

Zápis

z pracovní porady konané dne 10.10.2017 na SUDOP BRNO spol. s r.o., Kounicova 26

Předmětem

je jednání ohledně podmínek připojení TNS do distribuční soustavy z hlediska splnění požadovaných kritérií na odběr el. energie podle současně platné legislativy.

„Změna trakční soustavy na AC 25kV, 50Hz v úseku Nedakonice - Říkovice“

Přítomni

viz. listina přítomných

Všeobecně

Jednání navázalo na předchozí poradu konanou dne 7.9.2017 (viz příslušný zápis). Před jednáním byl účastníkům jednání rozeslán k prostudování a připomínkám draft studie EGU.

1. Shrnutí základních fakt

A) Uspořádání napájeného úseku (viz obr. 1 – přiložen na konci zápisu)

- a) Dělení trakčního vedení u TNS a u SpS přibližně uprostřed mezi TNS
- b) Dělení trakčního vedení u SpS přibližně uprostřed mezi TNS (u TNS trvale sepnuto)
- c) Spojité napájení bez dělení (u TNS i u SpS trvale sepnuto)

TNS ... trakční napájecí stanice 3 AC 110 kV / 1 AC 25 kV

SpS ... spínací stanice

Vzdálenost TNS je u systému 25 kV cca 44 km a u DC systému 3 kV cca 24 km

B) Technologie TNS (viz obr. 2 – přiložen na konci zápisu)

- a) Jeden jednofázový transformátor napájí stejnou fází trakční vedení na obě strany od TNS (zapojení T),
- b) Jeden jednofázový transformátor napájí určitou fází trakční vedení na jednu stranu od TNS, druhý jednofázový transformátor napájí jinou fází trakční vedení na druhou stranu od TNS (zapojení V),
- c) Jeden jednofázový transformátor napájí stejnou fází trakční vedení na obě strany od TNS (zapojení T), na výstupu doplněno FKZ,
- d) Jeden jednofázový transformátor napájí určitou fází trakční vedení na jednu stranu od TNS, druhý jednofázový transformátor napájí jinou fází trakční vedení na druhou stranu od TNS (zapojení V), na výstupu doplněno FKZ,
- e) Jeden třífázový transformátor plus aktivní balancer napájí stejnou fází trakční vedení na obě strany od TNS,
- f) Jeden třífázový transformátor plus aktivní balancer napájí stejnou fází trakční vedení na obě strany od TNS, na výstupu doplněn filtr vyšších harmonických složek proudu,
- g) vstupní třífázový transformátor plus dvojice polovodičových měničů (3 AC/DC a DC/1 AC) a výstupní transformátor napájí stejnou fází trakční vedení na obě strany od TNS.

FKZ ... filtrační kompenzační zařízení (filtrace vyšších harmonických složek proudu, kompenzace jalového výkonu)

C) Provedení vozidel (viz obr. 3 – přiložen na konci zápisu)

- Stará vozidla s technikou diodových (případně tyristorových) usměrňovačů a stejnosměrných trakčních motorů – odebírají jalový výkon a deformační výkon (nesinusový proud),
- Nová vozidla s technikou čtyřkvadrantových měničů a pulsních napěťových střídačů napájejících frekvenčně řízené třífázové střídavé (asynchronní) trakční motory – odebírají jen činný výkon a sinusový proud.

Použitelnost jednotlivých technologií trakčních napájecích stanic pro jednotlivá uspořádání napájeného úseku definuje následující tabulka:

Technologie TNS	dělení i TNS dělení u SpS	dělení jen u SpS	spojité napájení
transformátor T	ne	ano (N)	Ne
transformátor V	ano (N)	ne	Ne
transformátor T + FKZ	ne	ano (S)	Ne
transformátor V + FKZ	ano (S)	ne	Ne
balancer		ano (N)	Ne
balancer + F		ano (S, N)	Ne
dvojice měničů		ano (S, N)	ano (S, N)

