

Váš dopis zn.: 16977/2017-SŽDC-SSV-UT OLC/Bař

Ze dne: 2. 11. 2017

Naše zn.: 47011/2017-SŽDC-GR-O24

Vyřizuje: Ing. Ondřej Plocek

Telefon: 972 244 491

Mobil: 727 827 268

E-mail: plocek@szdc.cz

Datum: 27. 11. 2017

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace

Stavební správa východ

Nerudova 1

772 58 Olomouc

v kopii e-mailem: [barinkova@szdc.cz](mailto:barinkova@szdc.cz),  
[vikv@szdc.cz](mailto:vikv@szdc.cz),  
[vsimacek@sudop-brno.cz](mailto:vsimacek@sudop-brno.cz)

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

Odbor elektrotechniky a energetiky k zaslané technicko – ekonomické studii výše uvedené stavby zasílá níže uvedené připomínky:

### 1. Připomínky ke vstupním údajům a navrženému technickému řešení

Doporučení z uvedené TES studie je nasazení SFC technologie se systémem AC 25 kV, 50 Hz. Ze znalosti problematiky výkonové měničové technologie pro trakční účely však toto doporučení pro úsek „Nedakonice – Říkovice“ nese některé nedostatky, které lze charakterizovat následujícím způsobem:

- Pro energetické výpočty není vhodným způsobem uveden soupis vstupních uvažovaných veličin a jejich hodnot, které byly využívány pro tyto výpočty, čímž jsou závěry vyplývající z energetických výpočtů diskutabilní. Jak vyplývá z údajů v kap. 11, modelování grafikonu vycházelo většinou z počtu vlaků ze studií proveditelnosti, dlouhodobých výhledů (ŽU Brno), méně pak z přípravných dokumentací, neboť tyto ještě nebyly k dispozici. Z tohoto důvodu se rozsah dopravy jeví jako značně předdimenzovaný vzhledem k časovému horizontu životnosti zařízení, jež je navrhováno (horizont TES 50 let, morální životnost výkonové polovodičové techniky je přitom cca 25 let). Naddimenzování je patrné i v kontrastu s přepravní poptávkou danou velikostí měst, která jednotlivé železniční tratě spojují (nad 100 tis. obyv. má pouze Brno a Ostrava – zcela chybí analýza přepravních proudů). V části 11.4.1 se na rameni Brno – Přerov předpokládají např. za hodinu 2 páry IC vlaků 400 m/17,6 MW, jejichž provoz je přitom zcela závislý na výstavbě VRT Praha – Brno. Na rameni Břeclav – Přerov se ve špičce předpokládá provoz tolika nákladních vlaků, kolik je fyzicky při daném zabezpečovacím zařízení možno provézt – 100 % využití kapacity dráhy.

**Rozsah dopravy pro trať v řešené oblasti byl převzat ze studií proveditelnosti. Riziko zpoždění realizace ŽUB pro stavbu Brno – Přerov ve vztahu k výhledovému rozsahu dopravy zaznělo na vstupní všepro-fesní poradě 2. a 3. stavby (Blažovice – Vyškov – Nezamyslice) v Brně 14.11. Je zřejmé, že bez ŽUB by rozsah osobní dopravy pro trať 300 znamenal předdimenzování investice do celé stavby, neboť rozsah dopravy by byl na úrovni cca 30 % předpokladu SP Brno - Přerov. Připomínáme znovu, že investiční náklady do technologie napájení tvoří méně než 5 % CIN Brno – Přerov. Odpovědí SŽDC (O6+O26) bylo, že tohoto rizika jsou si dotčené odbory SŽDC vědomy a GP byl vyrozuměn, aby celá stavba byla připravována na výhledový rozsah dopravy s realizací ŽUB.**

**IC vlak (400 m, 17,6 MW) přecházející z VRT Praha – Brno na trať 300 projíždí v celém úseku trati bez zastavení. Pro udržení traťové rychlosti 200 km/h je při hmotnosti uvažované soupravy cca 850 tun potřeba výkon v rozmezí 0 až 7,5 MW v závislosti na sklonu úseku (±8 promile). Pro srovnání s tím vyžaduje**

souprava lokomotiva + 9 vozů na udržení stejné rychlosti výkon 0 až 5,5 MW. V porovnání středních odběrů těchto konkrétních souprav se jedná o výkon nižší pouze o cca 30 %.

