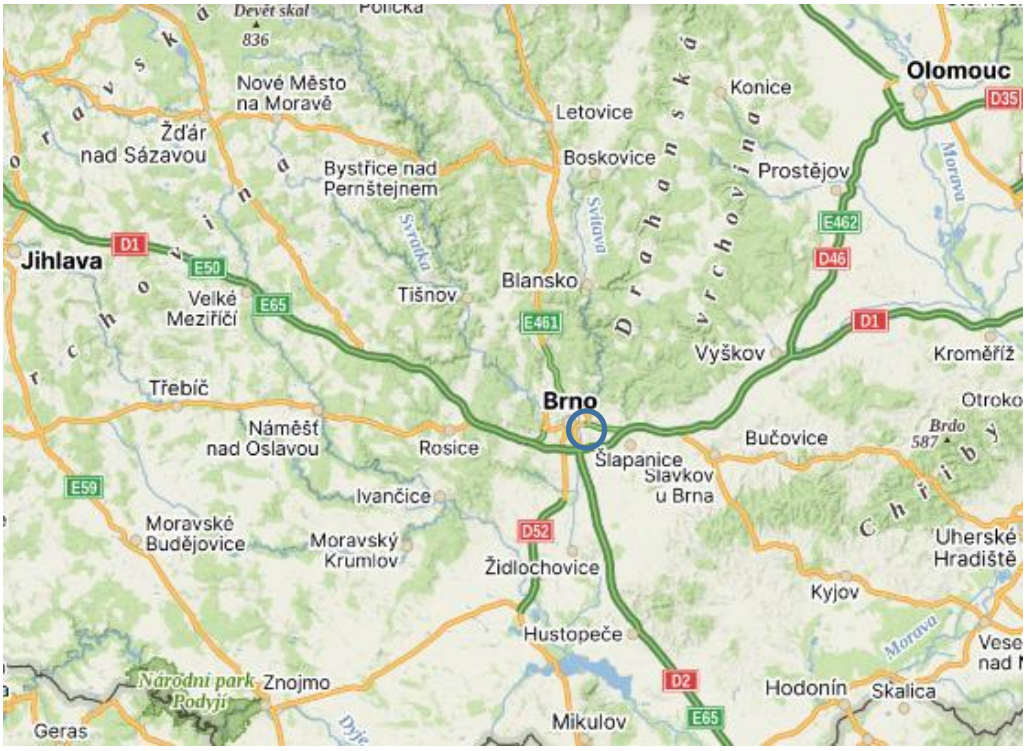
SPRÁVA ŽELEZNIC



Technická specifikace statického frekvenčního měniče pro trakční napájecí stanici Černovice

(TS SFC pro TNS Černovice)

Název stavby: Výstavba uzlové trakční napájecí stanice Brno - Černovice

Místo realizace: Jihomoravský kraj

Zpracoval: doc. Ing. Radovan Doleček, Ph.D. (O24), Milan Karban (O14)
Správa železnic, státní organizace, GŘ, O24 a O14

SPRÁVA ŽELEZNIC

OBSAH:

1 VŠEOBECNÁ ČÁST STAVBY 6
1.1 Popis stávajícího stavu 6
1.2 Popis nového stavu 6
1.3 Rozsah stavby 6
2 TECHNICKÁ ČÁST STAVBY 10
2.1 Definování podmínek pro SFC 10
2.2 Účel a cíl nasazení SFC 11
2.3 Principiální popis funkcí a řešení SFC 11
2.4 Provozní stavy SFC 14
2.4.1 Hlavní funkce a parametry SFC 14
3 ROZSAH A ROZHRANÍ DODÁVKY TECHNOLOGIE SFC 17
3.1 Rozsah SFC 17
3.2 Rozhraní pro SFC 17
3.3 Rozsah dodávek Dodavatele SFC 18
3.4 Rozhraní dodávek 19
3.4.1 Rozhraní vůči rozvodně na straně 3x110 kV AC 19
3.4.2 Rozhraní vůči rozvodně na straně 1x25 kV AC 19
3.4.3 Rozhraní pro ovládání a řízení 19
3.4.4 Rozhraní pro pomocné napájení 20
3.4.5 Rozhraní pro monitoring SFC 20
3.4.6 Rozhraní pro sousední zařízení a části stavby 20
4 PROVOZNÍ PROSTŘEDÍ A DATA PRO TECHNOLOGII SFC 22
4.1 Charakteristika prostředí lokality 22
4.2 Charakteristika napájecí nadřazené soustavy – DS 3x 110 kV AC 22
4.3 Charakteristika trakčního systému - TrS 1x25 kV AC 23
4.3.1 Trakční vedení - TV 23
4.3.2 Provozní konfigurace TV 23
4.3.3 Napájecí bod - TNS 24
4.4 Charakteristika zabezpečovacího zařízení trati - ZZ 24
4.4.1 Rozsah infrastruktury pro „základního stav napájení“ z TNS Černovice 24
4.4.2 Staniční zabezpečovací zařízení – SZZ 24
4.4.3 Traťová zabezpečovací zařízení - TZZ 25
4.4.4 Přejezdová zabezpečovací zařízení - PZZ 25
4.4.5 Vlaková zabezpečovací zařízení – VZZ 26
4.4.6 Systém pro detekci vlaků 26
4.4.7 Napájení zabezpečovacího zařízení 26
4.4.8 Schéma napájení trakční sítě 26
4.4.9 Trakční kolejová vozidla - EHV/EJ 26
5 POŽADAVKY NA TECHNOLOGII SFC 27
5.1 Provozní režimy SFC 27
5.2 Omezení zatížení SFC 28
5.3 Funkční testy SFC 28
5.4 Řídící režimy SFC 28
5.4.1 Řízení napětí 28
5.4.2 Řízení zátěžového úhlu 28
5.4.3 Paralelní provoz a rozdělení zátěže 29
5.5 Interoperabilita - komunikační protokol 29
5.6 Události v nadřazené DS 3x110kV AC 29
5.6.1 Chování SFC při poruše 29
5.7 Události v trakčním systému TrS 1x25 kV AC, 50 Hz 29

5.7.1 Chování SFC při poruše 29
5.7.2 Chování SFC při ztrátě zatížení 30
6 PROVOZNÍ POŽADAVKY NA TECHNOLOGII SFC 31
6.1 Požadavky na popisy a značení 31
6.2 Požadavky na výkony 31
6.3 Požadavky na účinnost 31
6.4 Požadavky na servisní cyklus 31
6.5 Požadavky na provozní dostupnost a spolehlivost 31
6.6 Požadavky na akustický hluk 32
6.7 Požadavky na straně napájecí 3x110 kV 32
6.7.1 Požadavky na jalový výkon 32
6.7.2 Požadavky na harmonické 33
6.7.3 Požadavky na EMC 33
6.8 Požadavky na straně 1x25 kV AC 33
6.8.1 Požadavky na jalový výkon 33
6.8.2 Požadavky na harmonické 33
6.8.3 Požadavky na EMC 34
6.8.4 Požadavky ze strany zabezpečovacího zařízení 34
7 POMOCNÉ SYSTÉMY A SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ PRO TECHNOLOGII SFC 36
7.1 Výkonová elektronika SFC 36
7.2 Výkonový vstupní 3f transformátor SFC 36
7.3 Výkonový výstupní 1f transformátor SFC 36
7.4 Filtry harmonických SFC 37
7.5 Chladicí systém SFC 37
7.6 Systém ventilace a klimatizace SFC 37
7.7 Systém chránění a řízení SFC 37
7.8 Druhy provozu SFC 39
7.8.1 Místní provoz 39
7.8.2 Dálkový provoz 39
7.8.3 Ústřední provoz 40
7.8.4 Vzdálený přístup - VPN 40
7.9 Stavební práce 40
7.10 Krytí SFC 41
7.11 Uzemnění 41
8 KONTROLY, TESTY, AKCEPTACE, UVEDENÍ DO PROVOZU TECHNOLOGIE SFC 42
8.1 Požadavky všeobecné na SFC 42
8.2 Požadavky na model SFC 42
8.3 Požadavky na plán prohlídek a testů SFC 43
8.3.1 Požadavky na testy standartní (Factory Acceptance Testing – FAT) 43
8.4 Požadavky na uvedení do provozu (Site Acceptance Testing – SAT) 44
9 DOKUMENTACE K TECHNOLOGII SFC 45
9.1 Dokumentace pro nabídku 45
9.2 Dokumentace Dodavatele SFC pro Zákazníka 45
10 ŠKOLENÍ A ZÁCVIK K TECHNOLOGII SFC 47
11 OSTATNÍ POŽADAVKY 48
11.1 Náhradní díly 48
11.2 Servisní smlouva pro technologii SFC 48
11.3 Záruční podmínky a servis v době záruky pro technologii SFC 48
11.4 Referenční dokumenty 48
12 SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTY, NORMY, PŘEDPISY a VYHLÁŠKY 49

13 SEZNAM ZÁKLADNÍCH SOUVISEJÍCÍCH DOKUMENTŮ, NOREM, PŘEDPISŮ a VYHLÁŠEK....50
14 SEZNAM OBRÁZKŮ 54
15 SEZNAM TABULEK 54

SEZNAM ZKRATEK

1f	jednofázový
3f	třífázový
AC	alternating current/střídavý proud
BAL	balacer/symetrizátor
BD	base design/základní projektová dokumentace
DC	direct current/stejnosměrný proud
DS	distribuční soustava
ED	elektro dispečink
EE	elektrická energie
EG.D.	provozovatel distribuční soustavy
EHV	elektrické hnací vozidlo/
EJ	elektrická jednotka
EMC	elektromagnetická kompatibilita
FAT	factory acceptance test/výrobní testy před odesláním
FTR	factory test report report/výrobní protokol s výsledky testu
HDO	hromadné dálkové ovládání
HW	hardware
ITP	inspection and test plan/inspekční a zkušební plán
k.ú	katastrální území
KO	kolejový obvod
MŘS	místní řídicí systém
NP	neutrální pole
PDS	provozovatel distribuční soustavy
PN	počítače náprav
PPT	plán prohlídek a testů
PS	přenosová soustava
PZZ	přejezdové zabezpečovací zařízení
SAT	site acceptance testing/ soubor testů při uvádění do provozu
SFC	static frequency converter/statický frekvenční měnič
SpS	spínací stanice
SW	software
SZZ	staniční zabezpečovací zařízení
SŽ	Správa železnic, státní organizace
TNS	trakční napájecí stanice
TrS	trakční systém
TrT	trakční transformátor
TS	technická specifikace
TT	trakční transformovna
TV	trakční vedení
TZZ	traťové zabezpečovací zařízení
VPN	virtual private network/ virtuální privátní síť
VZZ	vlakové zabezpečovací zařízení
ZZ	zabezpečovací zařízení
ŽST	železniční stanice

Pozn.: Zkratky vycházejí částečně z dokumentace pro stavbu

NÁZVOSLOVÍ A DEFINICE

Zákazník: Správa železnic, státní organizace, Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1
Stavební správa východ (organizační jednotka)

Dodavatel: Dodavatel technologie SFC (pozn.: v etapě zpracování TS nebyl znám)

1 VŠEOBECNÁ ČÁST STAVBY

Rekonstrukce, rozšiřování a přechody elektrizovaných tratí na systém 1x25 kV AC, 50 Hz v podmínkách ČR přináší i vývoj v nasazování nových trakčních technologií statických frekvenčních měničů (SFC). Technologie SFC pro trakční využití tj. napájení pro systém 1x25 kV AC, 50 Hz jsou standardně (nikoliv jedinečně) založeny na kaskádě dvojice měničů 3AC/DC a DC/1AC s DC meziobvodem. Výkonové prvky měničů mohou být např. IGCT, IGBT s rozdílnou spínací frekvencí v oblasti kHz, z kterých plynou některé vlastnosti SFC jako celku. Současné základní možnosti napájení 1x25 kV AC, 50 Hz jsou:

- trakční transformátor
- trakční transformátor a balancer (BAL)
- SFC a to buď v „ostrovním“ nebo „paralelním“ režimu.

Pro výběr vhodné technologie napájení pro sledovanou trakční napájecí stanici (TNS) Černovice byly provedeny energetické výpočty [2] formou simulace s využitím SW OpenTrack a OpenPowerNet, který je standardně využíván pro simulace externím subjektem pro manažera infrastruktury (SŽ).

TNS Černovice je součástí stavby „Výstavba uzlové trakční napájecí stanice Brno – Černovice“. Místo stavby v k.ú. Černovice představuje výstavbu nového areálu trakční napájecí stanice Brno – Černovice (TNS Brno-Černovice). Areál TNS bude situován při ulici Černovická vedle železniční tratě Brno – Přerov v ploše „T“ – plocha pro technickou vybavenost [1]. Stavba bude umístěna na pozemcích Správy železnic, státní organizace a dále na pozemcích soukromých vlastníků, pozemcích města Brna a pozemcích Jihomoravského kraje.

1.1 Popis stávajícího stavu

TNS Černovice představuje novou stavbu TNS. V současnosti je odbočka Brno-Černovice a přilehlé tratě elektrizovány systémem 1x25 kV AC, 50 Hz a jejich napájení je zajištěno z TT Modřice pomocí napájecí linky, která zajišťuje napájení mezi spínací stanicí (SpS) Křenovice a dvěma neutrálními poli (NP) v železničním uzlu Brno. Jedno NP je v km 2,150 (Brno-hlavní nádraží – odbočka Brno-Černovice) a druhé je v km 1,940 (odbočka Brno-Židenice – odbočka Brno-Černovice). SpS Křenovice je situována v km 25,749 ve směru na Křenovice hl. n. Paralelní NP je ve spojce Holubice – Blažovice v km 1,385.

