Studie připojitelnosti TNS Týniště nad Orlicí – Fáze 2



červen 2024

Zhotovitel

EGÚ Brno, a.s., Hudcova 487/76a, Medlánky, 612 00 Brno

Objednatel

MORAVIA CONSULT Olomouc a.s., Legionářská 1085/8, 779 Olomouc

Smlouva o dílo

Ev.č. 24 509 (EGÚ Brno, a.s.)

Ev.č. 23-053-233-SR-K19 (MORAVIA CONSULT Olomouc a.s.)

Název

**N.1.10.2**

**Studie připojitelnosti TNS Týniště nad Orlicí, fáze2**

**(pro definitivní stav)**

**Název akce:**

**Modernizace traťového úseku Hradec Králové (mimo) – Týniště nad Orlicí (mimo)**

Zpracovali

Jiří Ptáček

Jakub Uher

Petr Modlitba

a kolektiv.

Obsah

[1 Úvod 7](#_Toc170122447)

[2 Připojení TNS Týniště do DS 110 kV 8](#_Toc170122448)

[2.1 Charakteristika trakčního odběru TNS Týniště nad Orlicí 11](#_Toc170122449)

[2.2 Distribuční síť 110 kV – Zkratové poměry 13](#_Toc170122450)

[3 Vliv odběru TNS Týniště na sítě 110 kV – fáze 2 15](#_Toc170122451)

[3.1 Vliv TNS Týniště na zatěžování sítí 110 kV – fáze 2 15](#_Toc170122452)

[3.2 Změny napětí ve 110 kV síti vlivem odběru TNS Týniště – fáze 2 18](#_Toc170122453)

[3.3 Flikr 20](#_Toc170122454)

[3.4 Vyšší harmonické 20](#_Toc170122455)

[3.5 Nesymetrie napětí 23](#_Toc170122456)

[3.6 Frekvenční charakteristika sítě vůči TNS Týniště 24](#_Toc170122457)

[3.7 Rekuperace – komentář k dodávce výkonu z trakce do DS 26](#_Toc170122458)

[4 Závěr 27](#_Toc170122459)

# Úvod

Studie připojitelnosti trakční napájecí stanice (TNS) Týniště nad Orlicí do distribuční sítě 110 kV byla zpracována na základě objednávky firmy MORAVIA CONSULT Olomouc, a.s., která připravuje v rámci akce **„Modernizace traťového úseku Hradec Králové (mimo) – Týniště nad Orlicí (mimo)“** projektovou dokumentaci pro spojené územní a stavební povolení pro Správu železnic, s.o., pro uvedenou stavbu.

Celá studie je dle zadání rozdělena na 2 fáze:

Fáze 1: „N.1.10.1 Studie připojitelnosti TNS Týniště nad Orlicí, fáze 1“ – pro přechodový stav

Fáze 2: „N.1.10.2 Studie připojitelnosti TNS Týniště nad Orlicí, fáze 2“ – pro definitivní stav

**Předložená Studie řeší připojitelnost TNS Týniště do distribuční sítě ČEZd pro definitivní stav – fáze 2**

V současnosti je TNS Týniště nad Orlicí provozována, avšak s nižšími požadavky na odběr a s napájením z jednofázových transformátorů. Mění se požadovaná velikost odběrů a v definitivním stavu i přechod na novou měničovou technologii (fáze 2).

Fáze 1 studie (pro přechodový stav) posuzuje možnost navýšení rezervovaného příkonu (RP). Navýšení rezervovaného příkonu souvisí s rozšířením stávajícího napájeného úseku Týniště – Solnice o modernizovaný úsek Týniště – Hradec Králové (mimo). Přitom se předpokládá, že napájení bude zajištěno prostřednictvím stávajících dvou trakčních jednofázových transformátorů 2 x 12,5 MVA.

Fáze 2 (definitivní stav) předpokládá navýšení rezervovaného příkonu TNS Týniště v souvislosti s přechodem napájení trakčního úseku Týniště n/O. – Choceň z DC 3 kV na AC 25 kV. V souvislosti s rozšířením napájených úseků trakce (navýšení předpokládaného odběru) z TNS Týniště, k roku 2035, je cílem studie Fáze 2 posoudit jakou technologií bude vybavena TNS Týniště (na základě hodnocení kritéria stupně nesymetrie napětí).

Studie je zaměřena na prověření vlivů připojení TNS na distribuční síť 110 kV ČEZ Distribuce, a to z hlediska zatěžování sítě 110 kV a provozního napětí v místě připojení k distribuční síti. Jedná se o vyhodnocení toků výkonů a velikostí, a změn napětí vyvolaných připojením odběru trakce do distribuční sítě při základním provozním zapojení sítě a při neúplných schématech zapojení sítě (stavy N-1).