(V této souvislosti je namístě si uvědomit, že při nerealizaci VRT bude ve stejné časové poloze veden vlak v sestavě lokomotiva + 9 vozů. Na špičkovém výkonu TNS se tato změna projeví poklesem  $P_{15}$  pouze o XY % a na  $P_{15min}$  pouze o XY %. Nelze tedy v žádném případě hovořit o předdimenzování napájení.)

Jelikož jsou na základě počtů vlaků ze studií proveditelnosti sestavována ekonomická hodnocení, jsou tyto počty směrodatné. V přípravných dokumentacích pak výhledový rozsah dopravy zůstává stejný. Do budoucna se naopak předpokládá, že počty budou spíše navyšovány a to o vlaky jezdící na komerční riziko (viz níže).

Výhledová doprava v simulaci byla sestavena pro rok 2050, což v době realizace většiny staveb nebude představovat ani 30letý horizont.

Ve Studii proveditelnosti železničního uzlu Brno je v úseku Brno – Vyškov uvažováno s vedením 7 párů vlaků osobní dopravy ve špičkové hodině v roce 2035, respektive s 8 páry vlaků osobní dopravy ve špičkové hodině v roce 2050 (po realizaci VRT Praha – Brno). Jedná se pouze o vlaky osobní dopravy provozované v závazku veřejné služby. Vzhledem k výhledovým parametrům trati Brno – Přerov je velmi pravděpodobné, že o tuto trasu budou mít zájem také dopravci provozující vlaky na komerční riziko. Trasa Brno – Ostrava bude mít významný potenciál i bez existence navazující VRT Praha – Brno. Cestovní rychlost u nejrychlejších vlaků v úseku Brno hl.n. – Ostrava-Svinov bude atakovat hranici 140 km/h, díky čemuž se bude jednat o nejrychlejší spojení v ČR. Pro srovnání uvádíme, že nejrychlejší spoje v úseku Praha hl.n. – Ostrava-Svinov v současnosti mají cestovní rychlost 122 km/h (jednotky s aktivním naklápěním) a v úseku Praha hl.n. – Brno hl.n. pak nejrychlejší spoje mají cestovní rychlost 103 km/h. Pouze první jmenovaná relace je rychlejší než IAD, a také proto zde v posledních 6 letech došlo k bezprecedentnímu nárůstu dálkové osobní dopravy. U relace Praha – Brno jsou vlaky srovnatelně rychlé jako autobusy, přičemž nejrychlejší je zde stále IAD. Nicméně i u relace Praha – Brno v současnosti dochází k významnému navyšování počtu spojů dálkové osobní dopravy. Již dnes byly předpokládány výhledové počty vlaků osobní dopravy na trase Břeclav – Brno – Česká Třebová, které byly stanoveny před 20 lety při výstavbě koridorů, několikanásobně překročeny. Dokonce i výhledové počty dálkových vlaků osobní dopravy na trase Břeclav – Brno – Česká Třebová, které byly stanoveny jen před několika málo lety pro horizont 2035, budou ve špičkové hodině překročeny již příští týden. Jelikož infrastruktura na trase Břeclav – Brno – Česká Třebová nebyla na takový rozsah dopravy dimenzována, bude nyní náprava stát mnoho miliard Kč. V tomto kontextu se nám jeví jako velmi zvláštní, když se i po těchto zkušenostech objevuje stále stejný přístup k výhledové dopravě. Jako nejvíce paradoxní se pak jeví skutečnost, že dnes jsou prvky infrastruktury, které byly dříve dimenzovány nedostatečně, dimenzovány mnohem velkoryseji (počty nástupišť, délky předjízdňových kolejí, traťové rychlosti, atd.), a největší omezení má nově představovat položka podílející se na celkových nákladech stavby jednotkami procent – napájení.

