						12																																			
	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]																				
19,6	20,46	45,09	14,45	14,49	28,09	39,11	21,79	17,72	38,29	34,45	31,58	21,66	52,40	30,38	45,21	26,50	72,97	26,32	65,40	32,35	17,38	41,56	13,00	11,53	23,71	35,23	19,37	13,68	29,51	34,30	24,38	16,63	39,29	30,26	33,94	19,80	52,45	26,53	46,92	23,43	14,21	43,37	10,33	9,76	19,34	36,77	15,49	11,58	25,79	31,87	21,90	13,62	33,98	27,83	30,05	15,87	44,62	24,15	40,71	18,25
13	12,47	41,00	9,41	8,18	17,05	34,36	14,07	9,62	22,70	29,50	19,76	11,18	29,72	25,54	22,82	12,82	38,60	21,96	35,80	14,44	10,18	36,98	8,14	6,13	14,14	30,42	12,20	7,16	18,92	25,78	17,03	8,23	24,69	22,07	22,88	9,28	31,76	18,76	30,07	10,21	8,22	31,84	6,98	4,34	11,73	25,72	10,57	5,09	15,87	21,55	14,76	5,83	20,77	18,27	6,51	19,72	26,62	15,36	25,67	7,05
7	8,22	31,84	6,98	4,34	11,73	25,72	10,57	5,09	15,87	21,55	14,76	5,83	20,77	18,27	6,51	19,72	26,62	15,36	25,67	7,05	7,07	27,38	6,27	3,25	10,34	21,91	9,59	3,86	14,15	18,28	13,43	4,44	18,60	15,41	17,93	4,94	23,85	12,86	23,25	5,31	6,03	21,63	5,61	2,22	9,10	17,34	8,69	2,71	12,64	14,50	12,23	3,16	16,72	12,20	16,34	3,53	21,47	10,09	21,14	3,76
3	5,13	14,04	4,98	1,24	8,03	11,77	7,86	1,64	11,32	10,09	11,14	1,98	15,08	8,55	14,91	2,24	19,43	6,99	19,28	2,37	5,13	14,04	4,98	1,24	8,03	11,77	7,86	1,64	11,32	10,09	11,14	1,98	15,08	8,55	14,91	2,24	19,43	6,99	19,28	2,37	4,93	11,79	4,82	1,01	7,78	10,20	1,38	7,66	11,01	8,87	10,88	1,70	14,71	7,56	14,58	1,94	18,96	6,16	18,85	2,04

**Príloha BB**  
**Nedakonice – zóna Z2 i zóna Z3**  
**Zkrat v úseku Nedakonice-Otrokovice (měření v Nedakonících na stejné stopě jako zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích**

Vzdálenost zkratu od dist. ochrany v Nedakonících		Zkrat v úseku Nedakonice-Otrokovice (měření: Nedakonice – distanční ochrana na stejné traktéri stopě jako zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích																		
		0			0,1			0,5			1			2						
s [km]		Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]			
22,5	12,39	69,26	4,39	11,59	12,60	68,54	4,61	11,73	13,49	65,81	5,53	12,31	14,71	62,74	6,74	13,07	17,46	57,54	9,37	14,73
22	12,05	68,71	4,37	11,22	12,25	67,98	4,59	11,36	13,12	65,21	5,50	11,91	14,29	62,08	6,69	12,63	16,96	56,78	9,29	14,19
20	10,70	66,82	4,21	9,83	10,88	66,04	4,42	9,94	11,65	63,06	5,28	10,38	12,69	59,71	6,40	10,96	15,05	54,04	8,74	12,19
19,6	9,95	71,69	3,12	9,44	10,11	70,84	3,32	9,55	11,36	62,68	5,22	10,09	12,38	59,28	6,33	10,64	14,69	53,54	8,73	11,81
17	8,32	70,16	2,82	7,82	8,45	69,23	3,00	7,90	9,03	65,71	3,72	8,24	9,83	61,77	4,65	8,66	11,65	55,16	6,66	9,56
15	7,16	69,27	2,54	6,70	7,29	68,26	2,70	6,77	7,81	64,46	3,37	7,04	8,52	60,22	4,23	7,40	10,16	53,23	6,08	8,14
13	6,08	68,59	2,22	5,66	6,19	67,47	2,37	5,72	6,66	63,28	3,00	5,95	7,31	58,68	3,80	6,25	8,80	51,21	5,51	6,86
10	4,55	67,86	1,72	4,22	4,65	66,49	1,86	4,26	5,06	61,44	2,42	4,44	5,63	56,04	3,15	4,67	6,96	47,67	4,68	5,14
7	3,12	67,41	1,20	2,88	3,20	65,56	1,32	2,91	3,56	58,97	1,84	3,06	4,09	52,30	2,50	3,23	5,30	42,74	3,89	3,60
5	2,20	67,23	0,85	2,03	2,28	64,75	0,97	2,06	2,62	56,25	1,46	2,18	3,12	48,26	2,08	2,33	4,29	37,88	3,39	2,63
3	1,31	67,13	0,51	1,20	1,38	63,21	0,62	1,23	1,71	50,96	1,08	1,33	2,21	41,17	1,67	1,46	3,37	30,59	2,90	1,71
1	0,43	67,11	0,17	0,40	0,50	56,71	0,27	0,42	0,87	35,43	0,71	0,50	1,41	25,80	1,27	0,61	2,57	18,77	2,43	0,83
0,5	0,21	67,11	0,08	0,20	0,29	49,11	0,19	0,22	0,69	25,97	0,62	0,30	1,24	19,08	1,17	0,40	2,39	14,72	2,32	0,61
s [km]	4				5				8				10				12			
	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]
22,5	24,45	49,94	15,74	18,71	34,00	44,73	24,16	23,93	47,41	40,91	35,82	31,05	67,26	37,92	53,05	41,34	99,39	35,36	81,06	57,52
22	23,72	49,01	15,56	17,91	32,90	43,63	23,81	22,70	45,67	39,62	35,18	29,12	64,33	36,35	51,81	38,13	93,94	33,37	78,45	51,67
20	20,98	45,69	14,65	15,01	28,84	39,79	22,16	18,46	39,41	35,21	32,21	22,72	54,17	31,22	46,32	28,08	75,94	27,26	67,50	34,78
19,6	20,46	45,09	14,45	14,49	28,09	39,11	21,79	17,72	38,29	34,45	31,58	21,66	52,40	30,38	45,21	26,50	72,97	26,32	65,40	32,35
17	17,38	41,56	13,00	11,53	23,71	35,23	19,37	13,68	29,51	31,87	24,38	16,63	39,29	30,26	33,94	19,80	52,45	26,53	46,92	23,43
15	14,21	43,37	10,33	9,76	19,34	36,77	15,49	11,58	25,79	31,80	21,90	13,62	33,98	27,83	30,05	15,87	44,62	24,15	40,71	18,25
13	12,47	41,00	9,41	8,18	17,05	34,36	14,07	9,62	22,70	29,50	19,76	11,18	29,72	25,54	26,82	12,82	38,60	21,96	35,80	14,44
10	10,18	36,98	8,14	6,13	14,14	30,42	12,20	7,16	18,92	25,78	17,03	8,23	24,69	22,07	22,88	9,28	31,76	18,76	30,07	10,21
7	8,22	31,84	6,98	4,34	11,73	25,72	10,57	5,09	15,87	21,55	14,76	5,83	20,77	18,27	6,51	19,72	26,62	15,36	25,67	7,05
5	7,07	27,38	6,27	3,25	10,34	21,91	9,59	3,86	14,15	18,28	13,43	4,44	18,60	15,41	17,93	4,94	23,85	12,86	23,25	5,31
3	6,03	21,63	5,61	2,22	9,10	17,34	8,69	2,71	12,64	14,50	12,23	3,16	16,72	12,20	16,34	3,53	21,47	10,09	21,14	3,76
1	5,13	14,04	4,98	1,24	8,03	11,77	7,86	1,64	11,32	10,09	11,14	1,98	15,08	8,55	14,91	2,24	19,43	6,99	19,28	2,37
0,5	4,93	11,79	4,82	1,01	7,78	10,20	1,38	7,66	11,01	8,87	10,88	1,70	14,71	7,56	14,58	1,94	18,96	6,16	18,85	2,04

Příloha CC  
Nedakonice – zóna Z2  
Zkrat v úseku Otrokovice-Řítkovice (měření v Nedakonících na stejné stopě jako zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích

Vzdálenost zkratu od žst. Otrokovice		Zkrat v úseku Otrokovice-Řítkovice (měření: Nedakonice – distanční ochrana na stejné trakční stopě jako zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích																			
		0				0,1				0,5				1				2			
s [km]		R <sub>zk</sub> [Ω]																			
Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]		
14	23,28	86,35	1,48	23,23	23,55	85,95	1,66	23,49	24,67	84,44	2,39	24,56	26,19	82,68	3,34	25,97	29,61	79,58	5,36	29,12	
12	22,28	84,99	1,95	22,20	22,55	84,57	2,13	22,45	23,66	82,98	2,89	22,48	25,15	81,12	3,88	24,85	28,53	77,85	6,00	27,89	
10	21,12	83,32	2,46	20,97	21,38	82,88	2,65	21,21	22,47	81,18	3,44	22,20	23,93	79,21	4,48	23,51	27,25	75,74	6,71	26,41	
8	19,78	81,35	2,98	19,55	20,03	80,88	3,18	19,78	21,09	79,05	4,01	20,71	22,53	76,94	5,09	21,95	25,78	73,23	7,44	24,68	
6	17,91	80,07	3,09	17,64	18,51	78,54	3,68	18,14	19,54	76,56	4,54	19,01	20,94	74,28	5,67	20,15	24,10	70,29	8,13	22,69	
4	16,30	77,26	3,60	15,90	16,53	76,68	3,81	16,09	17,51	74,46	4,69	16,87	18,83	71,91	5,85	17,90	21,83	67,48	8,36	20,17	
2	14,57	73,90	4,04	14,00	14,80	73,27	4,26	14,17	15,74	70,84	5,17	14,87	17,02	68,06	6,36	15,79	19,95	63,30	8,96	17,82	
1	13,67	71,97	4,23	13,00	13,89	71,30	4,45	13,15	14,82	68,75	5,37	13,91	16,08	65,86	6,58	14,68	18,96	60,93	9,21	16,57	
0,5	13,21	70,93	4,32	12,48	13,43	70,24	4,54	12,63	14,35	67,63	5,46	13,27	15,61	64,68	6,68	14,11	18,47	59,66	9,33	15,94	
s [km]		3				4				6				8				10			
Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]		
14	33,61	77,01	7,56	32,75	38,31	74,93	9,96	36,99	50,37	72,21	15,39	47,97	67,58	71,43	21,52	64,06	93,29	73,02	27,24	89,22	
12	32,49	75,14	8,33	31,40	37,14	72,94	10,90	35,50	49,09	69,98	16,81	46,13	66,21	68,93	23,81	61,78	91,97	70,15	31,23	86,50	
10	31,15	72,86	9,18	29,77	35,73	70,51	11,92	33,68	47,53	67,26	18,37	43,84	64,48	65,87	26,36	58,84	90,14	66,62	35,77	82,74	
8	29,60	70,15	10,05	27,84	34,09	67,62	12,98	31,52	45,67	64,04	19,99	41,06	62,33	62,26	29,01	55,16	87,71	62,43	40,60	77,75	
6	27,83	66,98	10,88	25,61	31,50	64,80	13,41	28,50	43,49	60,31	21,54	37,78	59,73	58,08	31,58	50,70	84,54	57,58	45,32	71,37	
4	25,37	63,83	11,19	22,77	29,53	60,82	14,40	25,78	40,23	56,35	22,29	33,49	55,55	53,55	33,00	44,68	78,84	52,23	48,29	62,32	
2	23,38	59,41	11,90	20,13	27,42	56,22	15,24	22,79	37,76	51,44	23,54	29,52	52,51	48,22	34,99	39,15	74,83	46,21	51,79	54,02	
1	22,35	56,93	12,20	18,73	26,32	53,67	15,59	21,20	36,46	48,75	24,04	27,41	50,89	45,33	35,77	36,19	72,64	42,99	53,14	49,53	
0,5	21,83	55,61	12,33	18,01	25,76	52,32	15,75	20,39	35,81	47,34	24,26	26,33	50,06	43,84	36,11	34,67	71,50	41,33	53,69	47,22	

Příloha DD  
Nedakonice – zóna Z2  
Zkrat v úseku Otrokovice-Nedakonice (měření v Nedakonících na opačné stopě než zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích

Vzdálenost zkratu od žst. Otrokovice		Nedakonice - 2. zóna																															
		Zkrat v úseku Otrokovice-Nedakonice na opačné trakční stopě (měření: Nedakonice – distanční ochrana na opačné trakční stopě než zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích					R <sub>zk</sub> [Ω]					0,5					1																
s [km]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]													
																					0					0,1					2		
16,1	12,20	135,90	-8,76	8,49	12,57	134,70	-8,84	8,94	14,20	130,70	-9,25	10,77	16,52	127,40	-10,04	13,12	14,43	125,40	-8,35	11,76	14,81	124,40	-8,38	12,22	16,50	121,20	-8,55	14,12	18,91	118,40	-9,00	16,63	
11	16,05	111,10	-5,77	14,98	16,44	110,20	-5,69	15,42	18,10	107,40	-5,40	17,28	20,46	104,60	-5,16	19,80	16,09	98,39	-2,35	15,92	16,43	97,60	-2,17	16,29	17,92	94,73	-1,48	17,86	20,02	91,74	-0,61	20,01	
5	15,07	87,81	0,58	15,06	15,37	87,03	0,80	15,34	16,61	84,10	1,71	16,52	18,34	80,91	2,90	18,11	13,40	75,74	3,30	12,98	13,64	75,02	3,53	13,17	14,65	72,34	4,45	13,96	16,04	69,34	5,66	15,01	
1	13,08	72,74	3,88	12,49	13,31	72,03	4,11	12,66	14,27	69,35	5,03	13,36	15,59	66,34	6,26	14,28	0,5	12,91	71,28	4,15	12,23	13,14	70,57	4,37	12,39	14,08	67,89	5,30	13,04	15,36	64,88	6,52	13,91
s [km]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	
16,1	21,83	125,40	-12,64	17,79	27,59	127,30	-16,71	21,96	33,30	131,40	-22,01	24,98	37,42	135,20	-26,55	26,37	24,54	116,30	-10,89	22,00	31,01	117,70	-14,42	27,46	37,89	121,50	-19,82	32,30	44,63	127,10	-26,89	35,61	
11	26,14	101,60	-5,26	25,60	33,09	101,40	-6,56	32,43	41,29	103,60	-9,72	40,13	50,54	107,90	-15,56	48,09	25,08	87,58	1,06	25,05	31,40	85,49	2,47	31,31	39,24	85,22	3,27	39,11	48,90	86,88	2,84	48,81	
5	20,99	74,38	5,65	20,22	25,55	71,26	8,21	24,19	31,04	69,28	10,98	29,03	37,67	68,30	13,93	35,00	19,23	64,40	8,31	17,34	23,03	60,59	11,31	20,06	27,53	57,66	14,73	23,26	32,89	55,44	18,66	27,08	
1	18,60	61,32	8,93	16,32	22,16	57,35	11,96	18,66	26,35	54,20	15,42	21,38	31,30	51,69	19,41	24,56	0,5	18,28	59,81	9,19	15,80	21,73	55,78	12,22	17,97	25,77	52,54	15,68	20,46	30,53	49,90	19,66	23,35



Příloha FF  
Nedakonice – zóna Z3  
Zkrat v úseku za Nedakonícemi a poté za Říkovícemi (měření v Nedakonících)  
– 2x MNS v Otrokovicích