Vysvětlivky : S – staré vozidlo, N – nové vozidlo

Vlastnosti jednotlivých uspořádání napájeného úseku:

vlastnost	dělení i TNS dělení u SpS	dělení jen u SpS	spojité napájení
dvoustranné napájení	ne	ne	Ano
délka napájeného úseku	22 km	44 km	∞
délka napájeného úseku býv. DC	12 km	24 km	∞
úbytek napětí na vedení	velký	velký	malý
ztráty ve vedení	velké	velké	malé
poměr $P_{\max}/P_{\text{stř}}$	velký	velký	malý
poměr $P_{\text{navracená}}/P_{\text{odběr}}$	velký	velký	malý

Vlastnosti jednotlivých technologií trakčních napájecích stanic vůči DS:

Technologie TNS	symetrie odběru a navracení	fázový proud	paralelní chod	zatěžování jalovým výkonem	zatěžování deformačním výkonem	možnost výroby VAr
transformátor T	ne	zvýšený	ne	ano (S)	ano (S)	ne
transformátor V	trochu	zvýšený	ne	ano (S)	ano (S)	ne
transformátor T + FKZ	ne	zvýšený	ne	ne	Ne	ne
transformátor V + FKZ	trochu	zvýšený	ne	ne	Ne	ne
balancer	ano	nezvýšený	ne	ne	ano (S)	ano
balancer + F	ano	nezvýšený	ne	ne	Ne	ano
dvojice měničů	ano	nezvýšený	ano	ne	Ne	ano

Vlastnosti jednotlivých technologií trakčních napájecích stanic vůči trakční síti:

Technologie TNS	splnění podmínek DS při napájení starých vozidel	schopnost spolupráce s novými vozidly	možnost řízení amplit. výstup. napětí	možnost řízení úhlu výstup. napětí	možnost přelévání výkonu mezi TNS	režim rozmrazování
transformátor T	ne	ano	ne	ne	Ne	ne
transformátor V	ne	ano	ne	ne	Ne	ne
transformátor I + FKZ	ano	ne (poruchy)	ne	ne	Ne	ne
transformátor V + FKZ	ano	ne (poruchy)	ne	ne	Ne	ne
balancer	ne	ano	ne	ne	Ne	ne
balancer + F	ano	ano	ne	ne	Ne	ne
dvojice měničů	ano	ano	ano	ano	ano	ano

2. Požadavky na napájecí systém

Systém napájení drah vlastní a provozuje SŽDC, avšak má též důležitá rozhraní jak vůči distribuční soustavě (respektive distributorům), tak vůči vozidlům (respektive dopravcům). Existují proto tři kategorie požadavků na systém elektrického napájení drah:

- požadavky vlastníka a provozovatele dráhy (SŽDC), který je zároveň investorem příslušných staveb,
- požadavky distributorů elektrické energie (ČEZ, E.ON, PRE),
- požadavky dopravců (ČD, ČD C, a další tuzemské i zahraniční společnosti).

Ve všech těchto kategoriích se vyskytují jak povinné požadavky, které je bezvýhradně nutno splnit (zákony, normy, funkční či bezpečnostní podmínky, ...) tak i kvalitativní požadavky, které zvyšují užitnou hodnotu systému napájení drah.

2.1. Požadavky SŽDC

- a) zajistit výkonnost elektrického napájení vozidel, potřebnou pro dopravu vlaků podle jízdního řádu a to v nejvyšším rozsahu provozu po dobu plánované životnosti pevných trakčních zařízení (30 let),
- b) zajistit kvalitu elektrického napájení vozidel, potřebnou pro dopravu vlaků podle jízdního řádu a to v nejvyšším rozsahu provozu po dobu plánované životnosti pevných trakčních zařízení (30 let), tedy napětí na sběrači vozidla nad 90 % jmenovité hodnoty, tedy aby na vozidlech nedocházelo k aktivaci zařízení pro snížení trakčního výkonu podle TSI LOC&PAS a ČSN 50 388 a tím k prodlužování jízdním řádem určených jízdních dob,
- c) zajistit spolehlivost elektrického napájení vozidel, potřebnou pro dopravu vlaků podle jízdního řádu a to v nejvyšším rozsahu provozu po dobu plánované životnosti pevných trakčních zařízení (30 let), tedy aby nedocházelo k výpadkům vlivem zásahu ochrany ani na straně DS, ani na straně TNS a SpS,
- d) umožnit provoz vlaku ve sledu umožněných zabezpečovacím zařízením bez jeho omezování zaváděním elektrických následných mezidobí,
- e) umožnit rekuperaci (povinnost uložená v TSI ENE) a zajistit využití vozidly rekuperované brzdové energie, a to prioritně ostatními vozidly,
- f) přes značnou časovou proměnlivost jednotlivými vlaky odebíraného výkonu zajistit při odběru výkonu co nejmenší poměr maximálního výkonu a středního výkonu,
- g) redundancí zajistit neomezenou provozuschopnost při jedné poruše na straně DS (princip N - 1),
- h) redundancí zajistit neomezenou provozuschopnost při jedné poruše na straně TNS (princip N - 1),
- i) zajistit alespoň omezenou provozuschopnost při jedné poruše na straně DS a současně jedné poruše na straně TNS (princip N - 2),