Dle našeho názoru má 30minutový interval expresních vlaků mezi Brnem a Ostravou potenciál i v případě, když nebude dokončena VRT Praha – Brno. Jelikož se celkové cestovní doby mezi Brnem a Ostravou zkrátí přibližně na polovinu, a železnice se zde stane rychlejší než IAD, není pravděpodobné, že zde bude postačovat 60minutový interval expresních spojů (alespoň ve špičkách ne). Minimálně lze předpokládat obdobný model jako na trase Praha – Brno – Břeclav, kde bude 60minutový interval vlaků jezdících v závazku veřejné služby proložen na interval 30minutový vlaky jezdícími na komerční riziko. Jelikož zde bude dosahováno nejvyšší cestovní rychlosti (do výstavby VRT), bude tato trasa pro dopravce výhodná také v tom, že vozidla a zaměstnanci zde budou využíváni nejefektivněji (největší kilometrický proběh za jednotku času).

Co se vozidel týče, tak v současnosti nelze předpovědět, jaký dopravce zde bude působit, natož jaká vozidla zde budou nasazena. Jen na trati Brno – Přerov může současně působit několik dopravců

s rozličnými vozidly. Budou zde moci být nasazovány jak klasické soupravy s lokomotivami, tak moderní elektrické jednotky s distribuovaným pohonem. Dvě spojené jednotky byly v simulaci na nejrychlejší spoje nasazeny proto, že cílem simulace bylo vyhledat největší teoretické 10(15)minutové zatížení každé TNS zahrnuté do simulace. Při sestavování simulace nebylo předpokládáno, že všechny inkriminované vlaky pojedou „zdvojené“. Jelikož je směrodatné především 10(15)minutové špičkové zatížení, tak prakticky postačuje, aby „zdvojený“ jel za celý den (týden) jen jeden konkrétní vlak v daném čase, kdy byl naměřen nejvyšší odběr. Dvě spojené jednotky dnes nejsou v zahraničí nic mimořádného. I na trase Praha – Brno bývají některé spoje, na které je nasazena souprava Viaggio Comfort, tak přetížené, že dopravce přiznává, že by býval na tyto spoje nasazoval dvě spojené soupravy, kdyby disponoval dostatečným počtem vozidel a parametry infrastruktury mu to umožňovaly. Jedná se o relaci, kde jsou rychlostně srovnatelné vlak s autobusem. U relace Brno – Ostrava má být výhledově vlak v porovnání s autobusem přibližně 2x rychlejší, a nelze v žádném případě vyloučit, že na nejvytíženější spoje v týdnu dopravce dvě spojené soupravy / jednotky nenasadí. Při návrhu infrastruktury je tato možnost zohledňována a ve stanicích, kde bude nejrychlejší vrstva vlaků osobní dopravy zastavovat, jsou navrhována nástupiště o minimální délce 400 m. Spojování souprav / jednotek pak nelze vyloučit ani při mimořádnostech v reálném provozu (například při větším zpoždění jednoho z vlaků mohou být soupravy / jednotky operativně spojovány). Kromě výše uvedeného ještě upozorňujeme, že předpoklad doplňování jednotlivých vozů do soupravy vedené moderním hnacím vozidlem (6,4 MW) má své limity. Obecně je u klasických souprav uváděno, že efektivita klasických souprav s moderním hnacím vozidlem je hraniční již při nasazení 7 vozů (souprava Viaggio Comfort). Zatímco na trase Praha – Ostrava, kde je maximální rychlost 160 km/h a maximální sklon 8 promile, si nejmenovaný dopravce může dovolit nasadit na vlak vedený moderním hnacím vozidlem až 14 vozů, tak u trasy Brno – Přerov, kde bude výhledová rychlost i sklon vyšší, by již takové složení značně prodlužovalo jízdní doby a na velké části trasy by se vlak na maximální traťovou rychlost vůbec nedostal.

K počtu nákladních vlaků: I zde je nutné si uvědomit, že se hledá největší 10(15)minutové špičkové zatížení, což může být způsobeno 2 – 3 konkrétními nákladními vlaky vedenými v konkrétních trasách mezi vlaky osobní dopravy. V žádném případě není nutné, aby vybraným úsekem každou hodinu jezdil maximální možný počet nákladních vlaků. Těžko může být v reálném provozu garantováno, že se právě 2 – 3 nákladní vlaky neobjeví ve 2 – 3 konkrétních trasách, když tam pro ně v reálném provozu bude volný prostor.