Nedakonice - 3. zóna																	
Vzdálenost zkratu od žst. Říkovice		Zkrat v úseku za Říkovícemi (25% přesah za zkoumaný traťový úsek) (měření: Nedakonice) – 2x MNS v Otrokovicích															
s [km]		R <sub>ZK</sub> [Ω]															
		0				0,1				0,5				1			
		Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]
5		4,56	-100,50	-0,83	-4,48	4,67	-103,40	-1,08	-4,54	5,20	-113,40	-2,06	-4,77	6,05	-123,20	-3,31	-5,06
3		2,92	-101,90	-0,60	-2,86	3,03	-106,20	-0,85	-2,91	3,62	-120,20	-1,82	-3,13	4,56	-131,90	-3,05	-3,40
2		2,01	-102,70	-0,44	-1,96	2,12	-108,70	-0,68	-2,01	2,76	-126,60	-1,65	-2,22	3,79	-139,30	-2,87	-2,47
1		1,04	-103,40	-0,24	-1,01	1,16	-114,40	-0,48	-1,06	1,91	-138,90	-1,44	-1,25	3,04	-150,60	-2,65	-1,50
0,5		0,52	-103,80	-0,13	-0,51	0,67	-123,00	-0,36	-0,56	1,52	-150,40	-1,32	-0,75	2,71	-158,70	-2,53	-0,99
s [km]		3				5				7							
		Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]				
5		10,51	-144,00	-8,50	-6,18	15,79	-152,90	-14,05	-8,21	21,57	-157,90	-19,98	-8,13				
3		9,30	-151,70	-8,18	-4,42	14,67	-158,60	-13,66	-5,35	20,45	-162,50	-19,50	-6,17				
2		8,68	-156,60	-7,97	-3,44	14,08	-162,10	-13,40	-4,32	19,85	-165,20	-19,19	-5,09				
1		8,08	-162,60	-7,71	-2,41	13,49	-166,10	-13,09	-3,24	19,24	-168,20	-18,83	-3,94				
0,5		7,79	-166,10	-7,56	-1,88	13,19	-168,30	-12,92	-2,67	18,93	-169,80	-18,63	-3,35				
Nedakonice - 3. zóna																	
Vzdálenost zkratu od žst. Nedakonice		Zkrat v úseku za Nedakonícemi (25% přesah za zkoumaný traťový úsek) (měření: Nedakonice) – 2x MNS v Otrokovicích															
s [km]		R <sub>ZK</sub> [Ω]															
		0				0,1				0,5							
		Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]				
5		48,40	43,12	35,33	33,08	48,10	41,99	35,75	32,18	47,31	37,34	37,61	28,69				
3		46,36	49,25	28,30	32,85	42,86	47,88	28,74	31,79	41,37	42,03	30,73	27,69				
2		40,72	54,11	23,88	32,99	40,05	52,62	24,32	31,83	37,96	46,03	26,35	27,32				
1		38,30	60,79	18,69	33,43	37,40	59,24	19,13	32,14	34,41	51,99	21,19	27,11				
0,5		37,30	64,99	15,77	33,80	36,26	63,46	16,20	32,44	32,69	56,03	18,27	27,11				
s [km]		1				2				3							
		Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]				
5		47,24	31,43	40,31	24,63	49,91	20,74	46,68	17,68	55,28	13,00	53,86	12,43				
3		40,74	34,22	33,69	22,91	43,45	19,84	40,87	14,74	49,86	10,02	49,10	8,67				
2		36,79	36,81	29,45	22,04	39,36	19,35	37,13	13,04	46,48	7,91	46,04	6,40				
1		32,37	40,98	24,43	21,23	34,53	18,87	32,68	11,17	42,56	5,12	42,39	3,80				
0,5		30,01	44,04	21,57	20,86	31,80	18,66	30,12	10,17	40,37	3,35	40,30	2,36				

*Príloha GG*  
*Nedakonice – zóna Z3*  
*Zkrat v úseku Nedakonice-Otrokvice (měření v Nedakonících na opačné stopě než zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích*

Vzdálenost zkratu od žst. Otrokvice		Nedakonice - 3. zóna																			
		Zkrat v úseku Nedakonice-Otrokvice na opačné trakční stopě (měření: Nedakonice – distanční ochrana na opačné trakční stopě než zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích										R <sub>zk</sub> [Ω]									
s [km]	Z <sub>p</sub> [Ω]	0					0,1					0,5					1				
		φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	
22,5	1,05	166,60	-1,02	0,24	1,41	149,40	-1,22	0,72	3,32	129,40	-2,11	2,57	5,87	126,50	-3,49	4,72					
22	2,09	164,30	-2,01	0,56	2,42	154,70	-2,19	1,03	4,17	136,60	-3,03	2,86	6,64	131,00	-4,35	5,01					
19	7,81	150,30	-6,78	3,87	8,14	148,00	-6,90	4,31	9,67	141,00	-7,52	6,08	11,90	136,10	-8,57	8,25					
16,1	12,20	135,90	-8,76	8,49	12,57	134,70	-8,84	8,94	14,20	130,70	-9,25	10,77	16,52	127,40	-10,04	13,12					
14	14,43	125,40	-8,35	11,76	14,81	124,40	-8,38	12,22	16,50	121,20	-8,55	14,12	18,91	118,40	-9,00	16,63					
11	16,05	111,10	-5,77	14,98	16,44	110,20	-5,69	15,42	18,10	107,40	-5,40	17,28	20,46	104,60	-5,16	19,80					
8	16,09	98,39	-2,35	15,92	16,43	97,60	-2,17	16,29	17,92	94,73	-1,48	17,86	20,02	91,74	-0,61	20,01					
5	15,07	87,81	0,58	15,06	15,37	87,03	0,80	15,34	16,61	84,10	1,71	16,52	18,34	80,91	2,90	18,11					
2	13,40	75,74	3,30	12,98	13,64	75,02	3,53	13,17	14,65	72,34	4,45	13,96	16,04	69,34	5,66	15,01					
1	13,08	72,74	3,88	12,49	13,31	72,03	4,11	12,66	14,27	69,35	5,03	13,36	15,59	66,34	6,26	14,28					
0,5	12,91	71,28	4,15	12,23	13,14	70,57	4,37	12,39	14,08	67,89	5,30	13,04	15,36	64,88	6,52	13,91					
s [km]	Z <sub>p</sub> [Ω]	2					3					4					5				
		φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	
22,5	10,83	129,90	-6,95	8,31	15,37	135,40	-10,95	10,78	19,34	141,10	-15,06	12,13	22,71	146,50	-18,93	12,54					
22	11,58	131,80	-7,72	8,64	16,17	136,40	-11,70	11,16	20,21	141,60	-15,83	12,56	23,64	146,70	-19,76	12,97					
19	16,82	133,50	-11,59	12,20	21,79	135,70	-15,59	15,22	26,38	139,80	-20,15	17,03	30,34	144,60	-24,74	17,57					
16,1	21,83	125,40	-12,64	17,79	27,59	127,30	-16,71	21,96	33,30	131,40	-22,01	24,98	37,42	135,20	-26,55	26,37					
14	24,54	116,30	-10,89	22,00	31,01	117,70	-14,42	27,46	37,89	121,50	-19,82	32,30	44,63	127,10	-26,89	35,61					
11	26,14	101,60	-5,26	25,60	33,09	101,40	-6,56	32,43	41,29	103,60	-9,72	40,13	50,54	107,90	-15,56	48,09					
8	25,08	87,58	1,06	25,05	31,40	85,49	2,47	31,31	39,24	85,22	3,27	39,11	48,90	86,88	2,84	48,81					
5	20,99	74,38	5,65	20,22	25,55	71,26	8,21	24,19	31,04	69,28	10,98	29,03	37,67	68,30	13,93	35,00					
2	19,23	64,40	8,31	17,34	23,03	60,59	11,31	20,06	27,53	57,66	14,73	23,26	32,89	55,44	18,66	27,08					
1	18,60	61,32	8,93	16,32	22,16	57,35	11,96	18,66	26,35	54,20	15,42	21,38	31,30	51,69	19,41	24,56					
0,5	18,28	59,81	9,19	15,80	21,73	55,78	12,22	17,97	25,77	52,54	15,68	20,46	30,53	49,90	19,66	23,35					



Príloha HH  
Otrokovic – zóna Z1  
Zkrat v úseku Nedakovice-Otrokovic (měření v Otrokovicích na stejné stopě jako zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích

Vzdálenost zkratu od dist. ochrany v Otrokovicích		Zkrat v úseku Nedakovice-Otrokovic (měření: Otrokovic – distanční ochrana na stejné trakční stopě jako zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích																							
		Otrokovic – 1. zóna												R <sub>zk</sub> [Ω]											
s [km]	Z <sub>p</sub> [Ω]	0				0,1				0,5				1				2							
		φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]					
19,6	9,73	72,74	2,89	9,29	9,53	70,73	3,14	9,00	8,94	61,87	4,21	7,88	8,70	49,74	5,62	6,64	9,74	28,34	8,57	4,62					
17	7,93	72,91	2,33	7,58	7,81	70,75	2,57	7,37	7,50	61,62	3,56	6,60	7,48	49,90	4,82	5,73	8,53	30,32	7,36	4,31					
15	6,74	72,59	2,02	6,43	6,66	70,32	2,24	6,27	6,48	60,88	3,16	5,66	6,58	49,20	4,30	4,98	7,63	30,38	6,59	3,86					
13	5,67	72,12	1,74	5,39	5,62	69,68	1,95	5,27	5,54	59,75	2,79	4,78	5,71	47,84	3,84	4,24	6,78	29,39	5,91	3,33					
10	4,20	71,29	1,35	3,98	4,18	68,46	1,53	3,89	4,20	57,18	2,28	3,53	4,47	44,33	3,20	3,12	5,58	25,98	5,01	2,44					
7	2,86	70,45	0,96	2,69	2,85	66,81	1,12	2,62	2,95	52,75	1,79	2,35	3,31	38,02	2,61	2,04	4,48	19,71	4,22	1,51					
5	2,01	69,68	0,69	1,89	2,01	65,14	0,85	1,82	2,16	47,44	1,46	1,59	2,43	34,98	1,99	1,39	3,64	16,23	3,50	1,02					
3	1,19	69,35	0,42	1,11	1,14	68,34	0,42	1,06	1,34	41,37	1,00	0,88	1,85	21,65	1,72	0,68	3,15	6,31	3,13	0,35					
1	0,37	75,46	0,09	0,36	0,40	54,25	0,23	0,32	0,79	11,91	0,78	0,16	1,45	-0,63	1,45	-0,02	2,79	-6,65	2,77	-0,32					
0,5	0,19	75,31	0,05	0,18	0,23	37,58	0,18	0,14	0,72	-1,05	0,72	-0,01	1,40	-7,78	1,38	-0,19	2,73	-10,34	2,68	-0,49					
s [km]	4				6				8				10				12								
	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]					
19,6	14,67	9,13	14,48	2,33	19,84	5,20	19,76	1,80	24,22	5,54	24,10	2,34	27,75	7,11	27,54	3,44	30,58	8,96	30,21	4,76					
17	12,57	11,91	12,30	2,59	16,87	6,94	16,74	2,04	20,68	6,24	20,56	2,25	23,92	7,01	23,74	2,92	26,63	8,29	26,36	3,84					
15	11,25	12,61	10,98	2,46	15,09	7,35	14,96	1,93	18,56	6,23	18,45	2,01	21,58	6,62	21,44	2,49	24,18	7,61	23,97	3,20					
13	10,10	12,34	9,87	2,16	13,59	7,08	13,49	1,68	16,79	5,76	16,70	1,69	19,62	5,95	19,51	2,03	22,10	6,75	21,94	2,60					
10	8,61	10,27	8,48	1,54	11,72	5,50	11,66	1,12	14,58	4,25	14,54	1,08	17,16	4,37	17,11	1,31	19,47	5,08	19,39	1,72					
7	7,34	6,22	7,30	0,80	10,16	2,54	10,15	0,45	12,77	1,75	12,76	0,39	15,14	2,08	15,13	0,55	17,29	2,87	17,27	0,87					
5	6,37	4,69	6,35	0,52	9,00	1,95	8,99	0,31	11,73	-0,48	11,73	-0,10	13,98	0,13	13,98	0,03	16,03	1,09	16,02	0,30					
3	5,81	-1,09	5,80	-0,11	8,30	-2,22	8,29	-0,32	10,60	-1,84	10,59	-0,34	12,71	-0,94	12,71	-0,21	14,64	0,16	14,64	0,04					
1	5,35	-8,04	5,30	-0,75	7,72	-7,13	7,66	-0,96	9,90	-5,77	9,85	-0,99	11,91	-4,30	11,88	-0,89	13,77	-2,84	13,75	-0,68					
0,5	5,25	-9,95	5,17	-0,91	7,59	-8,47	7,50	-1,12	9,74	-6,83	9,67	-1,16	11,73	-5,20	11,68	-1,06	13,57	-3,64	13,54	-0,86					



*Príloha II*  
*Otrokovicce – zóna Z2 i zóna Z3*  
*Zkrat v úseku Nedakonicce-Otrokovicce (mĚření v Otrokovicích na stejné stopĚ jako zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích*

Vzdálenost zkratu od dist. ochrany v Otrokovicích		Otrokovicce - 2. zóna + společně pro 3. zónu																																	
		Zkrat v úseku Nedakonicce-Otrokovicce (mĚření: Otrokovicce – distanční ochrana na stejné trakční stopĚ jako zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích																																	
		0						0,1						0,5						1						2									
s [km]	Z <sub>p</sub> [Ω]		φ [°]		R [Ω]		X [Ω]		Z <sub>p</sub> [Ω]		φ [°]		R [Ω]		X [Ω]		Z <sub>p</sub> [Ω]		φ [°]		R [Ω]		X [Ω]		Z <sub>p</sub> [Ω]		φ [°]		R [Ω]		X [Ω]				
	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]			
22,5	12,25	70,60	4,07	11,55	11,90	68,86	4,29	11,10	10,76	60,52	5,30	9,37	10,02	47,52	6,77	7,39	11,05	22,07	10,24	4,15															
21	10,87	72,10	3,34	10,34	10,61	70,20	3,59	9,98	9,79	61,52	4,67	8,61	9,35	49,01	6,14	7,06	10,39	26,02	9,34	4,56															
19,6	9,73	72,74	2,89	9,29	9,53	70,73	3,14	9,00	8,94	61,87	4,21	7,88	8,70	49,74	5,62	6,64	9,74	28,34	8,57	4,62															
17	7,93	72,91	2,33	7,58	7,81	70,75	2,57	7,37	7,50	61,62	3,56	6,60	7,48	49,90	4,82	5,73	8,53	30,32	7,36	4,31															
15	6,74	72,59	2,02	6,43	6,66	70,32	2,24	6,27	6,48	60,88	3,16	5,66	6,58	49,20	4,30	4,98	7,63	30,38	6,59	3,86															
13	5,67	72,12	1,74	5,39	5,62	69,68	1,95	5,27	5,54	59,75	2,79	4,78	5,71	47,84	3,84	4,24	6,78	29,39	5,91	3,33															
10	4,20	71,29	1,35	3,98	4,18	68,46	1,53	3,89	4,20	57,18	2,28	3,53	4,47	44,33	3,20	3,12	5,58	25,98	5,01	2,44															
7	2,86	70,45	0,96	2,69	2,85	66,81	1,12	2,62	2,95	52,75	1,79	2,35	3,31	38,02	2,61	2,04	4,48	19,71	4,22	1,51															
5	2,01	69,68	0,69	1,89	2,01	65,14	0,85	1,82	2,16	47,44	1,46	1,59	2,43	34,98	1,99	1,39	3,64	16,23	3,50	1,02															
3	1,19	69,35	0,42	1,11	1,14	68,34	0,42	1,06	1,34	41,37	1,00	0,88	1,85	21,65	1,72	0,68	3,15	6,31	3,13	0,35															
1	0,37	75,46	0,09	0,36	0,40	54,25	0,23	0,32	0,32	0,79	11,91	0,78	0,16	1,45	-0,63	1,45	-0,02	2,79	-6,65	2,77	-0,32														
0,5	0,19	75,31	0,05	0,18	0,23	37,58	0,18	0,14	0,14	0,72	-1,05	0,72	-0,01	1,40	-7,78	1,38	-0,19	2,73	-10,34	2,68	-0,49														
s [km]	4						6						8						10						12										
	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]			
22,5	17,94	2,32	17,93	0,72	24,77	1,15	24,76	0,49	29,98	3,72	29,92	1,94	33,79	6,78	33,56	3,99	36,57	9,60	36,06	6,10															
21	16,08	6,47	15,98	1,81	21,92	3,57	21,88	1,37	26,68	4,81	26,58	2,24	30,37	7,00	30,14	3,70	33,21	9,27	32,78	5,35															
19,6	14,67	9,13	14,48	2,33	19,84	5,20	19,76	1,80	24,22	5,54	24,10	2,34	27,75	7,11	27,54	3,44	30,58	8,96	30,21	4,76															
17	12,57	11,91	12,30	2,59	16,87	6,94	16,74	2,04	20,68	6,24	20,56	2,25	23,92	7,01	23,74	2,92	26,63	8,29	26,36	3,84															
15	11,25	12,61	10,98	2,46	15,09	7,35	14,96	1,93	18,56	6,23	18,45	2,01	21,58	6,62	21,44	2,49	24,18	7,61	23,97	3,60															
13	10,10	12,34	9,87	2,16	13,59	7,08	13,49	1,68	16,79	5,76	16,70	1,69	19,62	5,95	19,51	2,03	22,10	6,75	21,94	2,60															
10	8,61	10,27	8,48	1,54	11,72	5,50	11,66	1,12	14,58	4,25	14,54	1,08	17,16	4,37	17,11	1,31	19,47	5,08	19,39	1,72															
7	7,34	6,22	7,30	0,80	10,16	2,54	10,15	0,45	12,77	1,75	12,76	0,39	15,14	2,08	15,13	0,55	17,29	2,87	17,27	0,87															
5	6,37	4,69	6,35	0,52	9,00	1,95	8,99	0,31	11,73	-0,48	11,73	-0,10	13,98	0,13	13,98	0,03	16,03	1,09	16,02	0,30															
3	5,81	-1,09	5,80	-0,11	8,30	-2,22	8,29	-0,32	10,60	-1,84	10,59	-0,34	12,71	-0,94	12,71	-0,21	14,64	0,16	14,64	0,04															
1	5,35	-8,04	5,30	-0,75	7,72	-7,13	7,66	-0,96	9,90	-5,77	9,85	-0,99	11,91	-4,30	11,88	-0,89	13,77	-2,84	13,75	-0,68															
0,5	5,25	-9,95	5,17	-0,91	7,59	-8,47	7,50	-1,12	9,74	-6,83	9,67	-1,16	11,73	-5,20	11,68	-1,06	13,57	-3,64	13,54	-0,86															

Příloha JJ  
 Otrokovice – zóna Z2  
 Zkrat v úseku Otrokovice-Nedakonice (měření v Nedakonících na opačné stopě než zkrat) – 2x MNS v Otrokovících