1.2 Popis nového stavu

Nová TNS Černovice bude po realizaci stavby zajišťovat napájení systémem 1x 25 kV AC, 50 Hz. TNS bude zajišťovat napájení nebo se na napájení podílet v závislosti na průběhu jednotlivých staveb v oblasti vycházející z Obrázek 2: Schéma napájení v lokalitě TNS Černovice po realizaci stavby a Obrázek 3: Schéma napájení v lokalitě TNS Černovice včetně výhledů [2]. Pro napájení trakčního vedení (TV) budou v TNS Černovice instalovány 2x SFC, každý o výkonu 30 MVA. Pro možnost instalace SFC budou instalovány transformátory 110/xx kV za nové o výkonu 30 MVA.

1.3 Rozsah stavby

Předmětem této stavby je především výstavba nové TNS Černovice. Nová TNS bude sloužit pro napájení trakčního vedení 25 kV AC Správy železnic a bude umístěna při ulici Černovická vedle železniční tratě Brno – Přerov v k.ú. Černovice. V areálu TNS bude umístěna nová

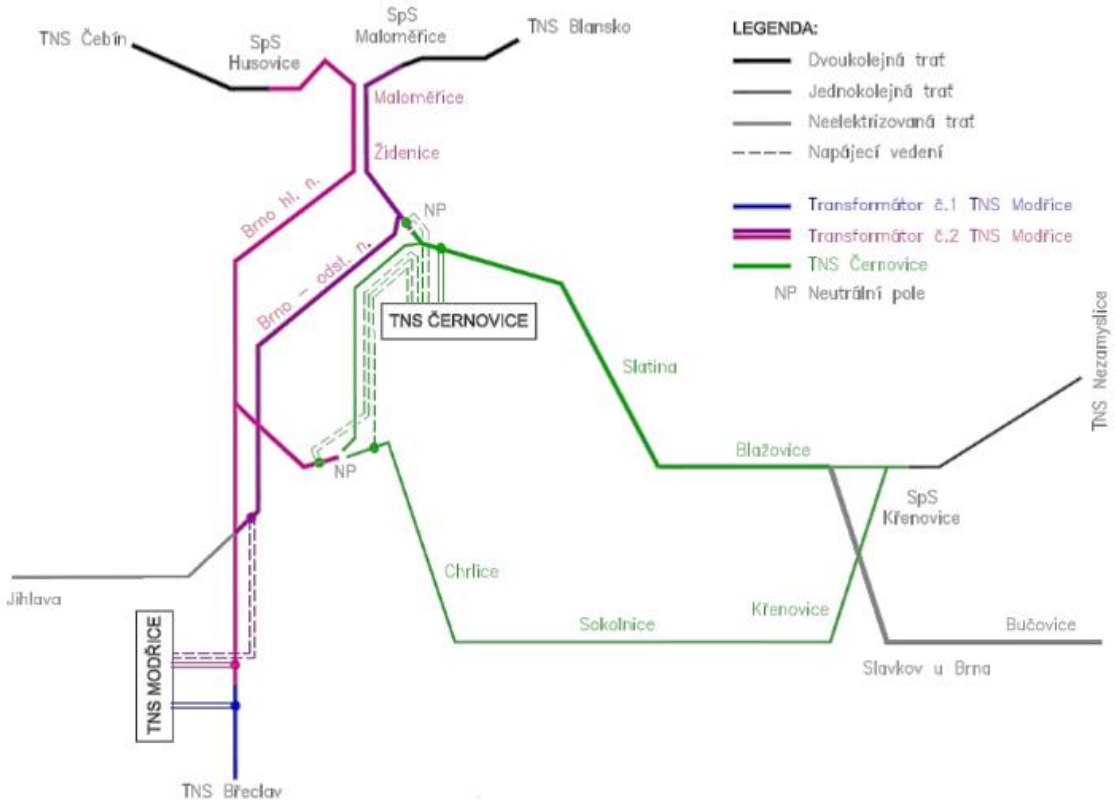
technologická budova, kryté stání dvou trakčních transformátorů 110/xx kV a jedno kryté stání distribučního transformátoru 110/23 kV. Transformátory budou napájeny ze zapouzdřené rozvodny 110 kV, která bude umístěna v technologické budově. Rozvodna 110 kV bude připojena na blízké stávající venkovní vedení 110 kV EG.D. a.s. (dříve E.ON Distribuce, a.s.) pomocí nového odbočného stožáru a nového venkovního vedení 110 kV o délce cca 15 m. Dále budou v areálu TNS umístěny dva SFC, které budou sloužit pro napájení trakčního vedení 25 kV AC z trakčního transformátoru (TrT). Vzhledem k místním podmínkám bude areál TNS částečně umístěn na násypovém tělese uzavřeném opěrnou zdí. Celý areál bude oplocen. Mimo rozvodny 110 kV budou v technologické budově umístěny rozvodny VN, vlastní spotřeba a další technologická zařízení Správy železnic a EG.D, a.s. Pro možnost připojení nové TNS Černovice na trakční vedení blízké trati budou vybudovány nové trakční stožáry, vzdušné lanové převěsy a zemní kabelovod pro možnost vedení kabelových vedení z prostoru TNS ke kolejím. Nová TNS Černovice bude tvořena novým areálem obdélníkového tvaru o rozměrech cca 75x55 m. V jižní části areálu bude umístěna nová technologická budova o rozměrech cca 40x12m, do které bude zaústěna nová přívodní linka 110 kV. Technologická bude obsahovat tři podlaží. V 1.PP bude umístěn v celé ploše pochozí kabelový prostor o výšce 2,35 m, v 1.NP o výšce 3,5 m a ve 2.NP o výšce 8,1 m bude umístěno technologické zařízení. V jižní části bude rovněž přivedena od ulice Ostravská příjezdová komunikace.

Obrázek 1: Situace umístění TNS Černovice v oblasti

V energetických simulacích [2] bylo uvažováno s následujícími hlavními vstupy [2]:

- hnací vozidla (EHV/EJ) pro kategorie vlaku: R, NEx, Pn, Vn a Rn se uvažuje EHV typu Vectron, Os a Sp se uvažuje EJ 640 RegioPanter, REx se uvažuje EHV typu ICE 7, EC se uvažuje EHV typu Vectron a EC VRT.
- jízdní řád: vychází ze souborů staveb
- trolejové vedení: 100 Cu+ 50 Bz
- systém 1x25kV AC, 50 Hz tratě splňuje požadavky subsystému dle TSI ENE

Napájení z nové TNS Černovice - stav po realizaci předmětné stavby, Obrázek 2.



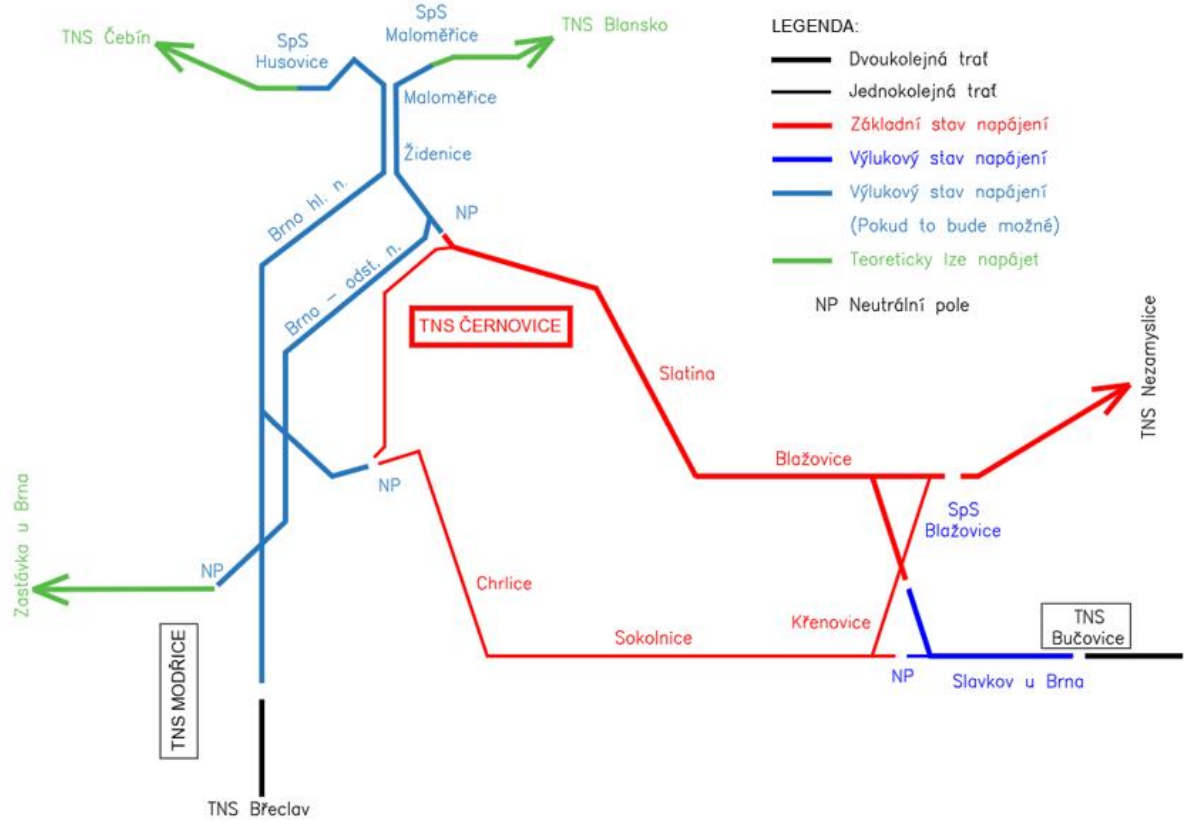
Obrázek 2: Schéma napájení v lokalitě TNS Černovice po realizaci stavby [2]

Stav po realizaci stavby - TNS Černovice s 2x SFC každý s výkonem 30 MVA bude zajišťovat napájení:

- mezi SpS Křenovice a dvěma NP v železničním uzlem Brno. Jedno NP je v km 2,150 (Brno-hlavní nádraží – Odb. Brno-Černovice) a druhé je v km 1,940 (odbočka Brno-Židenice – odbočka Brno-Černovice). SpS Křenovice je situována v km 25, 749 ve směru na Křenovice hl. n., paralelní NP je ve spojce Holubice – Blažovice v km 1,385.
- pro napájení bude standardně využíván 1x SFC (druhý SFC představuje „aktivní zálohu“)

TNS Černovice bude zajišťovat napájení nebo se na napájení podílet ve výhledu v závislosti na průběhu jednotlivých staveb v oblasti, Obrázek 3:

- nové trati Brno – Přerov
- plánované elektrizaci Blažovice – Veselí nad Moravou
- stávající trati Brno – Sokolnice – Křenovice
- nový železniční uzel Brno



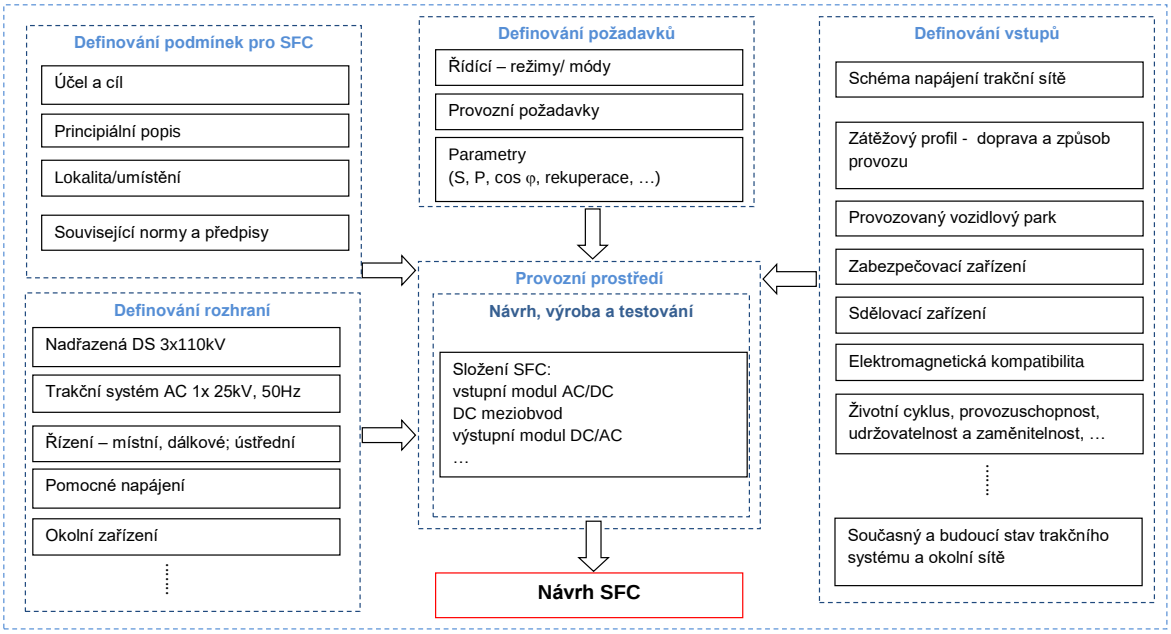
Obrázek 3: Schéma napájení v lokalitě TNS Černovice včetně výhledů [2]

Pro výhledové stavy napájení a z tohoto vyplývajících vazeb musí být schopna TNS Černovice provozu 1x SFC nebo 2x SFC, a to bez spolupráce nebo se spolupráci s SFC nebo TrT. Bližší detaily požadovaných výkonů, případných vazeb při sledovaných dopravních zátěží jsou uvedeny v [2].

2 TECHNICKÁ ČÁST STAVBY

2.1 Definování podmínek pro SFC

Technická specifikace (TS) technologie SFC pro TNS Černovice vychází z dostupných pokladů a informací v době zpracování, které jsou uvedeny v seznamu dokumentů kapitola 13. Souhrn hlavních podmínek pro TS SFC v TNS Černovice vychází ze zkušeností a stavu poznání z již realizovaných nebo probíhajících projektů trakčních systémů 1x25 kV AC, 50 Hz a to i na území ČR. Funkce, parametry a systémová řešení pro SFC technologii, byly stanoveny ze zmíněných poznatků a probíhajícího procesu diskuzí tak, aby bylo vytvořeno optimalizované řešení technologie SFC pro určenou lokalitu tj. TNS Černovice.
Pro TS SFC je nutné nejprve definovat základní podmínky, vymezení tzv. rozhraní, požadavků, vstupů, prostředí a testů včetně akceptačních procedur pro dosažení pokrytí požadavků na řízení funkcionality, zajištění vysoké kvality a spolehlivosti SFC v TNS Černovice, Obrázek 4.