- j) minimalizovat počet míst v trakčním vedení, která jsou sjízdná jen se staženým sběračem či s vypnutým proudem (riziko poškození pevných trakčních zařízení při chybě strojvedoucího,
- k) umožnit paralelní chod TNS s cílem rozložit odebíraný výkon mezi více TNS,
- l) umožnit řízené rozdělení proudu mezi sousední TNS s cílem minimalizovat jejich přetěžování,
- m) umožnit režim rozmrazování (řízený vyrovnávací jalový proud mezi sousedními TNS).

2.2 Požadavky distributorů

Ze strany ČEZ a E.ON je požadováno bezvýhradní plnění požadavků PNE a dalších podmínek připojení. K jednotlivým bodům bylo sděleno:

- a) Symetrické zatížení všech tří fází odebíraným příkonem i symetrické zatížení všech tří fází zpětně dodávaným výkonem. Nesymetrie nesmí (v součtu odebíraného příkonu a zpětně dodávaného výkonu) ve střední hodnotě v klouzavém desetiminutovém okně překročit hodnotu 0,7 % zkratového výkonu DS (vztaženo k minimální hodnotě zkratového výkonu v jakékoliv konfiguraci DS, která se může za provozu DS vyskytnout). Střední desetiminutová nesymetrie odebíraného příkonu a dodávaného výkonu musí být splněna stále nesmí být překročena ani v ojedinělých případech.

K tomu distributoři doplňují:

Ze strany odběratelů je silný tlak na zvýšení kvality dodávané elektřiny (moderní elektronicky řízené spotřebiče se při nesymetrii napětí preventivně odstavují a odběratel následně nárokuje vzniklou škodu na distributorovi).

Hodnota zkratového výkonu DS v místě připojení je ovlivněna zejména zkratovými výkony zdrojů a parametry přenosových a distribučních zařízení. S ohledem na postupný přechod energetiky od centralizovaných zdrojů vysokého výkonu k decentralizovaným zdrojům nižšího výkonu a na obtížnost průchodu nových vysokonapěťových vedení územím, lze do budoucna očekávat v některých předávacích místech i pokles zkratových výkonů DS v místě připojení, což zvyšuje požadavky na symetrii odběru.

- b) Limit odebíraného příkonu

Dosud byla pozornost soustředěna především na 15 minutové střední hodnoty odběru (viz sjednané hodnoty maximálního 15 minutového rezervovaného příkonu). Tento parametr nadále zůstane důležitým, a to zejména pro obchodování s elektřinou. Od velikosti maximálního 15 minutového rezervovaného příkonu se odvozuje jak jednorázový (investiční) poplatek za připojení, respektive za zvýšení příkonu, tak i pravidelný měsíční poplatek za síťové služby (za zajištění dodávky požadovaného příkonu na požadovaném místě a v požadovaném čase).

Nově vedle toho vstupuje do úvahy i maximum okamžité hodnoty odebíraného příkonu, a to především pro zajištění stálého napájení bez výpadků způsobených zásahem nadproudových ochranných zařízení.