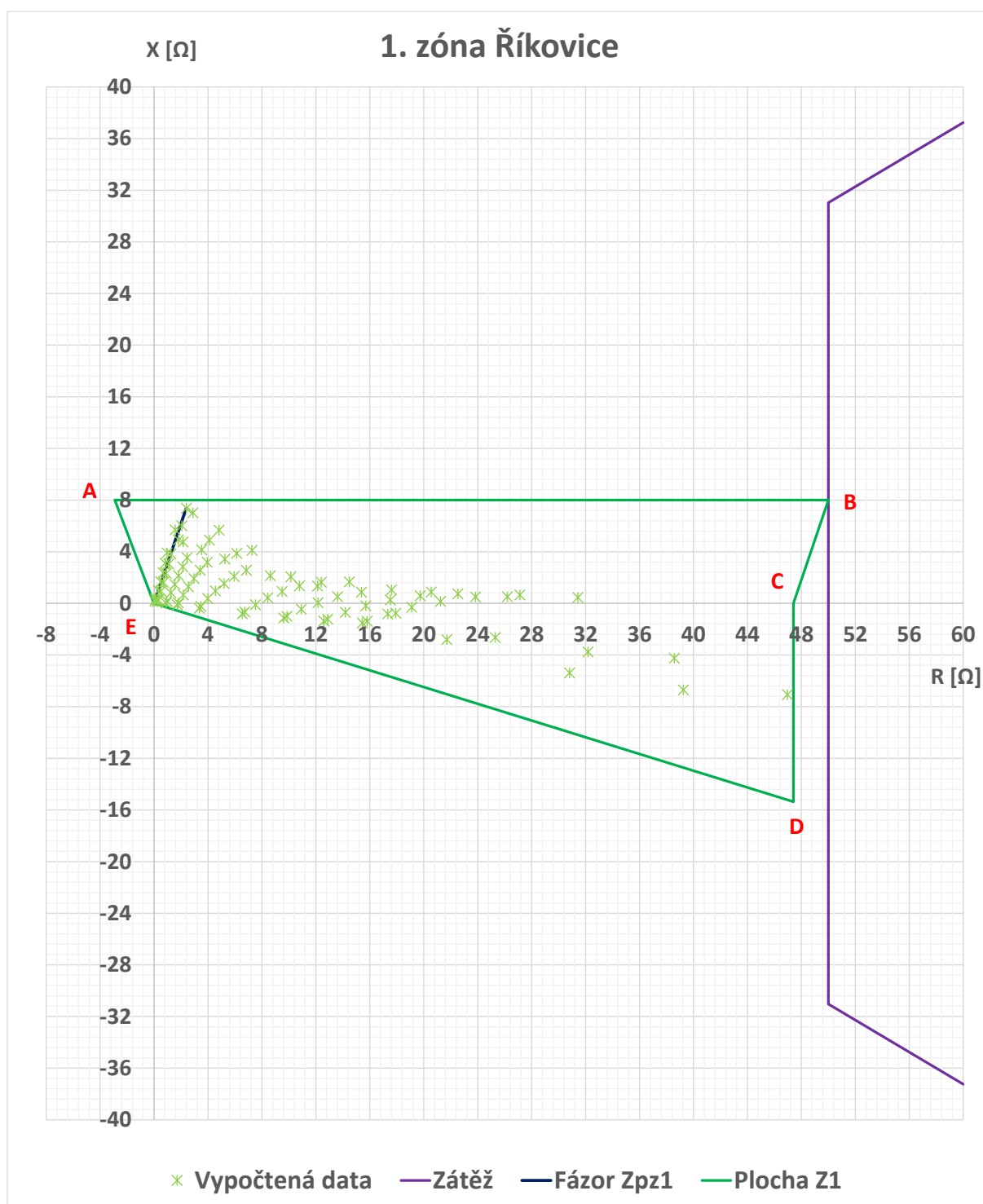
Vzdálenost zkratu od žst. Nedakonice		Otrokovice - 2. zóna																																							
		Zkrat v úseku Otrokovice-Nedakonice na opačné trakční stopě [měření: Otrokovice – distanční ochrana na opačné trakční stopě než zkrat] – 2x MNS v Otrokovících										R <sub>zk</sub> [Ω]																													
s [km]		0					0,1					0,5					1																								
		Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	X <sub>p</sub> [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	X <sub>p</sub> [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	X <sub>p</sub> [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]																					
16,1		5,98	-35,65	4,86	-3,48	6,03	-39,36	4,66	-3,82	6,51	-53,64	3,86	-5,24	7,72	-68,49	2,83	-7,18																								
14		8,02	-25,71	7,23	-3,48	8,07	-28,71	7,08	-3,88	8,54	-40,52	6,49	-5,55	9,75	-53,53	5,80	-7,84																								
11		10,74	-9,25	10,60	-1,73	10,77	-11,66	10,56	-2,18	11,17	-21,30	10,41	-4,06	12,31	-32,45	10,39	-6,61																								
8		12,74	9,58	12,56	2,12	12,72	7,53	12,61	1,67	12,89	-0,88	12,88	-0,20	13,74	-11,04	13,48	-2,63																								
5		13,60	30,33	11,74	6,87	13,47	28,48	11,84	6,42	13,22	20,55	12,38	4,64	13,55	10,28	13,33	2,42																								
2		13,33	53,04	8,01	10,65	13,06	51,29	8,17	10,19	12,24	43,24	8,92	8,39	11,89	31,62	10,13	6,24																								
1		13,06	61,23	6,29	11,45	12,74	59,50	6,47	10,98	11,70	51,37	7,31	9,14	11,10	39,03	8,62	6,99																								
0,5		12,90	65,47	5,36	11,74	12,56	63,77	5,55	11,26	11,41	55,61	6,44	9,41	10,67	42,87	7,82	7,26																								
s [km]		2										3										4										5									
		Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	X <sub>p</sub> [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	X <sub>p</sub> [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	X <sub>p</sub> [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]																					
16,1		11,72	-86,53	0,71	-11,70	17,37	-94,69	-1,42	-17,31	24,60	-97,89	-3,38	-24,36	33,66	-98,21	-4,81	-33,31																								
14		13,99	-70,73	4,62	-13,21	20,22	-78,64	3,98	-19,82	28,27	-81,05	4,40	-27,92	38,23	-79,93	6,68	-37,64																								
11		16,60	-48,10	11,09	-12,36	23,05	-55,02	13,21	-18,89	31,10	-56,01	17,38	-25,79	40,22	-53,16	24,11	-32,19																								
8		17,49	-26,06	15,71	-7,68	23,19	-32,69	19,52	-12,53	29,86	-33,43	24,92	-16,45	36,64	-30,74	31,49	-18,73																								
5		16,30	-6,18	26,20	-1,75	20,87	-14,20	20,23	-5,12	26,05	-16,16	25,02	-7,25	31,04	-14,91	30,00	-7,99																								
2		13,58	10,68	13,34	2,52	17,29	-0,52	17,29	-0,16	21,58	-4,44	21,51	-1,67	25,68	-4,74	25,59	-2,12																								
1		12,45	15,63	11,99	3,36	15,99	2,93	15,97	0,82	20,11	-1,67	20,10	-0,59	24,05	-2,41	24,03	-1,01																								
0,5		11,85	18,00	11,27	3,66	15,33	4,45	15,28	1,19	19,39	-0,50	19,39	-0,17	23,27	-1,42	23,26	-0,58																								

Příloha KK  
 Otrokovice – zóna Z3  
 Zkrat v úseku Nedakonice-Otrokovice (měření v Otrokovicích na opácné stopě než zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích

Vzdálenost zkratu od žst. Nedakonice		Otrokovice - 3. zóna																			
		Zkrat v úseku Nedakonice-Otrokovice (měření: Otrokovice – distanční ochrana na opácné trakční stopě než zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích																			
s [km]		0					0,1					0,5					1				
		Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]
22,5	0,36	-53,38	0,22	-0,29	0,45	-91,23	-0,01	-0,45	1,45	-130,30	-0,94	-1,11	2,92	-137,60	-2,16	-1,97					
20	2,23	-45,78	1,56	-1,60	2,25	-53,62	1,34	-1,81	2,73	-80,95	0,43	-2,70	3,96	-101,10	-0,76	-3,88					
18	4,17	-43,55	3,02	-2,87	4,22	-48,38	2,80	-3,15	4,72	-66,34	1,89	-4,32	5,94	-83,22	0,70	-5,90					
16,1	5,98	-35,65	4,86	-3,48	6,03	-39,36	4,66	-3,82	6,51	-53,64	3,86	-5,24	7,72	-68,49	2,83	-7,18					
14	8,02	-25,71	7,23	-3,48	8,07	-28,71	7,08	-3,88	8,54	-40,52	6,49	-5,55	9,75	-53,53	5,80	-7,84					
11	10,74	-9,25	10,60	-1,73	10,77	-11,66	10,56	-2,18	11,17	-21,30	10,41	-4,06	12,31	-32,45	10,39	-6,61					
8	12,74	9,58	12,56	2,12	12,72	7,53	12,61	1,67	12,89	-0,88	12,88	-0,20	13,74	-11,04	13,48	-2,63					
5	13,60	30,33	11,74	6,87	13,47	28,48	11,84	6,42	13,22	20,55	12,38	4,64	13,55	10,28	13,33	2,42					
2	13,33	53,04	8,01	10,65	13,06	51,29	8,17	10,19	12,24	43,24	8,92	8,39	11,89	31,62	10,13	6,24					
1	13,06	61,23	6,29	11,45	12,74	59,50	6,47	10,98	11,70	51,37	7,31	9,14	11,10	39,03	8,62	6,99					
0,5	12,90	65,47	5,36	11,74	12,56	63,77	5,55	11,26	11,41	55,61	6,44	9,41	10,67	42,87	7,82	7,26					
s [km]		2					3					4					5				
		Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]	Z <sub>p</sub> [Ω]	φ [°]	R [Ω]	X [Ω]
22,5	6,19	-141,30	-4,83	-3,87	9,91	-142,50	-7,86	-6,03	14,17	-143,00	-11,23	-8,53	19,10	-143,30	-15,30	-11,42					
20	7,35	-117,10	-3,35	-6,54	11,53	-123,00	-6,27	-9,67	16,48	-125,50	-9,58	-13,41	22,35	-126,60	-13,34	-17,94					
18	8,65	-100,30	-1,54	-8,51	13,16	-108,10	-4,10	-12,50	18,67	-111,60	-6,86	-17,37	25,34	-112,80	-9,81	-23,36					
16,1	11,72	-86,53	0,71	-11,70	17,37	-94,69	-1,42	-17,31	24,60	-97,89	-3,38	-24,36	33,66	-98,21	-4,81	-33,31					
14	13,99	-70,73	4,62	-13,21	20,22	-78,64	3,98	-19,82	28,27	-81,05	4,40	-27,92	38,23	-79,93	6,68	-37,64					
11	16,60	-48,10	11,09	-12,36	23,05	-55,02	13,21	-18,89	31,10	-56,01	17,38	-25,79	40,22	-53,16	24,11	-32,19					
8	17,49	-26,06	15,71	-7,68	23,19	-32,69	19,52	-12,53	29,86	-33,43	24,92	-16,45	36,64	-30,74	31,49	-18,73					
5	16,30	-6,18	26,20	-1,75	20,87	-14,20	20,23	-5,12	26,05	-16,16	25,02	-7,25	31,04	-14,91	30,00	-7,99					
2	13,58	10,68	13,34	2,52	17,29	-0,52	17,29	-0,16	21,58	-4,44	21,51	-1,67	25,68	-4,74	25,59	-2,12					
1	12,45	15,63	11,99	3,36	15,99	2,93	15,97	0,82	20,11	-1,67	20,10	-0,59	24,05	-2,41	24,03	-1,01					
0,5	11,85	18,00	11,27	3,66	15,33	4,45	15,28	1,19	19,39	-0,50	19,39	-0,17	23,27	-1,42	23,26	-0,58					

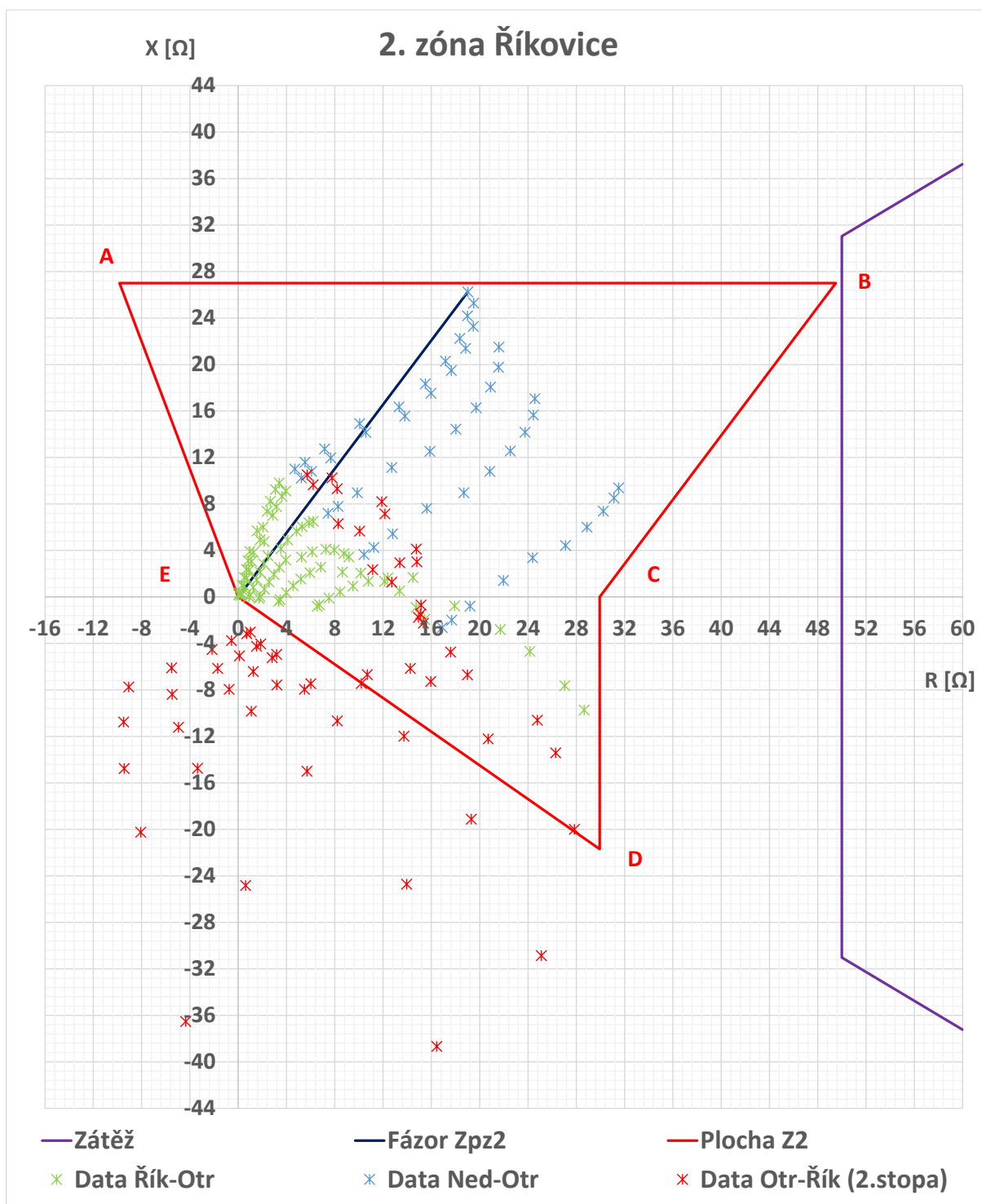
Příloha LL  
 Otrokovice – zóna Z3  
 Zkrat v úseku Otrokovice-Řítkovice (měření v Otrokovicích na opačné stopě než zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích

<b>Otrokovice - 3. zóna</b>																	
Vzdálenost zkratu od žst. Otrokovice		Zkrat v úseku Otrokovice-Řítkovice (měření: Otrokovice – distanční ochrana na opačné trakční stopě než zkrat) – 2x MNS v Otrokovicích															
		0				0,1				0,5				1			
s [km]		$R_{zk} [\Omega]$															
		$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]
6		5,83	-77,06	1,31	-5,68	5,99	-79,42	1,10	-5,89	7,05	-91,21	-0,15	-7,05	8,29	-98,87	-1,28	-8,20
4		4,02	-78,57	0,80	-3,94	4,17	-81,97	0,58	-4,13	4,92	-93,46	-0,30	-4,91	6,12	-103,70	-1,45	-5,94
2		2,07	-80,19	0,35	-2,04	2,22	-86,57	0,13	-2,21	3,01	-104,90	-0,77	-2,91	4,31	-117,20	-1,97	-3,83
1		1,05	-81,03	0,16	-1,04	1,20	-92,85	-0,06	-1,20	2,10	-117,80	-0,98	-1,85	3,49	-128,80	-2,19	-2,72
0,5		0,53	-81,47	0,08	-0,52	0,69	-102,20	-0,15	-0,68	1,69	-129,20	-1,07	-1,31	3,14	-136,70	-2,28	-2,15
s [km]		2				3				4				5			
		$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]	$Z_p [\Omega]$	$\phi [^\circ]$	R [Ω]	X [Ω]
6		11,36	-109,20	-3,74	-10,73	15,12	-115,40	-6,49	-13,65	19,56	-119,40	-9,59	-17,05	24,80	-121,90	-13,12	-21,05
4		9,12	-115,80	-3,97	-8,21	12,77	-122,20	-6,80	-10,81	17,07	-125,90	-10,01	-13,83	22,09	-128,20	-13,67	-17,35
2		7,43	-127,90	-4,57	-5,86	11,10	-132,60	-7,51	-8,17	15,33	-135,00	-10,85	-10,83	20,24	-136,50	-14,69	-13,93
1		6,68	-136,20	-4,82	-4,62	10,33	-139,00	-7,80	-6,77	14,52	-140,50	-11,20	-9,24	19,36	-141,30	-15,11	-12,10
0,5		6,34	-141,10	-4,93	-3,98	9,98	-142,70	-7,93	-6,05	14,14	-143,40	-11,35	-8,43	18,94	-143,90	-15,29	-11,17