#### Závěr:

- Výhledová doprava není v žádném případě naddimenzována. Naopak, s ohledem na současný vývoj se jeví spíše jako poddimenzovaná. Pro co největší zpřesnění dané simulace by tedy měli být osloveni také dopravci provozující vlaky na komerční riziko, a jejich případné požadavky by měly být zohledněny natrasováním dalších vlaků.
- Nasazení dvou spojených jednotek či souprav na nejvytíženější spoje nelze vyloučit, a to především po přihlédnutí ke skutečnosti, že jsou pro tyto potřeby dimenzovány délky nástupišť.
- Pokud požadavky v dané připomínce dále přetrvávají, požadujeme oficiální garanci, že se na předmětné relaci zdvojené jednotky nikdy neobjeví, případně že vlak v tomto složení nebude na této trati povolen. Stejně tak, že na žádný vlak nebudou nasazena dvě moderní hnací vozidla o výkonu 6,4 MW, atp. Dále bude nutné garantovat, že VRT Praha – Brno nebude do roku 2050 existovat, přičemž současně nebude mít o volné trasy zájem žádný z dopravců jezdících na komerční riziko (poté bude možné snížit počet vlaků v úseku Brno – Vyškov na Moravě z 8 párů na 7).
- Oproti tomu v nákladní dopravě je nutné garantovat, že nákladní vlaky nebudou trasovány ve vybraných „zatěžujících“ polohách, ačkoliv z pohledu provozních intervalů a následných mezidobí tomu nebude nic bránit.

Pevná trakční zařízení musí být dimenzována tak, aby vyhovovala předpokládanému rozsahu a charakteru provozu v době jejich používání, ohraničené na jedné straně datem uvedení do provozu a na druhé straně datem vyčerpání jejich životnosti.

Zásady pro dimenzování pevných trakčních zařízení (subsystém ENE) při konverzi napájení 3 kV na 25 kV byly definovány na poradě svolané Odborem strategie GŘ SŽDC v Praze dne 18. 7. 2017 a lze je ve vztahu k této studii shrnout do následujících bodů:

- pokud je pro danou stavbu zpracována a je platná studie proveditelnosti pak je doporučeno tuto respektovat, neboť je podkladem pro financování staveb z fondů EU a pro jednání s agenturou JASPERS,
- analýzy přepravních proudů nejsou znovu prováděny, jim odpovídající počty a velikosti vlaků jsou převzaty ze studií proveditelnosti, které byly schváleny Centrální komisí MD ČR
- usnesení vlády č. 978/2015 (převedení 30 % dopravy ze silnice na železnici do roku 2030), které je pro resort dopravy závazné, jde o úkol uložený vládou,
- není-li výslovně zadavatelem určeno jinak, nesmí subsystém ENE (elektrické následné mezidobí) omezovat subsystémy INS a CCS (následné mezidobí zabezpečovacího zařízení). Subsystém ENE totiž tvoří jen cca 5 % celkových investičních nákladů železniční dopravní cesty a není akceptovatelné, aby svojí omezenou výkonností omezoval využitelnost železniční dopravní cesty.

Životnost pevných trakčních zařízení je ve studii v souladu s Věstníkem dopravy č. 11/2013 uvažována 30 let.

Výstavba vysokorychlostních tratí je prioritou vedení ČR (viz Usnesení vlády č. 389/2017) i poslanecké sněmovny (viz Usnesení Parlamentu ČR č. 1583), tento úkol musí Ministerstvo dopravy bezodkladně plnit.

Cena trakční napájecí stanice není výrazně závislá na jejím výkonu. Snížení výkonu napájecí stanice o 50 % je provázáno snížením její ceny o 17 %, proto není na místě na jmenovitém výkonu příliš šetřit.