S cílem vytvořit podmínky pro stabilitu, rovnoměrné namáhání a spolehlivost distribučních sítí je ze strany distributorů zájem o co nejvyrovnanější odběr příkonu ze strany odběratelů, tedy o co nemensší poměr maximálního a středního výkonu. K tomu

motivují odběratele úměrností platby za síťové služby maximálnímu rezervovanému příkonu.

c) Rekuperace brzdové energie

Pokud je vozidly rekuperovaná brzdová energie vyžita ostatními vozidly, respektive ostatními spotřebiči napájenými z trakčního vedení (tedy v rámci lokální distribuční sítě), jde o vnitřní záležitost odběratele. Distributory zajímají jen zpětné přetoky výkonu z trakčních napájecích stanic do distribuční sítě. Požadavky na předávání výkonu do distribuční sítě je nutno popsat ve studii připojitelnosti.

d) Kvalita odebírané elektrické energie

Je nutno dodržet kvalitu odebírané elektrické energie (účinník, obsah vyšších harmonických) a to i při provozu starších lokomotiv, které tyto parametry nedosahují (odebírají vysoký jalový i deformační výkon),

e) Paralelní chod

Účinným nástrojem k docílení vyrovnaného odběru příkonu (nízký poměr maximálního a středního příkonu) a k absorpci rekuperovaného výkonu v trakční síti s minimálními přetoky výkonu do DS je vytváření rozlehlých napájených úseků paralelním chodu TNS. Ten však nesmí být proveden přímým způsobem, aby nedošlo k vyrovnávacím přetokům výkonu přes trakční vedení v důsledku rozdílu fázových úhlů v různých místech připojení TNS k DS,

f) Flikr

Z důvodu minimalizace flikru je vhodné minimalizovat počet bodů nespojitosti trakčního vedení, při jejichž přejezdu je nutno vypínat proud,

g) HDO

Dodržet pravidla pro nerušený provoz HDO

Měničové TNS jsou tvořeny dvojicí (kaskádou) měničů, navzájem propojených stejnosměrným meziobvodem (vstupní měnič 3 AC/DC plus výstupní měnič DC/1 AC):

- přes stejnosměrný meziobvod je mezi distribuční sítí a trakční sítí přenášen jen činný výkon, nikoliv jalový a deformační výkon (vyšší harmonické složky),
- výstupní měnič generuje jalový výkon a deformační výkon (vyšší harmonické složky) tak, jak odpovídá charakteru spotřebičů připojených k trakční síti,
- není-li dohodnuto jinak, odebírá vstupní měnič z distribuční sítě jen činný výkon (proud je ve fázi s napětím), případný odběr kladného či jalového výkonu podle dispozic distributora je možný,
- jak ukazují zkušenosti ze zahraničí, lze využít výkonové rezervy vstupního měniče ($P_j = (P_{jmen}^2 - P_{čskut}^2)^{0,5}$) a regulovat jím pro distribuční síť jalový výkon.

Studie připojitelnosti

Za provozu zařízení připojených k DS musí být požadavky PNE 33 3430 – 0 a další podmínky připojení trvale plněny. Tuto skutečnost bude distributor cíleně kontrolovat bezprostředně po uvedení zařízení do provozu a dále v průběhu provozu - viz též

požadavek distributora na zřízení připojovacích míst pro kontrolní měření kvality odběru v jednotlivých TNS. Před připojením či zvýšením výkonu má distributor právo požadovat vypracování a předložení studie připojitelnosti.

2.3. Požadavky dopravců

Požadavky dopravců byly projednány na k tomu svolané samostatné poradě. Pro současnost i dohlednou budoucnost je charakteristické:

- a) perspektivní orientace na aktuálně pořizovaná nová vozidla se vstupními čtyřkvadrantovými měniči, která se vyznačují:
 - vysoký výkon,
 - přibližně sinusový proud (s minimem vyšších harmonických složek),
 - proud ve fázi s napětím,
 - rekuperační brzdění,
 - vyšší citlivost na přerušované napájení (dlouhá doba náběhu výkonu po obnovení napájení),
- b) i v dohledné době budou stále ještě provozována i starší vozidla s diodovými či tyristorovými usměrňovači, která se vyznačují:
 - nižší výkon,
 - neharmonický proud (s obsahem vyšších harmonických složek),
 - proud zpožděn za napětím,
 - zpravidla bez rekuperačního brzdění,
 - nižší citlivost na přerušované napájení (dlouhá doba náběhu výkonu po obnovení napájení).