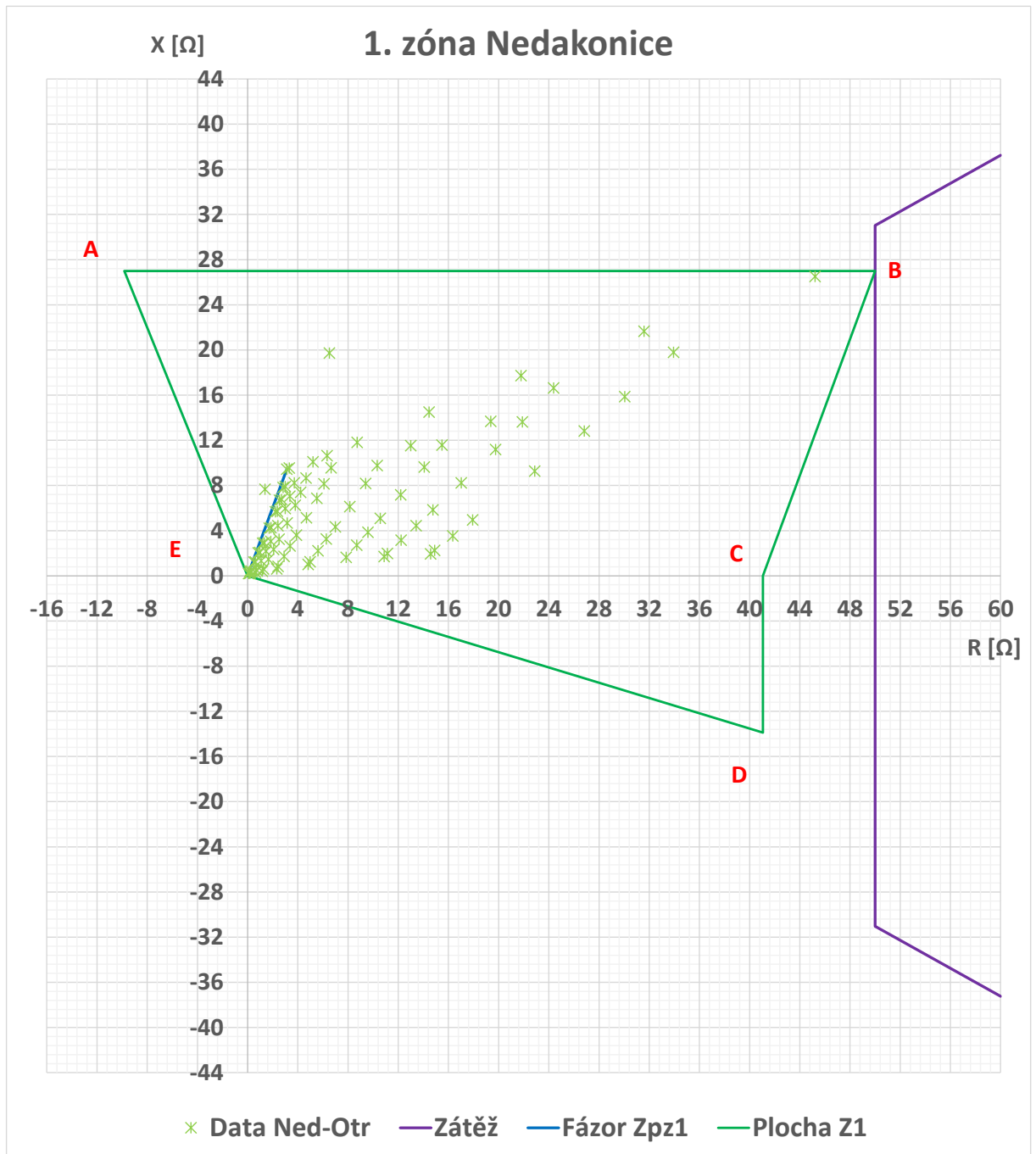


Říkovice						
Zóna Z1						
Bod	B	A	E	D	C	B
R [Ω]	50	-2,912	0	47,408	47,408	50
X [Ω]	8	8	0	-15,358	0	8

Příloha NN  
Nastavení zóny Z2 distanční ochrany v Říkovcích + simulačně získaná data

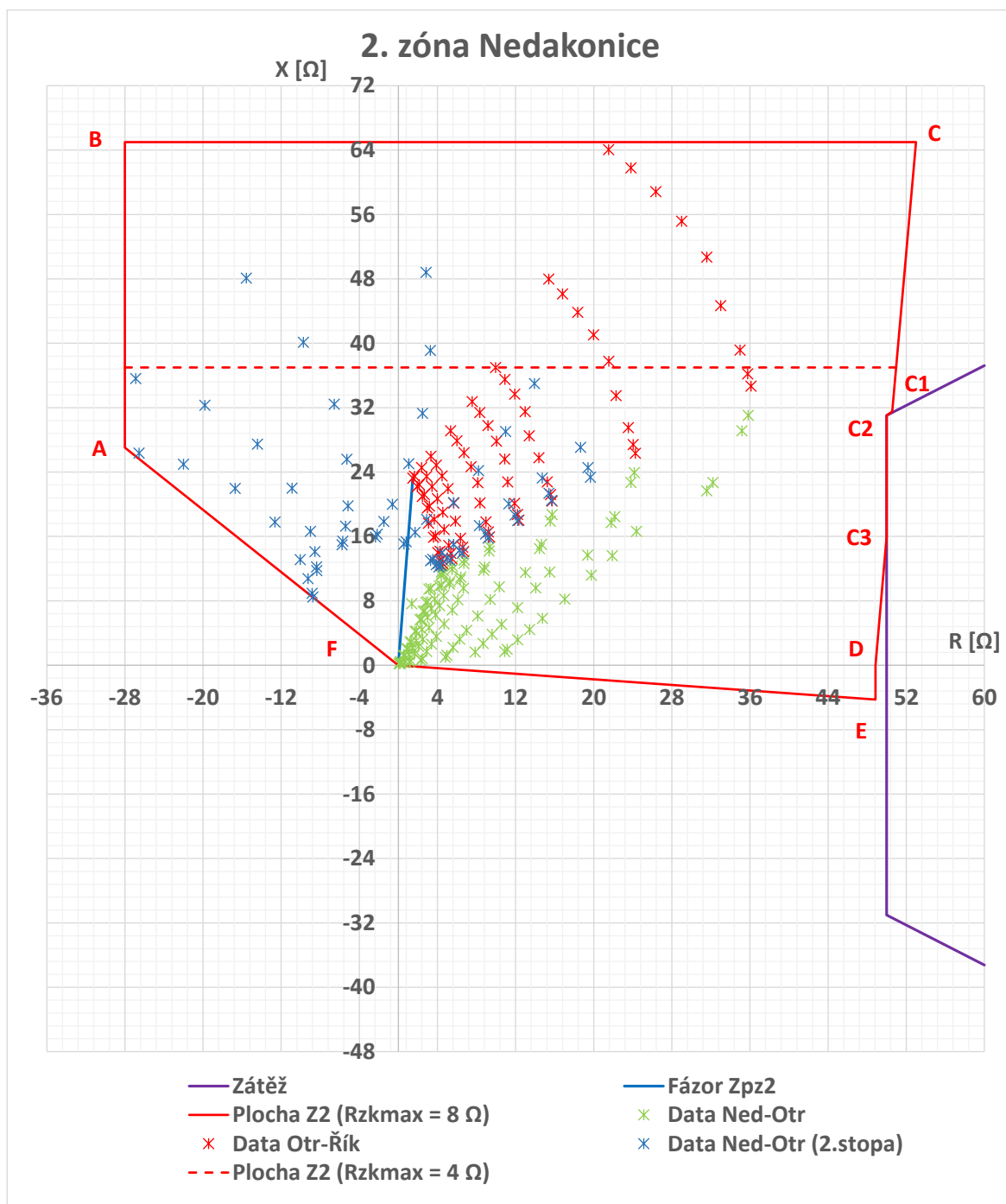


Říkovice						
Zóna Z2						
Bod	E	A	B	C	D	E
R [Ω]	0	-9,827	49,5	29,934	29,934	0
X [Ω]	0	27	27	0	-21,692	0