Výkonové dimenzování pevných trakčních zařízení není nijak přehnané. Lze to doložit i zkušeností z modernizovaných tratí národních tranzitních železničních koridorů:

- ve studiích proveditelnosti jsou uvažovány v segmentu dálkové osobní dopravy jen vlaky v objednávce závazku veřejné služby, nikoliv vlaky v režimu open access, kterých je v současnosti v relacích Praha – Brno – Vídeň / Bratislava, Praha – Olomouc či Praha – Ostrava – Žilina stejně či dokonce více, než vlaky v objednávce závazku veřejné služby. Na atraktivních tratích Brno – Přerov či Brno - Veselí nad Moravou / Zlín / Luhačovice lze oprávněně očekávat podobný trend,
  - v oblasti nákladní dopravy bude v rozhodujícím hodinovém intervalu dosaženo plného zatížení pevných trakčních zařízení již při dílčích hodnotách celkových ročních či denních přepravních proudů. Další růst dopravních výkonů nezvyšuje špičkové zatížení, ale prodlužuje dobu jeho trvání.
- Výkonové dimenzování trakční soustavy a zvláště SFC technologie na dopravní výkony ve vzdáleném výhledu, či spíše na fyzické limity zabezpečovacího zařízení a kapacity dráhy přináší vysoké riziko ve špatně stanoveném dimenzování SFC technologie s ohledem na jeho životnost a to včetně dopadu do trakční energetiky a následného vyúčtování spotřeb elektrické energie. Při nevyužití kapacitního výkonu dochází i k rapidnímu poklesu účinnosti tohoto zařízení pod udávané hodnoty dodavatelů těchto zařízení tj. pod hodnotu 0,97, což má i významný dopad do energetických ztrát.

Výkonové dimenzování SFC technologie je klíčové stanovit ve fázi DUR (přípravná dokumentace) stavby z hlediska územního řešení. V následné fázi DSP (projekt) je instalovaný výkon TNS upřesněn vzhledem k aktualizovaným energetickým výpočtům. Může dojít k situaci, že ve fázi DSP bude požadovaný výkon zařízení upřesněn a snížen oproti DUR. Je zřejmé, že technologie SFC musí

být navržena hospodárně tak, aby zabezpečila napájení v jednotlivých obdobích své životnosti, tedy s přiměřenou rezervou. Při tom musí projektant uvážit optimální zatížení vzhledem k účinnosti provozu, snižující se poměrné investiční náklady na jednotku výkonu s rostoucím instalovaným výkonem a také harmonogram dalšího rozvoje dopravy. Takový postup je samozřejmě součástí řešení konkrétních projektů. Zároveň je třeba vzít na vědomí, že navyšování výkonu TNS striktně adekvátně aktuálním požadavkům provozu je nereálné.

Úspora energie minimalizací ztrát je jedním z cílů návrhu trakčních napájecích stanic. Je charakteristické, že z funkčních důvodů (proměnlivost odběru elektrického výkonu vlakem v závislosti na čase i na poloze vlaku, různé typy vlaků lišící se výkonem, hmotností i rychlostí, zálohování komponent subsystému ENE pro zajištění provozuschopnosti při poruše – princip N-1, ...) je zatížení pevných trakčních zařízení, zejména trakčních napájecích v čase velmi proměnlivé. Proto je volna orientace na taková zařízení, které mají jak vysokou účinnost při jmenovitém zatížení, tak i vysokou účinnost při zatížení nízkým výkonem. Měničové trakční napájecí stanice (SFC) s vysokonapěťovými multilevel IGB spínači tento požadavek splňují. Díky promyšlenému návrhu mají účinnost vyšší než 98 % a tuto dosahují v širokém rozsahu zatížení, zhruba mezi 40 % až 100 % jmenovitého výkonu. Ještě při zatížení 10 % jmenovitého výkonu dosahuje účinnost cca 95 %. Obavy o vysoké ztráty při nízkém zatížení proto nejsou u měničových trakčních napájecích stanic (SFC) s vysokonapěťovými multilevel IGB spínači na místě.

Tohoto příznivého efektu je docíleno jak minimalizací základních ztrát (na zatížení nezávislých) tak i minimalizací zatížení úměrných ztrát. Nejvýznamnější složka ztrát měničové techniky je zásadním způsobem snížena orientací na vysokonapěťové spínače s vysokým pracovním (blokovacím) napětím. Úbytek napětí v propustném směru je proto mnohonásobně nižší než pracovní napětí.