Z hlediska hodnocení zpětných vlivů, vyvolaných připojením trakčního napájecího zařízení na síť, je studie zaměřena na vyhodnocení vlivu nesymetrického odběru v místě připojení v případě použití stávající technologie napájení trakce 1-fázovými transformátory se zapojením vinutí do V a vyhodnocení emisí vyšších harmonických.

V případě, že požadovaná budoucí velikost odebíraného výkonu trakcí pomocí 1-fázových trakčních transformátorů bude přesahovat meze povoleného nesymetrického odběru v místě připojení do DS 110 kV (to je předmětem výpočetních analýz) a nebudou splněny požadavky PPDS (překročení povolených mezí nesymetrie) bude navržena změna technologie napájení trakce. V tomto případě bude navržena instalace výkonových měničů SFC a ověřena jejich využitelnost pro napájení TNS Týniště.

Termín realizace 1.fáze (přechodový stav) s navýšením odběru trakce v TNS Týniště nad Orlicí se předpokládá ke konci roku 2028.

Termín realizace 2.fáze (definitivní stav) s navýšením odběru trakce v souvislosti s napojením dalšího úseku se předpokládá v roce 2035.

Posouzení připojitelnosti je provedeno podle Pravidel provozování distribučních soustav (PPDS) a podle Podnikových norem energetiky pro rozvod elektrické energie, zejména dle PNE 33 3430-0 Výpočetní hodnocení zpětných vlivů odběratelů a zdrojů distribučních soustav.

*Studie připojitelnosti byla zpracována v součinnosti i s ČEZ distribuce – poskytnutí vstupních podkladů a konzultace k řešení.*

# Připojení TNS Týniště do DS 110 kV

TNS Týniště nad Orlicí je připojena do DS 110 kV ČEZd v uzlové oblasti 110 kV, která je v základním provozním zapojení napájena z TR 400/110 kV Neznášov. V současnosti je TNS Týniště připojena dvojitým T-odbočením z vedení V1195/1196 Neznášov – Rychnov.

V náhradním zapojení se uvažuje s napájením TNS Týniště z TR 400/110 kV Krasíkov.

V lokalitě Týniště připravuje ČEZd výstavbu distribuční rozvodny 110/22 kV s dvojitým systémem přípojnic 110 kV. Rozvodna 110 kV Týniště bude připojena smyčkou do vedení V1196. Realizace nové rozvodny se předpokládá v 2027-2028.

Předávacím místem mezi zařízením Žadatele a zařízením Provozovatele DS ČEZd jsou svorky vývodu z přípojnice 110 kV TNS Týniště n/O pro trakci (pro napájení trakční transformovny).

Na následujícím obrázku je schematicky znázorněno připojení nové rozvodny 110 kV Týniště nad Orlicí a transformátorů pro napájení trakce (TNS Týniště) do distribuční sítě 110 kV ČEZd:

Obr. 2.1 Připojení TNS Týniště nad Orlicí do sítě 110 kV ČEZd – napájení z UO Neznášov



Obr. 2.2 Připojení TNS Týniště nad Orlicí do sítě 110 kV ČEZd – napájení z UO Krasíkov



**ZJXX**

## Charakteristika trakčního odběru TNS Týniště nad Orlicí

Trakční odběr je silně proměnlivý. Zadavatelem byly poskytnuty hodnoty očekávaných odběrů v TNS Týniště n/O z Dopravně energetických výpočtů (DEV) řešících budoucí výkonové potřeby trakční napájecí stanice TNS Týniště n/O s ohledem na uvažovanou dopravu. Na základě simulace očekávaného ročního průběhu železniční dopravy v této oblasti, výsledky dopravně energetických výpočtů představují potřebu trakčního výkonu v TNS Týniště n/O.

Simulační výpočty a výsledky DEV odpovídají předpokládanému odběru trakce:

**Fáze 2 –** (definitivní stav 2035) trakční odběr po dalším rozšířením o napájený úsek Týniště – Choceň.

Z dopravně energetických výpočtů byly převzaty výkonové průběhy pro špičkovou dvouhodinu s rozlišením 1 s. Jedná se o modelový maximalistický budoucí stav s ohledem na výhledovou dopravu, který se využívá pro dimenzování výkonové kapacita TNS.

Z průběhů byly sestaveny hodnoty doby trvání zatížení a hodnoty očekávaného příkonu trakce v jednotlivých časových kategoriích (viz. Tabulka 2.1).

Obr. 2.2 Fáze 2 - Průběh trakčního odběru v 2h okně, v sekundovém členění



**Obr. 2.3 Fáze 2 – čára doby trvání zatížení a hodnoty očekávaného příkonu trakce v TNS Týniště s vyznačením charakteristických hodnot odběru**



Požadované hodnoty trakčního odběru TNS Týniště byly převzaty z materiálu Dopravně energetických výpočtů (DEV), zpracovaných SUDOP Brno.

V následující tabulce jsou uvedeny charakteristické hodnoty odběru a dodávky výkonu TNS Týniště pro fázi 2 budoucího provozu trakce, které byly ve Studii hodnoceny:

Tab. 2.1 Fáze 2 – Předpokládané hodnoty příkonu (odběr) a výkonu (dodávka) trakce v TNS Týniště



Z hlediska provozu distribuční sítě je důležitá špičková maximální hodnota odběru (**P1s, max**), která nesmí překročit nastavenou hodnotu maximálního zatěžování vedení DS (nastavení ochran v DS).

Z hlediska zpětných vlivů jsou kontrolní analýzy zpětných vlivů zaměřeny tak, aby jejich výsledky byly porovnatelné s přípustnými hodnotami podle Pravidel provozování distribuční soustavy (PPDS) a podle příslušné Podnikové normy energetiky (PNE 333430-0). Analýza zpětných vlivů se provádí pro 10-minutovou hodnotu z plovoucího okna ve zjištěném 2-hodinovém maximu (**P10min, max**).

Dvoufázový trakční transformátor způsobuje nesymetrický odběr z distribuční sítě 110 kV. Nesymetrie odběru je hlavním omezujícím faktorem pro připojení a provoz TNS. Proto je provedena analýza a vyhodnocení nesymetrie odběru a její porovnání s mezní hodnotou přípustnou podle PPDS a podle PNE 333430-0.

15-minutová hodnota (**P15min, max**), je hodnota příkonu uváděná v žádosti o připojení do DS, která charakterizuje nejvyšší průměrný 15-minutový příkon z plovoucího okna ve zjištěném 2-hodinovém maximu.

Z hodnot příkonů TNS Týniště predikovaných dle Dopravně energetických výpočtů jsou pro Studii připojitelnosti určující následující údaje (Fáze 2):

1-sekundová špička odběru (dimenzování ochran) **P1s, max = 33,5 MW**

10-min.hodnota (v plovoucím okně 2 h maxima – zpětné vlivy) **P10min, max = 14,9 MW**

15-min hodnota (požadovaný smluvní příkon TNS) **RP =** **P15min, max = 15,0 MW**

## Distribuční síť 110 kV – Zkratové poměry

TNS Týniště je v základním provozním napájení připojena do UO Neznášov. K tomuto základnímu zapojení DS 110 kV byly provedeny výpočty zatěžování sítí, změny napětí a zpětné vlivy v důsledku připojení a provozu TNS Týniště (2.fáze – rok 2035).

PDS ČEZd požaduje v rámci kontroly stupně nesymetrie prověřit náhradní napájení TNS Týniště z UO Krasíkov.

Zkratové poměry uvažované ve výpočtech byly odvozeny za následujících předpokladů:

***Rok 2035 - výchozí maximální zkratové poměry:***

- omezen provoz uhelných zdrojů (kromě Ledvic)

TR Neznášov – TR 3 x 350 MVA z PS, z PS napájen z 452, 453 (ze 2 vedení)  
velká společná UO 110 kV   
Zdroje v UO: EOP bloky a EPOR bloky  
Týniště – napájeno ze smyčky 1195, 1196, přímo z Neznášova (ze 2 vedení 110 kV)

TR Krasíkov – TR. 3 x 350 MVA z PS  
pro potřeby zkratů sepnuta jedna velká UO 110 kV  
velké zdroje do 110 kV nejsou   
Nová R400 kV Opočínek v PS

Týniště – napájeno z Rychnova n. Kněžnou přes 1197 (vedení 1195 a 1196 vypnuta)  
(napájení R110 kV Týniště je uvažováno z jednoho vedení)

Výsledné zkratové poměry:

Krasíkov 400 kV - Ik“3 = 21,24 kA **(dle RPP 2023 ČEPS 21,9kA)**Neznášov 400 kV - Ik“3 = 13,49 kA **(dle RPP 2023 ČEPS 14,5 kA)**  
Krasíkov 110 kV - Ik“3 = 27,62 kA  
Neznášov 110 kV - Ik“3 = 22,36 kA

Týniště z Neznášova **Ik“3 = 6,97 kA**

Týniště z Krasíkova **Ik“3 = 3,91 kA**

*Pozn.: Maximální zkraty v PS jsou odvozeny v návaznosti na hodnoty dle Roční přípravy provozu PS.*

***Rok 2035 - výchozí provozní zkratové poměry:***

- omezen provoz uhelných zdrojů (včetně Ledvic)

- pro tyto účely počítáno obdobně jako maximální zkraty, ale s omezením vazby PS/110 kV (jeden transformátor 400/110 kV vypnut – údržba)  
- omezen provoz velkých zdrojů do 110 kV  
- ponecháno plné zapojení PS  
- ponecháno základní zapojení 110 kV (nejsou vypínány další vedení 110 kV, přibylo nové vedení 110 kV Žamberk – Jablonné)Neznášov – TR 2x 350 MVA z PS (provoz se 2 transformátory, třetí vypnut na údržbu)  
 vše ostatní stejně

Krasíkov – TR 2x350 MVA z PS (provoz na 2 trafa, jedno vypnuto na údržbu)  
 velké bloky do 110 kV nejsou – beze změny  
 vše ostatní stejně

Výsledné zkratové poměry **uvažované ve výpočtech**:

Krasíkov 400 kV - Ik“3 = 21,09 kA   
Neznášov 400 kV - Ik“3 = 13,31 kA   
Krasíkov 110 kV - Ik“3 = 22,1 kA  
Neznášov 110 kV - Ik“3 = 18,42 kA

Týniště z Neznášova **Ik“3 = 6,58 kA**

Týniště z Krasíkova **Ik“3 = 3,78 kA**

Hodnoty provozních zkratů při napájení z Neznášova i z Krasíkova jsou vůči maximálním hodnotám zkratů velmi podobné.

# Vliv odběru TNS Týniště na sítě 110 kV – fáze 2

## Vliv TNS Týniště na zatěžování sítí 110 kV – fáze 2

*Tato podkapitola prověřuje zatěžování vedení 110 kV ve stavu bez a s trakčním odběrem výkonu v TNS Týniště. Výpočty jsou provedeny pro očekávaný bilanční stav sítě 110 kV v zimním maximu roku 2035. Hodnocení je provedeno pro očekávané časové hodnoty trakčního odběru v TNS Týniště stanovené z orientačních energetických výpočtů provozu trakce v dané lokalitě pro fázi 2.*

Výpočty odběru v R110 kV Týniště byly provedeny pro plné zapojení sítě 110 kV a pro neúplný stav sítě (N-1). Při výpočtu (N-1) jsou analyzovány dopady výpadků vybraných prvků sítě 110 kV.

Výpočty zatížení jsou provedeny pro bilančně výkonové stavy očekávaného zimního zatížení sítí v roce 2035, které bylo odvozeno ze zimního měření 2024 v sítích 110 kV. Pro zjištění vlivu odběru TNS Týniště na zatěžování vedení 110 kV jsou výpočty provedeny pro charakteristické odběry trakce TNS pro definitivní stav rozšíření napájeného úseku trakce z TNS Týniště (fáze 2).

V tabulce 3.1 je uvedeno zatěžování jednotlivých vedení 110 kV při napájení TNS Týniště z UO Neznášov.

V tabulce 3.2 je uvedeno zatěžování vedení 110 kV při napájení TNS Týniště z UO Krasíkov.

Výsledné hodnocení obou variant napájení TNS Týniště je uvedeno za těmito tabulkami.

*Pozn.: Ve výpočtech nebylo uvažováno s dodávkou výkonu z plánované nové FVE Rasošky (nejistota realizace a kontrola zatěžování pro zimní stav).*

Tab. 3.1 Kontrola DS 110 kV při N-1, zimní stav, při odběru TNS Týniště z UO Neznášov



Tab. 3.2 Kontrola DS 110 kV při N-1, zimní stav, při odběru TNS Týniště z UO Krasíkov



Pro fázi 2 (rok 2035) se předpokládají dvě možnosti napájení TNS Týniště – základní z UO Neznášov a náhradní z UO Krasíkov. Následné hodnocení je vztaženo k nejvyšší posuzované hodnotě odběru TNS Týniště, která je v tomto případě P1s = 33,5 MW.

Odběr TNS Týniště z UO Neznášov – v nejnepříznivějších stavech sítě (N-1) v zimním období, s vypnutým vedením 1163/1164 Neznášov – Poříčí, dosáhne tok výkonu po vedení 1164/1163 v úseku Neznášov – Poříčí nejvýše 100,8 MW (61,1 % max. proudové zatížitelnosti vedení 1164/1163), a to s odběrem trakčního špičkového maximálního výkonu P1s = 33,5 MW. Provoz TNS Týniště, napájené z UO Neznášov, tedy nezpůsobí nepřípustné zatěžování sítě 110 kV v zimním období. Přímé vedení 1196 Neznášov – Týniště se vlivem odběru P1s = 33,5 MW TNS Týniště zatěžuje ve stavech sítě N-1 (při vypnutém vedení 1195 Neznášov – Rychnov n. Kněžnou) na 48,7 % své max. proudové zatížitelnosti vedení (při 80 MW).

Odběr TNS Týniště z UO Krasíkov – v nejnepříznivějších stavech sítě (N-1) v zimním období, s vypnutým vedením 1124 Krasíkov – Česká Třebová, dosáhne tok výkonu po vedení 1121 v úseku Krasíkov – Česká Třebová nejvýše 51,1 MW (53,7 % max. proudové zatížitelnosti vedení 1121), a to s odběrem trakčního špičkového maximálního výkonu P1s = 33,5 MW. Provoz TNS Týniště, napájené z UO Krasíkov, tedy nezpůsobí nepřípustné zatěžování sítě 110 kV v zimním období. Přímé vedení 1197 (Rychnov n. Kněžnou – Týniště) se vlivem odběru P1s = 33,5 MW TNS Týniště zatěžuje ve stavech sítě N-1 (při vypnutém vedení 1180 TNS Ústí n. Orlicí – Česká Třebová) na 20,3 % své max. proudové zatížitelnosti vedení (při 33,6 MW).

**Provoz TNS Týniště (Fáze 2) tedy nezpůsobí nepřípustné zatěžování sítě 110 kV v zimním období, a to jak při napájení TNS z UO Neznášov, tak při napájení z UO Krasíkov.**

## Změny napětí ve 110 kV síti vlivem odběru TNS Týniště – fáze 2

*V této podkapitole se analyzují změny napětí vyvolané odběrem výkonu TNS Týniště při konstantním výchozím napětí v síti 117 kV. Výpočty jsou provedeny pro bilanční stav sítě 110 kV očekávaný v zimním maximu roku 2035. Cílem je ukázat vliv odběru s ohledem na riziko vybočení hodnoty napětí mimo meze.* *Hodnocení je provedeno pro očekávané časové hodnoty trakčního odběru v TNS Týniště stanovené z energeticko-dopravních simulačních výpočtů provozu trakce v dané lokalitě.*

Změny napětí v síti 110 kV byly prověřeny pro charakteristické hodnoty odběru výkonu TNS Týniště pro definitivní stav (Fáze 2) za obdobných předpokladů jako při analýze zatěžování vedení 110 kV.

Odběr výkonu je uvažován s neutrálním účiníkem. Kolísání napětí je uvedeno v % změny, a to pro plné schéma a stav N-1, vůči výchozímu stavu bez odběru TNS.

V tabulce 3.3 jsou uvedeny změny napětí vyvolané odběrem TNS Týniště v okolních rozvodnách 110 kV, při napájení TNS Týniště z UO Neznášov.

V tabulce 3.4 jsou uvedeny změny napětí vyvolané odběrem TNS Týniště v okolních rozvodnách 110 kV, při napájení TNS Týniště z UO Krasíkov.

Tab. 3.3 Změny napětí v R110 kV vlivem odběru výkonu TNS Týniště z UO Neznášov



Změny napětí ve Fázi 2 (při napájení TNS Týniště z UO Neznášov) vyvolané odběrem výkonu trakcí nepřekračují hranici 2 % Un, a to ani ve stavech N-1. K největší změně napětí dochází při stavu N-1 v R 110 kV Týniště, a to ve velikosti 0,36 % (při odebíraném výkonu trakcí P1s = 33,5 MW).

Tab. 3.4 Změny napětí v R110 kV vlivem odběru výkonu TNS Týniště z UO Krasíkov



Změny napětí ve Fázi 2 (při napájení TNS Týniště z UO Krasíkov) vyvolané odběrem výkonu trakcí nepřekračují hranici 2 % Un, a to ani ve stavech N-1. K největší změně napětí dochází při stavu N-1 v R 110 kV Rychnov n. Kněžnou a TNS Ústí n. Orlicí, a to ve velikosti 0,51 % (při odebíraném výkonu trakcí P1s = 33,5 MW).

## Flikr

Provoz trakce nemá charakter odběru způsobujícího flikr. Trakční výkon nevykazuje chování s periodickým kolísáním výkonu. Změny výkonu mají poměrně velkou časovou konstantu, náběh výkonu je v naprosté většině případů rozložen na čas typicky pohybující se v okolí 10 s. Toto je násobně více než délka pulzu, se kterou pracuje například norma PNE 33 3430-0, kde je délka pulsu maximálně 1 s.

## Vyšší harmonické

V případě vybavení TNS trakčními transformátory není tato vazba mezi distribuční a trakční soustavou zdrojem harmonických proudů či napětí. Nasazované moderní lokomotivy mají omezenou produkci harmonických už na úrovni vazby na trakční systém. Za této situace se nepředpokládají hodnoty harmonických proudů, nebo napětí do DS nad limity uvedené v PPDS.

Na základě **nesplnění kritéria nesymetrie napětí** **ku ≤ 0,7 % Un,** a to v obou uvažovaných způsobech napájení TNS Týniště (základní – z UO Neznášov, náhradní – z UO Krasíkov), by musel být provoz TNS realizován **s měničovou technologií**.

Vliv na tvar průběhu napětí závisí na frekvenčně závislé impedanci sítě. Její hodnota závisí na všech indukčnostech a kapacitách v oblasti a je tedy proměnná pro různá zapojení i provozní stavy. Prakticky je tedy úroveň harmonických nejpřesněji určena měřením.

Emise řádů násobků tří, které by limitní hodnoty překračovaly se pro symetrický odběr výkonu typický pro měničovou technologii mohou uzavřít ve vinutí transformátorů zapojeném do trojúhelníka a kvalitu napětí neovlivní.

Přípustné emise vyšších harmonických pro minimální provozní zkratový výkon, při napájení Týniště z UO Neznášov, v místě připojení (R110 kV Týniště) ve velikosti Sk“ = 1253,7 MVA jsou uvedeny v tabulce 3.5. Pro náhradní napájení TNS Týniště z UO Krasíkov jsou přípustné emise vyšších harmonických uvedeny v tabulce 3.6, a to pro minimální provozní zkratový výkon Sk“ = 720,2 MVA.

Tab. 3.5 Přípustné limity a úrovně harmonických proudů TNS Týniště pro Sk“ = 1253,7 MVA, při základním napájení TNS z UO Neznášov s uvažováním měničové technologie



Tab. 3.6 Přípustné limity a úrovně harmonických proudů TNS Týniště pro Sk“ = 720,2 MVA, při náhradním napájení TNS z UO Krasíkov s uvažováním měničové technologie



Skutečné emise vyšších harmonických mohou být ze strany provozovatele PDS ověřeny měřením během provozu pro ověření souladu. V případě nepřípustného vlivu zdroje může být vyžadována realizace dodatečných nápravných opatření.

## Nesymetrie napětí

*Pro případ, kdy by TNS Týniště byla vybavena jednofázovými trakčními transformátory (a ne měničovou technologií) byl proveden výpočet nesymetrie napětí v dané lokalitě TNS Týniště. Kapitola hodnotí výkon nesymetrického odběru trakce vzhledem k dovolené mezní hodnotě nesymetrie napětí dané normou PNE 33 34 30. Stupeň nesymetrie ku způsobený* *jedním spotřebitelským zařízením je omezen na ku ≤ 0,7 %, přičemž je třeba při jeho určení vycházet z 10-minutového plovoucího okna (průměrná hodnota) ve 2-hodinovém intervalu odběru. V případě, že požadovaný výkon je větší než mezní hodnota daná normou pro nesymetrický odběr, je nutné přijmout opatření na straně odběratele na omezení této nesymetrie.*

Byl proveden výpočet nesymetrie a jeho hodnocení podle PNE 33 3430-0. Charakteristickým kritériem je stupeň nesymetrie napětí *ku*, jehož hodnota musí být menší nebo nejvýše rovna 0,7 % Un.

Pro dvoufázové zátěže mezi dvěma fázovými vodiči a jednofázové zátěže mezi fázovým a střední vodičem platí přibližně vztah:

*ku* stupeň nesymetrie

*SA*výkon jedno/dvojfázového zatížení

*Sk“* zkratový výkon sítě v místě odběru

Výpočet velikosti stupně nesymetrie byl proveden pro obě varianty napájení TNS – z UO Neznášov a z UO Krasíkov k roku 2035. Byly použity hodnoty provozních zkratů.

Předpokládaná minimální provozní hodnota třífázového zkratového proudu v R110 kV Týniště při napájení TNS z **UO Neznášov**: ***Ik“min* = 6,58 kA**

Odpovídající hodnota minimálního provozního třífázového zkratového výkonu na hladině 110 kV:  ***Sk“min* = 1253,7 MVA**

Předpokládaná minimální provozní hodnota třífázového zkratového proudu v R110 kV Týniště při napájení TNS z **UO Krasíkov**: ***Ik“min* = 3,78 kA**

Odpovídající hodnota minimálního provozního třífázového zkratového výkonu na hladině 110 kV:  ***Sk“min* = 720,2 MVA**

Koeficient nesymetrie *ku* pro uvažované hodnoty min. zkratových výkonů potom vychází pro jednotlivé varianty napájení TNS Týniště (při odběru TNS P10min = 14,9 MW):

Tab. 3.7 Stupně nesymetrie ku v R110 kV Týniště pro obě varianty napájení TNS Týniště



V případě **základního napájení** TNS Týniště **z** **UO Neznášov** dochází k **nesplnění** kritéria nesymetrie napětí ku ≤ 0,7 % Un v R110 kV Týniště (překročení limitu je v tomto případě výrazné → ku = 1,19 % Un). Napájení TNS Týniště by v tomto případě, s ohledem na vyšší požadavky trakce k roku 2035, muselo být realizováno měničovou technologií. Pro realizaci napájení trakčními transformátory, by zkratový výkon v R110 kV Týniště musel dosahovat minimálně Sk“ = 2128,6 MVA, což je téměř dvojnásobek oproti očekávánému zkratovému výkonu.

Při **náhradním napájení** TNS Týniště **z UO Krasíkov** obdobnědochází k **nesplnění** stupně nesymetrie napětí ku ≤ 0,7 % Un v R110 kV Týniště (překročení limitu je v tomto případě výrazně vysoké → ku = 2,07 % Un). Očekávaný zkratový výkon je v tomto případě třikrát menší, než by musel být (Sk“ = 2128,6 MVA) pro zaručení splnění kritéria nesymetrie napětí.

**Výpočty nesymetrie napětí prokázaly, že TNS Týniště musí být (s ohledem na vyšší požadavky trakce k roku 2035) vybavena novou technologií výkonových měničů, neboť uvažované napájení přes trakční transformátory nevyhovuje kritériím nesymetrie napětí dle požadavků PNE 33 3430, a to ani v jedné z uvažovaných variant napájení.**

## Frekvenční charakteristika sítě vůči TNS Týniště

*Potenciální dodavatelé výkonových měničů pro napájení trakce obvykle požadují za účelem správného návrhu parametrů měniče a jeho příslušenství (kompenzačně filtračních zařízení) stanovení frekvenčně závislé impedanční charakteristiky sítě vůči místu připojení výkonového měniče.*

Proto byla spočítána závislost impedance sítě na frekvenci, tzv. frekvenční charakteristika sítě pro frekvence 50 Hz až 3 000 Hz, vůči uzlu 110 kV Týniště.

Jako možný podklad pro dodavatele měniče byly zpracovány frekvenčně závislé impedance v místě připojení na úrovni 110 kV.

Při stanovení frekvenčně závislých impedancí byly respektovány tyto parametry:

• Předpokládaný stav a provoz DS k roku 2035

• Impedance přenosové soustavy určená zkratovým výkonem

• Vazební transformátory 400/110 kV a 220/110 kV

• Vedení 110 kV, v základním zapojení UO 110 kV z TR Neznášov

• Transformátory 110 kV/22 kV

• Odběr, který odpovídá zatížení stanic 22 kV

• Ekvivalentní kapacity vedení 22 kV umístěné za transformátory 110/22 kV

• Velké zdroje (výrobny) vyvedené do VN

• Odběr TNS Týniště byl respektován pomocí odebíraného výkonu P a Q

• Vlastní měnič (včetně filtrů) pro napájení trakce v TNS Týniště ani jeho filtry nebyly v modelu zahrnuty

Na obrázku je vyhodnocen vliv odběru TNS Týniště na frekvenční charakteristiku sítě 110 kV.

Obr. 3.1 Frekvenční charakteristika vnější sítě vůči TNS Týniště



Spočtená frekvenční charakteristika umožňuje přesnější návrh parametrů měničů a filtrů pro TNS Týniště. Konkrétní zapojení sítí 110 kV a dalších síťových prvků mohou být při návrhu parametrů měničů ještě dále upřesněny.

## Rekuperace – komentář k dodávce výkonu z trakce do DS

V technickém pojetí je při elektrickém brzdění vlakových souprav dosahováno krátkodobých přetoků z trakčního napájení železnice do distribuční sítě (rekuperace) běžně. V případě dálkové a osobní železniční dopravy se krátkodobě jedná až o 7-10 % z odebíraného výkonu. U regionální dopravy je toto vyšší – až ke 20 %. Obchodně tato záležitost mezi TNS a distributorem není řešena, technicky je tolerována.

Velikost výkonu dodávaného z trakce v TNS Týniště do DS byla zadavatelem sdělena ve výši P15min = 1,5 MW. Z dopravně energetických výpočtů vyplývá, že velikost rekuperace může krátkodobě dosahovat maximálně až 11,6 MW (P1s), ale trvání tohoto stavu je řádově do 10 sekund. Vzhledem k obvyklé krátké době trvání rekuperace (řádově vteřiny) není v 15-minutovém obchodním intervalu dodávka do DS z rekuperace vyšší jako 2 MW. Předpokládá se, že většina rekuperované energie bude spotřebována v daném úseku trakčního vedení a přetok do DS 110 kV bude minimální. K tomuto stavu dochází zejména v denních hodinách, kdy je výrazně hustější provoz železnice.

V době, kdy může DS být zahlcena velkou dodávkou výkonu z FVE (v běžných denních hodinách) je potenciální dodávka výkonu z rekuperace z TNS do DS velmi nízká.

Vzhledem k tomu, že rekuperovaný výkon dodávaný z trakce do DS 110 kV je objemem zatím nízký a v časově krátkém úseku, není tedy omezujícím činitelem pro připojení TNS Týniště do DS 110 kV.

*Pozn: Výhledově se však situace s rekuperací energie z brzdících souprav bude měnit:*

*1) Rostou výkony lokomotiv i dopravní výkony a potenciální vlivy na DS mohou být tedy také vyšší.*

*2) S měničovou technologií se prodlužují napájené úseky trakce s větším počtem souprav.*

*3) Je zájmem provozovatele železnic v budoucnu maximálně využívat energie z bržděných souprava pro jiné soupravy v daném úseku.*

*V budoucnu lze tedy předpokládat vyšší potřebu řešit jak technické, tak i obchodní souvislosti s rekuperací.*

# Závěr

##### Zatěžování sítí 110 kV

Provoz TNS Týniště (Fáze 2) nezpůsobí nepřípustné zatěžování sítě 110 kV v zimním období, a to jak při napájení TNS z UO Neznášov, tak při napájení z UO Krasíkov.

##### Změny napětí

Změny napětí ve Fázi 2 (při napájení TNS Týniště, jak z UO Neznášov, tak z UO Krasíkov) vyvolané odběrem výkonu trakcí nepřekračují hranici 2 % Un, a to ani ve stavech N-1.

##### Flikr

Provoz trakce nemá charakter odběru způsobujícího flikr. Trakční výkon nevykazuje chování s periodickým kolísáním výkonu.

Flikr tedy není omezující pro provoz zařízení TNS.

##### Vyšší harmonické

Při použití moderních měničů se obecně neočekává výrazný vliv TNS Týniště na emitování vyšších harmonických proudů či napětí.

Pro optimální návrh parametrů technologie (filtry vyšších harmonických) je doporučeno v koordinaci s dodavatelem spočítat impedanční frekvenční charakteristiky sítě v místě připojení měničů.

Skutečný vliv provozu TNS Týniště s měničovou technologií bude ověřen měřením v rámci Provozu pro ověření souladu, a v případě nesouladu s požadavky PPDS bude vyžadována realizace nápravných opatření.

##### Nesymetrie napětí

Při napájení trakce v TNS Týniště přes jednofázové trakční transformátory není splněno kritérium stupně nesymetrie napětí (ku ≤ 0,7 % Un) podle PNE 33 3430-0 a PPDS v síti 110 kV, a to ani pro jednu z uvažovaných variant napájení TNS Týniště. Proto je nutné pro napájení trakce (s ohledem na vyšší požadavky trakce k roku 2035) vybavit TNS Týniště technologií výkonových měničů se symetrickým odběrem vůči DS 110 kV.

##### Shrnutí

*Modernizace napájení trakce v TNS Týniště (Fáze 2 – rok 2035) vybavením technologií výkonových měničů je nezbytné, neboť napájení přes 1-fázové trakční transformátory (pro předpokládaný odběr k roku 2035) nesplňuje kritéria nesymetrie napětí vůči distribuční síti 110 kV. I při použití měničové technologie napájení trakce je nutné tuto technologii v TNS Týniště před uvedením do běžného provozu ověřit měřením, a to především z hlediska emisí vyšších harmonických.*

***Po modernizaci TNS vybavením technologií výkonových měničů splňuje TNS Týniště podmínky provozu napájení z distribuční sítě 110 kV ČEZd i při nejvyšších hodnotách předpokládaného odběru trakcí.***



S energií počítáme!