

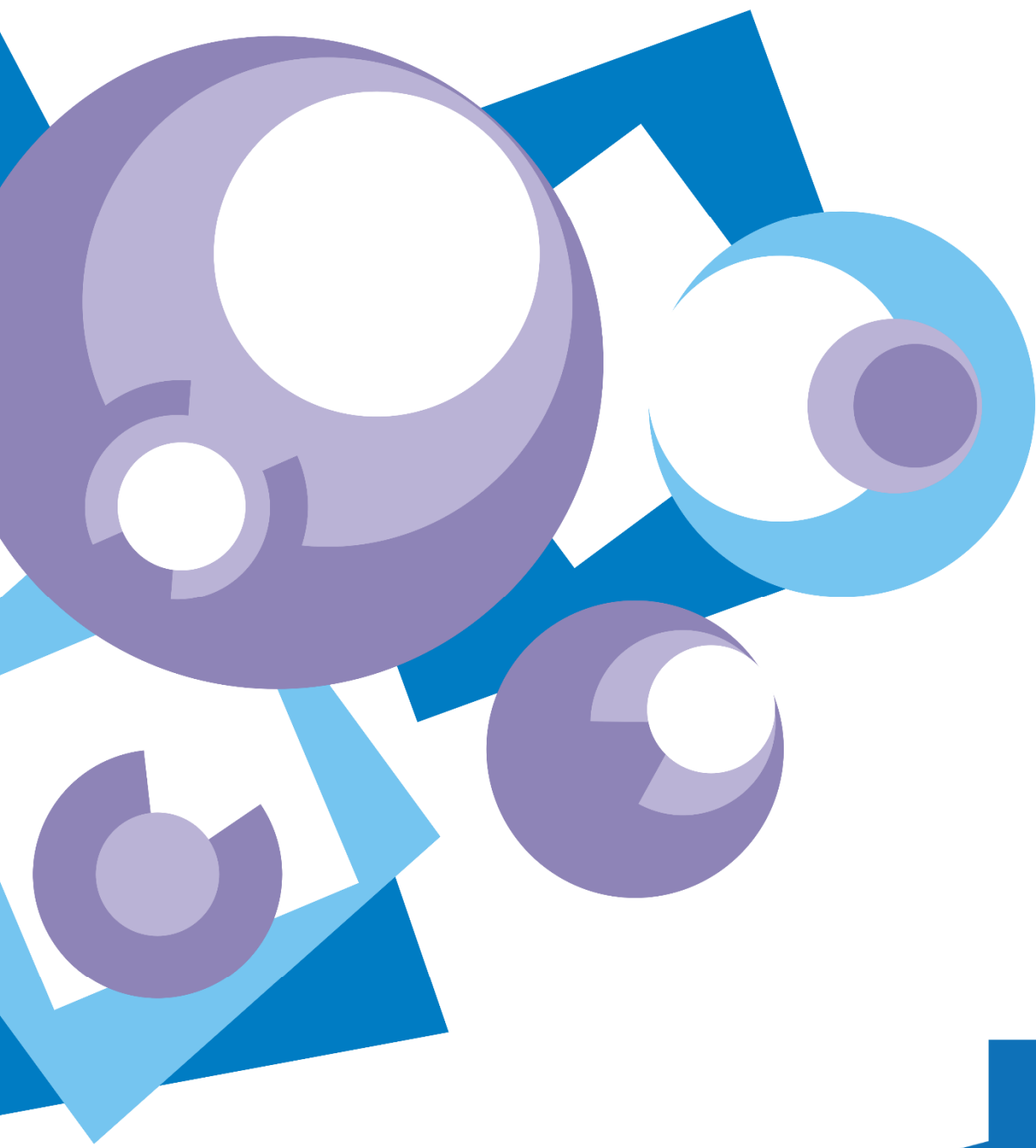
			ČÍSLO SOUPRAVY:
		AKTUALIZACE SRPEN 2021	
		PO PŘIPOMÍNKOVÉM ŘÍZEN	
REVIZE Č.	DATUM	ZMĚNA	

	Olšanská 1a 130 80 Praha 3 Česká republika tel.: +420 267 094 111 IDDS: nd9sqfy e-mail : praha@sudop.cz
---	--

	EXprojekt s.r.o. Heršpická 758/13 619 00 Brno
--	---

	MORAVIA CONSULT Olomouc a.s. LEGIONÁŘSKÁ 1085/8 , 779 00 Olomouc	tel.: +420 585 570 444 IDS: kjee9md e-mail: moravia@moravia.cz http://www.moravia.cz
---	--	---

OBJEDNATEL	Správa železniční dopravní cesty Stavební správa východ, Nerudova 1, 772 58 Olomouc	
HLAVNÍ INŽENÝR PROJEKTU	Ing. Jiří Parma 	G. ŘEDITEL MORAVIA CONSULT Olomouc a.s. ING. VÁCLAV KRATOCHVÍL
ODPOVĚDNÝ PROJEKTANT	NAVRHL, VYPRACOVAL	EXTERNÍ SUBDODAVATEL
		-
KRAJ: Jihomoravský	POVĚŘENÝ OÚ: Bučovice	OBEC: dle objektu
Rekonstrukce ŽST Kyjov, 1. etapa		ZAK. ČÍSLO MCO 18-001-233-UR
		ÚČEL Dokumentace pro územní řízení
		DATUM srpen 2019
		FORMÁT 31 x A4
		MĚŘÍTKO -
Studie připojitelnosti		ČÁST POŘ.Č. B.10.7 -



Studie připojitelnosti TNS Bučovice

K připomínkovému řízení

červenec 2019

Objednatel: MORAVIA CONSULT Olomouc a.s.

Zhotovitel: EGÚ Brno, a. s., sekce Provoz a rozvoj energetické soustavy

Evidenční čísla smluv: 18-001-233-UR-K12 (MORAVIA CONSULT Olomouc a.s.)
19 125 (EGÚ Brno, a. s.)

Studie připojitelnosti TNS Bučovice

Zpracování vybraných částí záměrů projektů a přípravných dokumentací staveb „Rekonstrukce traťového úseku Kyjov (mimo) – Veselí n.M. (mimo)“, „Rekonstrukce ŽST Kyjov“ a „Výstavba TNS Bučovice“

K připomínkovému řízení

Zpracovali za zhotovitele: Milan Krátký (odpovědný pracovník),
Jan Kroulík
Petr Modlitba
a kolektiv sekce 0100

Obsah

1	Úvod	7
2	Připojení TNS Bučovice do distribuční sítě 110 kV	8
2.1	Charakteristika místa připojení	8
2.2	Charakteristika trakčního odběru TNS Bučovice	10
2.3	Výpočet zatěžování sítě 110 kV s vlivem odběru TNS Bučovice	11
2.4	Změny napětí	18
2.5	Nesymetrie napětí	19
2.6	Flikr	19
2.7	Vyšší harmonické	20
2.8	Dopady TNS na signál HDO	22
2.9	Zařízení v režimu kompenzace	23
3	Závěr	29
4	Úvod	30

1 Úvod

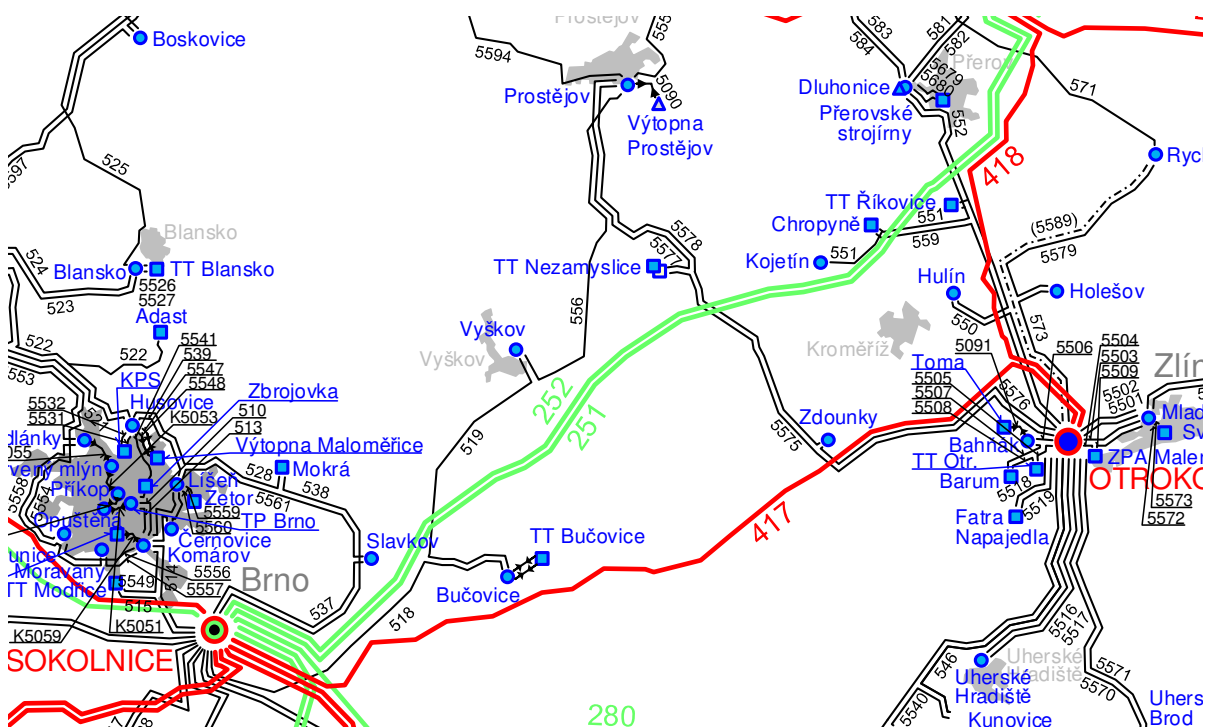
Studie připojitelnosti trakční napájecí stanice Bučovice do distribuční sítě 110 kV byla zpracována na základě objednávky firmy MORAVIA CONSULT Olomouc a.s., která připravuje podklady záměru projektu a přípravné dokumentace stavby „Rekonstrukce traťového úseku Kyjov (mimo) – Veselí n.M. (mimo)“ a „Rekonstrukce ŽST Kyjov“ pro SŽDC, s.o. Studie je přílohou žádosti o připojení LDS (TNS Bučovice) k distribuční soustavě 110 kV E.ON Distribuce podané v 11/2018 (č. 12460582).

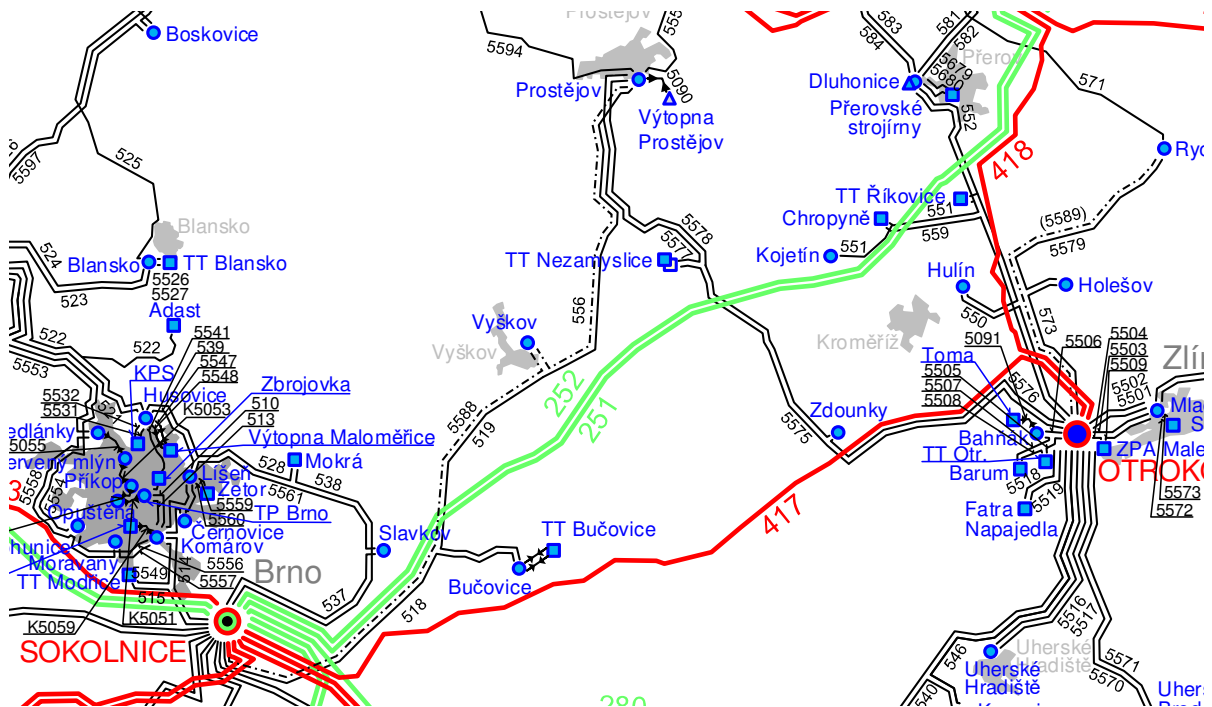
Rozvoj železniční dopravy spolu s rostoucími požadavky na její využívání vedou k nezbytnosti rozšiřování elektrifikovaných tratí, k modernizaci napájení trakce a konverzi tratí dosud napájených stejnosměrným systémem 3 kV na jednotný systém napájení AC 25 kV v celé ČR. Perspektivní přechod železnic v ČR na jednotný systém napájení AC 25 kV schválila Centrální komise MD ČR v prosinci roku 2016. V současné době se připravují projekty rekonstrukce, rozšiřování a přechod elektrifikovaných tratí na jednotný systém AC 25 kV na východní Moravě a v dalších oblastech ČR. Nová koncepce napájení systému 25 kV vychází z aplikace zařízení s moderními polovodičovými technologiemi.

Plánované napájecí zařízení se vyznačuje časově proměnlivým odebíraným výkonem – v TNS Bučovice je požadována hodnota rezervovaného příkonu 10 MW – a připojením do sítě 110 kV dvěma kabely z rozvodny 110 kV Bučovice. Provozovatel distribuční sítě E.ON Distribuce proto vyžaduje pro rozhodnutí o připojení zpracování studie připojitelnosti tohoto zařízení.

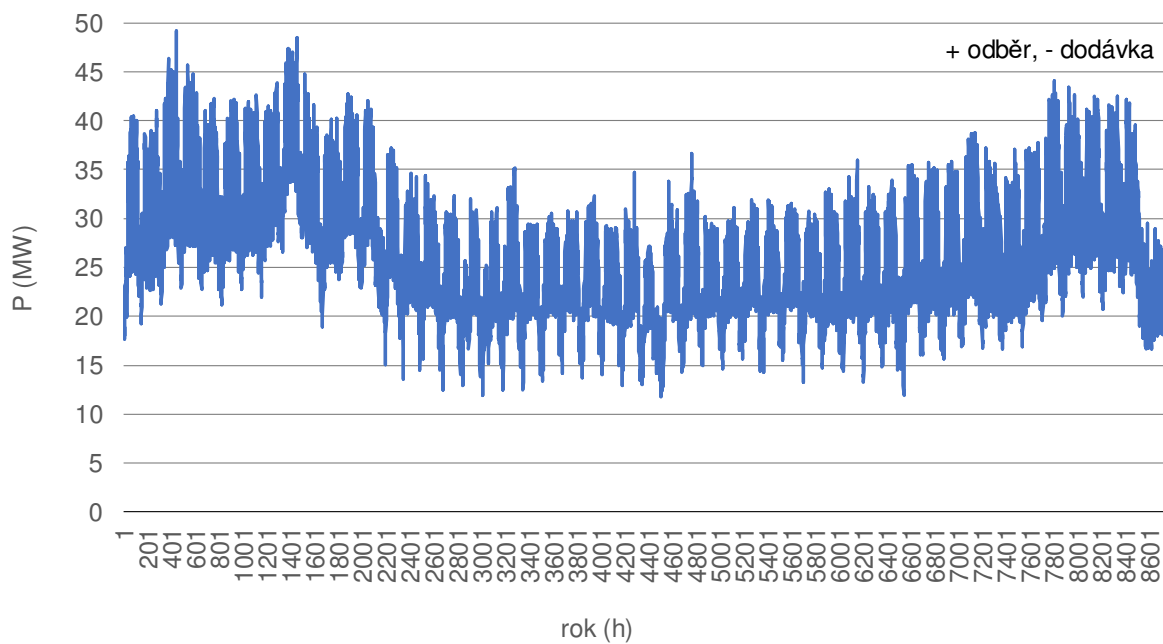
Studie posuzuje, zda je možné připojení požadovaného odběru z hlediska vlivu na stávající síť, aniž by byly překročeny meze dovolené zatížitelnosti prvků sítě, ovlivnění napětí v místě připojení k distribuční síti (velikost a změna napětí vyvolaná připojením odběru). Studie také hodnotí velikost zpětné vlivů vyvolané připojením daného zařízení na síť (vliv na útlum signálu HDO, na flikr a na vyšší harmonické) a jejich porovnání s povolenými mezemi.

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.



Obrázek 2.2 Připojení TNS Bučovice do zrekonstruované sítě 110 kV v oblasti – budoucí stav

Z hlediska výkonové bilance má analyzovaná oblast po většinu roku odběrový charakter bilance výkonu. Do rozveden 110 kV Vyškov a Bučovice jsou vyvedeny obnovitelné zdroje energie s obtížně predikovatelnou dodávkou elektrického výkonu o celkovém instalovaném výkonu cca 10 MW.

Obrázek 2.3 Roční průběh zatížení napájecího vedení 110 kV bez odběru TNS Bučovice

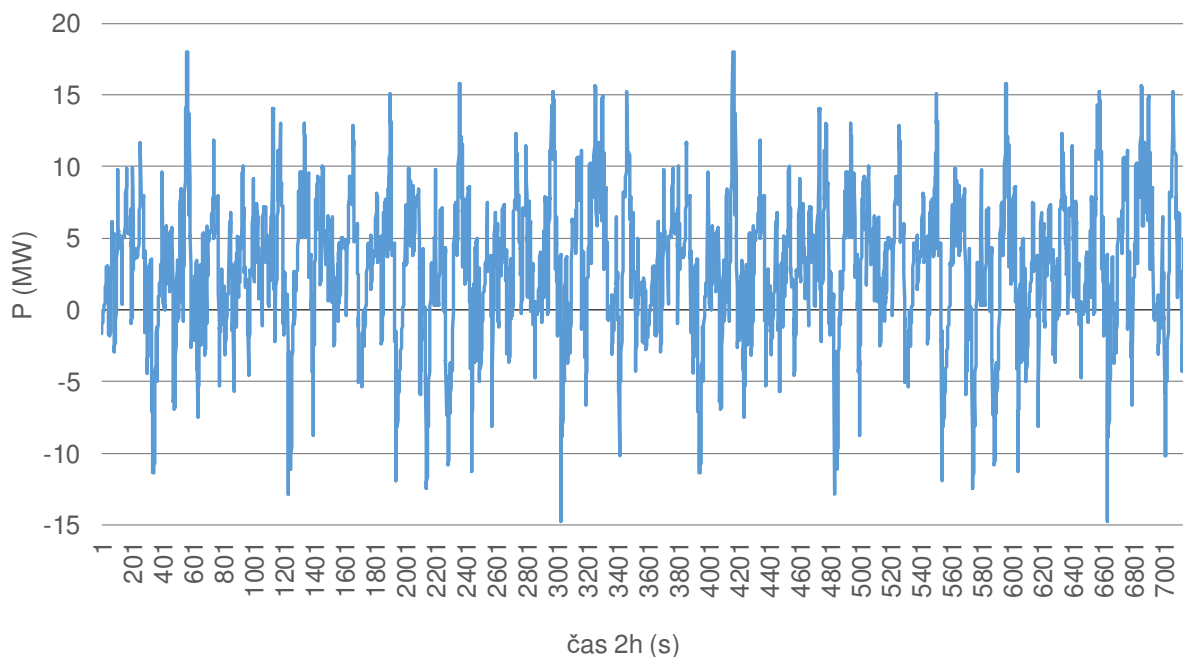
2.2 Charakteristika trakčního odběru TNS Bučovice

Z dopravně energetických výpočtů zpracovaných firmou SUDOP Brno byl převzat výkonový průběh pro špičkovou dvouhodinu s rozlišením 1 s. Jedná se o modelový extrémně nepříznivý budoucí stav využívaný pro dimenzovací výpočty zatížení, na které je navrhována kapacita TNS.

Z průběhů byly sestaveny hodnoty výkonů pro 10 minutové a 15 minutové plovoucí okno, což jsou hodnoty, které se používají pro obchodně technické hodnocení a hodnocení kvality elektrické energie. Z průběhů je patrné, že rozdíly mezi 10 min a 15 min oknem jsou poměrně malé. Při výpočtu v plovoucím 10 a 15 minutovém okně byl vyhodnocen stav bez vlivu rekuperace, u které je předpoklad, že se bude vyhodnocovat samostatně. Pro srovnání byly i pro 10 minutové plovoucí okno vyhodnoceny hodnoty i s vlivem rekuperace.

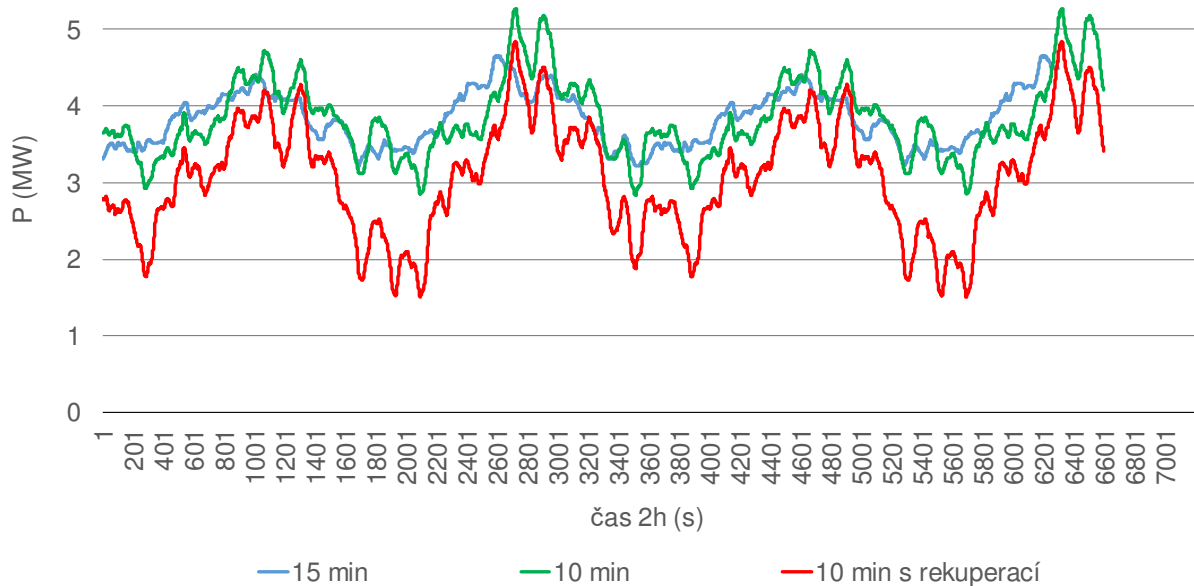
Pro účely studie připojitelnosti je celá hodnota rezervovaného výkonu uvažována pro střídavou trakci, což je budoucí cílový stav.

Obrázek 2.4 Průběh budoucího trakčního odběru včetně rekuperace za 2h špičku v sekundovém členění



Ze simulačních výpočtů vyhodnocených v grafech vyplývá, že hodnoty odběru v sekundovém členění pouze v ojedinělých případech překračují hodnotu 15 MW, průměrné hodinové hodnoty odběru za 2h dopravní špičku pouze ojediněle překračují 5 MW.

Obrázek 2.5 Průběh budoucího trakčního odběru za 2h dopravní špičku s průměrnými výkony v plovoucím okně



2.3 Výpočet zatěžování sítě 110 kV s vlivem odběru TNS Bučovice

Kapitola prověřuje změny a četnost zatěžování ve stavu bez a s trakčním odběrem, hodnocení je provedeno pro současné a plánované zapojení sítě, pro obě zapojení jsou provedeny spolehlivostní výpočty podle kritéria (N-1).

Výpočet zatěžování je proveden pro současný bilanční průběh získaný z dat za rok 2018. Protože se dlouhodobě plánuje rekonstrukce napájecího vedení 110 kV, byly výpočty provedeny variantně pro stav vedení 110 kV v současnosti, pro zrekonstruovaná vedení 110 kV a pro stav při náhradním napájení odběrů v R 110 kV Prostějov z napájecí smyčky na vedení, ze které bude napájen odběr nové TNS Bučovice.

Výpočet je proveden pro základní zapojení sítě a pro stavy (N-1). Při výpočtu (N-1) jsou analyzovány dopady všech možných výpadků zhoršujících poměry na napájecím vedení 110 kV, je vyhodnoceno zatížení konkrétního vedení při nejhorším možném výpadku v dané hodině.

Pro stávající stav zapojení, kdy je napájení radiálního vedení 110 kV Sokolnice – Bučovice – Vyškov – Prostějov realizováno z TR Sokolnice, je v případě výpadku vedení V518 Sokolnice – Bučovice (kontrola N-1) nutné přepojit celou větev 110 kV Prostějov – Vyškov – Bučovice na napájení z UO Otrokovice přes rozvodnu Prostějov.

Výpočty jsou provedeny jednak pro bilanční stav bez odběru TNS Bučovice, jednak s variantním pásmovým odběrem TNS Bučovice ve velikosti 10 MW (rezervovaný příkon) a 20 MW (špičkový odběr TNS Bučovice) po dobu 8760 hodin. Trakční odběr je silně proměnný, výskyt 15 minutové špičky odběru je však neurčitý. Použití pásmového zatížení během celého roku proto pokrývá veškeré možné situace, které mohou v reálném provozu nastat.

Vyhodnocení je provedeno jako hodinová četnost v průběhu 1 roku (8760 hodin), během které je dosahováno uvedené zatížení vedení 110 kV.

Tabuľka 2.1 **Zaťažovaní radiačného vedení 110 kV Sokolnice-Bučovice-Vyškov-Prostějov při stávajícím stavu síť 110 kV, napájení z TR Sokolnice, plné zapojení**

Zatížení vedení bez TNS Bučovice, současný stav sítě 110 kV - plné zapojení

[illegible]

Zatížení vedení s TNS Bučovice 10 MW odběr, současný stav sítě 110 kV- plné zapojení

[illegible]

Zatížení vedení s TNS Bučovice 20 MW odběr, současný stav sítě 110 kV - plné zapojení

[illegible]

Zatěžování radiálního vedení 110 kV Prostějov-Vyškov-Bučovice při náhradním napájení z ÚO Otrokovice (po výpadku V518 Sokolnice-Bučovice)

Zatížení vedení bez TNS Bučovice, současný stav, výpadek V518, náhradní napájení z UO Otrokovice

[illegible]

Zatížení vedení s TNS Bučovice 10 MW odběr, současný stav, výpadek V518, náhradní napájení z UO Otrokovice

[illegible]

Zatížení vedení s TNS Bučovice 20 MW odběr, současný stav, výpadek V518, náhradní napájení z UO Otrokovice

[illegible]

Tabuika 2.3

[illegible][illegible][illegible]

Tabuika 2.4

Zatížení vedení bez TNS Bučovice, rekonstrukce vedení 110 kV, (N-1)

[illegible]

Zatížení vedení s TNS Bučovice 10 MW odběr, rekonstrukce vedení 110 kV, (N-1)

[illegible]

Zatížení vedení s TNS Bučovice 20 MW odběr, rekonstrukce vedení 110 kV, (N-1)

[illegible]

Tabulka 2.5

Zatížení vedení bez TNS Bučovice, náhradní napájení Prostějov, rekonstrukce vedení 110 kV- plné zapojení

[illegible]

Zatížení vedení s TNS Bučovice 10 MW odběr, náhradní napájení Prostějov, rekonstrukce vedení 110 kV- plné zapojení

[illegible]

Zatížení vedení s TNS Bučovice 20 MW odběr, náhradní napájení Prostějov, rekonstrukce vedení 110 kV - plné zapojení

[illegible]

Tabulka 2.6 **Zatěžování smyčky Sokolnice-Bučovice-Prostějov-Vyškov po rekonstrukci a zdvojení vedení, napájení z TR Sokolnice vč. odběru R Prostějov, kontrola (N-1)**

Zatížení vedení bez TNS Bučovice, náhradní napájení Prostějov, rekonstrukce vedení 110 kV, (N-1)

Vedení	Uzel A	Uzel B	Četnost zatížení vedení během roku (h)																								
			0 - 5 %	5 - 10 %	10 - 15 %	15 - 20 %	20 - 25 %	25 - 30 %	30 - 35 %	35 - 40 %	40 - 45 %	45 - 50 %	50 - 55 %	55 - 60 %	60 - 65 %	65 - 70 %	70 - 75 %	75 - 80 %	80 - 85 %	85 - 90 %	90 - 95 %	95 - 100 %	100 - 105 %	105 - 110 %	110 - 115 %	115 - 120 %	120 - 125 %
518	Sokolnice	Bučovice				50	152	166	278	619	914	1144	1233	1059	916	541	532	416	428	207	92	13					
519	Bučovice	Prostějov				159	187	293	676	1006	1289	1338	1157	777	583	508	462	223	96	6							
519A	Bučovice	TNS Bučovice	8760																								
5588	Sokolnice	Vyškov				28	139	171	265	603	924	1181	1266	1087	936	553	559	402	417	175	52	2					
556	Vřškov	Prostějov			20	348	439	841	1226	1747	1619	1001	771	537	198	13											

Zatížení vedení s TNS Bučovice 10 MW odběr, náhradní napájení Prostějov, rekonstrukce vedení 110 kV, (N-1)

Vedení	Uzel A	Uzel B	Četnost zatížení vedení během roku (h)																								
			0 - 5 %	5 - 10 %	10 - 15 %	15 - 20 %	20 - 25 %	25 - 30 %	30 - 35 %	35 - 40 %	40 - 45 %	45 - 50 %	50 - 55 %	55 - 60 %	60 - 65 %	65 - 70 %	70 - 75 %	75 - 80 %	80 - 85 %	85 - 90 %	90 - 95 %	95 - 100 %	100 - 105 %	105 - 110 %	110 - 115 %	115 - 120 %	120 - 125 %
518	Sokolnice	Bučovice				1	31	100	142	180	412	704	919	1261	1092	1068	783	515	520	377	395	182	70	8			
519	Bučovice	Prostějov			3	168	188	292	674	1006	1280	1328	1159	763	585	506	458	240	103	7							
519A	Bučovice	TNS Bučovice	8760																								
5588	Sokolnice	Vyškov					20	88	138	175	377	658	953	1246	1126	1103	811	537	523	394	391	167	51	2			
556	Vyškov	Prostějov				59	184	318	522	946	1233	1749	1447	906	695	514	178	9									

Zatížení vedení s TNS Bučovice 20 MW odběr, náhradní napájení Prostějov, rekonstrukce vedení 110 kV, (N-1)

Vedení	Uzel A	Uzel B	Četnost zatížení vedení během roku (h)																								
			0 - 5 %	5 - 10 %	10 - 15 %	15 - 20 %	20 - 25 %	25 - 30 %	30 - 35 %	35 - 40 %	40 - 45 %	45 - 50 %	50 - 55 %	55 - 60 %	60 - 65 %	65 - 70 %	70 - 75 %	75 - 80 %	80 - 85 %	85 - 90 %	90 - 95 %	95 - 100 %	100 - 105 %	105 - 110 %	110 - 115 %	115 - 120 %	120 - 125 %
518	Sokolnice	Bučovice						10	59	122	147	219	504	791	950	1269	1033	1025	685	497	503	373	356	160	53	4	
519	Bučovice	Prostějov					369	296	683	990	1273	1312	1158	758	578	519	439	266	106	13							
519A	Bučovice	TNS Bučovice				8760																					
5588	Sokolnice	Vyškov						7	41	118	133	201	450	714	941	1252	1057	1080	752	516	505	383	386	168	53	3	
556	Vyškov	Prostějov				1	21	123	205	333	606	1004	1341	1631	1318	835	667	489	174	12							

V základním zapojení trakční odběr nezpůsobuje z pohledu zatěžování vedení v síti 110 kV problémy, v žádném z analyzovaných stavů, a to ani při 20 MW pásmovém odběru TNS Bučovice (špičkový odběr TNS).

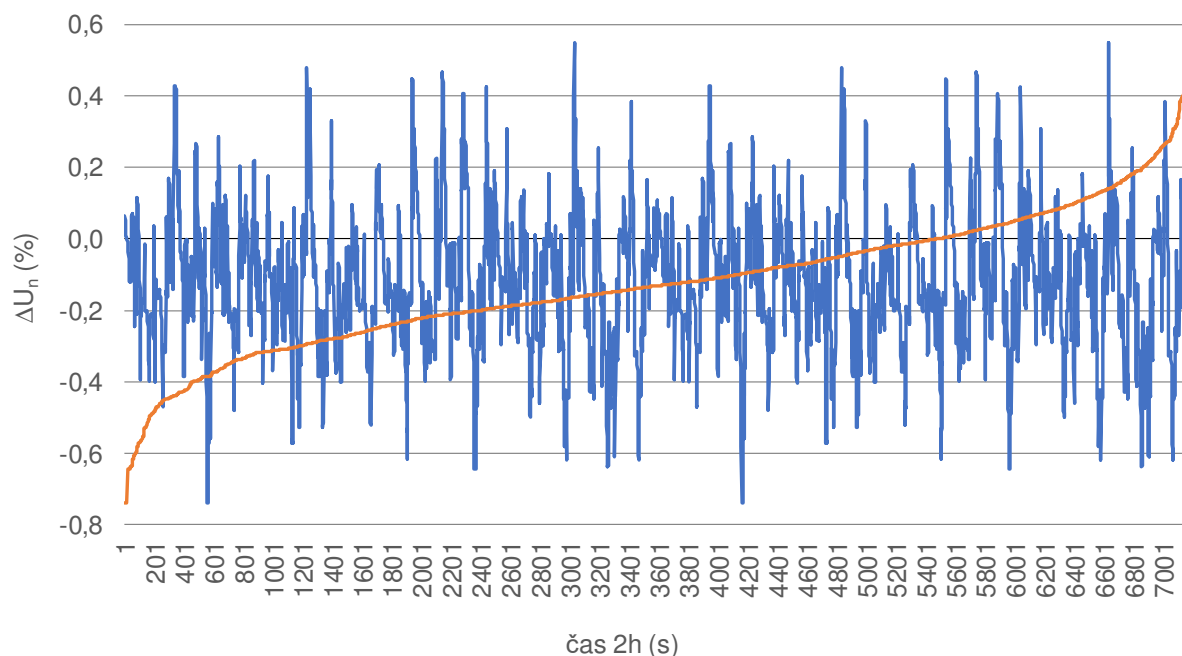
I při kontrole podle kritéria (N-1) je zásobování odběru TNS Bučovice zajištěno jak při současném stavu sítě 110 kV v oblasti, tak po rekonstrukci napájecího vedení 110 kV. V případě napájení rozvodny Prostějov ze Sokolnic společně s napájením TNS Bučovice není kritérium (N-1) po několik desítek hodin v roce splněno, pro tyto případy by musela být smyčka výrazně dispečersky odlehčena přesunem části odběru rozvodny Prostějov na napájení z jiných UO 110 kV nebo by musel být omezen výskyt špiček odběru TNS Bučovice.

2.4 Změny napětí

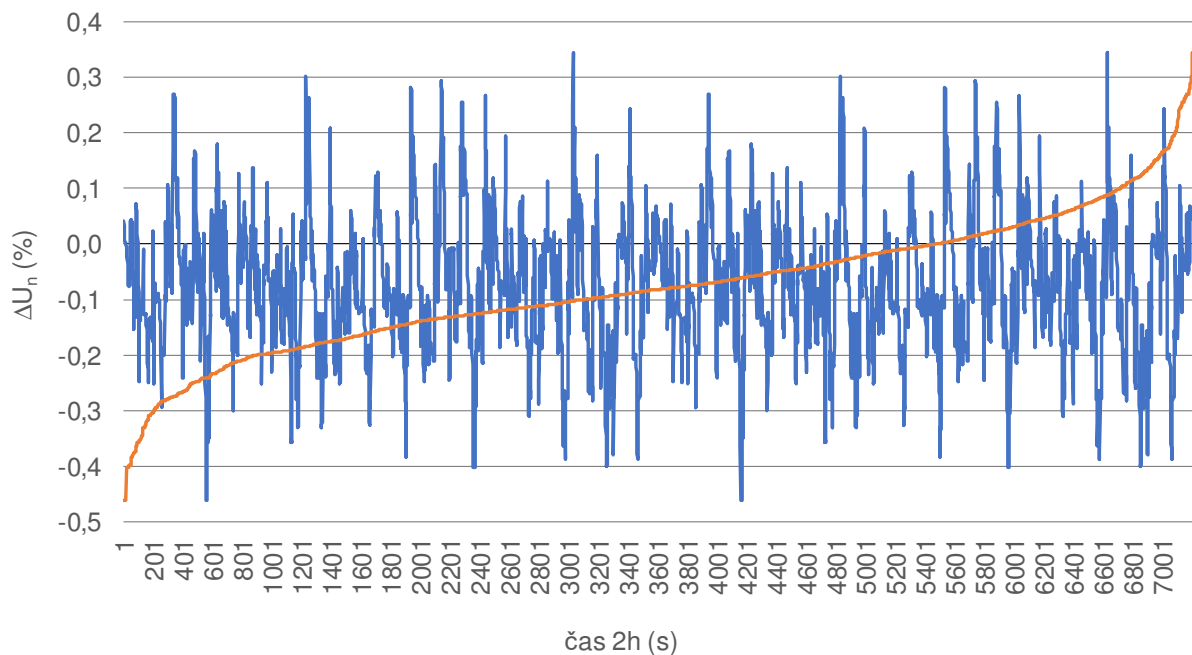
Kapitola řeší změny napětí vyvolané odběrem TNS při konstantním výchozím napětí v síti 110 kV. Cílem je ukázat vliv nového odběru s ohledem na riziko vybočení mimo meze.

Byl proveden výpočet změny napětí v uzlu Bučovice 110 kV pro 2h průběh trakčního odběru v době dopravní špičky s členěním po 1 s. Průběh výkonu byl uvažován včetně rekuperace, výkon je odebírán s neutrálním účínkem. Kolísání napětí je uvedeno v % ze jmenovité hodnoty 110 kV. Pokles napětí vlivem odběru se pohybuje do 0,8 % U_n a nárůst napětí vlivem rekuperace se pohybuje do 0,5 % U_n . Vypočtené hodnoty kolísání napětí nejsou z hlediska provozu distribuční sítě problematické a nemohou způsobit vybočení napětí mimo povolené meze. Změny napětí jsou vždy menší než limitní 2 % U_n .

Obrázek 2.6 Kolísání napětí v uzlu 110 kV TT Bučovice během 2h dopravní špičky, současný stav vedení 110 kV



Obrázek 2.7 Kolísání napětí v uzlu 110 kV TT Bučovice během 2h dopravní špičky, budoucí zapojení 110 kV



2.5 Nesymetrie napětí

Kapitola hodnotí výkon maximálního nesymetrického odběru pro dosažení mezní hodnoty nesymetrie způsobené jedním odběratelem 0,7 % U_n . V případě, že žadatelem požadovaný výkon je větší než mezní hodnota daná normou pro nesymetrický odběr, jsou nutná opatření na straně odběratele (v případě TNS Bučovice už je opatření pro dosažení symetrického výkonu součástí žádosti o připojení).

Současný minimální zkratový výkon v místě připojení TNS je stanoven pro situaci, kdy je napájení smyčky 110 kV realizováno pouze z jednoho transformátoru 220/110 kV Sokolnice a při zapojení s jedním vedením Sokolnice – Bučovice, výpadek tohoto vedení by znamenal ztrátu napájení. Minimální zkratový výkon v této situaci je 650 MVA. V budoucím stavu při přerušení vedení Bučovice – Sokolnice a napájení Bučovic přes dlouhou smyčku Sokolnice-Vyškov-Prostějov-Bučovice je zkratový výkon pouze 230 MVA. Zkratovému výkonu při nekompletním stavu sítě pak odpovídá maximální nesymetricky připojitelný odběr pouze ve výši 4,5 MW nebo 1,6 MW. Z toho plyne, že je nezbytné řešení TNS se symetrickým odběrem ze všech 3 fází.

2.6 Flikr

Trakční odběr 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 1s. Významnější změny odběru, které se výrazněji projeví na napětí se pohybují v jednotkách výskytů za 2h interval, i toto je velmi nízká hodnota na to, aby se s ní dalo pracovat s využitím postupů dle PNE 33 3430-0. Měnič neprodukuje meziproharmonické, které by mohly způsobovat negativní vlivy na síť. Vliv měniče na flikr na úrovni 110 kV bude po instalaci ověřen měřením.

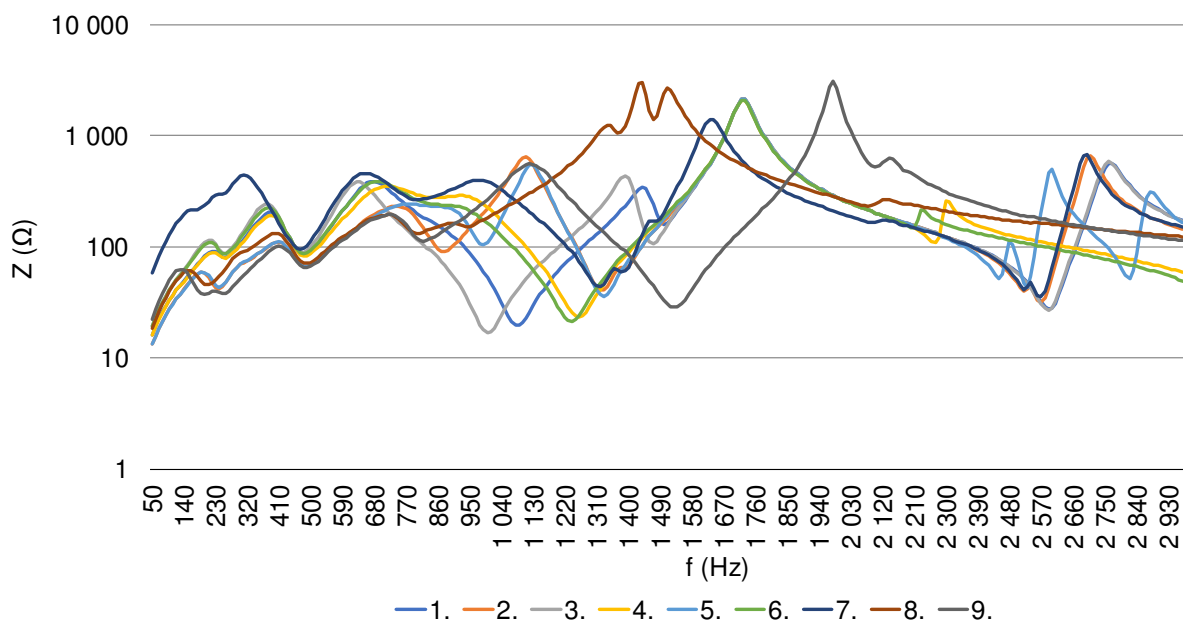
2.7 Vyšší harmonické

V kapitole jsou stanoveny frekvenčně závislé impedanční charakteristiky sítě. Na modelovém průběhu je stanoven podíl harmonických napětí vůči doporučené plánovací úrovni vyšších harmonických.

Jako možný podklad pro dodavatele měniče byly zpracovány frekvenčně závislé impedance v místě připojení na úrovni 110 kV pro různé zapojení sítě pro 9 možných stavů sítě z hlediska napájení. Číselné výsledky jsou součástí elektronické přílohy. Při stanovení frekvenčně závislých impedancí byly respektovány tyto parametry:

- Impedance přenosové soustavy určená zkratovým výkonem
- Vazební transformátory 400/110 kV a 220/110 kV
- Vedení 110 kV
- Transformátory 110 kV/22 kV
- Odběr, který odpovídá zatížení stanic 22 kV během zimního měření 3:00 ráno (nízké zatížení)
- Ekvivalentní kapacity vedení 22 kV umístěné za transformátory 110/22 kV
- Velké zdroje (výrobní) vyvedené do VN
- RLC ekvivalent vysílačů HDO

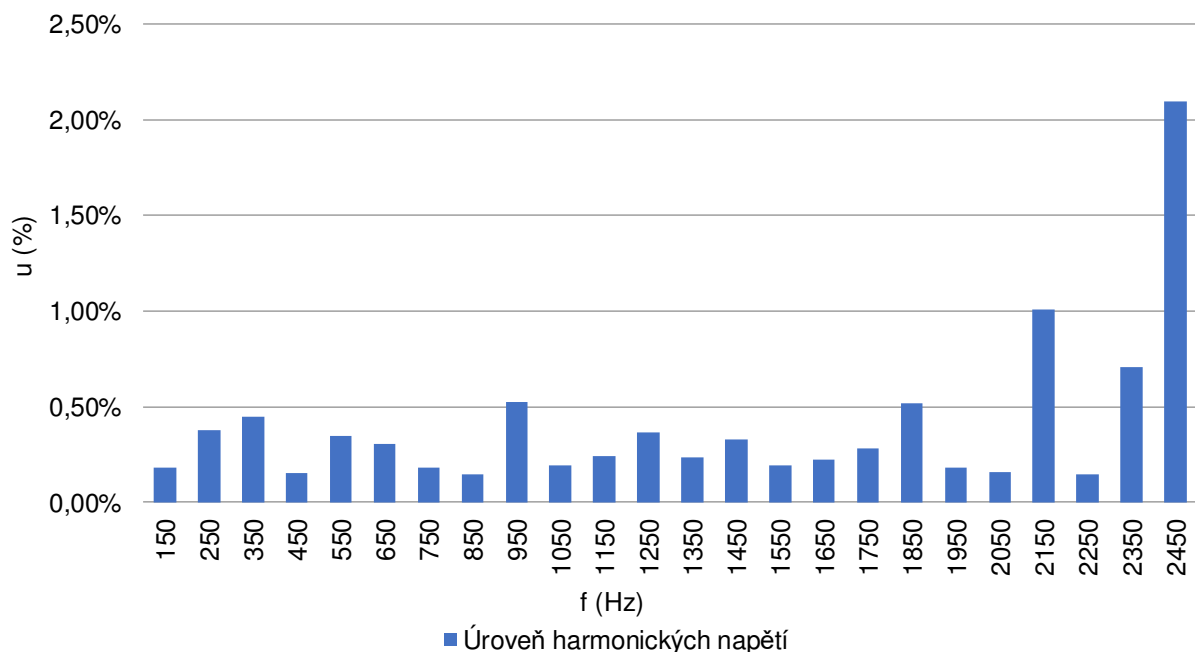
Obrázek 2.8 Simulovaná frekvenčně závislá impedance sítě v místě připojení TNS 110 kV Bučovice pro varianty zapojení 1. až 9.



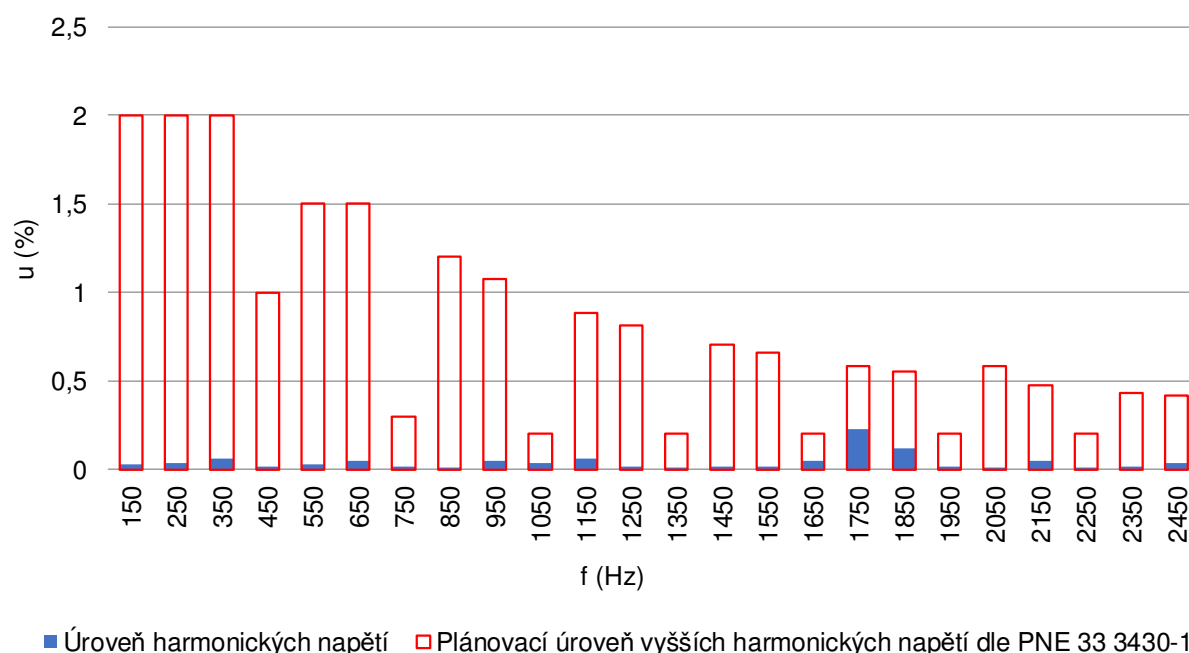
Pro výpočet byla použita data poskytnutá jedním z výrobců technologie, ze kterých byl sestaven model měniče. Jedná se o informativní výsledky, protože měniče jsou konstruovány a nastavovány na míru místu připojení, kdy jsou brány v potaz místní charakteristiky sítě a požadovaná omezení. Výpočet je proveden pro základní zapojení, kdy je smyčka 110 kV do rozvodny Bučovice napájena jedním transformátorem 350 MVA 400/110 kV (odpovídá impedanční závislosti 1). Posouzení mezí je vůči plánovací úrovni uvedené v normě PNE 33 3430-1, nicméně tato úroveň je platná pro souhrn všech zdrojů harmonických v oblasti. E.ON Distribuce bude muset stanovit pro TNS Bučovice poměrnou část z plánovací úrovně vůči které pak bude posuzován příspěvek harmonických z TNS. V TNS Bučovice budou 2 měniče 20 MVA, kdy jeden bude pouze záložní.

Modelování měniče z hlediska vyšších harmonických je provedeno pomocí zdroje harmonických napětí, který je do sítě připojen přes transformátor s vysokým napětím nakrátko $e_k = 20 \%$. Z proudů protlačených napěťovým zdrojem přes impedanci transformátoru a impedanci sítě je pak výpočtem určena hodnota harmonických napětí v místě připojení na úrovni 110 kV.

Obrázek 2.9 Harmonická napětí na síťových svorkách usměrňovače (modelový případ použitý ve výpočtech)



Obrázek 2.10 Úroveň harmonických (<50.) způsobených jedním měničem 20 MVA a plánovací úroveň harmonických



2.8 Dopady TNS na signál HDO

V kapitole je posouzeno snížení úrovně signálů HDO vyvolané připojením nového odběru a na základě výsledků modelového výpočtu vyšších harmonických je posouzeno riziko zarušení frekvenčního pásma blízkého signálu HDO.

Dle podkladů od výrobců řízený usměrňovač prakticky neprodukuje meziharmonická napětí ($<0.05\% U_n$). Signál HDO nemůže být rušen emisí napětí v blízkosti kmitočtu HDO. Řízený usměrňovač produkuje liché harmonické, nejbližší hodnoty harmonických napětí k signálu HDO 216,6 Hz jsou 150 a 250 Hz. Strana zařízení pracujícím na distribučním napětí nebývá standardně vybavena žádnými filtry, pokud by bylo nutné filtr osadit, byl by nastaven až na odsávání napětí vyššího kmitočtu (1000 Hz a výše), ovlivnění HDO je tedy nepravděpodobné. Strana střídače na trakční straně měniče bývá sice vybaveny filtrem (filtry), ale ty jsou až za stejnosměrnou spojkou, nehrozí tedy jakékoliv ovlivnění signálu HDO. Ovlivnění signálu HDO novou TNS je tedy způsobeno zátěží ve velikosti rezervovaného výkonu.

Na smyčce 110 kV nejsou vyvedeny velké synchronní stroje, samotná smyčka je poměrně krátká, od E.ON Distribuce tedy nebyly ani vyžádány hodnoty měření úrovně signálu HDO. Simulační model zahrnuje řešenou smyčku zatíženou dle situace během zimního měření 2018. Současná úroveň HDO na smyčce 110 kV je vyhovující, poklesy jsou jen minimální.

Při uvažované náběhové hodnotě přijímačů HDO 0,78 % U_n je minimální úroveň signálu HDO na úrovni 110 kV $U_{\text{rmin}} = 1,56 \%$, tato hodnota je s velkou rezervou splněna u všech rozveden pro všechny případy.

Relativní snížení signálu vůči stavu bez TNS je u ostatních rozveden na smyčce (mimo TNS) do 1 % a to i při uvažování špičkového výkonu, kterým lze v budoucnu měnič zatěžovat (20 MW). Připojením TNS tedy nevzniká situace, kdy by docházelo k nepřijatelnému snížení úrovně signálu HDO.

Při uvažování součinitele $\alpha = 1$ by dodavatel technologie měl dodržet impedanci na kmitočtu HDO ve velikosti $Z_{HDO} = 1210 \Omega$.

Tabulka 2.7 Simulace ovlivnění signálu HDO zařízením TNS

Rozvodna	Velikost signálu HDO			
	Bez TNS		TNS 20 MW	
Bučovice	1252 V	2,0 %	1238 V	2,0 %
Sokolnice	1270 V	2,0 %	1270 V	2,0 %
Vyškov	1237 V	1,9 %	1228 V	1,9 %

Rozvodna	Snížení úrovně signálu HDO z výchozího stavu bez TNS
Bučovice	1,1 %
Sokolnice	0,0 %
Vyškov	0,7 %

PNE 33 3430-6 požaduje, aby rušivá napětí s odstupem ± 100 Hz od signálu HDO byla do velikosti 0,3 % U_n . Hodnoty rušivých napětí produkovaných měničem v tomto rozsahu jsou obvykle výrazně nižší. Viz. graf v kapitole řešící vyšší harmonické.

2.9 Zařízení v režimu kompenzace

Je provedena analýza citlivosti změn napětí na regulaci jalového výkonu u měniče. Regulace Q může být na základě připravovaných pravidel požadována po provozovateli zařízení jako povinná podpora sítě (minimálně při zpětné dodávce činného výkonu do sítě), nebo může být poskytnuta jako podpůrná služba. Výsledky jsou indikativní a slouží PDS k případnému budoucímu stanovení mezí pro dodávku či odběr Q.

Možný regulační rozsah budoucích zařízení v TNS Bučovice není znám. V mezním případě je možné, že regulace Q může probíhat až do velikosti jmenovitého výkonu měniče v tomto konkrétním případě tedy ± 20 MVar, přičemž se předpokládá plynulá regulace. Byl proveden síťový výpočet, který analyzuje dopad generovaného či odebíraného výkonu na napětí ve smyčce 110 kV, na zatěžování vedení a na ztráty činného výkonu ve smyčce. Výpočet je proveden pro stav zimního pracovního dne (zimní měření) a letního víkendového rána. Při výpočtu byla smyčka napájena z jednoho transformátoru PS/110 kV Sokolnice. Byl modelován stav s konstantním napětím na přípojnici 110 kV v rozvodně 110 kV Sokolnice (reprezentuje regulaci odbočkami) a stav, kdy je na transformátoru PS/110 kV nastavena konstantní odbočka.

Z výsledků vyplývá, že při využití mezního regulačního rozsahu ± 20 MVar nedojde k vyššímu nárůstu ztrát než o 0,2 MW. Většina regulačního rozsahu Q může být využita bez toho, aniž by došlo k vybočení napětí mimo meze. Při mezním nasazení regulačního výkonu může dojít k vybočení napětí mimo meze, ale toto by šlo ošetřit cílenou změnou napětí na přípojnici v rozvodně 110 kV Sokolnice změnou odbočky na transformátoru PS/110 kV.

Využití kompenzačních schopností měničů je jedna z možností pro realizaci dekompenzace přívodních kabelů 110 kV. Vzhledem k tomu, že v rozvodně TNS nebude napětí 22 kV, na které by bylo možné

připojení tlumivek, jeví se využití měničů pro dekompenzaci jako technicky a ekonomicky nejvhodnější řešení. V základním provozním režimu bude v provozu vždy pouze jeden z měničů, předepsaný účinník tak bude dodržen až na přípojnici E.ON Distribuce (v součtu za oba kabely).

Tabulka 2.8 Dopady kompenzace v zimním stavu 17:00, stávající stav sítě 110 kV v oblasti

Zimní stav, konstantní odbočka na trf. PS/110 kV v R 110 kV Sokolnice

Rozvodna 110 kV	+ 20 MVar	+ 15 MVar	+ 10 MVar	+ 5 MVar	0 MVar	- 5 MVar	- 10 MVar	- 15 MVar	- 20 MVar
Sokolnice	118,9 kV	118,6 kV	118,3 kV	117,9 kV	117,6 kV	117,2 kV	116,9 kV	116,5 kV	116,2 kV
Bučovice	119,4 kV	118,6 kV	117,8 kV	117,0 kV	116,2 kV	115,3 kV	114,5 kV	113,6 kV	112,7 kV
TNS Bučovice	119,4 kV	118,6 kV	117,8 kV	117,0 kV	116,2 kV	115,3 kV	114,5 kV	113,6 kV	112,7 kV
Vyškov	118,5 kV	117,7 kV	116,9 kV	116,0 kV	115,2 kV	114,3 kV	113,5 kV	112,6 kV	111,7 kV

Zimní stav, konstantní napětí v R 110 kV Sokolnice

Rozvodna 110 kV	+ 20 MVar	+ 15 MVar	+ 10 MVar	+ 5 MVar	0 MVar	- 5 MVar	- 10 MVar	- 15 MVar	- 20 MVar
Sokolnice	117,6 kV	117,6 kV	117,6 kV	117,6 kV	117,6 kV	117,6 kV	117,6 kV	117,6 kV	117,6 kV
Bučovice	118,1 kV	117,6 kV	117,1 kV	116,7 kV	116,2 kV	115,7 kV	115,2 kV	114,7 kV	114,2 kV
TNS Bučovice	118,1 kV	117,6 kV	117,1 kV	116,7 kV	116,2 kV	115,7 kV	115,2 kV	114,7 kV	114,2 kV
Vyškov	117,1 kV	116,7 kV	116,2 kV	115,7 kV	115,2 kV	114,7 kV	114,2 kV	113,7 kV	113,2 kV

Zimní stav, zatížení vedení v závislosti na objemu kompenzovaného výkonu

Vedení 110 kV	+ 20 MVar	+ 15 MVar	+ 10 MVar	+ 5 MVar	0 MVar	- 5 MVar	- 10 MVar	- 15 MVar	- 20 MVar
518	46 %	44 %	42 %	42 %	42 %	42 %	44 %	46 %	48 %
519	29 %	29 %	29 %	29 %	29 %	29 %	29 %	29 %	30 %
519A	17 %	13 %	9 %	5 %	1 %	4 %	9 %	13 %	17 %
556	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %

Zimní stav, ztráty činného výkonu na napájecím vedení 110 kV

Vedení 110 kV	+ 20 MVar	+ 15 MVar	+ 10 MVar	+ 5 MVar	0 MVar	- 5 MVar	- 10 MVar	- 15 MVar	- 20 MVar
518	0,5 MW	0,5 MW	0,5 MW	0,4 MW	0,4 MW	0,5 MW	0,5 MW	0,5 MW	0,6 MW
519	0,2 MW	0,2 MW	0,2 MW	0,2 MW	0,2 MW	0,2 MW	0,2 MW	0,2 MW	0,2 MW
519A	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW
556	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW
Celkem	0,7 MW	0,7 MW	0,7 MW	0,6 MW	0,6 MW	0,7 MW	0,7 MW	0,7 MW	0,8 MW

Dopady kompenzace ve víkendovém dni 6:00, stávající stav sítě 110 kV v oblasti

Rozvodna 110 kV	+ 20 MVar	+ 15 MVar	+ 10 MVar	+ 5 MVar	0 MVar	- 5 MVar	- 10 MVar	- 15 MVar	- 20 MVar
Sokolnice	118,5 kV	118,1 kV	117,8 kV	117,5 kV	117,2 kV	116,8 kV	116,5 kV	116,2 kV	115,8 kV
Bučovice	119,8 kV	119,1 kV	118,3 kV	117,5 kV	116,7 kV	115,8 kV	115,0 kV	114,2 kV	113,3 kV
TNS Bučovice	119,9 kV	119,1 kV	118,3 kV	117,5 kV	116,7 kV	115,8 kV	115,0 kV	114,2 kV	113,3 kV
Vyškov	119,5 kV	118,7 kV	117,9 kV	117,1 kV	116,3 kV	115,5 kV	114,6 kV	113,8 kV	112,9 kV

Rozvodna 110 kV	+ 20 MVar	+ 15 MVar	+ 10 MVar	+ 5 MVar	0 MVar	- 5 MVar	- 10 MVar	- 15 MVar	- 20 MVar
Sokolnice	117,2 kV	117,2 kV	117,2 kV	117,2 kV	117,2 kV	117,2 kV	117,2 kV	117,2 kV	117,2 kV
Bučovice	118,6 kV	118,1 kV	117,6 kV	117,2 kV	116,7 kV	116,2 kV	115,7 kV	115,2 kV	114,7 kV
TNS Bučovice	118,6 kV	118,1 kV	117,7 kV	117,2 kV	116,7 kV	116,2 kV	115,7 kV	115,2 kV	114,7 kV
Vyškov	118,2 kV	117,8 kV	117,3 kV	116,8 kV	116,3 kV	115,9 kV	115,4 kV	114,9 kV	114,4 kV

[illegible]

Zimní stav, konstantní odbočka na trf. PS/110 kV v R 110 kV Sokolovice

Zimní stav, konstantní napětí v R 110 kV Sokolnice

Zimní stav, zatížení vedení 110 kV v závislosti na objemu kompenzovaného výkonu

Zimní stav, ztráty činného výkonu na napájecí smyčce 110 kV

[illegible]

Tabulka 2.11 Dopady kompenzace ve víkendovém dni 6:00, rekonstrukce sítě 110 kV v oblasti

Víkendové ráno 6 h, konstantní odbočka na trf. PS/110 kV v R 110 kV Sokolnice

Rozvodna 110 kV	+ 20 MVar	+ 15 MVar	+ 10 MVar	+ 5 MVar	0 MVar	- 5 MVar	- 10 MVar	- 15 MVar	- 20 MVar
Sokolnice	118,7 kV	118,5 kV	118,2 kV	118,0 kV	117,7 kV	117,5 kV	117,2 kV	117,0 kV	116,7 kV
Bučovice	119,5 kV	119,0 kV	118,4 kV	117,9 kV	117,3 kV	116,7 kV	116,1 kV	115,6 kV	115,0 kV
TNS Bučovice	119,6 kV	119,0 kV	118,5 kV	117,9 kV	117,3 kV	116,7 kV	116,1 kV	115,5 kV	114,9 kV
Vyškov	118,0 kV	117,7 kV	117,5 kV	117,2 kV	116,9 kV	116,6 kV	116,3 kV	116,0 kV	115,7 kV

Víkendové ráno 6 h, konstantní napětí v R 110 kV Sokolnice

Rozvodna 110 kV	+ 20 MVar	+ 15 MVar	+ 10 MVar	+ 5 MVar	0 MVar	- 5 MVar	- 10 MVar	- 15 MVar	- 20 MVar
Sokolnice	117,7 kV	117,7 kV	117,7 kV	117,7 kV	117,7 kV	117,7 kV	117,7 kV	117,7 kV	117,7 kV
Bučovice	118,7 kV	118,3 kV	118,0 kV	117,6 kV	117,3 kV	116,9 kV	116,5 kV	116,2 kV	115,8 kV
TNS Bučovice	118,7 kV	118,4 kV	118,0 kV	117,6 kV	117,3 kV	116,9 kV	116,5 kV	116,1 kV	115,7 kV
Vyškov	117,2 kV	117,1 kV	117,0 kV	117,0 kV	116,9 kV	116,8 kV	116,7 kV	116,6 kV	116,5 kV

Víkendové ráno 6 h, ztráty činného výkonu na napájecí smyčce 110 kV

Vedení 110 kV	+ 20 MVar	+ 15 MVar	+ 10 MVar	+ 5 MVar	0 MVar	- 5 MVar	- 10 MVar	- 15 MVar	- 20 MVar
518	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,1 MW	0,1 MW
519	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW
519A	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW
5588	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW
556	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,0 MW
Celkem	0,1 MW	0,1 MW	0,1 MW	0,0 MW	0,0 MW	0,1 MW	0,1 MW	0,1 MW	0,1 MW

3 Závěr

Zatěžování sítě 110 kV

Odběr TNS Bučovice neovlivňuje negativně napájecí smyčku 110 kV, a to ani při špičkovém odběru. Ani v případě připojení nové TNS Bučovice do stávající sítě 110 kV nejsou překročena kritéria pro zatěžování vedení 110 kV. V případě rekonstrukce a zdvojení vedení 110 kV vykazuje zatěžování takto vzniklé smyčky velkou rezervu vůči kapacitě vedení, díky níž lze napájet odběr R Prostějov z UO Sokolnice společně s odběrem TNS Bučovice.

I při kontrole kritériem (N-1) je odběr TNS Bučovice zajištěn jak při současném stavu sítě 110 kV v oblasti, tak po rekonstrukci napájecího vedení 110 kV. V případě napájení rozvodny Prostějov společně s napájením TNS Bučovice není (N-1) po několik desítek hodin v roce splněno, pro tyto případy by musela být smyčka výrazně dispečersky odlehčena přesunem části odběru rozvodny Prostějov na napájení z jiných UO 110 kV.

Napětí

Odběr či dodávka činného výkonu TNS Bučovice včetně špiček způsobuje v síti 110 kV nízké kolísání napětí v rozmezí od -0,8 % do +0,6 % Un. Takto malé kolísání napětí nemůže způsobovat problém v síti 110 kV.

Nesymetrie napětí

Standardní nesymetrický odběr v požadované velikosti by byl z hlediska kvality nevyhovující, z tohoto důvodu je nutné použití frekvenčního měniče, který trakční odběr rozděljuje do všech 3 fází.

Flikr

Trakční odběr svým průběhem není zdrojem flikru. Změny napětí vyvolané kolísáním trakčního odběru jsou poměrně malé. Flikr není omezující pro připojení zařízení.

Vyšší harmonické

Návrh podoby a řízení sestavy TNS výrobcem je vázán na místní podmínky. Na modelovém příkladu není překročen limit pro harmonické napětí. Skutečná velikost emise harmonických bude záviset na konkrétním výrobcí a typu zařízení. V případě překročení limitů harmonických bude muset výrobce zvolit řešení pro eliminaci tohoto stavu.

HDO

Dle podkladů od dodavatelů frekvenčního měniče neprodukují rušivá napětí na frekvenci blízké frekvenci HDO. Zařízení samo o sobě aktivně signál HDO neodsává. Byla stanovena minimální impedance na kmitočtu HDO, kterou musí zařízení splnit.

Zařízení v režimu kompenzace

Byl prověřen dopad zařízení na napětí při extrémní kompenzaci ± 20 MVar pro stav podle ze zimního měření 17:00 h a stav víkendového dne v 6:00 h. Případná kompenzace je ve většině rozsahu regulačního výkonu proveditelná bez síťových omezení.