Příslušná ztráta výkonu je úměrná průchozímu proudu, tedy při výkonovém odlehčení ztráty klesají. Proto si měnič udržuje vysokou účinnost i při odlehčení. K minimalizaci ztrát přispívá i vodní chlazení, které je řízeno úměrně pracovní teplotě, tedy při nižším zatížení pracuje velmi úsporně.

### Křivka typické účinnosti měniče.

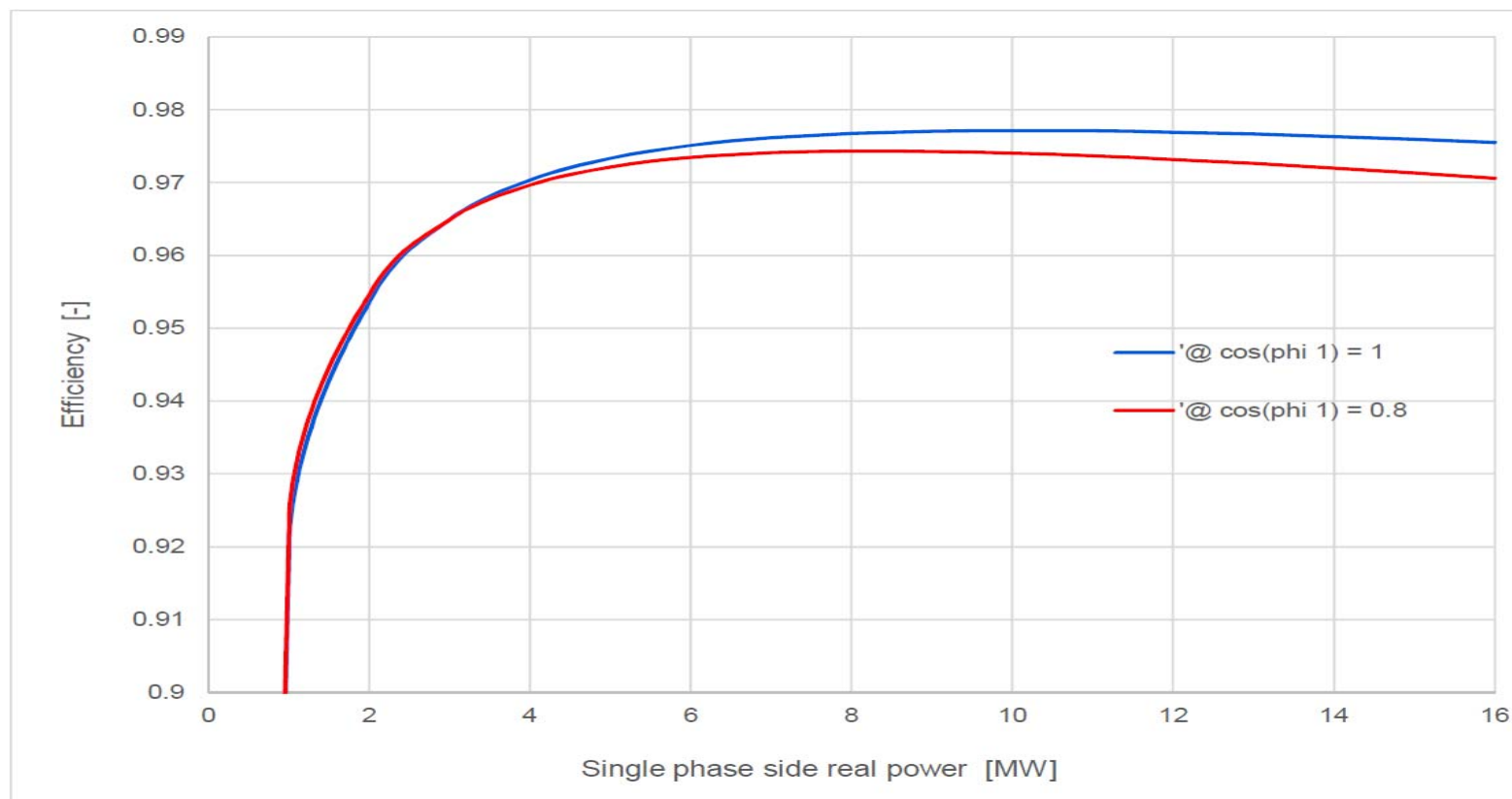


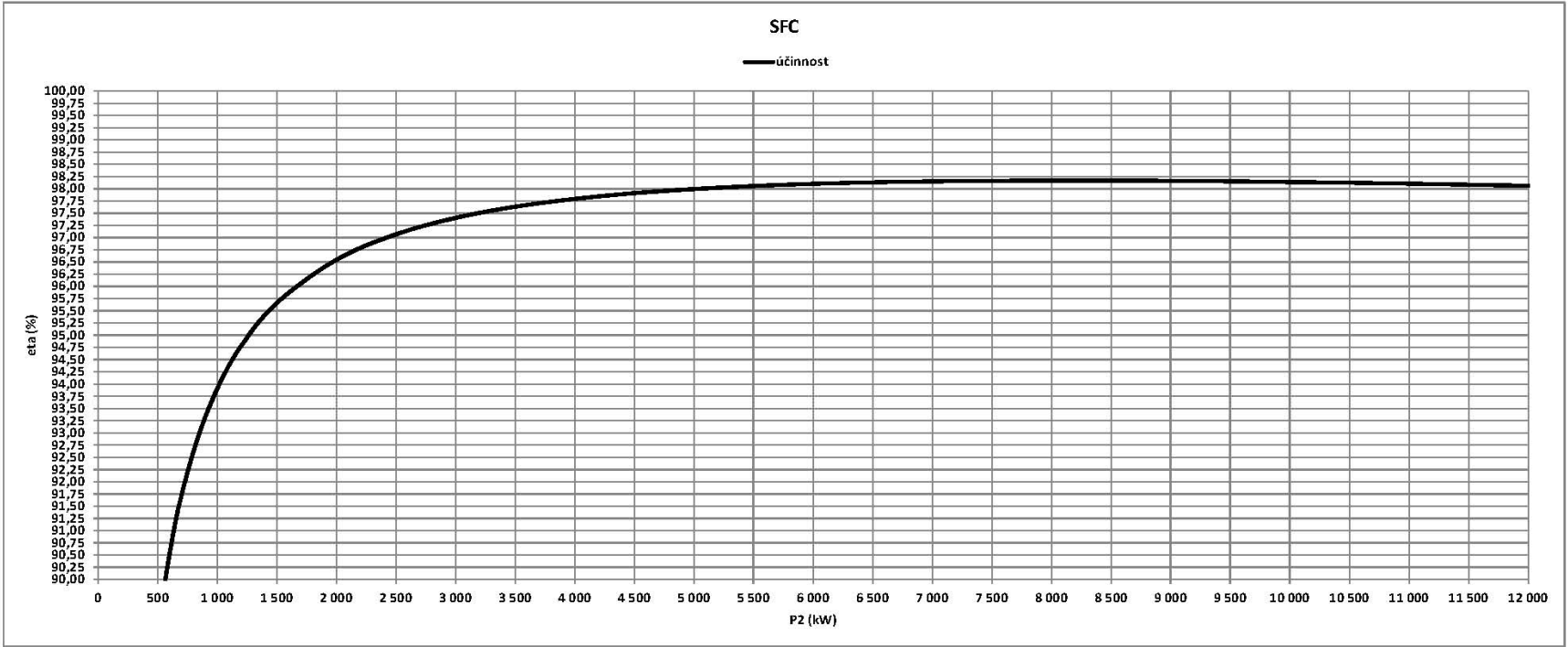
Bild 32 „offerierte“ Verlustkurven

Křivka typické účinnosti multilevel měniče.