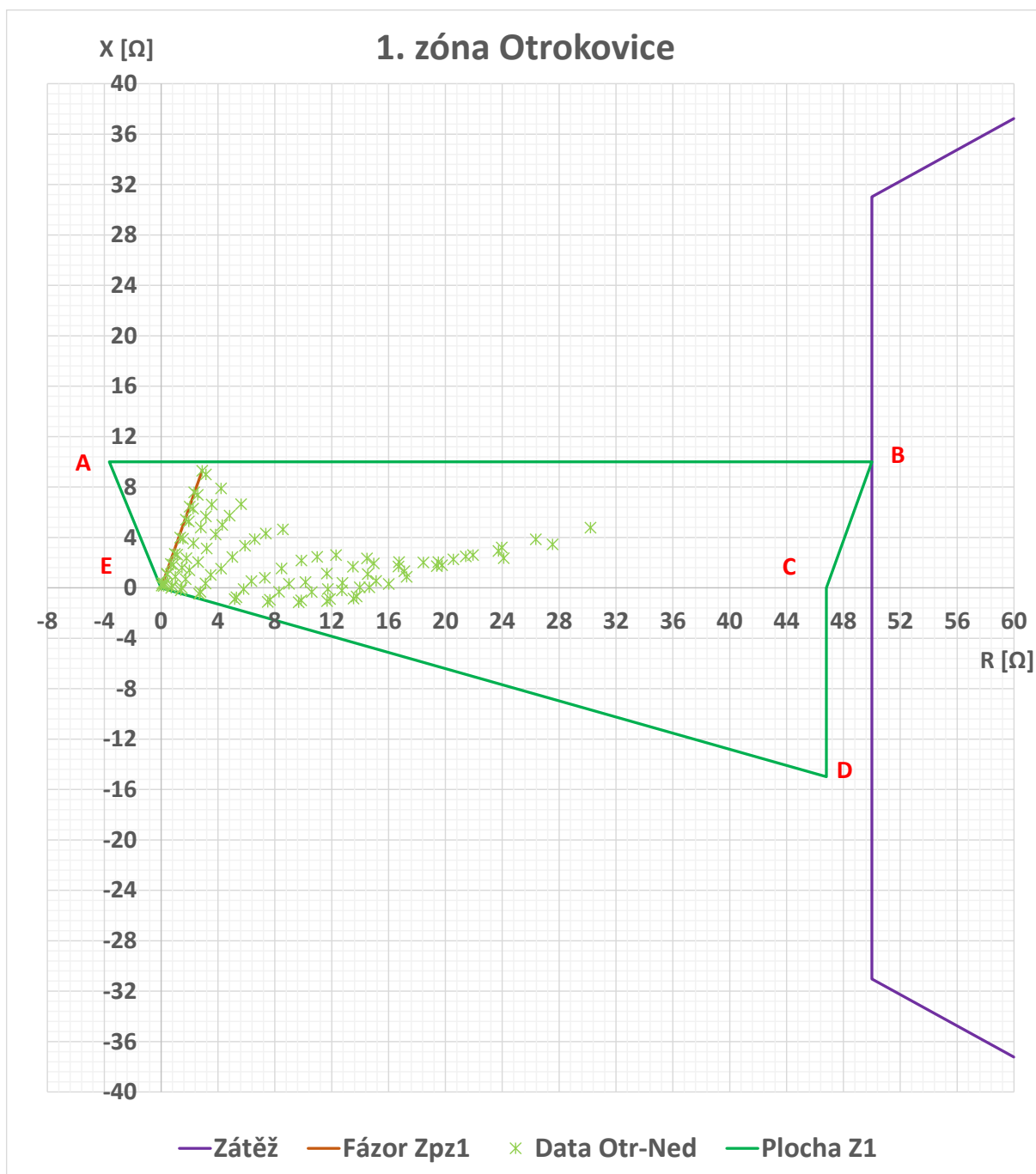
Nedakonice						
Zóna Z1						
Bod	B	A	E	D	C	B
	)	-9,827	50	41,065	41,065	0
	)	27	27	0	-13,889	0

Příloha PP  
 Nastavení zóny Z2 distanční ochrany v Nedakonících + simulačně získaná data

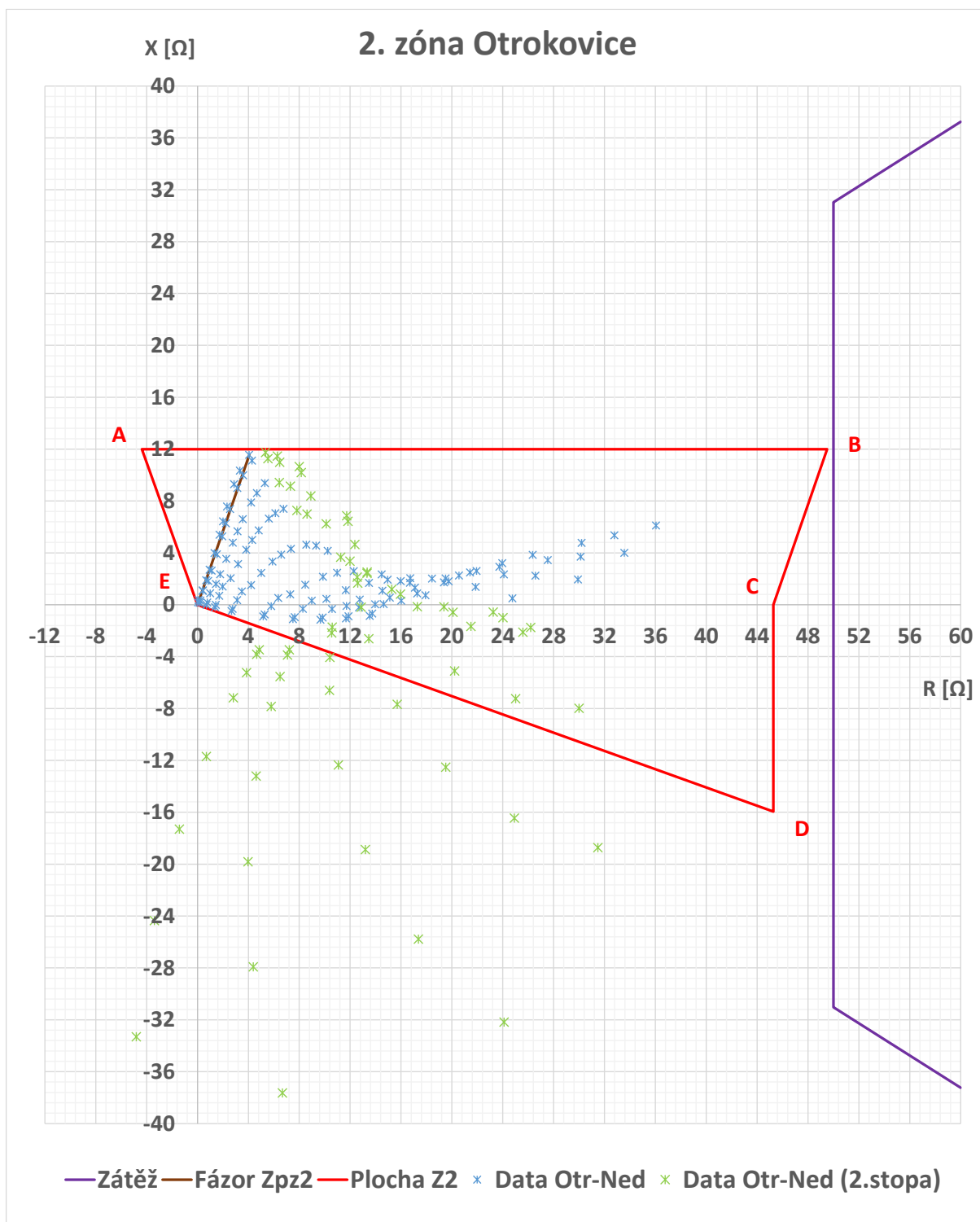


Nedakonice										
Zóna Z2										
Omezen $R_{zk} = 8 \Omega \Rightarrow X_{max} = 65 \Omega$										
Bod	F	A	B	C	C1	C2	C3	D	E	F
$R$ [Ω]	0	-28	-28	53	50,56	50	50	48,854	48,854	0
$X$ [Ω]	0	27,039	65	65	31,52	31,03	16	0	-4,255	0





Otrokovice						
Zóna Z1						
Bod	E	A	B	C	D	E
R [Ω]	0	-3,64	50	46,797	46,797	0
X [Ω]	0	10	10	0	-14,54	0



Nedakonice						
Zóna Z2						
Bod	E	A	B	C	D	E
R [Ω]	0	-4,368	49,5	45,274	45,274	0
X [Ω]	0	12	12	0	-15,943	0