Všeobecně dopravci vyžadují:

- c) spojitě napájení (minimalizovat místa s nutností vypínat proud či stahovat sběrač) – přerušované napájení zhoršuje dynamiku rozjezdu, znemožňuje rekuperační brzdění, vede k opotřebení a tím i zvýšené poruchovosti a údržbě elektrických přístrojů, odpoutává strojvedoucího od sledování tratě, způsobuje riziko poškození vozidla i trakčního vedení při přehlédnutí či nerespektování návěsti, snižuje pohodlí ve vozech a namáhá klimatizační agregáty,
- d) plnohodnotná rekuperace (nová vozidla jsou standardně vyráběna bez brzdových odporů, absence rekuperace znamená nejen ztráty energie, ale výpadek elektrodynamické brzdy s následkem tepelného namáhání a opotřebení mechanických třecích brzd),
- e) sjízdnost trakčního vedení i při námraze a ledovce. Uhlíkové lišty sběračů proudu jsou pro svůj nízký abrazivní účinek výhodné pro nízké opotřebení trolejového drátu, avšak z hlediska svého opotřebení se však uhlíkové lišty sběračů staly, zejména v zimním období, limitujícím faktorem preventivní údržby vozidel,
- f) nízké náklady na elektřinu, tedy plné využití potenciálu rekuperace (prioritně mezi vozidly) a nízký poměr maximálního ke střednímu výkonu.

3. Připomínky ke zprávě EGU

Byla podrobně prodiskutována zpráva EGU s následujícími postřehy,

- rozlišovat nejvyšší sjednatelný 15 minutový střední výkon a maximální okamžitý výkon – v tabulce 6.2 uvést kromě maximální okamžitý výkon též nejvyšší sjednatelný 15 minutový střední výkon,
- rozlišovat pojem rekuperace a pojem přetoky přebytku rekuperovaného výkonu do DS, průběh čtvrt hodinových hodnot též doplnit průběhem okamžitých hodnot,
- z dosavadních výsledků zřejmé, že tradiční systém jednofázových transformátorů zapojených do V nevyhovuje požadavkům na něj kladeným z více důvodů:
 - o významné překračování nesymetrie 0,7 %,
 - o příliš vysoké maximální příkony vlivem jednostranného napájení,
 - o příliš vysoké odebírané maximální fázové proudy vlivem jednostranného napájení a dále zvýšené nesymetrií,
 - o příliš vysoké přetoky rekuperačních výkonů vlivem jednostranného napájení,
 - o příliš vysoké navracené maximální fázové proudy při rekuperaci vlivem jednostranného napájení a dále zvýšené nesymetrií,
 - o chybějící redundance (nesplnění podmínky $N - 1$),
 - o nespojité napájení - vysoká četnost dělení v trakčním vedení (při zřízení TNS 25 kV na vzdálenost původních TNS 3 kV (24 km) dochází k vypínání proudu po ujetí 12 km, což reprezentuje při rychlosti 160 km/h čas 4,5 min a při rychlosti 200 km/h čas 3,6 min,
 - o starší vozidla potřebují FKZ, avšak jejich kompatibilita s novými vozidly není garantována,
 - o velké úbytky napětí na trakčních transformátorech a jim předřazené vnitřní impedanci DS snižují přenosovou schopnost trakčního vedení (na vlastní trakční vedení zbývá jen malá část dovoleného úbytku napětí).

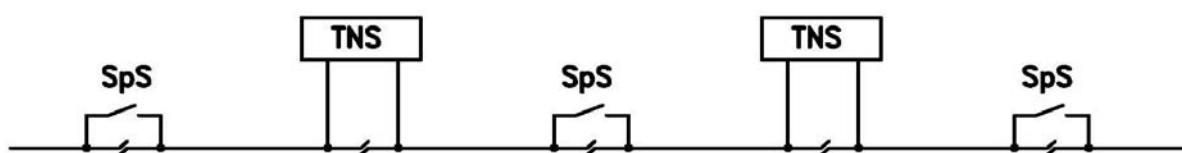
4. Závěr

EGU dopracuje studii podle diskuse a připomínek vznesených na tomto jednání. Tato studie nenahrazuje studie připojitelnosti jednotlivých TNS, je však dobrou výchozí základnou pro jejich kvalitní zpracování a úspěšnou akceptaci.

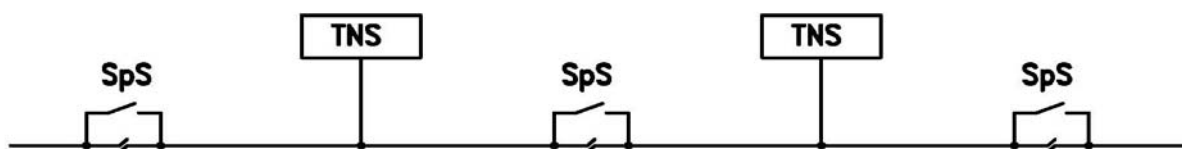
OBRÁZEK 1

Uspořádání napájeného úseku

a) Dělení trakčního vedení u TNS a u SpS



b) Dělení trakčního vedení u SpS

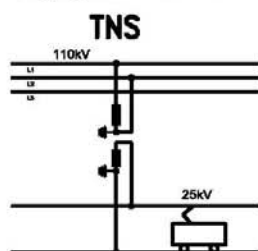


c) Spojité napájení bez dělení

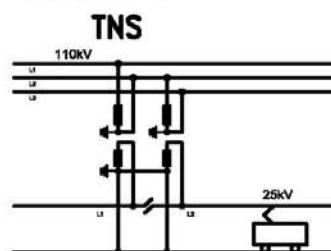


OBRÁZEK 2 Technologie TNS

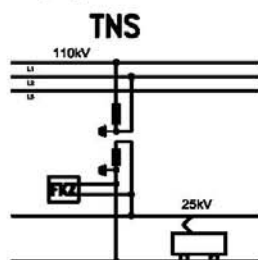
a) Zapojení do "T"



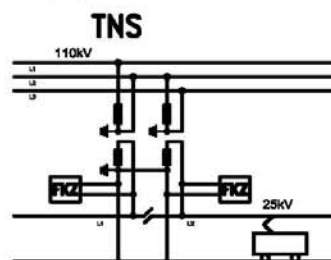
b) Zapojení do "V"