SFC		
P0	kW	60
z1		0.004
z2		9E-07

$P1 = P2 + \Delta P$   
 $\Delta P = P0 + z1 \cdot P1 + z2 \cdot P1^2$

p	%	0.0	1.7	3.3	5.0	6.7	8.3	10.0	12.5	16.7	20.8	25.0	29.2	33.3	37.5	41.7	45.8	50.0	54.2	58.3	62.5	66.7	70.8	75.0	79.2	83.3	87.5	91.7	100.0
P2	kW	0	200	400	600	800	1 000	1 200	1 500	2 000	2 500	3 000	3 500	4 000	4 500	5 000	5 500	6 000	6 500	7 000	7 500	8 000	8 500	9 000	9 500	10 000	10 500	11 000	12 000
P1	kW	60	261	462	663	864	1 065	1 266	1 568	2 072	2 576	3 080	3 585	4 090	4 596	5 103	5 609	6 116	6 624	7 132	7 641	8 150	8 659	9 169	9 679	10 190	10 701	11 213	12 238
ΔP	kW	60	61	62	63	64	65	66	68	72	76	80	85	90	96	103	109	116	124	132	141	150	159	169	179	190	201	213	238
eta	%	0.00	76.68	86.63	90.54	92.62	93.91	94.78	95.66	96.54	97.06	97.40	97.63	97.79	97.91	97.99	98.05	98.10	98.13	98.15	98.16	98.16	98.16	98.16	98.15	98.14	98.12	98.10	98.06





- Energetické ztráty jsou v konečném důsledku závislé na výkonovém dimenzování SFC technologie a uváděná výhoda nemusí odpovídat výslednému využívání daného zařízení. Toto je dále spojeno se složením lokomotivního parku v ČR a s trendem jeho obnovy závislého na business plánech v osobní a nákladní dopravě. Složení lokomotivního parku má dopad i do uvažovaných SFC technologií, kde je zcela reálný předpoklad využívání přímo vysoce ztrátového FKZ z pohledu velikosti ztrát nebo obdobného zařízení např. filtračních zařízení s novými řadami tyristorů tak jak je tomu i v jiných obdobných případech v zahraničí např. Austrálie, Queensland.

**Rozmanitost parku vozidel je realitou nejbližších let. Právě proto jsou navrhovány měničové trakční napájecí stanice (SFC) s vysokonapěťovými multilevel IGB spínači, jejichž funkce a účinnost je prakticky nezávislá na struktuře parku vozidel (starších s nízkým účínkem i moderních s vysokým účínkem). Na rozdíl od tradičních filtračně kompenzačních stanic (FKZ) totiž nepracují měničové trakční napájecí stanice (SFC) s vysokonapěťovými multilevel IGB spínači na ztrátovém principu dekompenzačních tlumivek, ale na principu čtyřkvadrantového řízení. Potíže, známé z provozu tyristorových kompenzačních zařízení v tuzemsku či v zahraničí, u nich proto nehrozí.**

- Pohled neomezeného odběru elektrické energie a požadavek  $U_{\text{střední užitečné}}$  podle EN 50388 jako minimálního napětí na sběrači z napájecího systému AC 25 kV, 50 Hz je odkazován na evropskou legislativu platnou pro členské státy. Je však potřeba si uvědomit, že dimenzování napájecího systému na odběrové „peak“ hodnoty je i v protikladu se snižováním energetické náročnosti, a tudíž snižování následného elektrického mezidobí má své nákladové ohodnocení, které není lineárně závislé na čase. Samočinný pokles trakčního výkonu lokomotivy pro napětí mezi  $U_{\text{střední užitečné}}$  a  $U_{\text{min1}}$  podle EN 50388 je důležitým faktorem energetických úspor, neboť umožňuje dimenzovat příkon trakční soustavy jako celku na určité předem definované hodnoty a nikoliv zajišťovat bezvýhradné pokrytí náhodných nebo záměrně vytvořených špiček při využití maximálního výkonu vlaků při současném minimálním následném mezidobí.

**Studie poskytuje doporučení k řešení jednotlivých TNS v otázce počtu nasazených SFC a jejich instalovaného výkonu. Řešeny byly v provozu dosahované hodnoty výkonů v jednotlivých časových řezech, 1 s, 10 min, 15 min, 2 h, přičemž návrh dimenzování TNS a jejich redundance bude předmětem projektu staveb. Napájecí systém bude v budoucnu, stejně jako je tomu dnes, pokrývat kromě středního 15minutového zatížení přiměřeně také okamžité výkony vozidel, a to tím efektivněji, čím bude soustava více schopna na jejich pokrytí spolupracovat (absence neutrálních polí, spojitě napájení).**

**Prokázání shody s TSI ENE a tedy i s EN 50 388 je podmínkou pro získání stavebního povolení i pro financování z fondů EU. