




EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Doprava

Ministerstvo dopravy
Státní fond dopravní
infrastruktury



Jiná ověření:		Paré:	
Orientační schéma:		Razítko oprávněné osoby:	
		Podpis: Datum:	
Revize:	Datum:	Popis:	Kontroloval:
000	30.01.2023	Definitivní odevzdání dokumentace	Ing. Petr Kortýš

Stavebník/Investor:	Správa železnic, státní organizace	 SPRÁVA ŽELEZNIC
Adresa:	Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1	
Zástupce investora:	Stavební správa východ	
Adresa:	Nerudova 773/1, 779 00 Olomouc	

Zhotovitel díla:	SUDOP Brno, spol. s r.o.	 SUDOP BRNO	
Adresa:	Kounicova 688/26, 611 36 Brno		
Kontakt:	T: +420 972 625 804 E: sudop@sudop-brno.cz		
Zhotovitel objektu:	SUDOP Brno, spol. s r.o.	 SUDOP BRNO	
Adresa:	Kounicova 688/26, 611 36 Brno		
Kontakt:	T: +420 972 625 804 E: sudop@sudop-brno.cz		
Hlavní projektant (HIP):	Ing. Jan Zářecký	Specialista:	Ing. Vítězslav Šimáček

Název stavby/akce:	Výstavba uzlové trakční napájecí stanice Brno-Černovice	Označení investora: S621500946
Název části:	Silňoproudá technologie trakčních napájecích stanic (měnění, trakčních transformoven)	Označení zhotovitele: 16052-01-0817
Název objektu/dílní části:	TNS Brno-Černovice, technologie trakčních měničů	Označení části: D.1.3.3
Název přílohy:	TNS, specifikace měniče	Označení objektu/komplexu: PS 12-03-31
Název dílní části přílohy:		Číslo přílohy: 3.001
Odpovědný projektant:	Zpracovatel přílohy: Ing. Jan Zářecký	Měřítka: Formáty: DÚR
Kraj:	Katastrální území: Jihomoravský viz část A. dokumentace	TUDU: viz část A. dokumentace
		Smluvní datum zpracování: 30.01.2023

Označení investora:	Stupeň dokumentace:	Část:	Objekt:	Podoblast:	Příloha:	Revize:
S 6 2 1 5 0 0 9 4 6	- D U R X -	D 1 3 0 3	- P S 1 2 0 3 3 1	- X X	- 3 - 0 0 1	- 0 0 0

SUDOP BRNO spol.s.r.o.
KOUNICOVA 26
611 36 BRNO

Leden 2023

Výstavba uzlové trakční napájecí stanice Brno-Černovice

TECHNICKO OBCHODNÍ SPECIFIKACE SFC

Investor:
Projektant:
Odpovědný projektant stavby:
Odpovědný projektant objektu:
Vypracoval:
Účel:

Správa železniční a dopravní cesty, s.o.
SUDOP BRNO spol. s r.o.
Ing. Radomír Hanák
Ing. Vítězslav Šimáček
Ing. Vítězslav Šimáček
DÚR + FIDIC

OBSAH

1	SEZNAM ZKRATEK	5
1.1	Názvosloví a Definice	5
2	ÚVOD	6
3	DEFINOVÁNÍ PODMÍNEK PRO SFC.....	7
3.1	Účel a cíl nasazení SFC	7
3.1.1	Požadované základní provozní stavy SFC.....	7
3.1.2	Požadované hlavní funkce a parametry SFC.....	8
3.2	Všeobecný principiální popis SFC	10
3.3	Lokalita pro umístění SFC	15
4	ROZSAH A ROZHRANÍ DODÁVKY SFC.....	16
4.1	Základní rozsah SFC	16
4.2	Rozhraní pro SFC.....	16
4.3	Rozsah dodávek dodavatele SFC	16
4.4	Rozsah dodávek zákazníka pro SFC.....	18
4.5	Rozhraní dodávek.....	19
4.5.1	Rozhraní vůči rozvodně na straně DS 3x110 kV/příp. 22 kV AC	19
4.5.2	Rozhraní vůči rozvodně na straně trakčního systému 1x25 kV AC	19
4.5.3	Rozhraní pro ovládání a řízení	19
4.5.4	Rozhraní pro pomocné napájení	19
4.5.5	Rozhraní pro sousední zařízení	19
4.5.6	Rozhraní pro ostatní části projektu.....	20
4.5.7	Rozhraní pro stavební práce	20
5	PROVOZNÍ PROSTŘEDÍ A DATA	21
5.1	Podmínky prostředí.....	21
5.2	Data napájecí nadřazené DS 3x 110 kV/příp. 22 kV AC.....	22
5.3	Data trakčního systému 1x25 kV AC	24
5.3.1	Připojení SFC	26
5.4	Zabezpečovací zařízení trati.....	27
5.4.1	Schéma napájení trakční sítě.....	28
5.4.2	Trakční kolejová vozidla	28
6	POŽADAVKY NA PROVOZ SFC	29
6.1	Provozní režimy SFC	29
6.2	Omezení zatížení SFC.....	30
6.3	Funkční testy SFC	30
6.4	Řídící režimy SFC.....	30
6.4.1	Řízení napětí v trakční soustavě	30
6.4.2	Řízení zátěžového úhlu.....	30
6.4.3	Řízení napětí trakční soustavě.....	31
6.4.4	Paralelní provoz a rozdělení zátěže	31
6.5	Události v nadřazené DS 3x110 kV AC	31
6.5.1	Chování SFC při poruše	31

6.6	Události v trakčním systému 1x25 kV AC	32
6.6.1	Chování SFC při poruše	32
6.6.2	Chování SFC při ztrátě zatížení	32
7	PROVOZNÍ POŽADAVKY NA SFC	33
7.1	Požadavky na stanovení výkonů SFC	33
7.2	Požadavky na účinnost SFC	33
7.3	Požadavky na servisní cyklus SFC	33
7.4	Požadavky na provozní dostupnost a spolehlivost SFC	33
7.5	Požadavky na akustický hluk SFC	34
7.6	Požadavky na straně napájecí DS 3x110 kV/příp. 22 kV AC	34
7.6.1	Požadavky na jalový výkon u DS	34
7.6.2	Požadavky na harmonické u DS	34
7.6.3	Požadavky na EMC u DS	34
7.7	Požadavky na straně trakčního systému (TS) 1x25 kV AC	34
7.7.1	Požadavky na jalový výkon u TS	34
7.7.2	Požadavky na harmonické u TS	35
7.7.3	Požadavky na EMC u TS	36
7.7.4	Požadavky ze strany zabezpečovacího zařízení	36
8	POMOCNÉ SYSTÉMY A SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ	38
8.1	Výkonová elektronika SFC	38
8.2	Výkonový 3f transformátor SFC	38
8.3	Výkonový 1f transformátor SFC	38
8.4	Filtry harmonických SFC	38
8.5	Chladicí systém SFC	39
8.6	Systém chránění a řízení SFC	39
8.7	Druhy provozu SFC	41
8.7.1	Místní provoz	41
8.7.2	Dálkový provoz	42
8.7.3	Ústřední/centrální provoz	42
8.7.4	Vzdálený přístup (VPN)	42
8.8	Stavební práce	42
8.9	Krytí SFC	43
8.10	Uzemnění	43
9	KONTROLY, TESTY, AKCEPTACE, UVEDENÍ DO PROVOZU SFC	44
9.1	Požadavky všeobecné na SFC	44
9.2	Požadavky na Model SFC	44
9.3	Požadavky na plán prohlídek a testů SFC	44
9.4	Požadavky na testy standardní a Factory Acceptance Testing (FAT)	45
9.5	Požadavky na uvedení do provozu	45
10	DOKUMENTACE	47
11	ŠKOLENÍ A ZÁCVIK	49
12	DLOUHODOBÁ SERVISNÍ SMLOUVA PRO SFC	50
12.1	Náhradní díly	50

12.2	Referenční dokumenty	50
13	SEZNAM SOUVISEJÍCÍCH NOREM, PŘEDPISŮ, VYHLÁŠEK	51
14	SEZNAM OBRÁZKŮ	55
15	SEZNAM TABULEK	56

1 SEZNAM ZKRATEK

AC	alternating current/střídavý proud
DC	direct current/stejnoseměrný proud
DS	distribuční soustava
EE	elektrická energie
EHV	elektrické hnací vozidlo
FAT	factory acceptance test/výrobní testy před odesláním
FTR	factory test report report/výrobní protokol s výsledky testu
HDO	hromadné dálkové ovládání
HW	hardware
KNS	kombinovaná napájecí stanice
MŘS	místní řídicí systém
PDS	provozovatel distribuční soustavy
PPT	plán prohlídek a testů
PS	přenosová soustava
RU	rozvaděč měniče
RVS	rozvaděč vlastní spotřeby
SAT	site acceptance testing/ soubor testů při uvádění do provozu
SFC	static frequency converter/statický frekvenční měnič
SpS	spínací stanice
SW	software
TM	trakční měnírna
TNS	trakční napájecí stanice
TrT	trakční transformátor
TT	trakční transformovna
TV	trakční vedení
VPN	virtual private network/ virtuální privátní síť
žst	železniční stanice

1.1 Názvosloví a Definice

Zákazník:	SŽDC, s.o., Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1 Stavební správa východ (organizační jednotka)
Dodavatel:	Dodavatel / výrobce, dodávající SFC

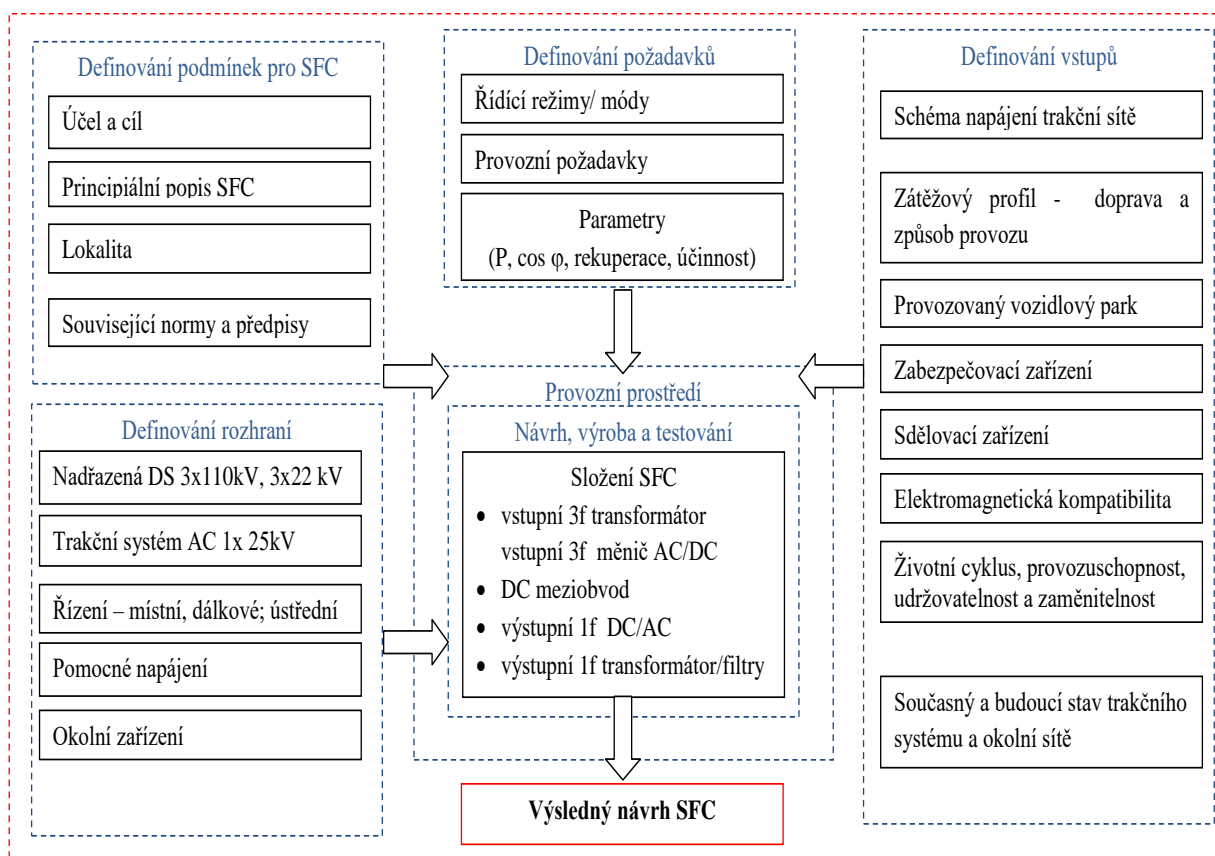
2 ÚVOD

Technická specifikace statického frekvenčního měniče (SFC) vychází z podmínek pro lokalitu TNS Černovice a ze „Studie připojitelnosti“, zpracovanou EGU Brno. Souhrn hlavních podmínek pro technickou specifikaci SFC vychází ze zkušeností a stavu poznání z již realizovaných projektů trakčních systémů 25 kV AC s frekvencí 50 Hz. Funkce, parametry a systémová řešení pro SFC technologie, byly stanoveny ze zmíněných poznatků a probíhajícího procesu diskuzí tak, aby bylo vytvořeno optimalizované řešení SFC pro určenou lokalitu.

Pro technickou specifikaci SFC je nutné základní definování podmínek, vymezení tzv. rozhraní, požadavků, vstupů, prostředí a testů včetně akceptačních procedur pro dosažení pokrytí hlavních požadavků na řízení funkcionality, zajištění vysoké kvality a spolehlivosti SFC. Toto základní rozdělení ukazuje

Obrázek 1.

Předložená technická specifikace SFC v tomto dokumentu dále slouží k definování technických požadavků, spojených s návrhem, výrobou, zpracováním požadavků zakázky, dodávkou, instalací, testováním a zprovozněním SFC včetně nutného dalšího zařízení. Některé technické parametry jsou závislé na konkrétním návrhu, a proto budou řešeny v rámci realizace.



Obrázek 1 Základní schéma pro návrh technické specifikace SFC

DEFINOVÁNÍ PODMÍNEK PRO SFC

Podmínky uvedené v tomto dokumentu nenahrazují plný tzv. „vyčerpávající“ výčet všech detailních parametrů, ale vytváří ucelený přehled hlavních **neopominutelných** podmínek pro návrh SFC pro určenou lokalitu.

Detaily zde nespecifikované pro SFC z důvodu neznámého výsledného technického řešení, které bude instalováno, budou upřesněny pro vítězného dodavatele SFC jako celku na základě detailní struktury SFC.

2.1 Účel a cíl nasazení SFC

SFC jsou v napájecí stanici Brno-Černovice nasazeny na základě „Studie připojitelnosti“, kterou zpracovalo EGU Brno.

Pro umožnění dvoustranného spojitého napájení, které je na tratích SŽDC provozovaným standardem u systému 3 kV DC, je též na tratích nově elektrizovaných systémem 25kV AC jednou z podmínek paralelní provoz TNS. SFC v TNS tuto podmínku splňují i při napájení ve spojení s trakčním transformátorem (TrT). Další nutné podmínky, které musí SFC splňovat, jsou podmínky kvality odběru a dodávky elektrické energie (EE) včetně předávání přebytku rekuperace do nadřazené distribuční soustavy (DS) (3x 110 kV – Brno-Černovice, kapitola 3.3 Rozsah dodávky) bez omezení, plné řízení TNS s SFC včetně možnosti zapojení do nadřazeného systému řízení, případně spolupráci s dalšími zařízení provozovatele dopravní infrastruktury SŽDC.

Cílem je zajistit odpovídající dodávku EE z TNS s SFC pro trakční napájecí systém 25kV AC 50 Hz, který je dimenzován na základě energetických výpočtů vycházející z dopravních požadavků na předmětných tratích určené lokality, a to i s výhledem na další související stavby.

2.1.1 Požadované základní provozní stavy SFC

Pozn.: Provozní stavy vycházejí z principu variability napájení napájených tratí.

TNS Brno-Černovice – 2x SFC

- SFC napájí TV samostatně (ostrovní provoz)
- SFC spolupracují navzájem
- SFC spolupracují navzájem, dále spolupracují s SFC v TNS Nezamyslice
- SFC spolupracují navzájem, dále spolupracují s SFC v TNS Bučovice
- SFC spolupracují navzájem, dále v budoucnu spolupracují případně s SFC v TNS Nezamyslice a s SFC v TNS Bučovice
- SFC spolupracují navzájem, dále spolupracují s transformátorem v TNS Modřice

Pozn.: SFC v TNS Nezamyslice jsou plánovány jako součást samostatné stavby „Výstavba TNS Nezamyslice“, SFC v TNS Bučovice jsou ve výhledu.

Technická specifikace SFC je sestavena nezávisle na konkrétním dodavateli této technologie. Dodavatel SFC musí garantovat vzájemnou spolupráci a komunikaci SFC i v případě, kdy SFC je od různých výrobců. Z tohoto důvodu jsou definovány i dílčí rozhraní pro SFC.

2.1.2 Požadované hlavní funkce a parametry SFC

- SFC musí zajistit požadovanou dodávku elektrické energie (EE) k EHV a požadovaný odběr EE od EHV až do úrovně svého jmenovitého činného výkonu při udržení požadovaného $\cos \varphi$ a symetrie fázových proudů v požadovaných mezích na straně DS. Na straně trakčního napájecího systému musí vozidlům kromě dodávání/odběru činného výkonu dodávat i jalový výkon a to až do úrovně odpovídající $\cos \varphi = 0,8$.
- SFC musí umožňovat předávat přebytek rekuperovaného výkonu do nadřazené sítě DS v plném rozsahu svého výkonu.
- Schopnost vyhovět požadavkům provozovatele DS pro odběr výkonu z DS i pro navrácení výkonu do DS a to až do jmenovité hodnoty výkonu TNS, musí být prokázána studií v rozsahu "Studie připojitelnosti" podle Vyhlášky č. 16/2016 Sb. a následně validována kontrolním měřením kvality podle požadavků PNE 33 3430-0. Dodavatel provede studii připojitelnosti v rozsahu podle vyhlášky č.16/2016 Sb.
- SFC musí umožňovat rozmrazování trakčního vedení (TV) řízenými vyrovnávacími jalovými proudy mezi sousedními TNS

Pro předmětné tratě

- SFC musí být schopny:
 - samostatného provozu (ostrovní provoz)
 - spolupráce s okolními TNS s trakčním transformátorem (TrT)
 - vzájemné spolupráce (TNS s SFC/SFCs)
- SFC musí umožňovat řízení:
 - místní, dálkové, ústřední/centrální
 - pro každý způsob řízení musí disponovat provozními módy minimálně v rozsahu – standardní (provozní), nouzový, údržbový vše s ohledem na požadovanou strukturu a formáty komunikace
- SFC musí být dimenzováno na primární vstupní straně 3x 110 kV výkonově tak, aby bylo možno kompenzovat DS trvalým min. výkonem 5 MVA (Pozn.: Tato funkce je považována jako doplňková funkce, která pro vlastní řešení napájení systému 25 kV AC není nutná, avšak má dopad do návrhu dimenzování SFC).
- SFC musí být dimenzován na sekundární výstupní straně 25 kV výkonově tak, aby bylo akceptováno kapacitní zatížení způsobené TV v plném rozsahu (100 %)
- SFC jako celek musí mít účinnost minimálně 97 % při jmenovitém zatížení (Pozn.: jmenovité zatížení = špičkové zatížení SFC). Jmenovité zatížení bude definováno jako pracovní bod pomocí parametrů: napětí, účinníku, teploty, směr

toku energie k 1f síti. (Pozn.: SFC jako celek = od vstupních svorek 3x 110 kV až po výstupní svorky 1x 25 kV)

- SFC musí mít vysokou spolehlivost a minimální nároky na údržbu. SFC bude trvale v provozu s maximální dobou odstavení dva dny (2x 24 hod) v roce. Doba odstavení SFC bude v době odstavení TNS z důvodu údržby a revize zařízení, kapitola 6.4.
- SFC musí obsahovat moduly diagnostiky a monitoringu, které musí být schopny předávat informace do systému řízení (místní, dálkové, ústřední/centrální), tak jak je definováno v kapitole 3.5.3. (Pozn.: Nově budované zařízení, elektrická instalace, provedení a umístění měřicího zařízení odběrného místa musí být v souladu s platnými ČSN, s „Pravidly provozování distribuční soustavy“, „Připojovacími podmínkami PDS“ a „Podmínkami distribuce elektřiny“. Tyto dokumenty jsou k dispozici na www.cezdistribuce.cz a www.eondistribuce.cz). Vývodová pole R 110 kV pro transformátory 110/xx kV budou vybavena monitoringem kvality parametrů elektrické energie (typu Sdružený síťový analyzátor BK-ELCOM). Zařízení musí umožnit ukládání data min. 30 dnů s možností lokálního a dálkového (TCP/IP) vyhodnocení naměřených parametrů. Analýza dat bude prováděna v rozsahu zpracování jako u PDS.
- SFC nesmí svými funkcemi a provozem ovlivňovat další zařízení na straně distribuční a přenosové soustavy (PS) např. hromadné dálkové ovládání (HDO) a na straně trakčního systému 25 kV AC (Pozn.: trakční systém je uvažován pouze 1x 25kV AC). Dodavatel v součinnosti se zákazníkem provede a dodá „Studii kompatibility harmonických a dynamických jevů“ ve vztahu k napájení dráhy podle ČSN EN 50 388, která je podmínkou pro získání certifikátu shody s TSI ENE, k tomu poskytne SŽDC dodavateli součinnost.
- SFC nesmí ovlivňovat zabezpečovací a sdělovací zařízení, Dodavatel v součinnosti se zákazníkem provede a dodá „Studii kompatibility“ podle ČSN EN 50 238, specifikováno v kapitole **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..** Jednotlivá rozhraní SFC musí být provedena tak, aby byly plně začlenitelné do stávajících či nově budovaných technologií a jejich zařízení. Konkrétní podmínky stanoví projektová dokumentace.
- Návrh a provoz SFC musí vyhovovat charakteristikám systému TV a zatěžovacích cyklů. Stanovení a výpočet pracovních cyklů nejsou předmětem dodávky a budou upřesněny v rámci další technické dokumentace. V režimu nabídky jsou platná data uvedená v této technické specifikaci SFC.
- SFC musí být optimalizováno na nejvyšší spolehlivost provozu a minimalizaci nežádoucích rušivých jevů v provozu napájecí soustavy 25 kV AC (např. zpětné složky, rušení harmonickými složkami, atd.) ve všech definovaných provozních podmínkách a stavech viz kapitola 2.1.2.
- Systém redundance („záloha“) SFC musí být proveden s využitím dvou SFC jednotek v případě TNS Černovice - 2x 30MW při $\cos \varphi = 0,95$.

- Systém chránění a vazeb SFC musí být proveden tak, aby byl v souladu s předpisy provozovatele infrastruktury (SŽDC), provozními podmínkami včetně výlukových stavů a stavů v určené lokalitě, kapitola 4.3.
- Veškeré vybavení a materiál, dodané podle smlouvy, musí být navrženo na provoz na svých jmenovitých parametrech podle specifikovaných provozních podmínek na provozní periodu nejméně 25 let.
- SFC musí být dimenzován pro napájení TV jako samostatný napájecí zdroj, stejně jako zdroj pro paralelní provoz s jiným novým SFC nebo i se stávajícím napájecím trakčním transformátorem (Pozn.: Způsob napájení TV se může v průběhu provozu měnit). SFC musí být schopno umožňovat paralelní provoz i bez výměny signálů (přerušení komunikace) mezi stanicemi nebo mezi jednotlivými SFC, tak aby pokrylo požadované provozní stavy, kapitola 2.1.1. a Obrázek 8 Základní schéma výhledového napájení předmětné oblasti
- „ Paralelně spolupracujícím TNS je však společně jednotně zadáván taktovací signál pro určení referenčního fázového úhlu výstupního napětí. Tento signál je v případě zapojení trakční napájecí stanice s jednofázovým transformátorem do paralelně spolupracující skupiny měničových trakčních napájecích stanic veden výstupním napětím transformátoru 110/27kV.
- Připojení SFC k nadřazené DS 3x 110kV AC bude provedeno pomocí třífázového transformátoru a na straně trakční soustavy 25 kV AC jednofázovým transformátorem nebo výstupem, který představuje výstupní jednofázový měnič DC/AC, kapitola 3.3. Připojovací systémy obou transformátorů nebo transformátoru a měniče DC/AC pro připojení k vnějším soustavám budou rozhraním dodávky pro externí zařízení, které bude dodáno a instalováno dalšími dodavateli.
- Případné harmonické a korekční výkonové filtry jak na straně DS tak na straně trakčního systému 25kV AC budou součástí rozsahu dodávky SFC podle požadavků vycházející z návrhu SFC tak, aby vyhověly stanoveným požadavkům na provoz zařízení, tj. bude zahrnut návrh, dodávka, instalace a připojení filtrů, kapitola 4.4 a kapitola 4.4.2.
- SFC musí být vybaveno požadovaným komunikačním rozhraním pro přenos informací a možnost dálkového řízení z řídicího centra SCADA zákazníka při běžném provozu, stejně jako detailnější místní provozní řídicí panel pro údržbu a servisní provoz, kapitola 3.5.3.
- Místní zařízení pro řízení a chránění musí být dodáno pro každý SFC, a pokud je to možné, umístěno v odděleném prostoru, kapitola 3.5.3.
- Řídicí místnost bude přístupná i během provozu a bude zahrnovat pracoviště obsluhy, které bude umístěno v příslušné provozní budově.

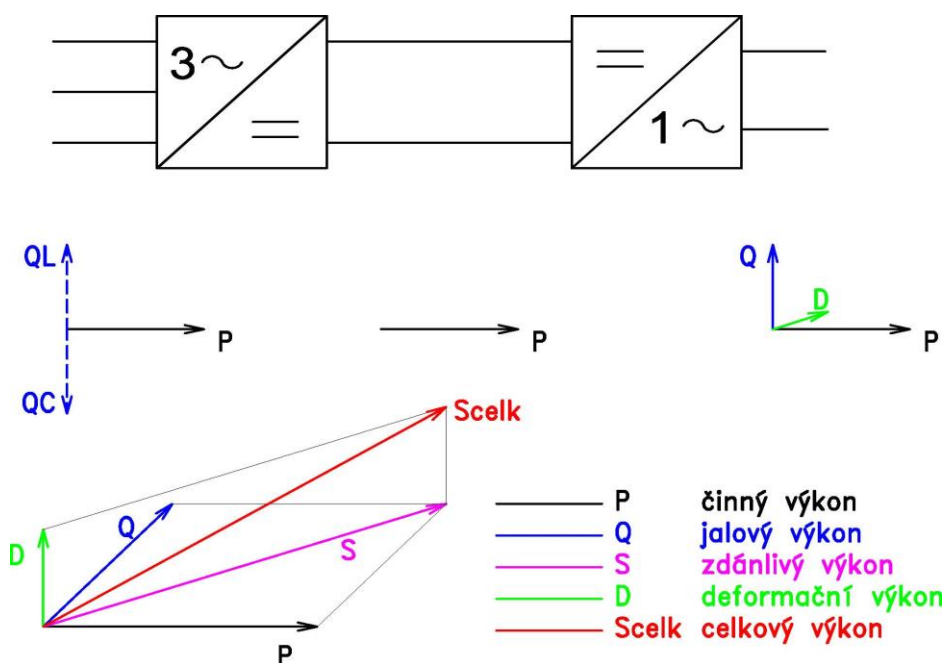
2.2 Všeobecný principiální popis SFC

SFC tvoří základní čtyři (příp. pět) části:

- vstupní třífázový snižovací transformátor s primárním napětím 110kV
- vstupní třífázový měnič AC/DC
- DC meziobvod
- výstupní jednofázový měnič DC/AC
- případné (pozn. pokud je návrh SFC vyžaduje pro splnění požadovaných podmínek) harmonické a korekční výkonové filtry nebo výstupní jednofázový transformátor se sekundárním napětím 25 kV

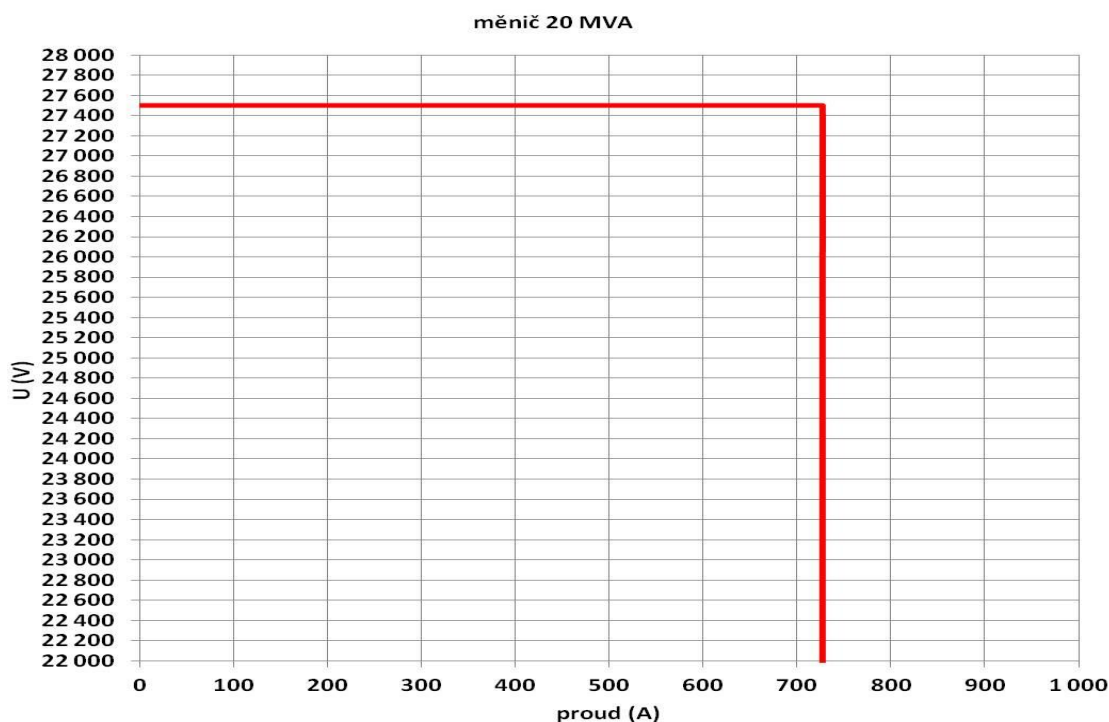
Přenos energie mezi vnějšími soustavami 3x110kV AC a 25 kV AC je u SFC řešen přenosem energie přes DC meziobvod, jehož využitím je dosahováno následujících výhod:

- mezi 1f AC výstupem a 3f AC vstupem měničů je přenášen jen činný výkon
- výstupní 1f měnič DC/AC generuje na výstupu TNS jednofázové, přibližně sinusové napětí. Je možno jej zatěžovat sinusovým proudem ve fázi s napětím (ideální případ – nové koncepce EHV se vstupním čtyřkvadrantovým měničem), i nesinusovým proudem s obsahem vyšších harmonických složek proudu a to fázově posunutým (starší koncepce EHV s diodovými usměrňovači a se DC trakčními motory). Určité fázové posunutí proudu za napětím vytváří i indukčnost TV. S vyššími harmonickými složkami proudu spojený deformační výstupní výkon, jakožto i s fázovým posunem proudu za napětím spojený jalový výstupní výkon měnič vytvoří a do jednofázového TV tento výkon dodá ($P = \sqrt{P_c^2 + P_j^2 + P_d^2}$), avšak do vstupního měniče se přes DC meziobvod přenáší jen jeho činná složka, viz Obrázek 2.



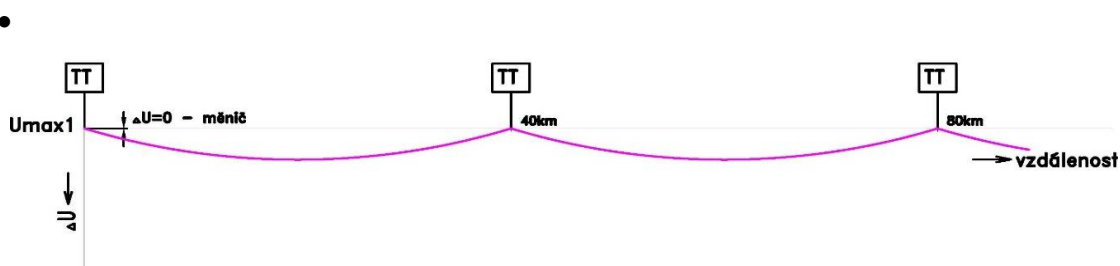
Obrázek 2 SFC – vektorový diagram výkonů

- není-li požadováno jinak, odebírá vstupní třífázový měnič AC/DC z třífázové soustavy jen činný příkon, tedy přibližně sinusový proud ve fázi s napětím a to rovnoměrně ze všech tří fází ($I_1 = I_2 = I_3$),
- přenos činného výkonu přes kaskádu měničů a jeho rovnoměrná symetrizace do všech tří fází DS probíhá obousměrně. Tedy jak při odběru příkonu pro EHV z DS, tak při navracení přebytku rekuperačního výkonu od EHV do DS
- díky vzájemnému propojení vstupní a výstupní strany kaskády měničů přes DC meziobvod se mohou výstupní a vstupní střídavá napětí TNS navzájem lišit nejen počtem fází a napětím (příslušnou napěťovou redukcí společně zajišťují vstupní třífázový transformátor a výstupní jednofázový transformátor), ale i kmitočtem a fázovým úhlem,
- u TNS 3 x 110kV 50 Hz / 1 x 25kV 50 Hz není důvod měnit kmitočet (avšak možné to je, zařízení to umožňuje), ale s výhodou lze využít možnost generovat výstupní napětí 25kV s určitým fázovým posunem vůči vstupnímu napětí 110kV, tedy s jiným fázovým úhlem vůči ose času. Tento princip umožňuje synchronizovat TNS tak, aby mohly paralelně spolupracovat, a to bez vzniku nežádoucích vyrovnávacích proudů, které by byly iniciovány rozdílnými fázovými úhly vstupního napětí 110 kV.
- TNS s kaskádou měničů tedy umožňují užívat systém 25 kV AC s „jednotnou“ a stabilizovanou fází. Díky tomu lze praktikovat i v systému 25 kV AC spojitě napájení TV bez střídání fází (úseky TV mohou být v normálním provozním stavu podélně i příčně propojeny a to jak u TNS, tak i u spínacích stanic SpS, situovaných přibližně uprostřed mezi sousedními TNS), není nutno ani vypínat proud, ani stahovat sběrač u EHV. To vytváří ideální podmínky jak pro jízdu vlaku (není přerušován výkon), tak i pro rekuperační brzdění i pro činnost pomocných zařízení, vytápění, větrání a klimatizace. Dlouhé spojitě napájené úseky zároveň vytvářejí podmínky pro uklidnění příkonu (nízký poměr $P_{\max}/P_{\text{stř}}$), tedy pro hospodárné dimenzování a pro nízké platby za rezervovaný příkon, i pro prioritní předávání rekuperovaného výkonu mezi EHV s minimálními zpětnými přetoky do DS.
- Výstupní charakteristiku TNS s SFC lze SW nastavit různým způsobem. Jedna z možností je konstantní výstupní napětí (např. 27,5 kV) nezávisle na velikosti zatěžovacího proudu a nezávisle na napětí v DS a to až do dosažení maximálního výkonu, limitovaného omezením výstupního proudu. SFC nejsou výkonově přetížitelné (příp. minimálně např. 1,15), při poklesu zatěžovací impedance přes mezní hodnotu proto dochází k automatickému poklesu jejich výstupního napětí při udržování stálého (mezního) proudu, viz Obrázek 3.



Obrázek 3 Příklad voltampérové charakteristiky SFC

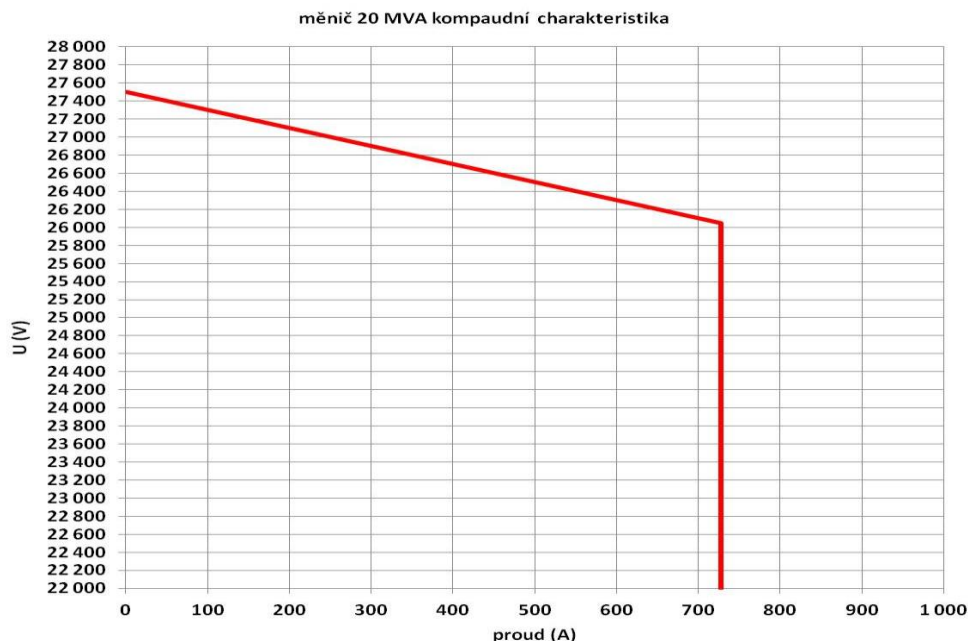
- Výhodou seřízení na konstantní napětí na úrovni horní toleranční meze je možnost využít celý disponibilní úbytek napětí (který skalárně činí 20 % U_n (trvalá horní mez: + 10 %, dolní mez nad zásahem automatického snižování výkonu EHV: - 10 %) pro podporu přenosové schopnosti TV (vnímáno vektorově $\Delta U = Z \cdot I$). Tím lze získat velký dosah vzdálenosti napájení EHV z TNS, nastává efekt „zdvižených záclon“, viz Obrázek 4.



Obrázek 4 Příklad efektu „zdvižených záclon“

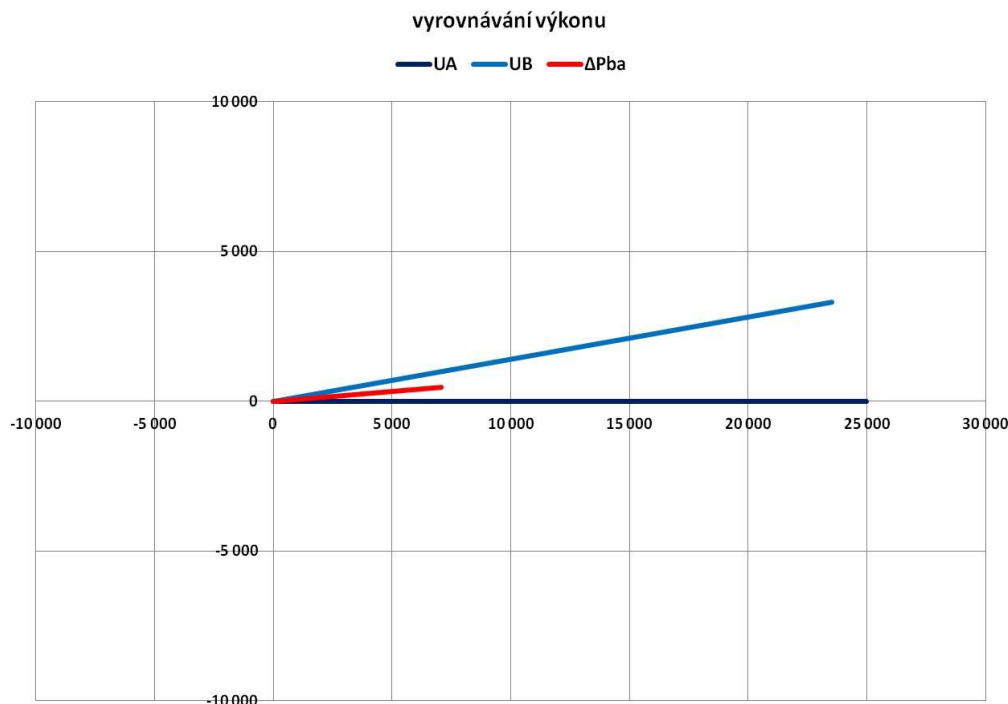
- Řízení TNS na konstantní napětí $U = \text{konst.}$ (a to na horní toleranční mezi), tedy tvrdý zdroj napětí, je výhodné z hlediska docílení velké přenosové schopnosti TV. Avšak pokud je cílem co nejvíce rovnoměrné zatížení TNS (nízký poměr $P_{\max}/P_{\text{stř}}$) je výhodnější měkká (kompandovaná) charakteristika simulující vnitřní impedanci $U = U_0 - Z_i \cdot I$. Měkká charakteristika umožňuje, že do oblasti silně zatížené TNS pomáhají dodávat potřebný příkon i vzdálenější TNS. Silně zatížená TNS s kompaundní charakteristikou totiž automaticky snižuje své napětí a tím vytváří

na TV spád napětí, potřebný pro přenos proudu (resp. výkonu) TV, viz Obrázek 5. S ohledem na převážně induktivní impedanci TV je však mezi sousedními TNS trakčním vedením přenášen nejen činný, ale i jalový výkon.



Obrázek 5 Příklad kompaudované charakteristiky SFC

- Řízení fázového úhlu: Nevýhodou změkčené charakteristiky je snížení úrovně napětí při větším zatížení, tedy přibližování se oblasti automatického poklesu výkonu vozidel podle TSI LOC&PAS, které nastává již při poklesu napětí pod 90 % jmenovité hodnoty. Tuto nevýhodu lze odstranit tím, že záměrně vyvolaný solidární tok výkonu TV, směřující od méně zatížené TNS k více zatížené TNS, není iniciován rozdílem amplitud výstupního napětí TNS, ale rozdílem fázových úhlů výstupního napětí TNS. Silně zatížená TNS automaticky mírně zpozdí vektor svého výstupního napětí a tím umožní sousedním TNS poslat do její oblasti část potřebného příkonu pro vozidla. Na tomto principu lze příznivě ovlivnit, rovnoměrnost zatížení TNS (příznivě nízký poměr $P_{\max}/P_{\text{stř}}$), zabránit přílišnému poklesu napětí na výstupu TNS vlivem práce v režimu omezení proudu, či překročení 15 minutového sjednaného středního příkonu z DS. Podobně lze ovlivnit, aby výkon generovaný rekuperačním brzděním prioritně směřoval k dalším vozidlům a aby byly minimalizovány zpětné dodávky přes TNS do DS, viz Obrázek 6. Pochopitelně je při tom nutno respektovat limity nejvyššího přípustného napětí na sběrači rekuperujícího vozidla (ČSN EN 50 163).



Obrázek 6 Příklad rozdíl velikosti napětí měničů v závislosti na pootočení úhlu napětí

- Vektorové řízení: Cíleným koordinovaným řízením jak amplitudy, tak i fázového úhlu výstupního napětí TNS lze docílit požadovaných toků činného či jalového výkonu TV, a tím umožnit buď redistribuci činného příkonu odebíraného z DS jednotlivými TNS při minimálních ztrátách v TV (toto zatěžovat jen činnou složkou proudu). Nebo naopak lze záměrně vyvolávat Jouleovy ztráty v TV ($\Delta P = RI^2$) průtokem výhradně jalového vyrovnávacího proudu (generovaného výstupním měničem jedné TNS a přijímaného výstupním měničem druhé TNS při odstraňování námrazy či ledovky z vrchního vedení).

2.3 Lokalita pro umístění SFC

Lokalita pro umístění SFC představuje prostory nové TNS v Černovicích. Zde budou instalovány dva SFC s výkonem 30 MW při $\cos \varphi = 0,95$. (Pozn.: zástavbová plocha 22 x 34 m pro oba SFCs, včetně vstupních a výstupních transformátorů). TNS s SFC musí splňovat protihluková opatření v předmětné lokalitě.

TNS Černovice - <https://mapy.cz/> souřadnice 49.1891156N, 16.6494211E

3 ROZSAH A ROZHRAŇÍ DODÁVKY SFC

3.1 Základní rozsah SFC

Standardní části a prvky včetně jejich složení pro SFC pro TNS Brno-Černovice musí být provedeny tak, aby splňovaly požadované vlastnosti, parametry, funkce a EMC kladené na SFC jako celek ((Pozn.: SFC jako celek = od vstupních svorek 3x 110kV až po výstupní svorky 1x 25kV), kapitola 2.1.2. Dále musí být tyto jednotlivé části provedeny tak, aby splnily požadavky na definovaná rozhraní včetně diagnostiky a monitoringu.

Zákazník má právo v rámci již výběrového řízení odsouhlasit technický návrh řešení SFC technologie.

3.2 Rozhraní pro SFC

SFC představují jediné „přímé“ spojení trakčního systému s nadřazenou distribuční soustavou (DS) a umožňují přenos energie (EE) oběma směry.

Základní rozhraní tvoří:

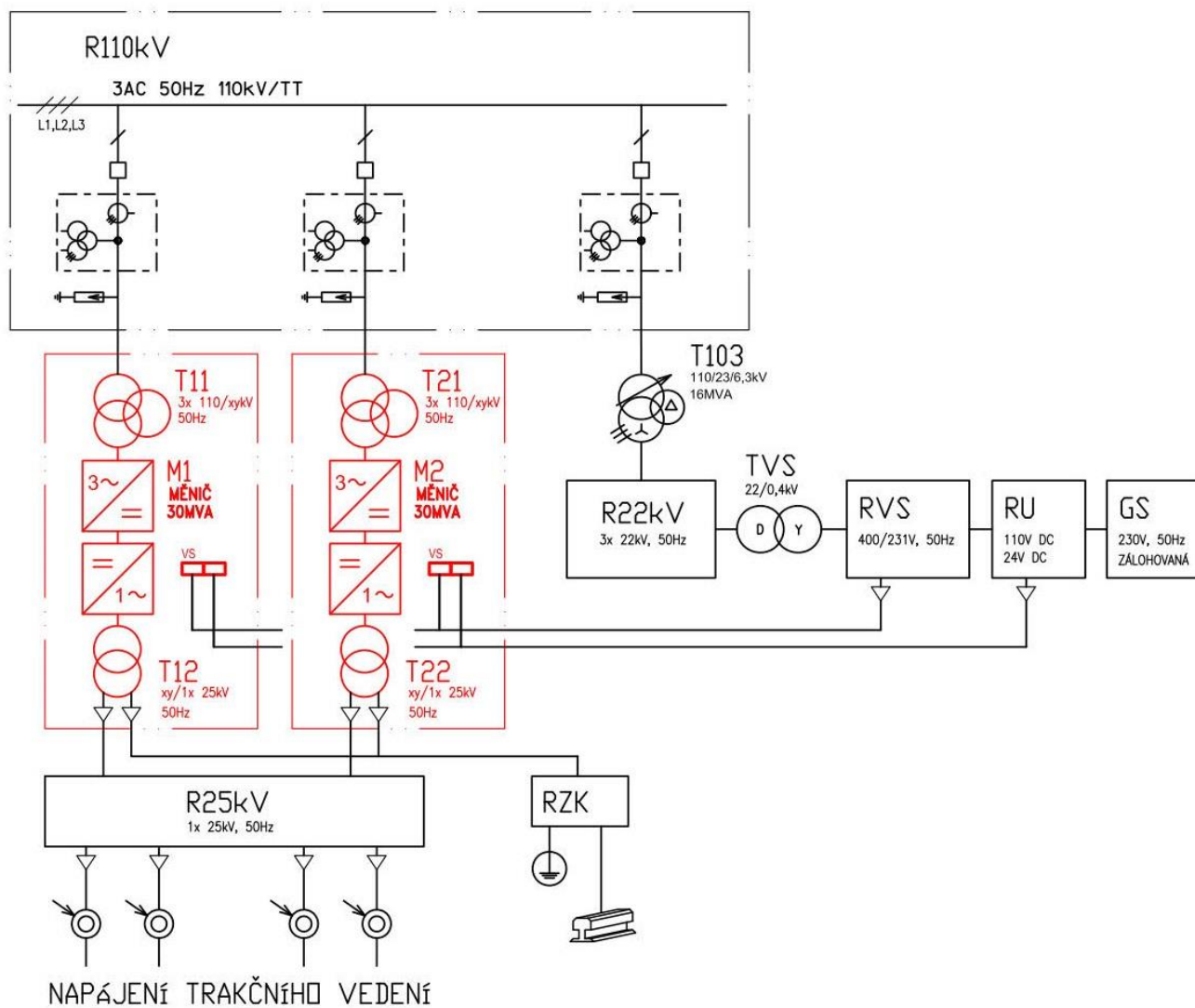
- Rozhraní vůči rozvodně na straně 3 f nadřazené soustavy (DS)
- Rozhraní vůči rozvodně na straně 1 f trakčního systému
- Rozhraní pro ovládání (místní, dálkové, ústřední/centrální)
- Rozhraní pro pomocné napájení
- Rozhraní pro sousední zařízení
- Rozhraní pro ostatní části projektu / investiční akce ve stejné lokalitě (ostatní).
- Rozhraní pro stavební práce

Vymezená rozhraní musí Dodavatel SFC se Zákazníkem před zahájením plnění předmětu veřejné zakázky odsouhlasit, tak aby nedošlo k odchýlení v detailních částech aktuálního stavu, tak nebyly ovlivněny další návazné procesy, technická řešení, vlastní práce a obsah a průběh testů.

3.3 Rozsah dodávek dodavatele SFC

Pro TNS Brno-Černovice jsou použity dva SFC se vstupním 3-fázovým transformátorem se vstupním 3-fázovým transformátorem 3x110kV/xxkV s frekvencí 50 Hz a výstupním 1-fázovým transformátorem xxkV/25 kV, s frekvencí 50 Hz, viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..** (Pozn.: Hranice dodávky zařízení SFC jsou označeny červenou barvou. Uvedené schéma neobsahuje případné bloky filtrů, které budou součástí vlastního návrhu a řešení).

TNS BRNO-ČERNOVICE



Obrázek 7 Rozsah dodávky SFC pro TNS Brno-Černovice

Celý systém SFC zahrnuje následující základní části:

- 3f SFC transformátor - Černovice – vstupní napětí 3x 110kV
- SFC pro výkon 2x 30MW při $\cos \varphi = 0,95$
- 1f SFC transformátor – výstupní napětí 1x 25kV
- Harmonické a korekční výkonové filtry 3f a 1f (pokud je návrh SFC vyžaduje)
- Chladicí systém SFC
- Řídicí systém SFC
- Systém chránění SFC
- Silové rozvody v rámci SFC (kabely, elektrovedné trubky, rozvody chlazení, apod.)
- Pomocné ocelové konstrukce pro zařízení a rozvody zajišťující propojení vstupní transformátor – měnič – výstupní transformátor, tlumivku a případné další zařízení SFC
- Rozvody pomocného napájení v rámci SFC včetně UPS
- Podklady nutné pro uvedení zařízení do provozu na drahách
- „Studie kompatibility harmonických a dynamických jevů“ ve vztahu k napájení dráhy podle ČSN EN 50 388, která je podmínkou pro získání certifikátu shody s TSI ENE.
- „Studie kompatibility“ podle ČSN EN 50 238.
- Hluková studie

3.4 Rozsah dodávek zákazníka pro SFC

Dodávky ze strany zákazníka. Pro zákazníka provádí dodavatel stavby:

- Zastřešené stání vstupních 3f transformátorů a výstupních 1f transformátorů
- Základy pro umístění technologie SFC, chladiče a tlumivek
- Kabelové kanály pro uložení kabelů silových, pomocných, ovládacích a měřicích
- Přívodní trubky 110kV pro napojení vstupního 3f transformátoru SFC
- Vývodové kabely 50kV z výstupního transformátoru SFC do rozvaděče 25 kV
- Vývodové kabely 1kV z výstupního transformátoru SFC do rozvaděče zpětných kabelů
- Kabely nn pro napojení pomocného napětí SFC
- Optická vlákna pro propojení ochran SFC bez záložní trasy.
- Rozhraní s protokolem podle ČSN EN 60870-5-104 pro propojení s řídicím systémem stávajících TNS se zálohováním geograficky oddělenou trasou
- Uzemnění zařízení SFC podle požadavků dodavatele SFC a jeho připojení na uzemnění TNS
- Oplocení SFC (pletivo)

3.5 Rozhraní dodávek

3.5.1 Rozhraní vůči rozvodně na straně DS 3x110 kV/příp. 22 kV AC

Návrh jednotlivých prvků vychází jednopólového schématu zapojení.

3.5.2 Rozhraní vůči rozvodně na straně trakčního systému 1x25 kV AC

Návrh jednotlivých prvků vychází jednopólového schématu zapojení.

3.5.3 Rozhraní pro ovládání a řízení

SFC musí umožňovat ovládání a řízení:

- místní – řešeno v rámci SFC
- dálkové – řešeno v rámci místního řídicího systému (MŘS) konkrétní TNS (vazba řídicí místnost TNS a SFC)
- ústřední/centrální - ústřední ovládání a řízení bude řešeno přes elektrodispečink (ED) – Brno (vazba TNS a ED)
- Všechny režimy musí být provedeny tak, aby plně pokrývaly požadavky na napájení TV a rekuperaci do DS viz kapitola 2.1.1. „Požadované základní provozní stavy SFC“ a kapitola 2.1.2 „Požadované hlavní funkce a parametry SFC“.
- Výstupní/vstupní komunikační systémy SFC musí být schopny komunikace s navrženým a schváleným komunikačním systémem v konkrétní TNS.
- Komunikační standardy jsou IEC 61850 a IEC 60870-5-104.

3.5.4 Rozhraní pro pomocné napájení

- zálohované napětí 110V DC a 24V DC s omezeným výkonem – bude upřesněno v rámci projektu,
- bezvýpadková síť 1x 230V s frekvencí 50Hz s omezeným výkonem, bude upřesněno v rámci projektu,
- zálohovaná síť 230V/3x 400 V z vlastní spotřeby s omezeným výkonem, bude upřesněno v rámci projektu.

Pozn.: Pro vlastní SFC se předpokládá síť 3x400V. Dimenzování přívodů pro SFC bude provedeno na základě požadavku příkonů.

3.5.5 Rozhraní pro sousední zařízení

Rozhraní pro sousední zařízení je patrné ze situace TNS Brno-Černovice a z projektu.

3.5.6 Rozhraní pro ostatní části projektu

Toto rozhraní uvádí níže uvedená Tabulka 1, která představuje investiční akce ve sledované lokalitě, které případně souvisejí s instalací SFC technologie.

Tabulka 1 Související investiční akce ve sledované lokalitě

<i>Objekt</i>	<i>Název</i>
<i>PS 12-03-21</i>	<i>TNS Brno-Černovice, rozvodna 110 kV SŽ, technologie</i>
<i>PS 12-03-22</i>	<i>TNS Brno-Černovice, rozvodna 110 kV SŽ, SKŘ</i>
<i>PS 12-03-23</i>	<i>TNS Brno-Černovice, transformátor 110/23kV</i>
<i>PS 12-03-24</i>	<i>TNS Brno-Černovice, transformátory VVN/VN pro trakční měniče</i>
<i>PS 12-03-31</i>	<i>TNS Brno-Černovice, technologie trakčních měničů</i>
<i>PS 12-03-32</i>	<i>TNS Brno-Černovice, rozvodna 25kV</i>
<i>PS 12-03-33</i>	<i>TNS Brno-Černovice, rozvodna 22kV</i>
<i>PS 12-03-34</i>	<i>TNS Brno-Černovice, vlastní spotřeba</i>
<i>PS 12-03-37</i>	<i>TNS Brno-Černovice, ochrana napájecího systému EG.D</i>
<i>PS 12-03-38</i>	<i>TNS Brno-Černovice, vazba ochran měničů</i>
<i>SO 12-20-01</i>	<i>TNS Brno-Černovice, podpůrná konstrukce</i>
<i>SO 12-23-01</i>	<i>TNS Brno-Černovice, opěrná zeď</i>
<i>SO 12-24-01</i>	<i>TNS Brno-Černovice, zárubní zeď 1</i>
<i>SO 12-24-02</i>	<i>TNS Brno-Černovice, zárubní zeď 2</i>
<i>SO 12-31-01</i>	<i>TNS Brno-Černovice, kanalizace</i>
<i>SO 12-32-01</i>	<i>TNS Brno-Černovice, vodovod</i>
<i>SO 12-50-01</i>	<i>TNS Brno-Černovice, příjezdová komunikace</i>
<i>SO 12-50-02</i>	<i>TNS Brno-Černovice, zpevněné plochy</i>
<i>SO 12-60-01</i>	<i>TNS Brno-Černovice, kabelovod</i>
<i>SO 12-82-04</i>	<i>TNS Brno-Černovice, oplocení</i>
<i>SO 12-88-01</i>	<i>TNS Brno-Černovice, vnější uzemnění</i>
	<i>TNS Brno-Černovice, Požárně bezpečnostní řešení</i>

3.5.7 Rozhraní pro stavební práce

Systém SFC a všechno související vybavení musí být zajištěny pevným oplocením podle specifikace Zákazníka. Toto je zakresleno v situaci TNS Brno-Černovice v projektu, Tabulka 1 akce: SO 12-82-04 TNS Brno-Černovice, oplocení

4 PROVOZNÍ PROSTŘEDÍ A DATA

TNS Brno-Černovice je situována v prostoru mezi silnicí Černovická a kolejištěm, v blízkosti redukční plynové stanice.

4.1 Podmínky prostředí

Území Brno-Černovice spadá do klimatické oblasti T4, která je charakterizována velmi dlouhým létem, velmi teplým a velmi suchým, přechodné období je velmi krátké, s teplým jarem a podzimem, zima je krátká, mírně teplá a suchá až velmi suchá s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky. Jedná se na území ČR o jednu z nejteplejších a zároveň i velmi suchou oblast. K této oblasti se váží klimatické charakteristiky, Tabulka 2.

Tabulka 2 Klimatické charakteristiky oblasti T2 a T4

Klimatická charakteristika	Hodnota T2
Počet letních dnů	50-60
Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C a více	160-170
Počet mrazových dnů	100-110
Počet ledových dnů	30-40
Průměrná teplota vzduchu v lednu	-2 až -3°C
Průměrná teplota vzduchu v dubnu	8 až 9°C
Průměrná teplota vzduchu v červenci	18 až 19°C
Průměrná teplota vzduchu v říjnu	7 až 9°C
Počet dnů se srážkami vyššími než 1 mm	90-100
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350 až 400 mm
Srážkový úhrn v zimním období	200 až 300 mm
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40-50

Území Nezamyslice:

- Minimální a maximální teploty okolí: - 25°C, 40 °C
- Minimální a maximální vlhkost: 20 %, 100%
- Nadmořská výška: 190 m n. m.
- Stupeň znečištění Degree of pollution, míra zařazení místa stavby (vliv na okolí), prostředí (tzn. podle IEC 60815-1): střední – silné (stupeň II - III)
- Slané / kyselé spady (vyskytují se v daném místě / nevyskytují): nevyskytují

- Sluneční záření: průměrný roční úhrn 3 900 – 4 000 MJ/m², sluneční svit: 1 600 – 1 700 h/rok
- Zatížení větrem (průměrně, nárazově): průměrně 3 – 4 m/s
- Výška sněhu (pokud je aplikovatelné): charakteristická hodnota zatížení sněhem
 $s_k = 0,75$ kPa, průměr maxim výšky sněhové pokrývky: 20 – 30 cm
- Námrazy (pokud je aplikovatelné): průměrný počet dní s námrazou: 2 – 5 dní za rok
- Dešťové srážky: průměrný úhrn srážek: 550 – 600 mm/rok
- Seismické poměry (pokud je aplikovatelné): seismická oblast 0,05·g
- Specifické požadavky / zákony / omezení ze strany ochrany životního prostředí (příroda, obyvatelstvo, kolemjdoucí)

4.2 Data napájecí nadřazené DS 3x 110kV AC

- Jmenovitá frekvence - 50 Hz +4 %/-6 % (tj. 47 Hz...52 Hz) během 100 % času
- Jmenovité napětí Brno-Černovice - AC 3x110kV ± 10 % - distributor EG.D
- Jmenovité napětí odběru SFC Brno-Černovice - AC 3x110kV ± 10 %
- Základní izolační úroveň (BIL) a odolnost sítě proti špičkám přepětí -PNE 33 3430-5 4. vydání

V níže uvedených Tabulka 3 jsou uvedeny hodnoty zkratových příspěvků z DS na hladině 110 kV

Tabulka 3 Hodnoty zkratových příspěvků z DS na hladině 110kV TNS Brno-Černovice

rozvodna		S_{ks}^3	I_{ks}^3	S_{ks}^1	I_{ks}^1
		(MVA)	(kA)	(MVA)	(kA)
R 110 kV TNS Brno-Černovice	max	3 371	17,7	3 656	19,2
	min	1 669	8,8	1 840	9,7

SFC v TNS Brno-Černovice budou napájeny z transformátorů 110/xxkV, 30MVA. Transformátory nebudou provozovány paralelně – každý transformátor bude napájet svůj SFC, které mohou pracovat paralelně.

- Způsob uzemnění:
- Poměry při zemním spojení:
 - SFC v TNS Nezamyslice bude připojeno na síť 3x110kV, 50Hz / TT – distributor EG.D.
- Vybavení nulového bodu:
 - TNS Nezamyslice síť 3x110kV, 50Hz / TT – uzemněný uzel transformátoru 110 kV
- Minimální přeskoková vzdálenost ve vzduchu – viz ČSN EN 61936-1– tabulka 1

- 110 kV – 1100 mm
- 22 kV – 270 mm
- 25 kV – 320 mm

Podrobnější data jsou k dispozici ve „**Studii připojitelnosti trakční napájecí stanice TNS Brno-Černovice do distribuční sítě 110 kV EG.D**“.

Musí být ověřen soulad s Vyhláškou č. 16/2016 Sb., že připojované zařízení vyhovuje požadavkům PNE 33 3430. Tato studie musí zahrnovat minimálně:

- odběr činného příkonu (čtvrthodinové maximum, nepřekročitelné maximum) kdykoliv až do výše odpovídající jmenovitému výkonu instalovaných zařízení,
- dodávku činného příkonu (čtvrthodinové maximum, nepřekročitelné maximum) kdykoliv až do výše odpovídající jmenovitému výkonu instalovaných zařízení,
- odběr jalového příkonu (čtvrthodinové maximum, nepřekročitelné maximum) podle operativních dispozic distribuční společnosti až do výše odpovídající jmenovitému výkonu instalovaných zařízení,
- dodávku jalového příkonu (čtvrthodinové maximum, nepřekročitelné maximum) podle operativních dispozic distribuční společnosti až do výše odpovídající jmenovitému výkonu instalovaných zařízení.

Studie musí zahrnovat posouzení případného zpětného vlivu SFC na DS 3x 110 kV a dále prověření potřebného jalového výkonu pro DS, kapitola 2.1.2. – „SFC musí být dimenzováno na primární vstupní straně 110 kV výkonově tak, aby bylo možno kompenzovat DS trvalým výkonem 5 MVA“ (Pozn. Zde se jedná o dodatečnou funkci SFC, kterou je možno chápat jako „službu“, avšak má dopad na dimenzování SFC).

Dále bude provedena „**Studie kompatibility trakční napájecí stanice**“ (subsystém ENE), s drážními vozidly (subsystém RST) a s kolejovými obvody železničních zabezpečovacích zařízení (subsystém CCS) podle ČSN EN 50238 jakožto nutná podmínka pro získání certifikátu shody s TSI ENE, potřebného pro vystavení stavebního povolení.

Zatížení harmonickými složkami DS je součástí „**Studie připojitelnosti trakční napájecí stanice TNS Brno-Černovice do distribuční sítě 110 kV EG.D**“, která je součástí dokumentace.

Dále je předpoklad:

TNS Brno-Černovice – distributor EG.D: Pravidla provozování distribučních soustav - Příloha 3 - Kvalita napětí v distribuční soustavě, způsoby jejího zjišťování a hodnocení, listopad 2011

Limity zpětných vlivů na DS 110 kV - Veškerá elektrická zařízení Žadatele připojovaná na distribuční soustavu musí splňovat požadavky na maximální přípustnou úroveň zpětných vlivů na elektrizační soustavu. Limity pro úroveň zpětných vlivů způsobovaných jedním odběratelem z distribuční soustavy stanovuje PNE 33 3430 - 0. Pozornost je potřeba věnovat především následujícím vlivům:

- Flickr - limity pro jednoho odběratele jsou:
 $P_{it} = 0,25$ dlouhodobá míra vjemu flickru
 $P_{st} = 0,35$ krátkodobá míra vjemu flickru
- Nesymetrie napětí - způsobená jedním odběratelským zařízením (jedním odběrným místem) - $u(2)$ příp. $< 0,7 \%$.
- Vyšší harmonické - přípustné úrovně jednotlivých harmonických napětí musí být dle PNE 33 3430 - 0.
- Kolísání napětí - změny napětí musí být omezeny na 2% U_n , maximální přechodné změny na 3% U_n .
- Zpětné vlivy na HDO (meziharmonické) - rušivé napětí na frekvenci HDO, nebo v bezprostřední blízkosti nesmí překročit $0,1 \%$ U_n , na frekvenci $f_{HDO} \pm 100$ Hz hodnotu $0,3 \%$ U_n . Elektrická zařízení nesmí negativně působit na útlum signálu HDO - v případě nadměrného útlumu signálu HDO je odběratel povinen provést nápravná technická opatření (změna technologie, instalace hradicích členů, atd.).
- Komutační poklesy - relativní hloubka komutačních poklesů musí být omezena na $d_{KOM} < 0,05$

4.3 Data trakčního systému 1x25 kV AC

Trakční vedení (TV)

Sestava trakčního vedení - stávající

- Tr 150 Cu + NL 120 Cu + ZV 120 Cu nebo 240 AlFe
- Dle vzorové sestavy „J“ pro DC 3 kV

Sestava trakčního vedení - po realizaci stavby

- Tr 150 Cu + NL 70 Bz bez ZV
- Dle vzorové sestavy „S“ pro AC 25 kV 50 Hz

Napájecí body (TNS)

V rámci stavby bude realizována nová TNS Brno-Černovice. Výhledová oblast napájení odpovídá základnímu schématu napájení na Obrázek 8 Základní schéma výhledového napájení předmětné oblasti

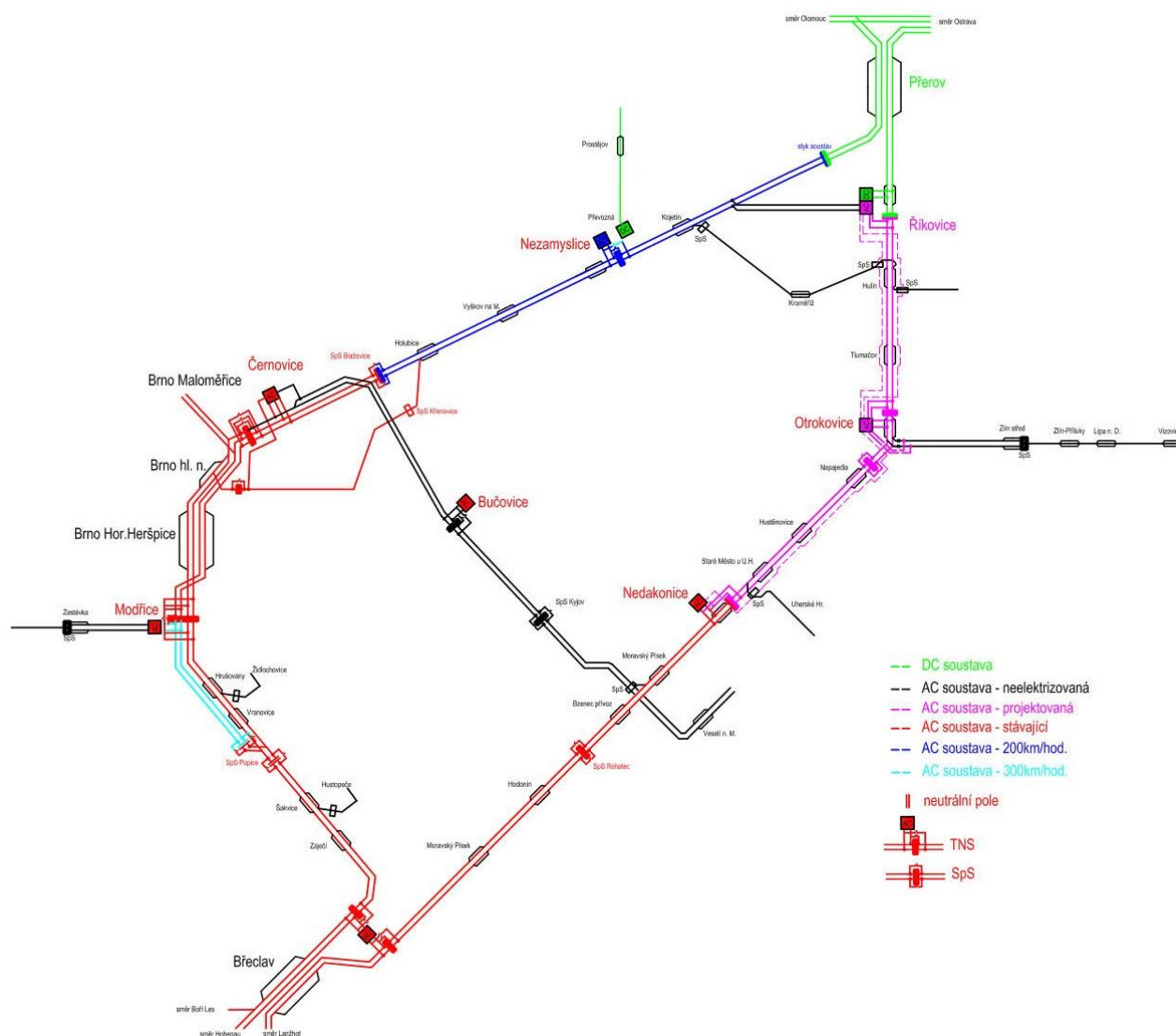
. V další stavbě je plánována výstavba TNS Nezamyslice. TNS Bučovice je plánována ve výhledu.

Spínací stanice (SpS)

V dalších stavbách se plánuje výstavba spínací stanice (SpS):

- SpS 25kV Blažovice

Nová TNS musí být připravena na uvedený výhledový stav napájení.



Obrázek 8 Základní schéma výhledového napájení předmětné oblasti

Výstupní parametry napájení musí odpovídat ČSN EN 50163 ed. 2. SFC musí tedy splňovat tyto podmínky pro AC 25 kV 50 Hz:

- Jmenovitá frekvence - 50 Hz +4 %/-6 % (tj. 47 Hz...52 Hz) během 100 % času
- Jmenovité napětí systému 1x 25 kV AC
- Rozmezí změn napětí běžné, přechodné ČSN EN 50163, ČSN EN 50124
- Nejnižší krátkodobé napětí: 17,5 kV
- Nejvyšší trvalé napětí: 19,0 kV
- Nejvyšší trvalé napětí: 27,5 kV
- Nejvyšší krátkodobé napětí: 29,0 kV
- Délky trvání a další požadavky jsou vypsány v bodě 4.1 normy ČSN EN 50163 ed.2.

Orientační impedance TV (bez TNS):

- Dvoukolejná trať, druhá stopa bez proudu $(0,25 + j 0,40)\Omega/\text{km}$
- Jednokolejná trať $(0,25 + j 0,40)\Omega/\text{km}$

Předpokládané provozní konfigurace TV:

TNS Brno-Černovice: normální provozní stav - v provozu je sousední TNS Nezamyslice a TNS Modřice

V TNS Brno-Černovice - provoz 1x SFC, který napájí TV k SpS Blažovice

- TNS Brno-Černovice – SpS Blažovice $I_{TV} = xx,xx \text{ km}$

TNS Brno-Černovice: výluka TNS Nezamyslice

V TNS Brno-Černovice – provoz 2x SFC:

SFC M1 napájí TV po TNS Nezamyslice

- TNS Brno-Černovice – TNS Nezamyslice $I_{TV} = xx,xx \text{ km}$

SFC M2 napájí TV po SpS Blažovice (směr TNS Bučovice)

- TNS Brno-Černovice – SpS Blažovice $I_{TV} = xx,xx \text{ km}$
- Celková délka napájeného TV $I_{TV} = xx,xx \text{ km}$

Kapacita TV 1-kolejné trati

- $C_{1TV} = 15 \text{ nF/km}$

4.3.1 Připojení SFC

- TNS Brno-Černovice – vstupní 3f transformátory SFC se vstupním napětím 110 kV jsou připojeny elektrovednými trubkami z vývodového pole rozvodny 110 kV do zastřešeného stání vstupního transformátoru. Z těchto trubek jsou připojeny na vstupní průchodky transformátoru. Propojení vstupní transformátor – SFC – výstupní transformátor je součástí dodávky SFC. Výstupní transformátor s výstupním napětím 25 kV v zastřešeném stání je připojen kabely 50 kV do přívodního pole rozvaděče 25 kV umístěného v technologické budově.

Jak již bylo uvedeno, zatížení harmonickými složkami DS je uvedeno ve zpracování „**Studii připojitelnosti trakční napájecí stanice TNS Brno-Černovice k distribuční soustavě na hladině 110 kV**“. Součástí této studie je kromě výše uvedených kapitol i část „**Studie kompatibility harmonických a dynamických jevů**“, která bude zpracovaná podle ČSN EN 50 388, jakož to nutná podmínka pro získání certifikátu shody s TSI ENE, potřebného pro vystavení stavebního povolení.

Dále harmonické zatížení je předpokládáno v rozsahu, které je specifikováno v kapitole 6.7.2.

4.4 Zabezpečovací zařízení trati

Staniční zabezpečovací zařízení

Jako staniční zabezpečovací zařízení (SZZ) jsou použita elektronická zařízení ESA 11 ovládaná z jednotného obslužného pracoviště. Zařízení jsou dálkově ovládána prostřednictvím systému DOZ z Centrálního dispečerského pracoviště Přerov.

Traťová zabezpečovací zařízení

Jako traťová zabezpečovací zařízení jsou použity elektronické autobloky ABE-1 s centralizovanou výstrojí ve stavědlových ústřednách v ŽST.

Přejezdová zabezpečovací zařízení

Jako přejezdová zabezpečovací zařízení jsou použita zařízení typu PZZ-EA.

Vlaková zabezpečovací zařízení

Traťový úsek Brno - Přerov je vybaven národním vlakovým zabezpečovacím zařízením LS, jedná se o vlakové zabezpečovací zařízení třídy B podle TSI CCS. Národní vlakové zabezpečovací zařízení LS pracuje na principu 100% amplitudové modulace nosného kmitočtu 75 Hz, resp. 50 Hz (Pozn.: V předmětném úseku je použit pouze kmitočet 75 Hz.) V roce 2018 je na uvedené trati instalován systém ERTMS/ETCS úrovně 2, jeho uvedení do provozu se předpokládá v roce 2019. Výhradní provoz vlaků pod dohledem systému ETCS má být na předmětném traťovém úseku zahájen k datu 1. 1. 2025.

Systém pro detekci vlaků

V železničních stanicích (žst) jsou/budou použity perspektivní paralelní kolejové obvody KOA1 (**KO-6401**) napájené dvoufázovým signálním napětím 2x220 V, 275 Hz se soubory digitálních kolejových přijímačů TCR a se stykovými transformátory DT-075. Pracovní kmitočet může být nastavován v pásmu 274 Hz až 276 Hz. Na trati jsou/budou použity perspektivní paralelní kolejové obvody KOA1 (**KO-6301**) napájené dvoufázovým signálním napětím 2x220 V, 75 Hz se soubory digitálních kolejových přijímačů TCR a se stykovými transformátory DT-075. Pracovní kmitočet může být nastavován v pásmu 73 Hz až 77 Hz.

Pro potřeby přejezdových zabezpečovacích zařízení jsou použity také kolejové obvody ASE5, které mají pracovní kmitočet 51,2 kHz.

V budoucnu lze také předpokládat použití počítačů náprav na uvedené trati jako systémů pro detekci vlaků. Mezi typické reprezentanty aktuálně používaných počítačů náprav patří systém FAdC a snímače RSR180 od společnosti Frauscher Sensortechnik GmbH.

Napájení ZZ

Přípojka pro napájení zdrojů zabezpečovacího zařízení musí dodržovat normové charakteristiky EE podle ČSN EN 50160 ed. 3 (napájení z veřejné DS nebo lokální distribuční sítě anebo z náhradního zdroje a podle ČSN EN 50163 ed. 2 (napájení z AC trakce).)

4.4.1 Schéma napájení trakční sítě

Schéma napájení trakční sítě je zřejmé ze „Schématu napájení a dělení trakčního vedení“, které je součástí v projektu trakčního vedení, SR 34 - Nastavování, provoz a údržba reléových ochran trakčního napájecího obvodu.

Orientační impedance TV (bez TNS):

- Dvukolejná trať, druhá stopa bez proudu $(0,25 + j 0,40)\Omega/\text{km}$
- Jednokolejná trať $(0,25 + j 0,40)\Omega/\text{km}$

4.4.2 Trakční kolejová vozidla

SFC musí být schopen pracovat s hodnotami $\text{mim. } \cos \varphi = 0,80 - 1,00$ induktivního charakteru a s vyšším obsahem harmonických zejména řádu 3. a 5. (kapitola 6.7.2), které generují starší koncepce EHV provozované na železniční síti ČR.

5 POŽADAVKY NA PROVOZ SFC

5.1 Provozní režimy SFC

Při běžném provozním režimu bude SFC akceptovat základní řídicí povely (jako je start a stop) z místního, dálkového nebo ústředního/centrálního ovládání rozhraní. Tyto povely budou iniciovat automatické sekvence najetí / start a odstavení / stop, které budou plně řízené a kontrolované řídicím systémem SFC.

- Řídicí systém musí plně kontinuálně ovládat a kontrolovat provoz SFC. Řídicí systém bude součástí dalšího vybavení, řízení amplitud a fáze výstupního napětí SFC a omezí výstupní proud v případě přetížení či zkratu na straně TV.
- SFC musí najet při napájení ze strany 3f sítě. Automaticky se nafázuje na referenční taktovací kmitočet, zapne vypínač a dodává činný a jalový výkon podle nastavené charakteristiky 50 Hz, jednofázového trakčního výkonového systému.
- SFC musí být schopen nezávislého provozu nebo paralelního provozu s jiným místním nebo vzdáleným novým SFC v systému jednotné fáze stejně jako s místním nebo vzdáleným stávajícím napájecím jednofázovým transformátorem / transformátory.
- SFC musí být schopen najet „ze tmy“ systém 50 Hz. SFC musí být schopen se nafázovat na referenční taktovací kmitočet a napájet síť 50 Hz a spolupracovat na zátěži s ostatními TNS.
- Musí být možné připojit jiné SFC a odpojit jiné od SFC bez signalizace do systému řízení SFC. Rozdělení nebo převzetí zátěže musí být provedeno automaticky podle nastavených charakteristik pro činný a jalový výkon. Řídicí systém SFC musí rozlišovat mezi ostrovní sítí a propojenou sítí:
 - v ostrovní síti je optimální udržovat konstantní napětí a fázi,
 - v propojené síti je vhodná kompaudace – pokles napětí respektive změna fázového úhlu při zatížení proudem.

K dispozici budou následující provozní režimy:

- SFC vypnut (Off) - Ve stavu SFC “Vypnuto „OFF” je SFC mimo provoz, tj. hlavní vypínače vypnuté na obou stranách a jsou zablokovány sekvence pulzů.
- VAr kompenzace - Režim “VAr kompenzace” umožní regulaci U/Q charakteristiky na straně trakce. Hlavní 1f vypínač je sepnut a SFC generuje pulzy na straně 1f trakce. Chladicí okruh je v provozu a hlavní vypínač na straně 3f sítě je stále vypnutý.
- SFC v provozu (On) - Při stavu SFC “Provoz / On” jsou připojeny sítě na obou stranách a bude umožněn oboustranný přenos výkonu SFC. Regulace bude nezávisle nastavena parametry ze přednastavených charakteristik. Charakteristiky budou vycházet z požadovaných funkcí a parametrů viz kapitola 2.1.2. V tomto režimu jsou oba hlavní vypínače sepnuty, pulzy na obou stranách SFC jsou generovány a chladicí jednotka je v provozu.

5.2 Omezení zatížení SFC

Funkce omezení slouží k eliminaci krátkodobých i dlouhodobých přetížení bez vypnutí jednotky SFC. Cílové proměnné mohou být měření proudů, měření teploty, teplotní výhledy / trendy nebo jiné proměnné, které jsou považované jako kritické parametry pro provozní podmínky SFC. Se standardním nastavením jsou limitace aktivní pouze v provozních stavech SFC, které jsou mimo specifikovaný provozní rámec a zátěžové cykly.

5.3 Funkční testy SFC

Pokud je SFC bezpečně odpojen od sítě, musí místní ovládací panel umožnit testy chlazení, větrání, vypínačů, SFC a případně další zařízení. Musí umožnit ruční zapnutí a vypnutí chladících čerpadel, ventilátorů a vypínačů.

Musí umožnit testy iniciačních pulzů výkonových polovodičových prvků SFC. Index modulace musí být nastavitelný a musí umožnit ověření funkčnosti výkonových polovodičových prvků.

5.4 Řídící režimy SFC

5.4.1 Řízení napětí v trakční soustavě

- Řízení napětí musí být nastaveno podle charakteristiky závislosti napětí na jalovém výkonu $U = f(Q)$.
- Řízení frekvence musí být nastavitelné také podle charakteristiky závislosti frekvence na činném výkonu $f = f(P)$.
- Charakteristiky musí být nastavitelné. SFC musí také umožňovat nastavit napětí v závislosti na výkonu okolních spolupracujících TNS.
- Sklon (ve vztahu k impedanci) a jmenovité napětí (odpovídající převodovému poměru) musí být nastavitelné.
- Parametry musí být nastavitelné v libovolném čase i během provozu. Všechny parametry musí být nastavitelné z místního panelu, důležité parametry také dálkově.

5.4.2 Řízení zátěžového úhlu

- Řízení zátěžového úhlu musí být provedeno podle charakteristiky závislosti fázového úhlu na činném výkonu $\varphi = f(P)$.
- Charakteristika závislosti fázového úhlu na činném výkonu musí být nastavitelná. SFC musí také umožňovat nastavit fázový úhel v závislosti na výkonu okolních spolupracujících TNS.
- Sklon (vzhledem k impedanci) musí být nastavitelný.
- Hodnota zátěžového úhlu musí být nastavitelná na 0° (ve vztahu k fázovému posunu napájení sítě).

- Parametry musí být nastavitelné v libovolném čase i během provozu. Všechny parametry musí být nastavitelné z místního panelu, důležité parametry také dálkově.

5.4.3 Řízení napětí trakční soustavy

- Řízení napětí musí být nastavené podle charakteristiky závislosti napětí na jalovém výkonu $U = f(Q)$.
- Charakteristika musí být podobná charakteristice napájení standardním výkonovým transformátorem.
- Sklon (ve vztahu k impedanci) a jmenovité napětí (odpovídající převodovému poměru) musí být nastavitelné.
- Parametry musí být nastavitelné v libovolném čase i během provozu. Všechny parametry musí být nastavitelné z místního panelu, důležité parametry také dálkově.

5.4.4 Paralelní provoz a rozdělení zátěže

- SFC musí převzít odpovídající část činné a jalové zátěže. To musí být primárně ošetřeno napěťovou charakteristikou a charakteristikou zátěžového úhlu SFC.
- SFC musí být možno nastavit jako hlavní řídicí jednotku, tzn. SFC bude konfigurován na tuto funkci dynamickým nastavením parametrů napětí a fázového úhlu.
- Řídicí režim nesmí vyžadovat pilotní nebo jakýkoliv jiný signál z nadřazeného řídicího systému prostřednictvím rychlé komunikace pro umožnění stabilního paralelního provozu (s výjimkou jednotné taktovací frekvence). SFC musí pokračovat s podílením se na zátěži, i když selže jakákoliv komunikace na nadřazené řízení nebo sousední TNS nebo dojde k poruše jiného SFC.

5.5 Události v nadřazené DS 3x110 kV AC

5.5.1 Chování SFC při poruše

- SFC musí udržet napětí a frekvenci v rámci mezí, popsanych normou EN 50328 kapitola 2.3.2.1 bez vypnutí.
- SFC jednotka musí být chráněna proti přepětí podle popisu v normě EN 61393-1 tabulka 1. Zde zadané podmínky nesmí znamenat poškození jednotky SFC.
- SFC musí být chráněn proti nebezpečí poškození vlivem změn frekvence v síti mimo definovaný rámec.

5.6 Události v trakčním systému 1x25 kV AC

5.6.1 Chování SFC při poruše

Z důvodu zajištění vypnutí od externího ochranného zařízení v případě zkratu v síti TV, musí SFC napájet zkratovým proudem.

- Zkratový proud z SFC musí být svým tvarem (nikoliv amplitudou) co nejvíce podobný zkratovému proudu ze standardního transformátoru. Proto se zkratový proud z SFC může jevit jako napájení ze stabilního sinusového zdroje za měřenou impedancí. SFC může omezit zkratový proud z důvodu ochrany výkonových polovodičových prvků. SFC musí udržovat primárně sinusový průběh zkratového proudu, toho by mělo být dosaženo pomocí zmenšení amplitudy (zdánlivého) napěťového zdroje.
- Napěťový zdroj (zdánlivý) musí držet stejnou fázi a frekvenci jako v okamžiku těsně před poruchou. Zkratový proud si pak udrží (v závislosti na impedanci poruchy) svou fázi, stejně jako frekvenci.
- SFC musí napájet zkratovým proudem až 3 sekundy bez přerušení.
- Zkratový proud pak bude v 1,3 násobku jmenovitého proudového zatížení SFC.
- SFC musí zkratovým proudem napájet ihned po vzniku zkratu (v závislosti na aktuálním zatížení a poruše, nejpozději však do 15 ms), není dovoleno přerušení nebo časové zpoždění.

5.6.2 Chování SFC při ztrátě zatížení

Vlivem rozepnutí nebo sepnutí vypínače a změn v síti a uspořádání rozdělení zatížení, může dojít k velké skokové změně zatížení SFC z vysokého zatížení na minimální zatížení nebo k plnému odlehčení SFC nebo naopak.

- SFC musí být schopen projet skokové změny při všech kombinacích poměru činného a jalového výkonu až do $\pm 80\%$ jeho jmenovitého výkonu bez vypnutí nebo zablokování sekvence pulzů. Tento stav musí být možný bez závislosti na aktuální konfiguraci sítě (ostrovní nebo paralelní provoz) před i po skokové změně.

6 PROVOZNÍ POŽADAVKY NA SFC

Vychází z kapitoly „Hlavní funkce a parametry SFC 2.1.2“

6.1 Požadavky na stanovení výkonů SFC

- SFC musí být dimenzovány na sekundární výstupní straně 25 kV výkonově tak, aby bylo akceptováno kapacitní zatížení způsobené TV v plném rozsahu (100 %)
- Jmenovité zatížení SFC = špičkové zatížení SFC
- SFC musí být dimenzován pro zpětný tok energie do DS do jmenovitého zatížení SFC
- SFC musí být dimenzováno na primární vstupní straně 110 kV výkonově tak, aby bylo možno kompenzovat DS trvalým výkonem 5 MVA (Pozn.: Tato funkce je považována jako doplňková funkce, která pro vlastní řešení napájení systému 25 kV AC není nutná, avšak má dopad do návrhu dimenzování SFC).
- TNS Brno-Černovice - 2x 30 MW při udržení $\cos \varphi = 0,95 - 1,00$ induktivního charakteru na vstupní straně SFC od DS
- Napětí u trakčního systému AC 25 kV 50 Hz (nejnižší krátkodobé napětí 17,5 kV, nejnižší trvalé napětí 19,0 kV, nejvyšší trvalé napětí 27,5 kV, nejvyšší krátkodobé napětí 29,0 kV) viz ČSN EN 50163 ed. 2. a ČSN EN 50124

6.2 Požadavky na účinnost SFC

- SFC musí mít celkovou účinnost minimálně 97 % při jmenovitém zatížení. Tuto hodnotu musí dosahovat již od 40 % jmenovitého zatížení.

6.3 Požadavky na servisní cyklus SFC

- Veškeré vybavení a materiál, dodané podle smlouvy, musí být navrženo na provoz na svých jmenovitých parametrech podle specifikovaných provozních podmínek na servisní cyklus nejméně 25 let.

6.4 Požadavky na provozní dostupnost a spolehlivost SFC

- SFC musí mít vysokou spolehlivost a minimální nároky na údržbu. SFC bude trvale v provozu s maximální dobou odstavení dva dny (2x 24 hod) v roce. Doba odstavení SFC bude v době odstavení TNS z důvodu údržby a revize zařízení.
- Provozní dostupnosti pro SFC jako celku je požadována 99,5 % pro vynucené (neplánované) odstávky.
- Provozní dostupnosti pro SFC jako celku je 99 % v případě plánované a neplánované údržby. Pro případ dvou SFC je povolena hodnota 98 %.
- Dodavatel dodá výpočet spolehlivosti SFC jako celku. Hodnoty spolehlivosti jsou garantovanou hodnotou.

6.5 Požadavky na akustický hluk SFC

V chráněném venkovním prostoru staveb je základní hygienický limit hluku stanoven na 50 dB ve dne a 40 dB v noci. V případě, že má hluk tónový charakter, je třeba přičíst další korekci – 5 dB. Výsledný limit je tedy 45 dB pro den a 35 dB pro noc s uvažováním tónových složek. Požadované výsledné limity platí pro celé spektrum provozu SFC jako celku. Místo pro ověření hodnoty je určeno vzdáleností obytné zástavby. V okolí TNS Brno-Černovice se obytná zástavba vyskytuje. Musí tedy být zpracována hluková studie.

6.6 Požadavky na straně napájecí DS 3x110kV AC

6.6.1 Požadavky na jalový výkon u DS

- Jalový výkon se mění podle požadavků sítě ($\cos \varphi = 0,95 - 1,0$)
- SFC musí být dimenzováno na primární vstupní straně 3x 110 kV výkonově tak, aby bylo možno kompenzovat DS trvalým výkonem 5 MVA (Pozn.: Tato funkce je považována jako doplňková funkce, která pro vlastní řešení napájení systému 25 kV AC není nutná, avšak má dopad do návrhu dimenzování SFC).

6.6.2 Požadavky na harmonické u DS

Zatížení harmonickými složkami DS je součástí zpracování „**Studie připojitelnosti trakční napájecí stanice TNS Brno-Černovice k distribuční soustavě na hladině 110 kV**“, kterou zpracovala společnost EGU Brno.

Dále je předpoklad:

TNS Brno-Černovice – distributor EG.D: Pravidla provozování distribučních soustav - Příloha 3 - Kvalita napětí v distribuční soustavě, způsoby jejího zjišťování a hodnocení, listopad 2011. Limity pro úroveň zpětných vlivů způsobovaných jedním odběratelem z DS stanovuje PNE 33 3430 - 0.

6.6.3 Požadavky na EMC u DS

- SFC musí vyhovět požadavkům definovaných ČSN EN 50121 pro lokalitu
- Návrh SFC musí respektovat požadavky vycházející s kmitočtu pro HDO v dané oblasti – viz studie připojitelnosti.

6.7 Požadavky na straně trakčního systému (TS) 1x25 kV AC

6.7.1 Požadavky na jalový výkon u TS

- SFC musí být schopen pracovat s hodnotami $\cos \varphi = 0,80 - 1,00$ induktivního charakteru, které generují starší koncepce EHV provozované na železniční síti ČR.

6.7.2 Požadavky na harmonické u TS

Maximální přípustné hodnoty harmonických jsou definovány v **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**

Tabulka 4 Meze harmonických napětí způsobených harmonickými proudy emitované z TNS

řád harmonické	maximální přípustná hodnota u_h pro rezervovaný příkon S_i (%)
3	0,490
5	0,732
7	0,732
9	0,366
11	0,742
13	0,742

Pro kontrolu činitele zkreslení napětí se uvažuje dále uvedené spektrum S_1 a pro proudové a napěťové dimenzování prvků filtrů se uvažuje dále uvedené spektrum S_2 proudu trakčního obvodu, Tabulka .

Tabulka 5 Procentní podíl harmonických ve spektrech S_1 a S_2

Harmonická složka	Spektrum „optimistické“ S_1	Spektrum „pesimistické“ S_2
I_3 [%]	25	35
I_5 [%]	10	25
I_7 [%]	5	15
I_9 [%]	3	12
I_{11} [%]	2	10
I_{13} [%]	1	9

- Dodržení požadavků na harmonické zatížení trakční sítě musí být Dodavatelem zahrnuto do návrhu SFC a jeho komponentů.
- Limity emisí definované Zákazníkem musí být prokazatelným způsobem – formou protokolu z měření či simulace dodány Dodavatelem.

6.7.3 Požadavky na EMC u TS

- SFC musí vyhovět požadavkům definovaných ČSN EN 50121 pro lokalitu

6.7.4 Požadavky ze strany zabezpečovacího zařízení

Použití technologie SFC pro napájení trakčního vedení může mít vliv (dojít k ovlivnění) zabezpečovacího zařízení, zejména systémů pro detekci vlaků. Z tohoto důvodu musí být možnost ovlivnění systémů pro detekci vlaků technologií SFC posouzena.

Kolejové obvody

Podmínky spolupráce a zajištění bezpečné funkce kolejových obvodů jsou dnes stanoveny právními a technickými předpisy výhradně pro vozidla a zařízení napájená z trakčního vedení (stacionární odběry). Pro tyto účely jsou stanoveny limity ohrožujících proudů a další podmínky, které musí být na straně vozidel a zařízení napájených z trakčního vedení splněny. Základní technický předpis, který definuje uvedené podmínky, je ČSN 34 2613 ed. 3. Tento předpis rozděluje kolejové obvody na „starší kolejové obvody“ (viz příloha A uvedené normy) a „perspektivní kolejové obvody“ (viz příloha B uvedené normy).

Norma dále připouští připojení stacionárních zdrojů rušivého proudu (stacionárních odběrů) pouze do kolejového úseku s perspektivním kolejovým obvodem podle článků B 3.5 a B 3.6.

V souladu s popisem zabezpečovacího zařízení na traťovém úseku Brno – Přerov (kapitola 4.4) jsou kolejové obvody KO-3400 a KO-4300 považovány za „starší kolejové obvody“ podle ČSN 34 2613 ed. 3 a kolejové obvody KO-6301 a KO-6401 jsou považovány za perspektivní kolejové obvody.

Ochranná kmitočtová pásma pro starší kolejové obvody jsou (68 až 80) Hz a (262 až 280) Hz a pro perspektivní kolejové obvody jsou (73 až 77) Hz a (273 až 277) Hz. Současně je nutno respektovat ochranné pásmo pro činnost národního vlakového zabezpečovače LS v rozsahu (66 až 83) Hz.

Ochranná pásma pro vysokofrekvenční kolejové obvody na drahách celostátních, regionálních a vlečkách jsou (44 – 56) kHz.

Obecně nelze předpokládat, že by technologie SFC plnila požadavky na limit rušivého proudu pro zařízení typu stacionárních zdrojů rušivých proudů (zařízení stacionárních odběrů) podle ČSN 34 2613 ed. 3 článku B 3.5. Kompatibilita použité technologie SFC a kolejových obvodů, jako systému pro detekci vlaků, tedy bude muset být prokázána jiným způsobem. S ohledem na tuto skutečnost je nutno považovat nasazení technologie SFC za bezpečnostně významnou změnu železničního systému podle Prováděcího nařízení komise (EU) č. 402/2013 a navrhovatel (Pozn.: Vzhledem k vazbě na konkrétní použitou technologii SCF a znalostem jejího chování by se mělo jednat o dodavatele nebo výrobce této technologie.) uvedené změny, by na základě použité konkrétní technologie SFC měl realizovat postupy podle uvedeného prováděcího zařízení a podle ČSN EN 50126-1.

Inspirací pro posouzení kompatibility technologie SCF a kolejových obvodů mohou být normy ČSN 50238-1 a ČSN CLC/TS 50238-2 (Pozn: Uvedené normy řeší kompatibilitu vozidel a kolejových obvodů, ale mohou určitým způsobem sloužit jako vodítko pro stanovení postupu a principu pro posouzení kompatibility technologie SFC a kolejových obvodů.), přitom je však nutno vzít na vědomí, že teoreticky učiněné závěry (ve věci kompatibility SCF a kolejových obvodů) budou muset být také doložené odpovídajícími měřeními při uvádění technologie SFC do provozu. Případně je také možno uvažovat o nasazení permanentních monitorovacích systémů ohrožujících signálů v rámci trakční napájecí stanice s technologií SFC. Konkrétní provedení monitorovacího systému, úroveň integrity bezpečnosti a limity budou případně předmětem diskuzí s dodavatelem technologie SFC.

Počítače náprav

Vzhledem k použitému principu u počítačů náprav (použití magnetického pole dvou systémů, které je ovlivněno okolkem projíždějícího kole železničního vozidla) se nepředpokládá, že by použití technologie SFC mělo nějaký negativní vliv na tento systém pro detekci vlaků. Obecně jsou požadavky na vzájemnou kompatibilitu počítačů náprav a dalších subsystémů uvedeny v ČSN CLC/TS 50238-3 (jen vozidla) a TSI CCS, resp. v dokumentu ERA/ERTMS/033281 „Interfaces between CCS trackside and other subsystem“.

7 POMOCNÉ SYSTÉMY A SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

7.1 Výkonová elektronika SFC

- SFC musí být navržen na jmenovitý činný výkon, jak je definováno kapitole 6.1.
- Technologie, dimenzování a výběr komponentů SFC musí provést Dodavatel tak, aby zajistil splnění požadavků definovaných v kapitole, 2.1.2, 5.5.1, 6.1, a 6.2, vše s ohledem na kapitolu 4.
- Dodavatel provede redundanci SFC dle požadavků v kapitole 2.1.2.
- SFC musí být vybaven odpovídajícím systémem chránění pro vlastní ochranu a ochranu systému proti potenciálním nebezpečným provozním režimům.

7.2 Výkonový 3f transformátor SFC

- Návrh transformátoru SFC musí uvažovat s podmínkami okolí, jak je definováno v kapitole 4 a dále bude upřesněno projektem.
- Transformátor pro SFC musí být navržen podle požadavků systému SFC, které jsou definovány výrobcem SFC (minimální požadavky).
- Transformátor SFC může být dimenzován odlišně od SFC, je však nutno vzít v úvahu zátěžové cykly SFC.
- Minimální požadavky na příslušenství a ochranné vybavení musí specifikovat Dodavatel.

7.3 Výkonový 1f transformátor SFC

- Návrh transformátoru SFC musí uvažovat s podmínkami okolí, jak je definováno v kapitole 4.
- Transformátor pro SFC musí být navržen podle požadavků systému SFC, které jsou definovány výrobcem SFC (minimální požadavky).
- Transformátor SFC může být dimenzován odlišně od SFC, je však nutno vzít v úvahu zátěžové cykly SFC.
- Transformátor SFC mezi SFC a TV je považován za vhodnější vzhledem k tomu, že galvanicky odděluje SFC od trakčního systému a díky impedanci transformátoru brání průniku případných DC proudů do AC trakčního systému.
- Minimální požadavky na příslušenství a ochranné vybavení musí specifikovat Dodavatel.

7.4 Filtry harmonických SFC

- Návrh komponent pro harmonické filtry musí uvážit podmínky okolí, jak je definováno v kapitole 4.
- Komponenty pro harmonické filtry musí být navrženy pro plánovanou nebo kompatibilní úroveň napětí podle lokálních připojovacích podmínek nebo norem.

- Návrh komponent harmonických filtrů musí být navrženy pro data sítě, jak je definováno v kapitolách 4.

7.5 Chladicí systém SFC

- Čerpadla musí být umístěn v prostoru s možností provozní kontroly a údržby čerpadel. Musí být mimo rizikové prostory rozvodny a mimo prostor místnosti řídicího systému.
- Chladicí systém musí obsahovat dvě čerpadla pro zálohu a možnost kontroly a údržby po dobu provozu. Výměna čerpadla musí být možná během provozu.
- Řízení systému chladicího média musí být zajištěno řídicím systémem SFC. Samostatný řídicí systém na bázi programovatelného automatu (PLC) není přípustný. V místnosti čerpadel musí být možno najet chladicí systém ručně (čerpadla a ventilátory) pro umožnění provádění servisu a údržby.
- Na obou stranách každého čerpadla musí být ručně ovládané ventily, každý filtr a každé čidlo musí být možno jednoduše vyměnit beze ztráty / úniku většího množství chladicího média z chladicího systému.
- Chladicí médium musí být řešeno tak aby odpovídalo celoročnímu provozu SFC v předmětných lokalitách s ohledem na vlhkost a teplotu okolí.
- Tepelné výměníky musí být umístěny venku a musí být lehce přístupné ze všech stran pro možnost čištění tepelného výměníku, např. tlakovou vodou.
- Bezpečnostní vypínače přívodu energie pro tepelné výměníky musí být dány a umístěny pro každý výměník samostatně.
- Pro systém chlazení musí být využity ventilátory s odpovídajícím nízkým hlukem, kapitola 6.5. Ventilátory musí být rozděleny do minimálně dvou skupin, které budou řízeny samostatným regulátorem otáček. Pro ventilátory je požadována redundance (n-1).
- Řídicí systém SFC musí přenášet informace o stavech a poruchách chladicího systému, případně povely pro ovládání chladicího systému na/z elektrodispečinku (ED).

7.6 Systém chránění a řízení SFC

- Systém řízení a chránění musí kontrolovat, chránit a řídit všechny oblasti systému SFC, včetně řízení a chránění samotného systému. Napájení musí být provedeno přes UPS - jednotné pro TNS (AC nebo DC) a umožnit odstavení v řízeném režimu v případě ztráty napájení.
- Řídicí systém SFC musí být instalován v samotném SFC, v samostatné místnosti. Místnost musí být umístěna v klimatizovaném velínu a kdykoliv dostupná.
- Systém chránění a řízení musí kontrolovat a diagnostikovat všechny komponenty a musí zamezit poruše snížením zatížení, nebo pokud to není jinak možné, odstavit zařízení běžným postupem nebo i případně havarijním

vypnutím. Při havarijním vypnutí musí zamezit opětovnému startu až do odstranění příčiny poruchy nebo přinejmenším do doby místní kontroly.

- Funkce chránění a funkce řízení musí být prováděny stejným integrovaným kompatibilním systémem, ale jinými kontrolery, umožňujícími vzájemnou výměnu signálů a uniformitu údržbových nástrojů (např. záznam přechodových jevů, SW změna parametrů, atd.) a snížený počet náhradních dílů. Nejdůležitější ochranné funkce (např. Buchholz, nadproud ,atd.) musí být řešeny redundantně.

Systém chránění a řízení musí mít následující funkce:

- Kontrolu uzavřených regulačních smyček SFC a jeho příslušenství
- Kontrolu otevřených smyček SFC a jejich příslušenství
- Kontrolu a ochranu SFC a jeho příslušenství
- Zajištění rozhraní pro místní i dálkový režim provozu
- Zajištění diagnostiky a funkce servisu

Dále systém chránění musí zajistit:

- Bezpečný provoz při všech provozních podmínkách
 - Provoz ve všech režimech řízení
 - Provoz ve všech provozních režimech
 - Automatický a postupný přechod mezi provozními režimy
- Bezpečnostní vazby / blokády
- Kontrolu a řízení všech pomocných systémů, nezbytných pro SFC
- Přístup k diagnostickým a servisním funkcím místně i ústředně (prostřednictvím neveřejné virtuální privátní sítě Zákazníka)
- Umožnění nastavení základních parametrů (tj. P a Q charakteristiky) operátorem / dispečerem
- Všechny funkce chránění, nezbytné pro chránění SFC od 3f rozvodny po 1f trakční rozvodnu
- Chránění musí být navrženo pro bezpečný provoz SFC. Funkce chránění musí být aplikované pro všechny poruchové stavy, které se mohou vyskytnout. Všechny funkce chránění pro SFC musí být řízeny, zajištěny a zobrazovány rozhraním obsluhy SFC (místně všechny signály, dálkově/ústředně sumární signály).
- Vypínače SFC musí být monitorovány a ovládány přímo ze systému chránění a řízení SFC.
- Systém musí zahrnovat monitorování poruch a událostí. Poruchy, události a trendy musí k dispozici pro kontrolu či přehled prostřednictvím místního nebo dálkového dohledového displeje či panelu. Komunikačním jazykem musí být Čeština. Záznamy přihlášení musí být exportovatelné ve formátu „csv“.
- Sumární poruchová hlášení a hlášení událostí musí být dostupné pomocí ústředního rozhraní operátora.

- Systém musí zahrnovat záznamy poruchových stavů, s vysokým rozlišením a dostatečným časem záznamu před a po spuštění záznamu, pro umožnění diagnostiky vnějších i vnitřních poruch SFC nebo událostí. Záznam přechodových stavů musí být dostupný pro vyhodnocení pro možnou analýzu uživatelem.

V rámci nabídky musí Dodavatel poskytnout detaily jím navrženého systému řízení a chránění. A to včetně rozhraní obsluhy, schémat chránění provozních a řídicích režimů, parametrů a charakteristik nastavení, záznamu poruchových stavů, HW, SW, síťové topologie, použitých komunikačních protokolů, atd.). Vše musí být přesně zdokumentováno.

7.7 Druhy provozu SFC

- Místní provoz
- Dálkový provoz
- Ústřední/centrální provoz

Pozn.: Zvláštním režimem je vzdálený přístup (VPN)

7.7.1 Místní provoz

- SFC musí být říditelné místně, režim místního nebo dálkového provozu bude volitelný přes přepínač na pracovišti místního řídicího systému ve velínu s tím, že bude provedena vhodná blokáce ústředního ovládání.

Místní HMI (rozhraní pro obsluhu) musí zahrnovat jednopólová schémata zapojení (SLD), přehled trendů, monitorování událostí, přihlášení, podporu údržby a podporu řešení problémových situací.

- Přehled o SFC s indikací provozního stavu, pozice vypínačů a měření.
- Interaktivní schémata pro start a odstavení SFC, případně pro krokové a automatické sekvence, indikaci aktuálního kroku sekvence.
- Možnost nastavení všech parametrů řízení SFC.
- Detailní seznam Událostí s možností filtrování.
- Samostatný seznam Alarmů se všemi aktivními a přetrvávajícími neaktivními alarmy.
- Volitelné možnosti trendů a měření.
- Funkce pro testování pomocného vybavení, jako jsou vypínače, chladicí systém, ventilátory, výměníky tepla atd.

Všechny funkce musí být blokovány tak, aby se předešlo možnosti provozu mimo bezpečnou oblast.

7.7.2 Dálkový provoz

- Síťové rozhraní pro místní řídicí systém Zákazníka musí být na optické síti s protokolem IEC 61850.
- Pomocí tohoto rozhraní musí být možné najet a odstavit SFC v režimu plně automatické sekvence.
- Místní řídicí systém musí umožnit kvitování alarmů nebo vypnutí SFC, pokud je to bezpečné.
- Základní parametry nastavení charakteristik musí být nastavitelné.
- Musí být umožněno přenos sumárních poruch, hlášení a hlavního měření (U, I, P, Q atd.). V dokumentaci musí být popsán způsob slučování jednotlivých informací.
- Dodavatel musí připojit místní řídicí systém k Zákazníkem dodanému komunikačnímu rozhraní nadřazeného systému (SCADA dálkový komunikační terminál apod.) v rámci objektu TNS (SFC).

Všechny alarmy a události musí být komunikovány do nadřazeného ústředního/centrálního systému společně s časovými značkami ochrany a řídicího systému SFC. Časy všech komponent SFC včetně řídicích systémů musí být synchronizované.

7.7.3 Ústřední/centrální provoz

- Ústřední/centrální ovládání a řízení musí být řešeno komunikačním protokolem podle ČSN EN 60870-5-104 přes elektrodispečink (ED) – Brno.

7.7.4 Vzdálený přístup (VPN)

- Místní řídicí systém SFC musí být vybaven servisním rozhraním.
- Místní řídicí systém SFC musí mít samostatné síťové připojení pro vzdálený přístup servisní podpory.
- Soubory, exportované řídicím systémem SFC, jako je seznam událostí, grafy a soubory s hodnotami měření, musí být možno stáhnout prostřednictvím tohoto servisního rozhraní.
- Zákazník zajistí přístup k tomuto servisnímu rozhraní pro vzdálený přístup s využitím VPN pro počítač vybraného SFC, tento přístup bude mít provedeno zabezpečení ve vztahu ke kybernetické bezpečnosti.

7.8 Stavební práce

- Dodavatel zajistí dodání výkresů s návrhy dispozic jednotlivých částí a s jejich přesným rozměrovým uspořádáním a s požadavky, nutnými pro zajištění stavebních prací.

- Systém SFC a všechno související vybavení, jako je venkovní rozvodna, transformátory, záblesková ochrana, stavební části atd., musí být zajištěny pevným oplocením podle specifikace Zákazníka. Oplocení kolem SFC provede dodavatel stavby.
- Zákazník dodá přístupový zámkový systém Dodavateli pro zajištění kompatibility systému.

7.9 Krytí SFC

- SFC musí být umístěn odpovídajícím způsobem v krytých prostorech.
- Krytí ve venkovním prostředí umístěných zařízení musí být minimálně IP 54.
- Všechny části musí mít odpovídající nátěry vnitřní i vnější, v barvách odsouhlasených Zákazníkem, pro podmínky daného prostředí, bez nutnosti údržby po dobu minimálně 15 let.
- Umístění a velikost loga na dodaném zařízení, včetně jeho provedení, musí být odsouhlaseny Zákazníkem.
- Místnost/prostor rozvodny musí obsahovat rychle působící prvky pro tlakové odlehčení jako ventily / klapky / tlumiče, namontovaných výše pro ochranu proti poškození nebo zborcení konstrukce při případné poruše s průvodním vnitřním elektrickým obloukem.
- Ventilace a klimatizace musí být provedeny podle požadavků pro provoz SFC na plném výkonu při všech specifikovaných podmínkách prostředí.
- Velín pro řízení musí být proveden podle požadavků pro provoz SFC na plném výkonu při všech specifikovaných podmínkách prostředí.

7.10 Uzemnění

- Zemní nože / uzemňovače musí být blokovány vůči vypínačům a odpojovačům.
- Kompletní sada uzemňovačů pro všechny zemnicí body v kontejneru musí být zahrnuta v rozsahu dodávky.
- Uzemnění musí být možné z prostorů pro pracovníky.

8 KONTROLY, TESTY, AKCEPTACE, UVEDENÍ DO PROVOZU SFC

8.1 Požadavky všeobecné na SFC

- Při testech musí být vždy přítomen zástupce výrobce/dodavatele SFC, který má odpovídající specializaci v rámci zaměření kontroly/testu, pokud nebude dohodnuto se zákazníkem jinak.
- Zákazník má právo určit svého zástupce pro danou specializaci mimo rámec dohodnutých profesí či zástupců.
- Každý test, jehož výstupem bude dokument/protokol, bude mít mimo jiné uvedenou SW a HW verzi konkrétní části SFC.
- Prohlídky/kontroly a testy jsou plánovány pro ověření, že SFC vyhovuje požadavkům specifikovaným Zákazníkem. Hlavní cílem bude, zda bylo dosaženo zamýšlené funkčnosti a parametrů např. kapitola 2.1.2.
- Všechny hlavní testy musí být oznámeny v předstihu nejméně 8 týdnů před předpokládaným termínem testu. Zákazník si vyhrazuje právo účasti na testech a dále má právo na doplnění požadavků na testy s ohledem na požadované funkce SFC/SFCs.
- Dokumentace k testům (Plán prohlídek/kontrol a testů) bude dodána nejpozději 4 týdny před termínem testů. Dokumentace bude vždy obsahovat podrobné schéma zapojení při testování.
- Veškeré testovací příslušenství musí být kalibrováno.

8.2 Požadavky na Model SFC

Zákazník požaduje pro SW ladění model SFC, který bude možné uchovat pro další využití.

8.3 Požadavky na plán prohlídek a testů SFC

- Dodavatel musí dodat Zákazníkovi Plán prohlídek a testů (PPT) pro schválení. PPT musí identifikovat všechny ověřované a dokladované body prohlídky v průběhu výroby, testování a uvádění do provozu.

PPT musí minimálně obsahovat zahrnovat:

- Seznam prováděných testů
- Odpovídající ověřované a dokladované body
- Předpokládaný termín provedení testů

Pozn.: Test Factory Acceptance Test (FAT) = Výrobní testy před odesláním SFC) je považován za zádržný a zároveň kontrolní bod pro splnění všech ověřovaných a dokladovaných testů. Zákazník má právo změny.

8.4 Požadavky na testy standardní a Factory Acceptance Testing (FAT)

Dodavatel musí provést standardní (tovární) testy následujících komponentů před jejich odesláním SFC z výroby na místo instalace, kde bude provedeno uvedené do provozu,

a to minimálně v rozsahu:

- SFC výkonová část
- SFC řídicí skříň
- SFC chladicí systém a externí výměníky tepla
- SFC 3fázový vstupní transformátor pro 50 Hz
- SFC 1fázový výstupní transformátor pro 50 Hz
- SFC filtry (vstupní/ výstupní pokud jsou součástí SFC)
- SFC řízení
- Ostatní související části SFC od různých sub-dodavatelů

Standardní testování musí být provedeno v souladu s odpovídajícím seznamem norem.

Zákazník má právo na změnu či doplnění FAT před jeho oznámením začátku, tj. zasláního harmonogramu FAT.

Zákazník si vyhrazuje právo účasti svých zástupců již při simulacích SFC.

Pro každý FAT musí být předem zaslán předpokládaný průběh testu a po provedení testu report/ výsledek testu pro přehled, případný komentář a odsouhlasení testu v rámci dvou týdnů od dokončení testu.

Report s výsledky FTR (Factory Test Report) musí minimálně obsahovat:

- Výsledky všech zkoušek
- Záznam z průběhu zkoušky - oscilogramy, grafy, tisky výsledků, atd.
- Certifikáty standardních testů
- Seznam vad z výroby

8.5 Požadavky na uvedení do provozu

- Uvedení do provozu je definováno jako období následující po dokončení instalace a ukončení prací na místě stavby. Uvedení do provozu je rozděleno na tzv. „studené testy“ a testy pod napětím.
- Před uváděním do provozu (4 týdny předem) musí Dodavatel zajistit detailní program zkoušek a jejich časový rozvrh, detailně specifikovat práce, které budou provedeny jako součást uvádění do provozu. Časový plán zkoušek pro uvedení do provozu musí být odsouhlasen Zákazníkem.

Uvedení do provozu je označováno také jako SAT (Site Acceptance Testing)

Uvedení do provozu musí minimálně zahrnovat:

- Testy dodaného vybavení a hranic dodávky pro potvrzení správné instalace zařízení
na místě stavby a potvrdit, že nedošlo k poškození při dopravě na místo.
- Ověření funkčnosti blokovacích systémů.
- Ověření úspěšné integrace zařízení do systému stávajícího zařízení, jako je výkonová a napájecí síť, SCADA, atd.
- Ověřovací provoz SFC pro napájení trakčního systému.

Po ověřovacích testech musí následovat vlastní uvádění do provozu.

Ověřovací testy musí minimálně zahrnovat:

- Testy pod zatížením (provoz vlaků na straně trakčního systému)
- Provedení měření podle požadavků Zákazníka (tj. harmonické, účinnost, atd.)
- Zkušební provoz
- Období zkušebního provozu musí trvat minimálně 8 týdnů.

9 DOKUMENTACE

- Dokumentace musí zahrnovat:
 - S nabídkou
 - Technický popis SFC
 - Technický popis řízení a chránění
 - Předběžný přehled zapojovacích jednopólových schémat
 - Předběžný návrh dispozice SFC
 - Dále v rámci nabídky bude dokumentace zahrnovat:
 - Předpokládaný servisní plán prací
 - Obsah dodávky (součásti)
 - Předpokládaná doba dodání (počet měsíců)
 - Doba instalace (počet měsíců)
 - Předpokládaná doba testování v místě instalace (počet měsíců)

 - Předpokládaná doba zkušebního provozu (počet měsíců)
 - Záruční doba SFC (počet měsíců)
 - Servisní cyklus (počet měsíců)
 - Zákaznická podpora – údržba, servis, školení (počet měsíců)
 - Základní projektová dokumentace (Base design)
 - Základní zprávy projektu
 - Přehledová jednopólová schémata
 - Přehledová schémata chránění
 - Soupis technických parametrů zařízení a příslušenství v minimálním rozsahu dle této technické specifikace
 - Výpočty ošetření harmonických složek
 - Dispoziční výkresy (předběžné)
 - Výkresy základů
 - Výkresy zemnicí sítě
 - Dokumentaci s popisem návazností (tzn. pro rozvodnu)
 - Podrobná projektová dokumentace (Detail design)
 - Podrobná zpráva projektu
 - Schémata zapojení
 - Popis systému chránění
 - Popis systému řízení
 - Seznam signálů
 - Simulační studie (pokud je použita)
 - Zkoušky, testy
 - Plán prohlídek a zkoušek
 - Zápisy zkoušek / testů

- Zápisy z FAT
- Práce na místě stavby
 - Zápis k uvádění do provozu
 - Zápis k ověřovacím testům
- Dokumentace pro konečného uživatele
 - Návod pro obsluhu zařízení
 - Výkresy konečného provedení, dokumentace
 - Návod pro servis a údržbu
 - Návod pro řešení problémových stavů
- Z důvodu minimalizace dopadů na životní prostředí bude dokumentace dodána v elektronické formě a pouze jedna sada dokumentace pro konečného uživatele u Zákazníka, pokud to nebude stanoveno jinak. Dokumentace bude dodána na konci projektu včetně všech změn, které nastaly v rámci řešení projektu,
- Průběh procesu tvorby a předávání dokumentace musí zajistit zpětnou vazbu a odsouhlasení Dodavatelem předané dokumentace Zákazníkem do 10 pracovních dnů.

10 ŠKOLENÍ A ZÁCVIK

- Zákazník po dohodě s dodavatelem musí specifikovat požadavky na školení.
- Na místě stavby musí být proveden zácvik v délce 5 dnů, který bude zahrnovat minimálně následující body (časový harmonogram bude upřesněn a zpracován na základě dohody mezi Zákazníkem a dodavatelem):
 - Technické informace o SFC
 - Provoz a řízení SFC
 - Odstraňování problémových situací
 - Údržba SFC
 - Praktické školení
- Rozsah zácviku obsluhy musí mít Zákazník možnost dále upravit na základě případných změn v rámci sítě.
- Pro Zákazníka je důležité, aby obsluhy absolvovaly toto školení, které bude již při zkušebním provozu SFC.

11 DLOUHODOBÁ SERVISNÍ SMLOUVA PRO SFC

11.1 Náhradní díly

- V rámci nabídky musí být požadována také nabídka sady náhradních dílů
- Dodavatel musí specifikovat doporučené náhradní díly

11.2 Referenční dokumenty

- Dokumenty: schémata sítí budou předány v rámci poptávky s příslušnými odkazy
na a jasnou identifikací

12 SEZNAM SOUVISEJÍCÍCH NOREM, PŘEDPISŮ, VYHLÁŠEK

58604/00 – O13	Metodický pokyn ČD - Protihlukové stěny a valy, č.j. 58 604/00 - O13
ČSN 2631-1	Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím
ČSN 33 0010 ed.2	Elektrická zařízení - Rozdělení a pojmy
ČSN 33 0165 ed. 2	Značení vodičů barvami a nebo číslicemi - Prováděcí ustanovení
ČSN 33 0360 ed. 2	Místa připojení ochranných vodičů na elektrických předmětech
ČSN 33 3015	Elektrotechnické předpisy. Elektrické stanice a elektrická zařízení. Zásady dimenzování podle elektrodynamické a tepelné odolnosti při zkratech
ČSN 33 3505 ed. 2	Drážní zařízení - Pevná trakční zařízení - Základní požadavky na elektrické napájecí a spínací stanice
ČSN 34 1500 ed.2	Drážní zařízení – Pevná trakční zařízení – Předpisy pro elektrická trakční zařízení
ČSN 5349-1	Měření a hodnocení expozice vibracím přenášených na ruce
ČSN 73 0532	Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách, požadavky
ČSN EN 14253	Měření a výpočet expozice celkovým vibracím na pracovním místě s ohledem na zdraví
ČSN EN 15 461	Železniční aplikace – Emise hluku – Charakterizace dynamických vlastností úseků koleje pro měření hluku při průjezdech
ČSN EN 1794-1	Zařízení pro snížení hluku silničního provozu – Neakustické vlastnosti - Část 1: Mechanické vlastnosti a požadavky na stabilitu
ČSN EN 1794-2	Zařízení pro snížení hluku silničního provozu – Neakustické vlastnosti – část 2: Obecné požadavky na bezpečnost a životní prostředí
ČSN EN 20140-10	Akustika měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách
ČSN EN 50 110-1 ed.3	Obsluha a práce na elektrických zařízeních
ČSN EN 50 110-2	Obsluha a práce na elektrických zařízeních (národní dodatky)
ČSN EN 50 121	Drážní zařízení – Elektromagnetická kompatibilita – (soubor)
ČSN EN 50 122-1 ed.2	Drážní zařízení - Pevná trakční zařízení - Elektrická bezpečnost, uzemňování a zpětný obvod - Část 1: Ochranná opatření proti úrazu elektrickým proudem
ČSN EN 50 124-1	Drážní zařízení - Koordinace izolace - Část 1: Základní požadavky - Vzdušné vzdálenosti a povrchové cesty pro všechna elektrická a elektronická zařízení
ČSN EN 50 124-2	Drážní zařízení - Koordinace izolace - Část 2: Přepětí a ochrana před přepětím
ČSN EN 50 160 ed.3	Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejných distribučních sítí

ČSN EN 50 163 ed.2	Drážní zařízení – Napájecí napětí trakčních soustav
ČSN EN 50 522	Uzemňování elektrických instalací AC nad 1 kV
ČSN EN 50152-1	Drážní zařízení - Pevné instalace - Zvláštní požadavky na spínací zařízení AC - Část 1: Jednofázové vypínače s Um nad 1 kV
ČSN EN 50328	Drážní zařízení – Pevná trakční zařízení – Elektronické výkonové měniče pro napájecí stanice
ČSN EN 50329	Drážní zařízení – Pevná trakční zařízení – Trakční transformátory
ČSN EN 50388 ed. 2	Drážní zařízení – Napájení a drážní vozidla – Technická kritéria pro koordinaci mezi napájením (napájecí stanicí) a drážními vozidly pro dosažení interoperability
ČSN EN 60 865-1 ed.2	Zkratové proudy - Výpočet účinků - Část 1: Definice a výpočetní metody.
ČSN EN 60 909-0	Zkratové proudy v trojfázových soustavách – Část 0: Výpočet proudů
ČSN EN 60071-1 ed.2	Koordinace izolace - Část 1: Definice, principy a pravidla
ČSN EN 60071-2	Elektrotechnické předpisy - Koordinace izolace - Část 2: Pravidla pro použití
ČSN EN 61 140 ed. 2	Ochrana před úrazem elektrickým proudem - Společná hlediska pro instalaci a zařízení
ČSN EN 61 378-1	Transformátory pro měniče – Část 1: Transformátory pro průmyslové použití
ČSN EN 61 850-10 ed. 2	Komunikační sítě a systémy pro automatizaci v energetických společnostech - Část 10: Zkoušky shody
ČSN EN 61 850-3	Komunikační sítě a systémy v podřízených stanicích - Část 3: Všeobecné požadavky
ČSN EN 61 850-4	Komunikační sítě a systémy v podřízených stanicích - Část 4: Systémové a projektové řízení
ČSN EN 61 850-5	Komunikační sítě a systémy v podřízených stanicích - Část 5: Požadavky na komunikaci pro funkce a modely zařízení
ČSN EN 61 850-7-1 ed. 2	Komunikační sítě a systémy pro automatizaci v energetických společnostech - Část 7-1: Základní komunikační struktura - Zásady a modely
ČSN EN 61 936-1	Elektrické instalace nad AC 1 kV – Část 1: Všeobecná pravidla
ČSN EN 62 271-1	Vysokonapěťová spínací a řídicí zařízení – Část 1: Společná ustanovení
ČSN EN ISO 3095	Železniční aplikace – Akustika – měření hluku vyzařovaného kolejovými vozidly
ČSN ISO 10847	Akustika – Určení vložného útlumu venkovních protihlukových clon všech typů
ČSN ISO 1999	Stanovení expozice hluku na pracovišti a posouzení zhoršení sluchu vlivem hluku

ČSN ISO 9612	Akustika - Směrnice pro měření a posuzování expozice hluku v pracovním prostředí metodika Metodické pokyny pro výpočet hladin hluku z dopravy
DIN / VDE 40008	Electrical engineering; safety signs; survey
DIN 31000 / VDE 1000	General guide for designing of technical equipment to satisfy safety requirements
EN 50121 (2016)	Railway applications – Electromagnetic compatibility
EN 50124	Railway applications – Insulation co-ordination
EN 50178	Electronic equipment for use in power installations
EN 50327	Drážní zařízení - Pevná trakční zařízení - Harmonizace jmenovitých hodnot pro skupiny SFC a zkoušky na skupinách SFC
EN 50329	Drážní zařízení - Pevná trakční zařízení - Trakční transformátory
EN 50388	Railway Applications – Power supply and rolling stock – Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability
EN 60204	Safety of machinery - Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements
ICNIRP	Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz). 2010. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IEC / EN 60664	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems
IEC 60071	Insulation co-ordination
IEC 60076	Power transformers
IEC 60146-2/EN 60146	Semiconductor converters – Part 2: Self-commutated semiconductor converters including direct d.c. converters
IEC 60364-6-61	Electrical installations of buildings – Part 6: Verification – Chapter 61: Initial verification
IEC 60439	Low voltage switchgear and control gear assemblies
IEC 60529	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
IEC 60694	Common specifications for high-voltage switchgear and control gear standards
IEC 60721 / EN 60721	Classification of environmental conditions
IEC 60871	Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1000 V
IEC 67071	Capacitors for power electronics
PNE 33 3430-0	Výpočetní hodnocení zpětných vlivů odběratelů a zdrojů distribučních soustav
PNE 33 3430-1 3.vydání	Parametry kvality elektrické energie – část 1: harmonické a mezipharmonické, 2. vydání, účinnost od: 2004-01-01.

- PNE 33 3430-6 3.vydání Parametry kvality elektrické energie – část 6: Omezení zpětných vlivů na hromadné dálkové ovládání
- Pokyn generálního ředitele č. 14/2008 od 1.11.2008 - zkušební provoz rekuperace elektrických hnacích vozidel ve vybraných úsecích soustavy 25kV 50Hz
- S 501/2010-OKS Technické kvalitativní podmínky staveb Českých drah, kapitola 16 - Protihluková opatření, ČD divize dopravní cesty o.z.
- SŽDC (ČSD) SR34(E) Nastavování, provoz a údržba reléových ochran
- SŽDC E3 Předpis pro trakční napájecí a spínací stanice
- TNI IEC/TR 61200-52 Pokyny pro elektrické instalace – Část 52: Výběr a stavba elektrických zařízení – Výběr soustav a způsoby kladení vedení
- TNŽ 73 6334 Oplocení a zábradlí na drahách celostátních a regionálních
- Vyhláška č.499/2006 Sb. O dokumentaci staveb
- Vyhláška č.500/2006 Sb. O územně analytických podkladech, územně plánovací dokumentaci a způsobu evidence územně plánovací činnosti
- Vyhláška č.501/2006 Sb. O obecných požadavcích na využívání území
- Zákon č. 22/1997 Sb. O technických požadavcích na výrobky
- Zákon č.183/2006 Sb. O územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- Zákon č.184/2006 Sb. O odnětí nebo omezení vlastnického práva k pozemku nebo ke stavbě (zákon o vyvlastnění)
- TKP Soubor technickokvalitativních podmínek staveb státních drah
- Zákon č. 458/2000 Sb. Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon) v platném znění
- Vyhláška č. 100/1995 Sb. Vyhláška Ministerstva dopravy, kterou se stanoví podmínky pro provoz, konstrukci a výrobu určených technických zařízení a jejich konkretizace (Řád určených technických zařízení)
- Pravidla provozování DS E.ON Distribuce a.s., 2016 vč. doprovodných příloh č.1 – 7. viz. <https://www.eon-distribuce.cz/predpisy-smlouvy-pro-elektrinu> - kapitola „Pravidla provozu distribučních soustav“. Pro místo připojení Otrokovice.
- Pravidla provozování DS ČEZ Distribuce a.s., 2018, viz <https://www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/pravidla-provozovani-ds/ppds-2018.html>.
- Směrnice SŽDC č. 34 Směrnice pro uvádění do provozu výrobků, které jsou součástí sdělovacích a zabezpečovacích zařízení a zařízení elektrotechniky a energetiky, na železniční dopravní cestě ve vlastnictví státu státní organizace Správa železniční dopravní cesty ve znění změny č. 1 - č. j. : 21 783/07-OP ze dne 26.9.2007 v platném znění změny č.1.

Pozn.: Dokumenty Správy železnic, státní organizace jsou dostupné na:

<https://www.szdc.cz/dalsi-informace/dokumenty-a-predpisy>

13 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Základní schéma pro návrh technické specifikace SFC	6
Obrázek 2 SFC – vektorový diagram výkonů	11
Obrázek 3 Příklad voltampérové charakteristiky SFC	13
Obrázek 4 Příklad efektu „zdvižených záclon“	13
Obrázek 5 Příklad kompaudované charakteristiky SFC	14
Obrázek 6 Příklad rozdíl velikosti napětí měničů v závislosti na pootočení úhlu napětí	15
Obrázek 7 Rozsah dodávky SFC pro TNS Brno-Černovice	17
Obrázek 8 Základní schéma výhledového napájení předmětné oblasti	25

14 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Související investiční akce ve sledované lokalitě	20
Tabulka 2 Klimatické charakteristiky oblasti T2 a T4	21
Tabulka 3 Hodnoty zkratových příspěvků z DS na hladině 110kV TNS Brno-Černovice	22
Tabulka 4 Meze harmonických napětí způsobených harmonickými proudy emitované z TNS	35