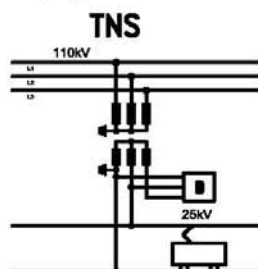
c) Zapojení do "T" s FKZ



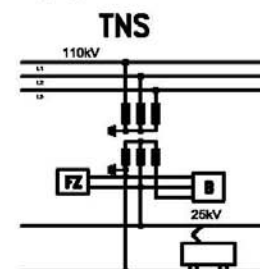
d) Zapojení do "V" s FKZ



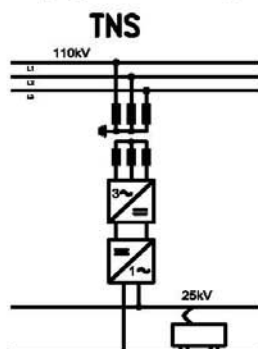
e) Zapojení s balancerem



f) Zapojení s balancerem a filtrem

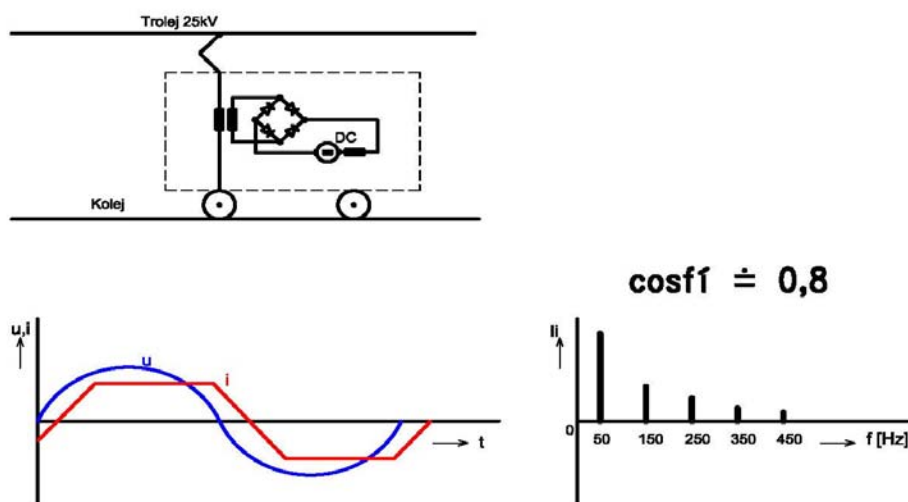


g) Zapojení s dvojicí měničů

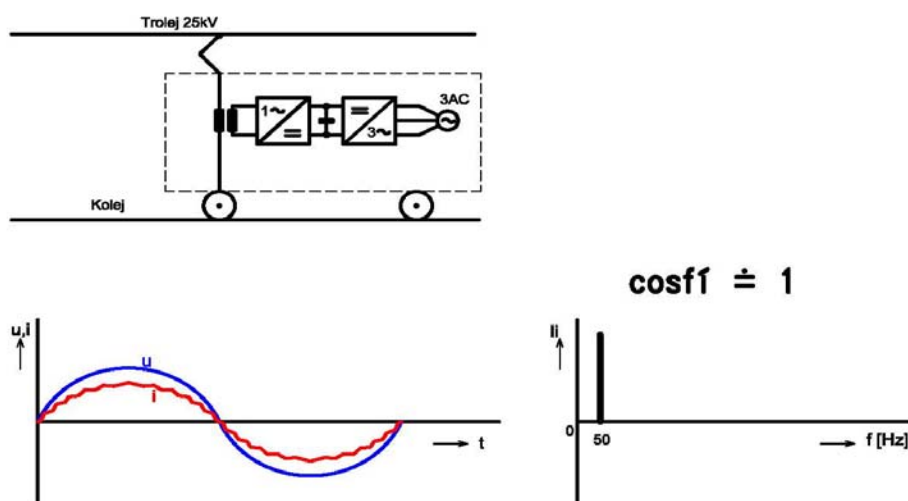


OBRÁZEK 3 Provedení vozidel

a) Staré vozidlo – diodový usměrňovač






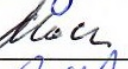
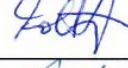




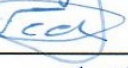
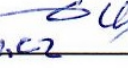


b) Nové vozidlo – vstupní 4Q měnič



PREZENČNÍ LISTINA

Odsouhlasení podmínek připojení TNS do distribuční soustavy
akce „Změna trakční soustavy na AC 25kV, 50Hz v úseku Nedakonice - Říkovice“

konané dne: 10.10.2017 na SUDOPu BRNO spol. s r.o., Kounicova 26

Poř. č.	jméno	organizace	telefon	mail	podpis
1	SIMACEK VITEZSLAV	SUDOP BRNO	606370453	vsimacek@ sudop-brno.cz	
2	JOSEF PODHRADSKÝ	—	730934101	jpodhradsky@ sudop-brno.cz	
3	Milan Kráňky	EGÚ Brno	724551158	milan.krany@ egubrno.cz	
4	Petr Modlitska	EGÚ Brno	602571194	petr.modlitska@ egubrno.cz	
5	DANIEL FOLTYN	E.ON	733670123	daniel.folty@eou.cz	
6	MIROSLAV KOBÁK	E.ON D.	724259348	miroslav.kobak@eou.cz	
7	Jaromír Hrabý	SZDC GŘ OZ	724353269	Hrabý@szdc.cz	
8	MAREK CERMAN	SZDC SSV	724925500	cerman@szdc.cz	
9	IVO REJZEK	ČEZ d.	724924947	ivo.rejzek@cez.cz	
10	JAN ŠEDA	ČEZ d.	720739850	jan.seda@cez.cz	
11	Antonín Dolák	ČEZ Distribuce	606777913	antonindolak@cedistribuce.cz	
12	Petr Kortys	SUDOP	722625120	kortys@jullabrn.cz	
13	Petr FEDER	ČEZ d.	724853205	petr.feder@ cezdistribuce.cz	
14					
15					
16					
17					
18					