Obrázek 4: Principiální schéma pro návrh TS SFC pro TNS Černovice

- TS SFC uvedená v tomto dokumentu dále slouží k definování technických požadavků, spojených s návrhem, výrobou, zpracováním požadavků zakázky, dodávkou, instalací, testováním a zprovozněním SFC včetně nutného dalších souvisejících zařízení.
- 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 tj. TNS Černovice.
- V případě, že Dodavatel zjistí zásadní rozpor, nejasnost v požadavcích na SFC uvedené v TS SFC nebo dokumentaci [1], má povinnost provést dotaz u Zákazníka, případně provést dotaz přes Zhotovitele, a to v závislosti na smluvním ujednání mezi Zhotovitelem a Dodavatelem SFC.

- Detaily zde nespecifikované pro technologii SFC z důvodu neznámého výsledného přesného technického řešení SFC, které bude instalováno, budou případně upřesněny pro Dodavatele SFC jako celku na základě detailní struktury SFC, pokud o toto průkazně požádá u Zhotovitele nebo Zákazníka. Zákazník z povahy stavby může však poskytnou jen ty detaily, které jsou mu známy.
- Dodavatel předloží ve fázi návrhu SFC návrh detailní struktury a řešení SFC pro případné upřesnění Zákazníkovi.

Pozn.: V rámci TS SFC není možné uvést všechny technické parametry, jelikož jsou závislé na konkrétním návrhu a struktuře řešení SFC. Z tohoto důvodu mohou být některé parametry upřesněny a řešeny v rámci realizace. Z tohoto důvodu je nutná včasná spolupráce Dodavatele SFC, Zhotovitele a Zákazníka.

2.2 Účel a cíl nasazení SFC

TNS Černovice s technologií SFC představuje další projekt nasazení SFC u správce infrastruktury Správy železnic, státní organizace v ČR. První pilotní projekt „NEDAŘÍ“, který je v době zpracování této TS v procesu ověřovacího provozu, představuje konverzi systému z 3 kV DC na 1x25 kV AC, 50 Hz s technologií SFC dodavatele Hitachi Energy v TNS Otrokovice a TNS Říkovice. TNS Černovice s technologií SFC (2x 30 MVA) bude sloužit výhledově i pro napájení dalších úseků tratí, a to s ohledem na realizaci souvisejících staveb. Proto je nutné, aby technologie SFC v TNS Černovice umožňovala všechny sledované provozní stavy definované v kapitole 2.4, příp. 2.4.1.
Obecně se jedná o možnost dvoustranného spojitého napájení tj. SFC ve spolupráci SFC nebo TrT v sousední TNS, a to i při spolupráci několika SFC v téže TNS. Další nutné podmínky, které musí SFC splňovat, jsou podmínky kvality odběru a dodávky elektrické energie (EE) včetně předávání přebytku rekuperace od vozidel závislé trakce do nadřazené distribuční soustavy (DS) bez omezení, tj. plné řízení TNS s SFC včetně možnosti zapojení do nadřazeného systému řízení, případně spolupráci s dalšími zařízeními provozovatele dopravní infrastruktury. Cílem je zajistit odpovídající dodávku EE z TNS s SFC pro trakční napájecí systém 1x25 kV AC, 50 Hz, který je dimenzován na základě energetických výpočtů vycházející z dopravních požadavků na předmětných tratích určené lokality, a to, jak již bylo uvedeno, i s výhledem na další související stavby.

2.3 Principiální popis funkcí a řešení SFC

Pozn.: Popis konkrétního návrhu řešení SFC může mít některé odlišnosti, musí však splňovat požadované vlastnosti, funkce a parametry pro SFC TNS Černovice. V případě, že bude návrh řešení SFC významně odlišný, musí Dodavatel poskytnout dostatečnou součinnost i pro Zákazníka při řešení úprav/změn/doplnění, a to včetně všech dopadů do souvisejících dokumentů.

V současnosti známá standardní technologie SFC pro TrS 1x 25 kV, 50 Hz pro Zákazníka tvoří následující základní části:

- vstupní 3f snižovací transformátor s primárním napětím 110 kV, příp. 22 kV
- vstupní měnič 3AC/DC
- DC meziobvod

- výstupní měnič DC/1AC
- 1f výstupní transformátoru s výstupním napětím 27,5 kV/ bez tohoto transformátoru

Pozn.: K těmto základním částem musí nebo nemusí být doplněny případné harmonické a výkonové filtry nebo výstupní 1f transformátor se sekundárním napětím 27,5 kV, 50 Hz pokud tyto části návrh řešení SFC vyžaduje pro splnění požadovaných podmínek.

Obecně přenos EE mezi vnějšími soustavami DS 3x110 kV AC a 1x25 kV AC je u SFC řešen přenosem EE přes DC meziobvod, jehož využitím je dosahováno následujících výhod:

- mezi 1f AC výstupem a 3f AC vstupem měničů je přenášen jen činný výkon
- výstupní měnič DC/1AC generuje na výstupu TNS jednofázové „sinusové“ napětí. Je možno jej zatěžovat sinusovým proudem ve fázi s napětím (ideální případ – nových koncepcí EHV/EJ se vstupním 4Q měničem), i nesinusovým proudem s obsahem vyšších harmonických složek proudu a to fázově posunutým (starší koncepce EHV/EJ s diodovými usměrňovači a s DC trakčními motory). Určité fázové posunutí proudu za napětím vytváří i indukčnost TV. S vyššími harmonickými složkami proudu spojený deformační výstupní výkon D, jakožto i s fázovým posunem proudu za napětím spojený jalový výstupní výkon měnič vytvoří a do jednofázového TV tento výkon dodá podle vztahu $P = \sqrt{(P_č^2 + P_j^2 + P_d^2)}$, avšak do vstupního měniče se přes DC meziobvod přenáší jen jeho činná složka.
- Není-li požadováno jinak, odebírá vstupní měnič 3AC/DC z 3f soustavy jen činný příkon, tedy přibližně sinusový proud ve fázi s napětím a to rovnoměrně ze všech tří fází ($I_1 = I_2 = I_3$), tj. vytváří symetrickou zátěž z hlediska nadřazené DS.
- 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.
- Vlivem propojení vstupní a výstupní strany měničů přes DC meziobvod se mohou výstupní a vstupní střídavá napětí TNS navzájem lišit nejen počtem fází a napětím, ale i kmitočtem a fázovým úhlem.
- U TNS 3 x 110 kV AC s frekvencí 50 Hz / 1 x 25 kV AC, 50 Hz není důvod měnit kmitočet, ale s výhodou lze využít možnost generovat výstupní napětí 25 kV AC s určitým fázovým posunem vůči vstupnímu napětí 110 kV AC, tedy s jiným fázovým úhlem oproti časové ose. 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 je možné využívat systém 25 kV AC s tzv. jednotnou fází. V důsledku toho lze využívat i u systému 1x25 kV AC spojité 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 SpS, situovaných přibližně uprostřed mezi sousedními TNS), není nutno ani vypínat proud, ani stahovat sběrač u EHV/EJ, pokud není vyžadováno z jiných provozních důvodů. Tento způsob napájení přináší ideální podmínky jak pro jízdu vlaku díky nepřerušovanému výkonu. To má následně dopad pro nepřerušování rekuperačního brzdění, činnosti pomocných zařízení, vytápění, větrání a klimatizace, atd. Dlouhé spojitě napájené úseky TV zároveň vytvářejí podmínky pro uklidnění příkonu (nízký poměr $P_{max}/P_{stř}$), čímž je možné optimalizovat dimenzování a rezervaci příkonu včetně minimalizaci zpětných přetoků do DS.

- Výstupní charakteristiku TNS s SFC je možné SW nastavit různými způsoby. 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 nebo jsou jen omezeně výkonově přetížitelné (např. na 115% svého jmenovitého výkonu po omezenou krátkou dobu). Proto při poklesu zatěžovací impedance přes mezní hodnotu dochází k automatickému poklesu jejich výstupního napětí při udržování stálého (mezního) proudu.
- Výhodou řízení 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 **ΔU = Z . I**). Tím lze získat velký dosah vzdálenosti napájení EHV z TNS.
- Řízení na konstantní napětí: U = 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 $P_{max}/P_{stř}$) je výhodnější měkčí tzv. kompaudovaná charakteristika simulující vnitřní impedanci $U = U_0 – Z_i * I$. Měkčí 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. S ohledem na převážně induktivní impedanci TV je však mezi sousedními TNS a TV přenášen nejen činný P, ale i jalový výkon Q.
- 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 zatíženéTNS, 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 EHV/EJ. Na tomto principu lze příznivě ovlivnit, rovnoměrnost zatížení TNS (příznivě nízký poměr $P_{max}/P_{stř}$), zabránit přílišnému poklesu napětí na výstupu TNS vlivem práce v režimu omezení proudu, či překročení 15 minutového sjednaného středního příkonu z DS. Obdobným způsobem lze ovlivnit, aby výkon generovaný rekuperačním brzděním prioritně směřoval k dalším EHV/EJ a aby byly minimalizovány zpětné dodávky přes TNS do DS. Je však nutné respektovat limity nejvyššího přípustného napětí na sběračí rekuperujícího EHV/EJ, ČSN EN 50 163.
- Vektorové řízení: představuje řízení amplitudy a fázového úhlu výstupního napětí TNS, čímž lze docílit požadovaných toků činného nebo 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 tj. zejména trolejového drátu.

2.4 Provozní stavy SFC

Provozní stavy vycházejí z variantnosti napájení napájených úseků tratí, Obrázek 2: Schéma napájení v lokalitě TNS Černovice po realizaci stavby [2] a Obrázek 3: Schéma napájení v lokalitě TNS Černovice včetně výhledů [2].

2.4.1 Hlavní funkce a parametry SFC

- SFC musí zajistit požadovanou dodávku elektrické energie (EE) k EHV/EJ a požadovaný odběr EE od EHV/EJ až do úrovně svého jmenovitého činného výkonu při udržení požadovaného cos φ a symetrie fázových proudů v požadovaných mezích na straně DS. Na straně TrS EHV/EJ kromě dodávání/odběru činného výkonu dodávat i jalový výkon a to až do úrovně odpovídající cos φ = 0,8.
- SFC musí umožňovat předávat přebytek rekuperovaného výkonu do nadřazené DS v plném rozsahu svého výkonu.
- Schopnost vyhovět požadavkům provozovatele DS pro odběr výkonu z DS i pro navracení výkonu do DS a to až do jmenovité hodnoty výkonu TNS. Pokud vzniknou nové požadavky ze strany provozovatele DS, musí je Dodavatel SFC splnit bez výhrady.
- SFC musí umožňovat rozmrazování trakčního vedení (TV) řízenými vyrovnávacími jalovými proudy mezi sousedními TNS v dané oblasti.

Pro předmětné tratě:

- SFC musí být schopny:
  - samostatného provozu (ostrovní provoz)
  - spolupráce (paralelní) s okolními TNS s trakčním transformátorem (TrT)
  - vzájemné spolupráce (paralelní – synchronní) v téže TNS s SFC/SFCs
- SFC musí umožňovat řízení:
  - místní, dálkové, ústřední
  - 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 3x110 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 1x25 kV AC, 50 Hz 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 %) pro provozní stavy po realizaci stavby, Obrázek 2.
- 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, účiníku, teploty, směr toku energie k 1f síti (pozn.: SFC jako celek = od vstupních svorek 3x 110 kV AC až po výstupní svorky 1x 25 kV AC).
- SFC musí mít vysokou spolehlivost a minimální nároky na údržbu. SFC musí být schopno trvale trvalého provozu s maximální dobou odstavení dva dny (2x 24 hod)

v roce (365 dní). Doba odstavení SFC bude v době odstavení TNS z důvodu údržby a revize zařízení, kapitola 6.5.

- Spolehlivost a minimální nároky na údržbu SFC musí být zachovány i v případě, že SFC nebude využíváno pro aktivní napájení. Dodavatel uvede případné podmínky (např. minimální dobu provozu za měsíc) pro zachování požadované spolehlivosti a minimálních nároků na údržbu SFC, které musí prokazatelně předat Zákazníkovi.
- SFC musí obsahovat moduly diagnostiky a monitoringu, které musí být schopny předávat informace do systému řízení (místní, dálkové, ústřední), tak jak je definováno v kapitole 3.4.3. Nově budované zařízení, elektrická instalace, provedení a umístění měřícího 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.egd.cz.
- SFC nesmí svými funkcemi a provozem ovlivňovat další zařízení na straně distribuční soustavy (DS) a přenosové soustavy (PS) např. hromadné dálkové ovládání (HDO) a na straně trakčního systému 1x25 kV AC, 50 Hz. Dodavatel provede a dodá „Plán kontroly kompatibility" a „Studii kompatibility harmonických a dynamických jevů" ve vztahu k napájení dráhy podle ČSN EN 50 388 ed. 2, která je podmínkou pro získání certifikátu shody s TSI ENE. K tomuto účelu poskytne Zákazník (SŽ) Dodavateli SFC potřebnou součinnost.
- SFC nesmí ovlivňovat zabezpečovací a sdělovací zařízení, Dodavatel dodá „Plán kontroly kompatibility", provede kontrolu a vypracuje „Studii kompatibility" podle ČSN EN 50 238-1 ed. 2, specifikace kapitola 6.8.4. K tomuto účelu poskytne Zákazník Dodavateli potřebnou součinnost.
- 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 [1].
- Návrh a provoz SFC musí vyhovovat charakteristikám systému TV a zatěžovacím cyklům.
- SFC musí být optimalizováno na nejvyšší spolehlivost provozu a minimalizaci nežádoucích rušivých jevů v provozu napájecí soustavy 1x25 kV AC, 50 Hz (např. zpětné složky, rušení harmonickými složkami, atd.) ve všech provozních podmínkách a stavech, kapitola 2.4 a 2.4.1.
- Systém redundance („záloha") SFC musí být proveden s využitím dvou SFC jednotek tj. TNS Černovice - 2x 30 MVA min při cos φ = 0,95 (induktivní).
- Systém chránění a vazeb SFC musí být proveden tak, aby byl v souladu s předpisy provozovatele/manažera infrastruktury (SŽ), provozními podmínkami včetně výlukových stavů a stavů v určené lokalitě.
- 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 i jiného dodavatele nebo s 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 TNS nebo mezi jednotlivými SFC, tak aby pokrylo

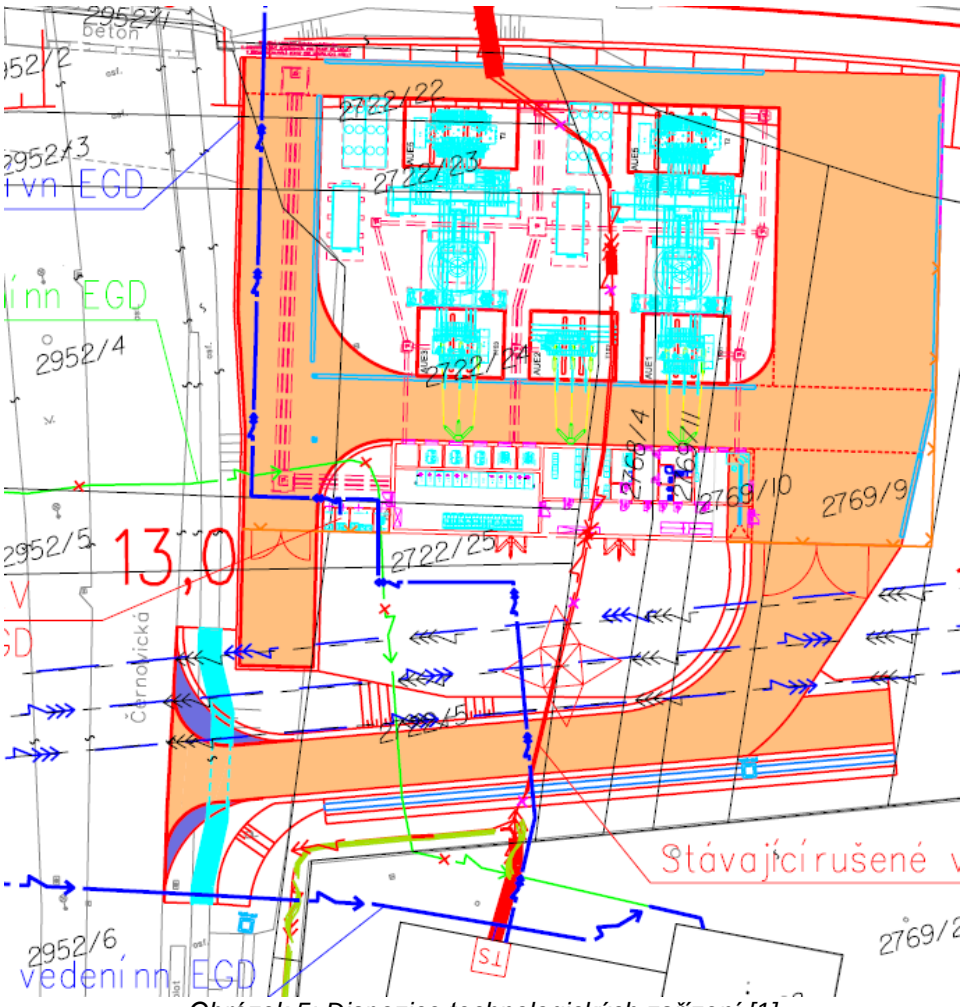
požadované provozní stavy. Paralelně spolupracujícím TNS je však společně jednotně zadáván taktovací signál pro určení referenčního fázového úhlu výstupního napětí.

- Připojení SFC odpovídá Obrázek 6. Na výstupní straně za 1f transformátorem nebo za měnič DC/1AC (pozn. pokud řešení SFC tento transformátor obsahuje) bude TrS 1x25 kV A, 50 Hz.
- Případné harmonické a korekční výkonové filtry jak k straně DS tak na straně TrS 1x25 kV AC, 50 Hz budou součástí rozsahu dodávky SFC podle požadavků vycházející z návrhu SFC tak, aby vyhověly stanoveným požadavkům na provoz zařízení, tj. budou zahrnuty v návrhu, dodávce a instalaci.
- SFC musí být vybaveno požadovaným komunikačním rozhraním pro přenos informací a možnost dálkového řízení z řídícího centra SCADA Zákazníka při běžném provozu, stejně jako detailnější místní provozní řídící panel pro údržbu a servisní provoz, kapitola 3.4.3.
- Místní zařízení pro řízení a chránění musí být dodáno pro každý SFC, a pokud je to možné, umístěno v odděleném prostoru, kapitola 3.4.3.
- Řídící místnost bude přístupná i během provozu a bude zahrnovat pracoviště obsluhy, které bude umístěno v příslušné provozní budově.
- Provedení případného kontejneru SFC musí být opatřeno zařízením čistící vzduch.

3 ROZSAH A ROZHRANÍ DODÁVKY TECHNOLOGIE SFC

3.1 Rozsah SFC

Standardní části a prvky včetně jejich složení pro SFC pro TNS 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 110 kV AC až po výstupní svorky 1x 25 kV AC). 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 základní technický návrh řešení SFC technologie s ohledem na kapitolu 2.



Obrázek 5: Dispozice technologických zařízení [1]

3.2 Rozhraní pro SFC

Pozn.: TS SFC pro TNS Černovice je sestavena nezávisle na konkrétním Dodavateli SFC. Dodavatel SFC musí garantovat vzájemnou spolupráci a komunikaci SFC i v případě, kdy SFC technologie je od jiných výrobců. Z tohoto důvodu jsou definovány i dílčí rozhraní.

SFC představují jediné „přímé“ spojení TrS s nadřazenou DS a umožňují přenos EE oběma směry.

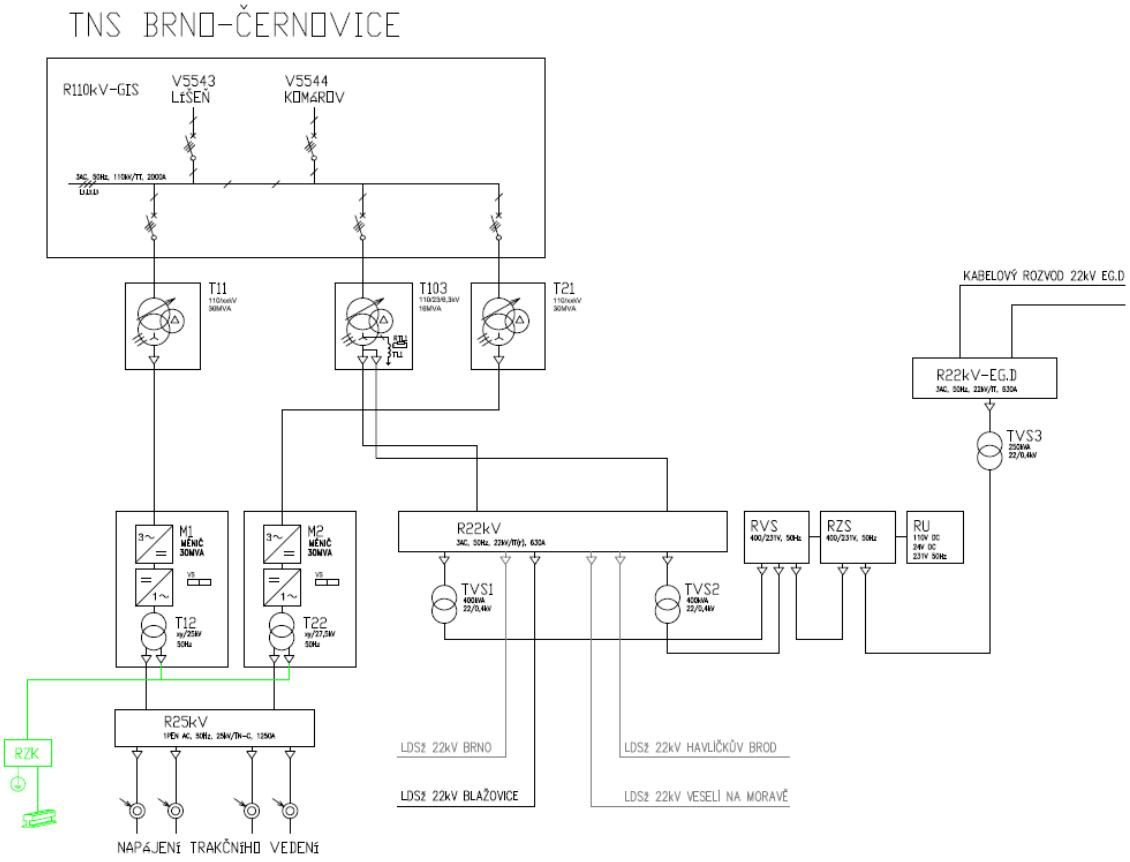
Základní rozhraní tvoří:

- Rozhraní vůči rozvodně na straně 3 f soustavy (3x 110 kV AC)
- Rozhraní vůči rozvodně na straně 1 f trakční systému (1x 25 kV AC, 50Hz)
- Rozhraní pro ovládání (místní, dálkové, ústřední)
- Rozhraní pro pomocné napájení
- Rozhraní pro sousední zařízení
- Rozhraní pro ostatní části projektu

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

3.3 Rozsah dodávek Dodavatele SFC

Pro TNS Černovice jsou použity dva SFC se vstupním 3f transformátorem 110/XX kV pro frekvenci 50 Hz a případně výstupním 1f transformátorem XX kV/25 kV pro frekvenci 50 Hz (pozn.: XX kV – hodnota bude určena dle konkrétního návrhu řešení SFC), Obrázek 6.



Obrázek 6: TNS Černovice blokové schéma [1]

Pozn.: SFC jsou navrženy jako modulární zařízení. S ohledem na konkrétní typ SFC se vlastní uspořádání částí a principy funkcí mohou lišit.

V rámci návrh částí a prvků SFC musí být přihlédnuto k možnostem přístupu k jednotlivým prvkům při úkonech s pojených s údržbou, servisem a opravách.

Celý SFC jako celek může zahrnovat následující základní části:

- 3f SFC transformátor vstupní napětí 110 kV
- SFC pro výkon 30 MVA při cos φ = 0,95 (induktivní)
- 1f SFC transformátor – výstupní napětí 1x 25 kV AC (pokud ho návrh SFC vyžaduje)
- Harmonické a korekční výkonové filtry 3f a 1f (pokud je návrh SFC vyžaduje)
- Chladicí systém SFC
- Řídicí systém a kontroly SFC
- Systém chránění SFC
- Silové rozvody v rámci SFC (kabely, elektrovodné trubky, rozvody chlazení, apod.)
- Pomocné ocelové konstrukce pro zařízení a rozvody zajišťující propojení vstupní transformátor – SFC – výstupní 1f transformátor, tlumivku a případné další zařízení SFC
- Rozvody pomocného napájení v rámci SFC včetně UPS
- Komunikaci mezi TNS s SFC a ED Brno
- Komunikaci v rámci místní sítě TNS, příp. TNS může komunikovat se sousední TNS.

Další podklady nutné pro uvedení zařízení do provozu na železničních drahách manažera infrastruktury (SŽ) v ČR:

- „Plán kompatibility“ a „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.

3.4 Rozhraní dodávek

3.4.1 Rozhraní vůči rozvodně na straně 3x110 kV AC

Rozhraní vůči rozvodně na straně 3x 110 kV AC vychází z Obrázek 6.

3.4.2 Rozhraní vůči rozvodně na straně 1x25 kV AC

Rozhraní vůči rozvodně na straně TrS 1x25 kV AC vychází z Obrázek 6.

3.4.3 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 řídící místnost TNS a SFC)
- ústřední - bude řešeno přes elektrodispečink (ED) – Brno (vazba TNS a ED)

Podmínky ovládání a řízení:

- Všechny režimy musí být provedeny tak, aby plně pokrývaly požadavky na napájení TV a rekuperaci až do nadřazené DS 3x 110 kV AC, kapitola 2.4 „Provozní stavy SFC“ a kapitola 2.4.1 „Hlavní funkce a parametry SFC“.

- Pro každý způsob řízení musí SFC disponovat provozními módy minimálně v rozsahu – standardní (provozní), nouzový, údržbový vše s ohledem na požadovanou strukturu a formáty komunikace.
- Výstupní/vstupní komunikační systémy SFC musí být schopny komunikace s navrženým a schváleným komunikačním systémem v konkrétní TNS.
- Komunikační standardy jsou ČSN EN 61850 pouze pro vnitřní komunikaci a ČSN EN 60870-5-104 pro komunikaci se řídícím systémem.

3.4.4 Rozhraní pro pomocné napájení

- bezvýpadková síť 1x230 V s frekvencí 50Hz s omezeným výkonem
- zálohovaná síť 230V/3x400 V s frekvencí 50 Hz s omezeným výkonem

3.4.5 Rozhraní pro monitoring SFC

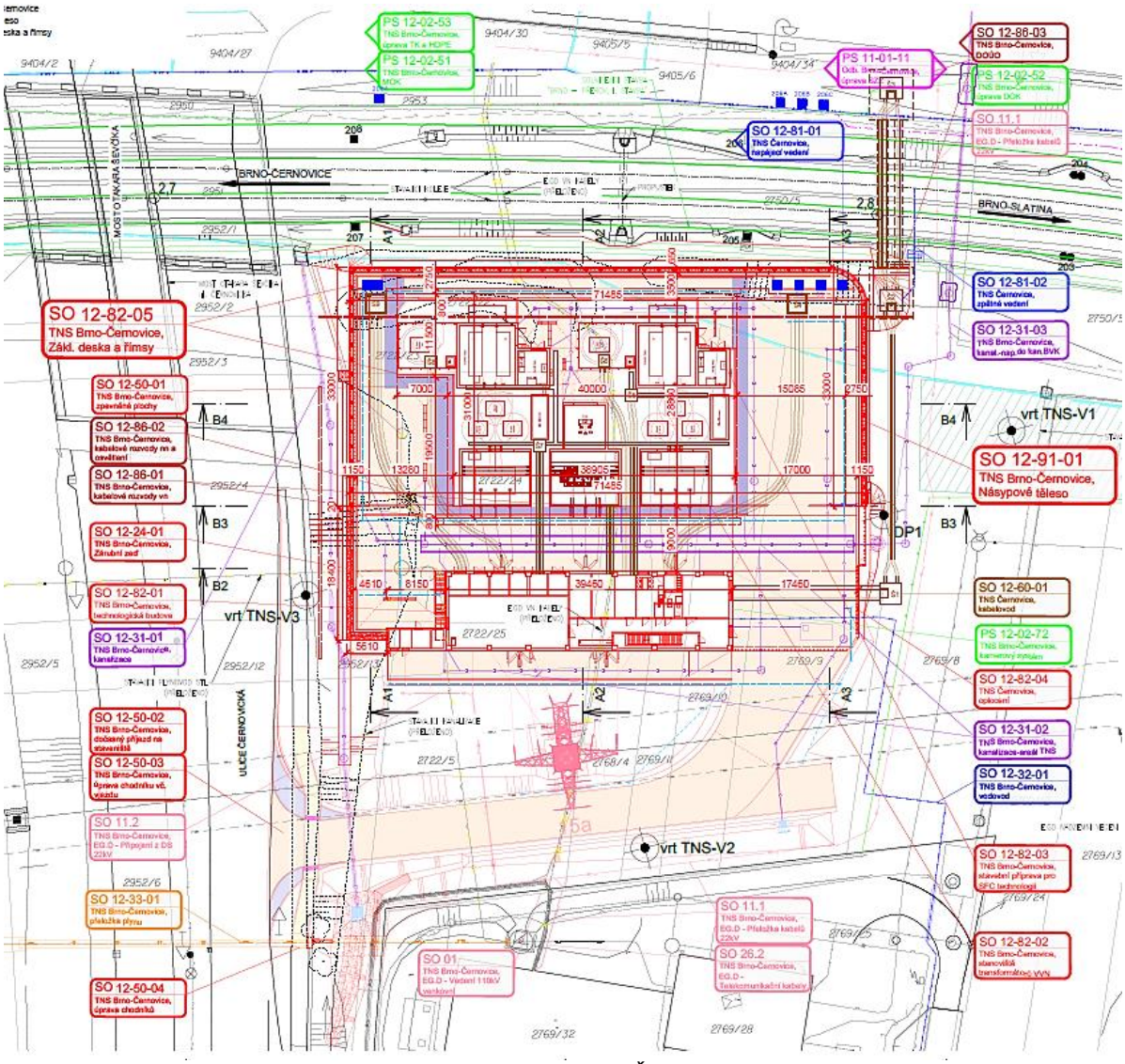
- výkonové podstatné části SFC musí být zaintegrovány do kamerového systému CCTV TNS po optické lince ve formátu používaného u příslušného provozovatele TNS (OŘ Brno).

3.4.6 Rozhraní pro sousední zařízení a části stavby

Rozhraní SFC a sousední zařízení je patrné z Obrázek 6. Rozhraní pro ostatní vybrané části stavby, které souvisejí s instalací SFC technologie, jsou uvedeny na Obrázek 7 a
.

Tabulka 1: Vybrané související části projektu s instalcí technologie SFC

Akce	*Název*
PS 12-03-31	*TNS Brno-Černovice, technologie trakčních měničů*
PS 12-03-32	*TNS Brno-Černovice, rozvodna 25kV*
PS 12-03-33	*TNS Brno-Černovice, rozvodna 22kV*
PS 12-03-34	*TNS Brno-Černovice, vlastní spotřeba*
PS 12-03-35	*TNS Brno-Černovice, měření spotřeby*
PS 12-03-36	*TNS Brno-Černovice, registrační měření*
PS 12-03-37	*TNS Brno-Černovice, ochrana napájecího systému EG.D*
PS 12-03-38	*TNS Brno-Černovice, vazba ochran měničů*
PS 12-03-51	*TNS Brno-Černovice, trafostanice 22/0,4kV*
SO 12-50-01	*TNS Brno-Černovice, příjezdová komunikace*
SO 12-50-02	*TNS Brno-Černovice, dočasný příjezd na staveniště*
SO 12-52-01	*TNS Brno-Černovice, zpevněné plochy*
SO 12-60-01	*TNS Brno-Černovice, kabelovod*
SO 21-81-01	*TNS Brno-Černovice, napájecí vedení*
SO 22-81-02	*TNS Brno-Černovice, zpětné vedení*
SO 12-82-01	*TNS Brno-Černovice, technologická budova*
SO 12-82-02	*TNS Brno-Černovice, stanoviště transformátorů VVN*
SO 12-82-03	*TNS Brno-Černovice, stavební příprava pro SFC technologii*
SO 12-82-04	*TNS Brno-Černovice, oplocení*
SO 12-86-01	*TNS Brno-Černovice, kabelové rozvody vn*
SO 12-86-02	*TNS Brno-Černovice, kabelové rozvody nn a osvětlení*



Obrázek 7: Lokalita TNS Černovice [1]

4 PROVOZNÍ PROSTŘEDÍ A DATA PRO TECHNOLOGII SFC

4.1 Charakteristika prostředí lokality

TNS Černovice se nachází v klimatickém území, které je zařazeno dle Quitt 1971 do území s teplou oblastí T2. Pro teplou oblast T2 je charakteristické dlouhé léto, teplé a suché, velmi krátké přechodné období s teplým až mírně teplým jarem i podzimem, krátkou, mírně teplou, suchou až velmi suchou zimou s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky.

Tabulka 2: Klimatické údaje zájmového území [1]

Klimatická oblast	***T2***
Průměrná teplota v lednu	-2° až -3°C
Průměrná teplota v červenci	18°až 19°C
Průměrná teplota v dubnu	8°C až 9°C
Průměrná teplota v říjnu	7°C – 9°C
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	90 – 100
Počet letních dnů	50 – 60 za rok
Počet dnů s teplotou vyšší než 10°C	160 – 170 za rok
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40 – 50 za rok
Počet mrazových dnů	100 – 110 za rok
Počet ledových dnů	30 – 40 za rok
Úhrn srážek ve vegetačním období	350 – 400 mm
Úhrn srážek v zimním období	200 – 300 mm
Počet dnů zatažených	120 – 140
Počet dnů jasných	40 -50

4.2 Charakteristika napájecí nadřazené soustavy – DS 3x 110 kV AC

- Jmenovitá frekvence - 50 Hz +4 %/–6 % (tj. 47 Hz…52 Hz) během 100 % času
- Jmenovité napětí ze strany DS 3x110 kV AC ± 10 % (provozovatel DS EG. D.)
- Jmenovité napětí odběru SFC 3x 110 kV AC
- Základní izolační úroveň (BIL) a odolnost sítě proti špičkám přepětí - PNE 33 3430-5 4. vydání

TNS Černovice - limity zpětných vlivů na DS 3x110 kV - veškerá elektrické zařízení „Žadatele (Zákazníka)“ připojovaná na DS musí splňovat požadavky na maximální přípustnou úroveň zpětných vlivů na elektrizační soustavu. Limity pro úroveň zpětných vlivů způsobovaných jedním odběratelem z DS stanovuje PNE 333430 - 0.
Pozornost je potřeba věnovat především následujícím vlivům:

- Flikr - limity pro jednoho odběratele jsou:
  P_{lt} = 0,25 dlouhodobá míra vjemu flikru
  P_{st} = 0,35 krátkodobá míra vjemu flikru
- Nesymetrie napěti - způsobená jedním odběratelským zařízením (jedním odběrným místem) - u(2) příp. < 0,7 %.
- Vyšší harmonické - přípustné úrovně jednotlivých harmonických napětí musí být dle PNE 333430 - 0.

- Kolísání napětí - změny napětí musí být omezeny na 2 % Un, maximální přechodné změny na 3 % Un.
- Zpětné vlivy na HDO (meziharmonické) - rušivé napětí na frekvenci HDO, nebo v bezprostřední blízkosti nesmí překročit 0,1 % Un, na frekvenci f_{HDO} ± 100 Hz hodnotu 0,3 % Un. Elektrická zařízeni nesmí negativně působit na útlum signálu HDO – v případě nadměrného útlumu signálu HDO je odběratel povinen provést nápravná technická opatřeni (změna technologie, instalace hradicích členů, atd.).
- Komutační poklesy - relativní hloubka komutačních poklesů musí být omezena na $d_{KOM} < 0,05$

4.3 Charakteristika trakčního systému - TrS 1x25 kV AC

Podmínky pro 1x 25 kV AC, 50 Hz dle ČSN EN 50163 ed. 2:

- 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
- Nejnižší 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.

Výstupní parametry napájení technologie SFC musí splňovat výše uvedené podmínky.

4.3.1 Trakční vedení - TV

Sestava trakčního vedení

- Tr 100 Cu + NL50 Bz bez ZV
- Dle vzorové sestavy „S“ pro 1x 25 kV AC, 50 Hz

Kapacita TV 2 - kolejné trati

- C_{1TV} = 15 nF/km

Impedance TV (bez TNS)

- Dvoukolejná trať, druhá stopa bez proudu (0,25 + j 0,40)Ω/km
- Jednokolejná trať (0,25 + j 0,40)Ω/km

4.3.2 Provozní konfigurace TV

Předpokládané provozní konfigurace TV vyplývají z variantnosti provozních stavů napájení napájených úseků tratí, Obrázek 2: Schéma napájení v lokalitě TNS Černovice po realizaci stavby [2] a Obrázek 3: Schéma napájení v lokalitě TNS Černovice včetně výhledů [2].

Standardní provozní stav po realizaci stavby

- TNS Černovice s využitím 1x SFC napájí TV samostatně tj. „ostrovní provoz“, který je ohraničen SpS Křenovice a dvěma NP. Jedno NP je v km 2,150 (Brno-hlavní nádraží – odb. Brno-Černovice) a druhé NP je v km 1,940 (odb. Brno-Židenice – odbočka Brno-Černovice). SpS Křenovice je situována v km 25,749 ve směru na Křenovice hl. n., paralelní NP je ve spojce Holubice – Blažovice je v km 1,385.

Výhledový stav napájení je závislý na průběhu navazujících staveb, Obrázek 3, kapitola 4.4.1:

- TNS Černovice musí být schopna provozu 1x SFC nebo 2x SFC, a to bez spolupráce nebo se spolupráci s SFC nebo TrT. Bližší detaily požadovaných výkonů, případných vazeb při sledovaných dopravních zátěží jsou uvedeny v [2].

4.3.3 Napájecí bod - TNS

V rámci stavby bude realizována nová TNS Černovice. Oblast napájení po realizaci stavby odpovídá schématu napájení Obrázek 2. TNS Černovice musí být připravena i na výhledový stav podpůrného (částečného) napájení Obrázek 3.

4.4 Charakteristika zabezpečovacího zařízení trati - ZZ

4.4.1 Rozsah infrastruktury pro „základního stav napájení“ z TNS Černovice

Oblast je omezena 4 neutrálními poli na trati 318A Veselí nad Moravou – Brno hl. n. (úsek v obvodu Brno–Slatina km 2,275 a km 1,978) 2 neutrálními poli na trati 315A Přerov – Sokolnice – Telnice – Brno hl. n. (úsek v obvodu Brno–Chrlice v km 2,282 a 1,978 km a v úseku Sokolnice – Telnice v km 14,367 a v km 13,886). Na trati 318A je tato oblast pro základní stav omezena ve směru Nezamyslice SpS Blažovice.

Trať č. 315A Přerov – Sokolnice – Telnice – Brno hl. n.

- dotčený úsek tratě od neutrálního pole na záhlaví v ŽST Brno hl.n. za vjezdovým návěstidlem 2VL po spínací stanici Křenovice horní n.

Trať č. 315D Holubice – Blažovice

- jednokolejný úsek tratě mezi stanicemi Holubice a Blažovice

Trať č.318A Veselí nad Moravou – Brno hl.n.

- dotčený jednokolejný úsek od neutrálního pole v km 2,150 na záhlaví v ŽST Brno přednádraží za vjezdovým návěstidlem VL po odbočku Brno-Černovice
- dotčený dvoukolejný úsek od neutrálního pole na záhlaví odbočky Brno-Židenice v km 1,940 za vjezdovými návěstidly 1VS, 2VS po odbočku Brno-Černovice
- dotčený dvoukolejný úsek od odbočky Brno-Černovice po neutrální pole za ŽST Blažovice směr Slavkov u Brna.

Úpravy SZZ a TZZ v uvedené oblasti je nutné koordinovat se stavbou „Modernizace trati Brno-Přerov, 2. stavba Blažovice – Vyškov, která má být zahájena v roce 2026 a ukončena v roce 2031. Jde o souběžnou dobu s plánovanou stavbou TNS Černovice v letech 2025 až 2028. Její součástí je výstavba nové dvoukolejné trati v úseku Blažovice (včetně) – Vyškov (včetně), s komplexní novou výstavbou stanice Blažovice, Holubice, přičemž stávající jednokolejná trať bude zrušena.

4.4.2 Staniční zabezpečovací zařízení – SZZ

V této vymezené oblasti se nachází se na trati 318A:

Odb. Brno–Černovice, nové SZZ s kolejovými obvody KOA1 realizované v roce 2019, ale je nutné upravit napájecí zdroj UNZ, aby byly splněny požadavky pro funkčnost i při napájení ze zdroje typu SFC,

ŽST Brno–Slatina, stávající elektromechanické stavědlo (km 6,105), starší typy kolejových obvodů je nutné vyměnit za počítače náprav,
ŽST Šlapanice, nové SZZ s kolejovými obvody KOA1 realizované v roce 2019, ale je nutné upravit napájecí zdroj UNZ, aby byly splněny požadavky pro funkčnost i při napájení ze zdroje typu SFC,
ŽST Blažovice, reléové SZZ, starší typy kolejových obvodů je nutné vyměnit za interoperabilními prvky (počítače náprav nebo KO),
ŽST Křenovice h. n., úprava SZZ TEST14, starší typy KO je nutné vyměnit za počítače náprav.
Na trati 315D:
ŽST Holubice, úprava elektromechanického SZZ bude provedena jinou stavbou, na brněnském zhlaví musí být stávající kolejové obvody nahrazeny počítači náprav včetně kabelizace,
Na trati 315A:
ŽST Sokolnice-Telnice, elektromechanické stavědlo (km 15,438), starší typy KO je nutné vyměnit za počítače náprav,
ŽST Brno-Chrlice, stávající elektromechanické stavědlo (km 8,801) s počítači náprav, bez úprav.

4.4.3 Traťová zabezpečovací zařízení - TZZ

Brno–Černovice – Brno–Slatina, starý univerzální autoblok s nevyhovujícími kolejovými obvody, bude nutno modernizovat celý traťový úsek,
Brno–Slatina – Šlapanice, nové TZZ s kolejovými obvody KOA1 realizované v roce 2019, ale je nutné upravit napájecí zdroj UNZ, aby byly splněny požadavky pro funkčnost i při napájení ze zdroje typu SFC,
Šlapanice – Blažovice, úprava TZZ úprava stávajícího TZZ typu AH 88 se staršími kolejovými obvody, které musí být vyměněny, popř. nahrazen celý úsek novým TZZ,
Blažovice – Holubice, úprava stávajícího TZZ typu AH 88 se staršími kolejovými obvody jinou stavbou (neutrální pole je v trať. úseku mezi vjezd. návěstidly),
Křenovice – Sokolnice AH s PCN ACS2000, bez úprav,
Sokolnice–Telnice – Brno–Chrlice – hradlový poloautoblok bez detekčních prvků,
Brno–Chrlice – Brno přednádraží, stávající elektromechanické stavědlo (km 8,801) musí být nahrazeno novým SZZ s počítači náprav,
ŽST Blažovice – ŽST Slavkovem u Brna, v provozu hradlový poloautoblok se staršími typy kolejových obvodů (KO3700), které musí být vyměněny, popř. nahrazen celý úsek novým TZZ.

4.4.4 Přejezdová zabezpečovací zařízení - PZZ

V dotčené oblasti základního stavu napájení se nachází množství úrovňového křížení dráhy s komunikací. V konkrétních úsecích se situace následující:
Úsek ŽST Brno–Slatina do ŽST Šlapanice
P7897, P7898 oba typu AŽD 71 se staršími kolejovými obvody, nutno provést výměnu za počítače náprav,
P7899 typu PZZ-RE se staršími kolejovými obvody, nutno provést výměnu za počítače náprav,
Úsek ŽST Šlapanice až ŽST Blažovice
P7900, P7901, P7902, P7903, P7904, P7905, P7906, P7907 – všechny typu AŽD 71 se staršími kolejovými obvody, nutno provést výměnu za počítače náprav,

Úsek ŽST Křenovice Horní nádraží až ŽST Sokolnice
P7186 se staršími KO, PZZ AC nutno upravit na počítače náprav,
P7185 se staršími KO, PZZ RE nutno upravit na počítače náprav,
P7184 typ PZM.
Úsek ŽST Sokolnice až ŽST Brno–Chrlice je přejezd P7183 typu PZM.
Úsek od ŽST Brno–Chrlice jsou tři přejezdy P7184, P7185 a P7186 aktivované v roce 2019, které již používají interoperabilní počítače náprav. V tomto traťové úseku směrem na předjízdné nádraží Brno hl. n. se nachází v km 2,150 neutrální pole.
Úsek mezi ŽST Blažovice a zastávkou Křenovice Dolní nádraží jsou dva přejezdy P7908 typu AŽD71 a P7909 typu PZZ-RE, které používají starší typy kolejových obvodů, nutno provést výměnu za počítače náprav.

4.4.5 Vlaková zabezpečovací zařízení – VZZ

Národní vlakový systém LS již nebude v rámci stavby nově zřizován.

4.4.6 Systém pro detekci vlaků

Z hlediska kompatibility mezi technologií SFC a systémy pro detekci vlaků podle ČSN EN 50238 budou použity počítače náprav s certifikáty o interoperabilitě a v případě již provozovaného systému kolejových obvodů KOA1, u kterých je třeba zajistit kompatibilitu s technologií SFC v TNS Černovice, bude nutné podle změny č. 2 TP AŽD 487, 3. vydání, provozovat KOA1 s funkcí značkování kolejového a místního napájecího napětí, což představuje úpravu napájecího zdroje UNZ a opětovné nastavení napájených kolejových obvodů.

4.4.7 Napájení zabezpečovacího zařízení

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

4.4.8 Schéma napájení trakční sítě

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

4.4.9 Trakční kolejová vozidla - EHV/EJ

SFC musí být schopen pracovat s hodnotami mim. cos φ = 0,80 - 1,00 induktivního charakteru a s vyšším obsahem harmonických zejména řádu 3. a 5., kapitola 6.8.2, Na železniční síti manažera infrastruktury v ČR jsou provozovány i starší koncepce EHV/EJ .

5 POŽADAVKY NA TECHNOLOGII SFC

5.1 Provozní režimy SFC

Při běžném provozním režimu bude SFC akceptovat základní řídící povely („start“ a „stop“) z místního, dálkového nebo ústředního 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 DS. Automaticky se nafázuje na referenční taktovací kmitočet, zapne vypínač a dodává činný a jalový výkon podle nastavené charakteristiky 1f trakčního systému.
- SFC musí být schopen nezávislého „ostrovního“ nebo „paralelního provozu“ s jiným místním nebo vzdáleným novým SFC nebo SFCs v systému jednotné fáze stejně jako s místním nebo vzdáleným stávajícím napájecím 1f trakčním transformátorem nebo transformátory.
- SFC musí být schopen nezávislé podpory 3f sítě DS dle definovaného jalového výkonu v závislosti na napětí v 3f sítě DS. Tato funkce nesouvisí přímo s napájením 1f trakčního systému.
- 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.
- Proces najetí SFC musí proběhnout maximálně do řádu jednotek minut v závislosti na druhu řízení.
- Musí být možné připojit a odpojit jiné SFC od SFC bez signalizace do systému řízení SFC. Rozdělení nebo převzetí zátěže musí být provedeno automaticky podle nastavených charakteristik pro činný a jalový výkon. Řídící systém SFC musí rozlišovat mezi „ostrovní“ sítí a „propojenou“ sítí:
    - SFC v „ostrovní“ síti udržuje optimálně konstantní napětí a fázi.
    - SFC v „propojené“ síti je optimálně vhodná kompaudace tj. pokles napětí, respektive změna fázového úhlu při zatížení proudem.

K dispozici musí být 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, kapitola 2.4 a 2.4.1. 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 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.
- ruční zapnutí a vypnutí chladících čerpadel, ventilátorů a vypínačů.
- testy iniciačních pulzů výkonových polovodičových prvků SFC. Index modulace musí být nastavitelný a musí umožnit ověření funkčnosti jednotlivých výkonových polovodičových prvků.

5.4 Řídící režimy SFC

5.4.1 Řízení napětí

- Řízení napětí musí být nastavené 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. Charakteristika musí být podobná charakteristice napájení standardním výkonovým transformátorem.
- 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 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 řídící jednotku, tzn. SFC bude konfigurován na tuto funkci dynamickým nastavením parametrů napětí a fázového úhlu.
- Řídící 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 nebude dostupná jakákoliv komunikace na nadřazené řízení nebo sousední TNS nebo dojde k poruše jiného SFC.

5.5 Interoperabilita - komunikační protokol

- Nezávisle na výrobci SFC by všechny SFC nasazené v síti manažera infrastruktury SŽ měly být schopny komunikovat prostřednictvím neproprietárního komunikačního protokolu. Pozn.: V současnosti se jako komunikační standard pro 50Hz železniční SFC široce používá IEEE C37.118.2 s cílem zabránit nežádoucí cirkulaci energie mezi železničními rozvodnami (tradičními nebo založenými na SFC) prostřednictvím třífázové sítě.

5.6 Události v nadřazené DS 3x110kV AC

5.6.1 Chování SFC při poruše

- SFC musí udržet napětí a frekvenci v rámci mezí, popsaných normou EN 50328 kapitola 2.3.2.1 bez vypnutí.
- SFC musí být chráněn proti přepětí podle popisu v normě EN 61393-1 tabulka 1. Zde zadané podmínky nesmí znamenat poškození SFC.
- SFC musí být chráněn proti nebezpečí poškození vlivem změn frekvence v síti mimo definovaný rámec.
- SFC musí být vhodně chráněn i z hlediska ovlivnění tj. dostatečná úroveň odolnosti z hlediska EMC

5.7 Události v trakčním systému TrS 1x25 kV AC, 50 Hz

5.7.1 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 je schopen udržet (v závislosti na impedanci poruchy) svou fázi, stejně jako frekvenci.
- SFC musí napájet zkratovým proudem až 3s 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. Systém chránění musí tyto hodnoty vhodně respektovat.

5.7.2 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 ±85 % 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 TECHNOLOGII SFC

- Provozní požadavky vychází z kapitoly 2.4 a 2.4.1.

6.1 Požadavky na popisy a značení

- Všechny popisy, tabulky, grafy, schémata, značky (pozn.: včetně schématických značek) a značení částí SFC včetně pomocných systémů a zařízení musí odpovídat provozním zvyklostem u Zákazníka tj. SŽ.
- Barevné provedení popisů, tabulek, grafů, schémat, značek (pozn.: včetně schématických značek) a značení částí SFC musí odpovídat provozním zvyklostem u Zákazníka.
- Jazykem pro popisy musí být čeština. Jiný jazyk např. anglický může být použit pouze se souhlasem Zákazníka.
- Změny značení, navěstěni a popisů mimo provozní zvyklosti musí být vždy projednány se Zákazníkem.

6.2 Požadavky na výkony

- SFC musí být dimenzovány na sekundární výstupní straně 25 kV výkonově tak, aby bylo akceptováno kapacitní zatížení způsobené TV v plném rozsahu tj. 100 %.
- Jmenovité zatížení SFC je totožné špičkovým zatížením SFC.
- SFC musí být dimenzován pro zpětný tok energie až do DS 3x110 kV AC 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 1x25 kV AC, 50 Hz není nutná, avšak má dopad do návrhu dimenzování SFC).
- TNS Černovice musí splňovat podmínku s SFC 2x 30 MVA při udržení cos φ = 0,95 - 1,00 induktivního charakteru na vstupní straně 110 kV AC.
- Napětí u trakčního systému 1x 25 kV AC, 50 Hz musí být v souladu s ČSN EN 50163 ed. 2. a ČSN EN 50124, tj. nejnižší krátkodobé napětí 17,5 kV, nejnižší trvalé napětí 19,0 kV, nejvyšší trvalé napětí 27,5 kV, nejvyšší krátkodobé napětí 29,0 kV.

6.3 Požadavky na účinnost

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

6.4 Požadavky na servisní cyklus

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

6.5 Požadavky na provozní dostupnost a spolehlivost

- 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 (365 dní). Doba odstavení SFC bude v době odstavení TNS z důvodu údržby a revize zařízení.

- Spolehlivost a minimální nároky na údržbu SFC musí být zachovány i v případě, že SFC nebude využíváno pro aktivní napájení. Dodavatel uvede případné podmínky (např. minimální dobu provozu za měsíc) pro zachování požadované spolehlivosti a minimálních nároků na údržbu SFC, které musí prokazatelně předat Zákazníkovi.
- 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. V případě dvou SFC je povolena hodnota 98 %.
- Dodavatel dodá výpočet spolehlivosti SFC jako celku. Hodnoty spolehlivosti jsou garantovanou hodnotou po dobu servisního cyklu.

6.6 Požadavky na akustický hluk

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.
V rámci řešení TNS byla provedena hluková studie [3] hodnotící vliv záměru výstavby TNS Černovice na okolní obytnou zástavbu. Stavební záměr prezentuje výstavbu nových technologických budov a venkovních stání s novými technologiemi. TNS bude obsahovat tři velké transformátory T101, T102 a T103, které budou umístěny na samostatných zastřešených stanovištích. Jeden z dvojice T101 a T103 bude sloužit vždy jako záložní a bude docházet k jejich pravidelnému střídání. Zbylý transformátor T102 bude v neustálém provozu. Významnými zdroji budou také technologie filtrů umístěné severně od stání transformátorů. Tyto jsou rovněž umístěny duplicitně, kde druhá sada slouží opět jako záloha a opět bude docházet k jejich pravidelnému střídání. Součástí technologií jsou také klimatizační jednotky (jedna u každého domku s měničem a dvě u hlavní technologické budovy).
Na základě výpočtového modelu nebyl hygienický limit překročen. Tónová složka je sice přímo u jednotlivých zdrojů očekávána, nicméně dle provedeného měření podobných zařízení v minulosti nejsou tónové složky již v cca 100 metrech detekovány. Navíc i v případě, že by byla tónová složka u nejbližší obytné zástavby prokázána, výsledné hodnoty splňují také tento limit (snížený o 5 dB) s rezervou více než 6 dB. Nejbližší obytná zástavba je cca 170 metrů daleko a mezi plánovaným umístěním areálu TNS a obytnými objekty (ulice Krásného) vede železniční trať (Brno–Šlapanice) a dochází zde ke spojení vytíženého městského okruhu s hlavní výpadovkou směrem na Olomouc. Případné přímé kolaudační měření tohoto záměru vzhledem k dalším zdrojům hluku v okolí (hlavně silniční dopravy) bude velmi složité, pokud vůbec proveditelné.
Na základě těchto výsledků nejsou navrhována žádná protihluková opatření.

6.7 Požadavky na straně napájecí 3x110 kV

6.7.1 Požadavky na jalový výkon

- Jalový výkon se mění podle požadavků sítě (cos φ = 0,95 – 1,0)
- SFC musí být dimenzováno na primární vstupní straně 3x 110 kV AC výkonově tak, aby bylo možno kompenzovat DS 3x110 kV trvalým výkonem 5 MVA (pozn.: tato funkce je považována jako doplňková funkce, která pro vlastní řešení napájení systému 1x25 kV AC, 50 Hz není nutná, avšak má dopad do návrhu dimenzování SFC).

6.7.2 Požadavky na harmonické

Limity pro úroveň zpětných vlivů způsobovaných jedním odběratelem z DS 3x110 kV stanovuje, PNE 33 3430 - 0. Reálná skutečná velikost harmonických bude záviset na konkrétním návrhu řešení SFC. V případě překročení požadavků musí Dodavatel SFC doplnit návrh řešení SFC o vhodnou úpravu pro splnění požadavků.

6.7.3 Požadavky na EMC

- SFC musí vyhovět požadavkům definovaných ČSN EN 50121 pro lokalitu.
- Návrh SFC musí respektovat požadavky vycházející s kmitočtu pro HDO 216,6 Hz. Signál HDO nesmí být rušen v oblasti blízké kmitočtu HDO. Při uvažování součinitele $\alpha = 1$ by Dodavatel SFC měl dodržet impedanci na kmitočtu HDO ve velikosti $Z_{HDO} = 1210\ \Omega$.

6.8 Požadavky na straně 1x25 kV AC

6.8.1 Požadavky na jalový výkon

- SFC musí být schopen pracovat s hodnotami mim. cos φ = 0,80 - 1,00 induktivního charakteru, které generuji některé starší koncepce EHV provozované na železniční sítí ČR. Dále SFC musí být schopno kompenzovat vliv TV pro všechny běžné provozní stavy včetně výhledového napájení v oblasti.

6.8.2 Požadavky na harmonické

Maximální přípustné hodnoty harmonických jsou definovány v Tabulka 3.

Tabulka 3 Meze harmonických napětí způsobených harm. proudu 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 uvedené spektrum S_1 a pro proudové a napěťové dimenzování prvků filtrů se uvažuje dále uvedené spektrum S_2 proudu trakčního obvodu, Tabulka 4.

Tabulka 4: 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 nebo simulace dodány Dodavatelem.

6.8.3 Požadavky na EMC

- SFC musí vyhovět požadavkům definovaných ČSN EN 50121 pro danou lokalitu.

6.8.4 Požadavky ze strany zabezpečovacího zařízení

Napájecí stanice při použití technologie SFC pro napájení TV může generovat rušivé frekvence v oblasti pracovních kmitočtů systémů pro detekci vlaků a tak by mohlo dojít k ovlivnění zabezpečovacího zařízení. Z tohoto důvodu musí být možnost ovlivnění systémů pro detekci vlaků technologií SFC posouzena podle ČSN EN 50238-1 ed.2.

Kolejové obvody - KO

Podmínky spolupráce a zajištění bezpečné funkce kolejových obvodů (KO) 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 vedeny splněny. Základní technický předpis, který definuje uvedené podmínky, je ČSN 34 2613 ed. 3. Tento předpis rozděluje KO na „starší kolejové obvody“ (příloha A uvedené normy) a „perspektivní kolejové obvody“ (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.

Provozované kolejové obvody s reléovým přijímačem, např. typu KO-3400, KO-3401, KO-3600 a KO-4300, jsou považovány za „starší kolejové obvody“ podle ČSN 34 2613 ed. 3 a kolejové obvody s elektronickým přijímačem EFCP nebo typu KOA1 typu, např. KO-6301 a KO-6401, jsou považovány za perspektivní kolejové obvody. Na tratích napájených SFC se

nepředpokládá provoz jiných KO než typu KOA1 s aktivovanou funkcí značkování podle 3. vydání TP AŽD 487 ve znění změny č. 2. [1]
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 až 56) kHz, které jsou používány u přejezdového zabezpečovací zařízení.
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 KO, jako systému pro detekci vlaků, musí 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 SFC a znalostem jejího chování, by se mělo jednat o Dodavatele nebo výrobce této technologie) uvedené změny, by na základě použité konkrétní technologie SFC musí realizovat postupy podle uvedeného prováděcího zařízení a podle ČSN EN 50126-1. Pro posouzení kompatibility technologie SFC a KO platí normy ČSN 50238-1 ed.2 a ČSN CLC/TS 50238-2 (pozn: Uvedené normy řeší kompatibilitu vozidel a kolejových obvodů, a zahrnují i vliv trakční napájecí soustavy na vznik a přenos rušení), přitom je však nutno vzít na vědomí, že teoreticky učiněné závěry (ve věci kompatibility SFC a KO) budou muset být také doložený odpovídajícími měřeními při uvádění technologie SFC do provozu. Případně je také možno uvažovat o nasazení permanentních monitorovacích systémů ohrožujících signálů v rámci TNS s technologií SFC. Konkrétní provedeni monitorovacího systému, úroveň integrity bezpečnosti a limity budou případně předmětem diskuse s Dodavatelem technologie SFC.

Počítače náprav - PN

Vzhledem k použitému principu u počítačů náprav (PN) (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 PN a dalších subsystémů uvedeny v ČSN CLC/TS 50238-3 (jen vozidla) a TSI CCS, resp. v dokumentu ERA/ERTMS/033281, verze 5.0 „Interfaces between CCS trackside and other subsystem“.

[1] Systém kolejových obvodů KOA1 má schváleny TP AŽD 487, 3. vydání, změna č. 2 s povinnou funkcí značkování kolejového a místního napájecího napětí pro úseky napájení TNS se statickými frekvenčními měniči.

7 POMOCNÉ SYSTÉMY A SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ PRO TECHNOLOGII SFC

7.1 Výkonová elektronika SFC

- SFC musí být navržen na jmenovitý činný výkon, jak je definováno kapitole 6.2.
- Technologie, dimenzování a výběr komponentů SFC musí provést Dodavatel tak, aby zajistil splnění požadavků definovaných zejména v kapitole 2.4, 2.4.1, 5, 6, 7 a 8, a to vše s ohledem na kapitolu 4.
- Dodavatel provede redundanci SFC dle požadavků v kapitole 2.4.1.
- SFC musí být vybaven odpovídajícím systémem chránění pro vlastní ochranu a ochranu systému proti potenciálním nebezpečným provozním režimům.

7.2 Výkonový vstupní 3f transformátor SFC

- Návrh transformátoru SFC musí uvažovat s podmínkami okolí, jak je definováno v kapitole 4. Další upřesnění je uvedeno v projektové dokumentaci.
- 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 výstupní 1f transformátor SFC

Zákazník nepožaduje nasazení 1f transformátoru SFC pokud Dodavatel má řešení SFC bez 1f transformátoru a je schopen dodržet specifikované požadavky na SFC.

Pozn.: 1f transformátor SFC mezi SFC a TV je považován za vhodnější řešení vzhledem k tomu, že galvanicky odděluje SFC od TrS a díky impedanci transformátoru brání průniku případných DC proudů do AC trakčního systému.

Pro řešení SFC s 1f transformátorem platí:

- 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 TrS 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 kapitole 4.

7.5 Chladicí systém SFC

- Čerpadla musí být umístěna 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 chladícího 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 chladícího média z chladicího systému.
- Chladící médium musí být řešeno tak aby odpovídalo celoročnímu provozu SFC v dané lokalitě 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 6.6. 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 ED Brno.

7.6 Systém ventilace a klimatizace SFC

- Systémy musí být provedeny podle požadavků pro provoz SFC na plném výkonu při všech specifikovaných podmínkách prostředí a provozních stavech.
- Porucha těchto systémů nesmí mít negativní dopad na funkcionalitu a možnosti řízení SFC pro tento druh poruchy.

7.7 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 opětnému 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 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, a to prostřednictvím neveřejné virtuální privátní sítě Zákazníka
- Umožnění nastavení základních parametrů (tj. P a Q charakteristiky) operátorem nebo dispečerem/ED
- 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 řídících režimů, parametrů a charakteristik nastavení, záznamu poruchových stavů, HW, SW, síťové topologie, použitých komunikačních protokolů, atd.). Vše musí být přesně zdokumentováno.

7.8 Druhy provozu SFC

- Místní provoz
- Dálkový provoz
- Ústřední provoz

Pozn.: Zvláštním režimem je vzdálený přístup (VPN).

V rámci všech výše uvedených druzích provozu (úrovně řízení) je nutné definovat přenášená data v kontrolních seznamech (tzv. check listech).

7.8.1 Místní provoz

- SFC musí být řiditelné místně, režim místního nebo dálkového provozu bude volitelný přes přepínač na pracovišti místního řídicího systému ve velíně s tím, že bude provedena vhodná blokace 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 měřením.
- 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.

7.8.2 Dálkový provoz

- Síťové rozhraní pro místní řídicí systém Zákazníka musí být na optické síti s protokolem ČSN EN 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). Ovládání TNS musí být začleněno do stávajícího řídicího systému elektrodispečera, tj. ED Brno. Musí proběhnout funkční zkoušky ovládaného objektu TNS.

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

7.8.3 Ústřední provoz

- Ústřední ovládání a řízení musí být řešeno komunikačním protokolem podle ČSN EN 60870-5-104 na ED Brno.

7.8.4 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.
- V rámci tzv. „SFC safety policy“ tj. přístupové řešení pro SFC musí vyhovovat koncepci poskytování služeb vzdáleného přístupu a celkové koncepci bezpečnostní politiky u SŽ. Detailní podmínky budou poskytnuty Dodavateli SFC, příp. Zhotoviteli na požádání od Zákazníka tj. SŽ. Pozn: Kybernetická bezpečnost dle standardu a předpisů ISO/IEC 27001, IEC 62 443 a IEC 62 351

7.9 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 rozvodna, transformátory, záblesková ochrana, stavební části atd., musí být zajištěny pevným oplocením podle specifikace Zákazníka.

- Zákazník dodá přístupový zámkový systém Dodavateli pro zajištění kompatibility systému.

7.10 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. Dodavatel SFC má právo před odevzdáním stavby změnit své logo včetně barevného provedení v případě, že je oprávněn používat jiné „nové“ logo.
- 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.

7.11 Uzemnění

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

8 KONTROLY, TESTY, AKCEPTACE, UVEDENÍ DO PROVOZU TECHNOLOGIE SFC

8.1 Požadavky všeobecné na SFC

- Při testech musí být vždy přítomen zástupce Dodavatele SFC, který má odpovídající specializaci v rámci zaměření kontroly/testu, pokud nebude dohodnuto se Zákazníkem tj. SŽ (dále jen Zákazník) jinak.
- Zákazník má právo určit svého zástupce pro danou specializaci mimo rámec dohodnutých profesí/zástupců.
- Prohlídky, kontroly a testy jsou plánovány pro ověření, že SFC vyhovuje požadavkům specifikovaným Zákazníkem. Hlavním cílem bude, zda bylo dosaženo zamýšlené funkčnosti a parametrů, ale i EMC.
- Zákazník obdrží v etapě, kdy již je odsouhlaseno finální řešení SFC v TNS Černovice, „Celkový plán prohlídek, kontrol, zkoušek a testů nebo Celkový inspekční a zkušební plán (ITP) pro SFC“ – obsahuje všechny plány prohlídek, kontrol, zkoušek a testů v minimálním rozsahu: název zkoušky/testu, termín, místo provedení, podmínky provedení, časová náročnost, datum vystavení protokolu.
- ITP musí zahrnovat minimálně: pravidelné tovární a přejímací zkoušky, integrační tovární přejímací zkoušky, tovární přejímací zkoušky, zkoušky uvedení do provozu, zkoušky výkonu SFC, zkoušky EMC. ITP zahrnuje testy Factory Acceptance Testing (FAT), Site Acceptance Testing (SAT) a další.
- Celkový plán prohlídek, kontrol, zkoušek a testů musí zahrnovat i plán pro kontrolu kompatibility odsouhlasený od Zákazníka.
- 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.
- Dokumentace k testům bude dodána nejpozději 4 týdny před termínem testů. Dokumentace bude vždy obsahovat podrobné detailní schéma zapojení při testování.
- Každý test, jehož výstupem bude dokument/protokol, bude mít mimo jiné uvedenou SW a HW verzi konkrétní části SFC.
- Veškeré testovací příslušenství musí být kalibrováno a kalibrace musí být platné. Toto bude dokladováno v protokolu o provedení zkoušky nebo testu.

8.2 Požadavky na model SFC

- Zákazník požaduje pro SW ladění model SFC, který bude možné uchovat pro další využití. Zákazník bude mít tento model k dispozici v odpovídající kvalitě a SW formátu a bude součástí dokumentace v dohodnutém režimu.
- Zákazník požaduje pro SW ladění model trakčního vedení, který bude možné uchovat pro další využití například při návrhu systému ochran. Zákazník bude mít tento model k dispozici v odpovídající kvalitě a SW formátu a bude součástí dokumentace v dohodnutém režimu.

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

Factory Acceptance Test (FAT) nebo obdobné testy = výrobní testy před výstupem SFC jako celku od Dodavatele SFC je považován za zádržný a zároveň kontrolní bod pro splnění všech ověřovaných a dokladovaných testů. Zákazník má však právo změny nebo doplnění, a to bez nároku Dodavatele SFC na finanční požadavky.

8.3.1 Požadavky na testy standartní (Factory Acceptance Testing – FAT)

- Dodavatel SFC musí provést standardní „tovární“ testy následujících komponentů před jejich odesláním SFC z výroby na místo instalace, kde bude provedeno uvedení do provozu, a to minimálně v rozsahu:
  - SFC výkonová část
  - SFC řídící skříň
  - SFC chladicí systém a externí výměníky tepla
  - SFC 3fázový vstupní transformátor pro 50 Hz
  - SFC 1fázový výstupní transformátor pro 50 Hz (pozn.: pokud je součástí řešení)
  - SFC filtry vstupní/ výstupní (pozn.: pokud jsou součástí SFC)
  - SFC řízení
  - Ostatní související části SFC od případných subdodavatelů

- Standartní testování musí být provedeno v souladu s odpovídajícím seznamem norem a případně dalších souvisejících norem platných pro zařízení u Zákazníka.
- Zákazník má právo na změnu či doplnění FAT před jeho oznámením začátku, tj. zaslaného harmonogramu FAT.
- Zákazník si vyhrazuje právo účasti svých zástupců v jakékoliv fázi simulací a testech 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.

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

- Výsledky všech zkoušek s jasným vyjádřením splnění/nesplnění
- Záznam z průběhu zkoušky - oscilogramy, grafy, tisky výsledků, atd.
- Certifikáty standartních testů
- Seznam vad z výroby

8.4 Požadavky na uvedení do provozu (Site Acceptance Testing – SAT)

Uvedení do provozu je označováno také jako soubor testů při uvádění do provozu (SAT = Site Acceptance Testing)

- 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“ (Cold and Hot Tests).
- Před uváděním do provozu (8 týdnů předem) musí Dodavatel SFC 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. Zákazník má právo na doplnění či úpravu testů.

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 TrS)
- Měření zpětných trakčních proudů v ochranných kmitočtových pásmech perspektivních KO (73 až 77) Hz, (273 až 277) Hz, pro vysokofrekvenční KO (44 až 56) kHz a pro národní vlakový zabezpečovač LS v pásmu (66 až 83) Hz podle ČSN 34 2613 ed. 3
- Provedení měření podle požadavků Zákazníka (tj. harmonické, účinnost, atd.)
- Zkušební provoz
- Období zkušebního provozu musí trvat minimálně 8 týdnů.
- Období zkušebního provozu není obdobím tzv. ověřovacího provozu.

9 DOKUMENTACE K TECHNOLOGII SFC

Dokumentace musí zahrnovat v jednotlivých etapách následující části, viz níže. Dokumentace musí být provedena v českém jazyce na dostatečné odborné jazykové úrovni. Popisy nesmí obsahovat nejednoznačnosti. Všechny požadované dokumenty musí být v souladu s instalovaným SFC.

9.1 Dokumentace pro nabídku

- S nabídkou
  - Technický popis a řešení SFC obsahující blokové schéma SFC jako celku včetně všech souvisejících zařízení
  - Technický popis systému řízení a chránění
  - Předběžný přehled zapojovacích jednopólových schémat
  - Předběžný návrh dispozice SFC a rozměrů
- Dále v rámci nabídky bude dokumentace zahrnovat:
  - Předpokládaný servisní plán prací včetně vzoru servisní smlouvy
  - 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) a způsob jeho garance
  - Zákaznická podpora – údržba, servis, školení (počet měsíců)

9.2 Dokumentace Dodavatele SFC pro Zákazníka

- Základní projektová dokumentace (Base design)
  - Základní zprávy projektu v dostatečném rozsahu
  - 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 zemnící sítě
  - Dokumentaci s popisem návazností (tzn. pro rozvodnu)
- Podrobná projektová dokumentace (Detail design)
  - Podrobná zpráva projektu
  - Schémata zapojení každé části SFC
  - 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 tištěná 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 15 pracovních dnů.

10 ŠKOLENÍ A ZÁCVIK K TECHNOLOGII SFC

- Zákazník po dohodě s Dodavatelem SFC musí specifikovat požadavky a rozsah na školení včetně počtu osob.
- Zákazník požaduje, aby zácvik obsluhy probíhal již v rámci zkušebního provozu SFC po dohodě s dodavatelem SFC a Zhotovitelem.
- 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 SFC):
    - Technické informace o SFC
    - Provoz a řízení SFC včetně všech úkonů před uvedením do provozu
    - Odstraňování problémových situací včetně systematičnosti úkonů
    - Údržba SFC
    - Praktické školení s ukázkami konkrétního řešení/manipulace
    - Praktické detailní školení na řízení SFC a jeho ovládání včetně „nastavování P,Q křivek“
- Rozsah zácviku obsluhy musí mít Zákazník možnost dále upravit na základě případných změn v rámci napájené sítě z TNS Černovice.

11 OSTATNÍ POŽADAVKY

11.1 Náhradní díly

- V rámci nabídky musí být předložená nabídka doporučené sady náhradních dílů
- Dodavatel musí specifikovat doporučené náhradní díly včetně jejich počtu

11.2 Servisní smlouva pro technologii SFC

- V rámci nabídky Dodavatel předloží vzor servisní smlouvy pro SFC

11.3 Záruční podmínky a servis v době záruky pro technologii SFC

- V rámci nabídky musí být garantovaná doba záruky včetně prováděného servisu a údržby, jenž jsou předepsány dodavatelem SFC. Zákazník po dobu záruky nehradí náklady spojené se servisní či údržbovou činností.

11.4 Referenční dokumenty

- Dodavatel předloží v rámci nabídky minimálně 1x referenční projekt pro aplikaci SFC pro trakční napájecí systém 1x 25 kV AC, 50 Hz, která je již v reálném provozu bez omezení místa nasazení. Pozn.: Reálný provoz nemůže být chápán jako provoz testovací.

12 SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTY, NORMY, PŘEDPISY a VYHLÁŠKY

- Výčet dokumentů a předpisů, právních předpisů a technických dokumentů v kapitole 13 je základní a jeho uvedení nijak nezbavuje ani neomezuje povinnost Dodavatele SFC provést řešení realizace SFC v souladu s právními předpisy a interními dokumenty a předpisy, a to i takovými, které v tomto seznamu uvedené nejsou.
- Před zahájením prací Dodavatel SFC provede aktualizaci a doplnění všech výchozích podkladů.
- Při řešení realizace SFC musí být respektovány jako výchozí podklady zejména Obecně závazné předpisy (zákony a vyhlášky) České republiky, Obecně závazné evropské předpisy, Technické normy a interní dokumenty a předpisy vydané Zákazníkem.
- Právní předpisy vydané Zákazníkem v platném znění si Dodavatel SFC zajistí na vlastní náklady.
- Zákazník umožňuje Dodavateli SFC přístup ke všem svým interním dokumentům a předpisům na svých webových stránkách: www.spravazeleznic.cz v sekci „O nás / Vnitřní předpisy / odkaz Dokumenty a předpisy“ (https://www.spravazeleznic.cz/o-nas/vnitrni-predpisy-spravy-zeleznic/dokumenty-a-predpisy).

13 SEZNAM ZÁKLADNÍCH SOUVISEJÍCÍCH DOKUMENTŮ, NOREM, PŘEDPISŮ a VYHLÁŠEK

[1]	Soubor dokumentace „VÝSTAVBA UZLOVÉ TRAKČNÍ NAPÁJECÍ STANICE BRNO-ČERNOVICE“
[2]	Energetické výpočty – B.10 „VÝSTAVBA TNS BRNO-ČERNOVICE“
[3]	Akustická studie -„ Výstavba uzlové trakční napájecí stanice Brno-Černovice“, Ecological Consulting a. s.,Olomouc, prosinec 2021
58604/00 – O13	Metodický pokyn ČD - Protihlukové stěny a valy, č.j. 58 604/00 - O13
ČSN ISO 2631-1	Vibrace a rázy - Hodnoceni expozice člověka celkovým vibracím – Část 1: Všeobecné požadavky
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 34 2613 ed. 3	Železniční zabezpečovací zařízení – Kolejové obvody a vnější podmínky pro jejich činnost
ČSN EN ISO 5349-1	Vibrace - Měřeni a hodnoceni expozice vibracím přenášených na ruce – Část 1:Všeobecné požadavky
ČSN 73 0532	Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách, požadavky
ČSN 73 6301	Projektování železničních drah
ČSN EN 14253	Měřeni a vypočet 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 měřeni zvukové izolace stavebních konstrukci 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 50238-1 ed. 2	Drážní zařízení – Kompatibilita mezi drážním vozidlem a systémy pro detekování vlaků – Část 1: Obecně
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 řídící zařízení – Část 1: Společná ustanovení
ČSN EN ISO 3095	Železniční aplikace – Akustika – měřeni hluku vyzařovaného kolejovými vozidly
ČSN ISO 10847	Akustika – Určení vložného útlumu venkovních protihlukových clon všech typů
ČSN ISO 1999	Stanoveni expozice hluku na pracovišti a posouzeni zhoršeni 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 environnemental 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 meziharmonické, 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
SŽ PPD-03/2021	Pokyn provozovatele dráhy k zajištění plynulé a bezpečné drážní dopravy. Podmínky provozu rekuperace EHV/EJ na trakčních soustavách AC 25 kV 50 Hz a 3 kV DC
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 technických kvalitativních 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	EG.D. a.s., 2016 vč. doprovodných příloh č.1 – 7 (https://www.egd.cz).
Směrnice GŘ č. 11/2006	Dokumentace pro přípravu staveb na železničních drahách celostátních a regionálních, č.j.: 13 511/06-OP, s účinností od 30. 6. 2006, v platném znění

	včetně příslušných dodatků a dle platnosti uváděných souvisejících dokumentů a předpisů,
Směrnice GŘ č. 16/2005	Zásady modernizace a optimalizace vybrané železniční sítě České republiky, č.j.: 3790/05-OP, s účinností od 17. 1. 2006, v platném znění
Směrnice SŽDC č. 20	Stanovení členění investičních nákladů staveb u státní organizace Správa železniční dopravní cesty, ve znění Změny č. 1, včetně závazných vzorů jednotlivých formulářů pro zpracování položkových a souhrnných rozpočtů, č.j.: 28169/2017-SŽDC-GŘ- NM, s účinností od 1. 8. 2017, v platném znění
Směrnice SŽDC č. 30	Zásady rekonstrukce celostátních drah České republiky nezařazených do evropského železničního systému, č.j.: 35372/07-OP, s účinností od 1. 5. 2008, v platném znění.
Směrnice SŽDC č. 32	Zásady rekonstrukce regionálních drah, č.j.: 14936/07-OP, s účinností od 1. 1. 2008, v platném znění včetně příslušných dodatků
Směrnice SŽDC č. 33	Správa koordinačních schémat ukolejnění a trakčního propojení, ze dne 18. 4. 2018, čj. 18752/2018-GŘ-O14, s účinností od 30. 4. 2018, v platném znění
Směrnice SŽDC č. 34	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, ze dne: 26. 9. 2007, č.j.: 21 783/07-OP, s účinností od 15. 2. 2012, v platném znění včetně příslušných dodatků.
Směrnice SŽDC č. 35	Směrnice, kterou se stanovují technické specifikace vlakových rádiových zařízení a zásady pro jejich přípravu a realizaci na železniční dopravní cestě ve vlastnictví státu ve znění změny č. 1, s účinností od 15. 1. 2020, v platném znění
Směrnice SŽDC č. 105	Změny během výstavby, ve znění změny č. 1, č.j. 19782/2018- SŽDC-GŘ-O7 s účinností od 12. 10. 2018, v platném zněn,
Směrnice SŽDC č. 117	Předávání digitální dokumentace z investiční výstavby SŽDC dle změny č. 1, č.j.: S11908/2017-SŽDC-GŘ-O7 s účinností od 24. 3. 2017, v platném znění
Pokyn GŘ č. 4/2016	Předávání digitální dokumentace a dat mezi SŽDC a externími subjekty, č.j.: S34781/2016-SŽDC-O22, ze dne 30. 8. 2016 s platností od 5. 9. 2016, platném znění
Pokyn SŽDC PO-21/2017-GŘ	Opatření a omezení pro dodávky technologických celků s dopadem na síťovou infrastrukturu SŽDC, č.j.: 48729/2017-SŽD-GŘ-O14, ze dne 15. 1. 2018, s účinností od 18. 1. 2018,
Pokyn SŽDC PO-07/2019-GŘ	Aplikace novel vyhlášek o dokumentacích staveb, č.j.25865/2019-SŽDC-GŘ-O6 ze dne 15. 5. 2019, s účinností od 16. 5. 2019,
Předpis SŽDC D1	Dopravní a návěstní předpis, č.j. 55738/2012-OZŘP s účinností od 1. 7. 2013, ve znění změn č. 1 až č. 4, v platném znění
Předpis SŽDC D7/2	Organizování výlukových činností, č.j.: S 47995/2013-O20 ze dne 11. 11. 2013, ve znění změny č. 2 s účinností od 1. 1. 2019, v platném znění
Předpis SŽDC (ČD) M12	Předpis pro jednotné označování tratí a kolejišť v IS ČD, změny a doplňky dle 2. novely, č.j.: 59 792/99-O29, s účinností od 1. 11. 1999, v platném znění
Předpis SŽDC M21	Topologie sítě a staničení tratí železničních drah, č.j.: 31554/2019-SŽDCGŘ-O15, ze dne 20. 6.2019, s účinností od 25. 6. 2019, v platném znění

14 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Situace umístění TNS Černovice v oblasti 7

Obrázek 2: Schéma napájení v lokalitě TNS Černovice po realizaci stavby [2] 8

Obrázek 3: Schéma napájení v lokalitě TNS Černovice včetně výhledů [2] 9

Obrázek 4: Principiální schéma pro návrh TS SFC pro TNS Černovice 10

Obrázek 5: Dispozice technologických zařízení [1] 17

Obrázek 6: TNS Černovice blokové schéma [1] 18

Obrázek 7: Lokalita TNS Černovice [1] 21

15 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Vybrané související části projektu s instalcí technologie SFC 20

Tabulka 2: Klimatické údaje zájmového území [1] 22

Tabulka 3 Meze harmonických napětí způsobených harm. proudu emitované z TNS 33

Tabulka 4: Procentní podíl harmonických ve spektrech S_1 a S_2 34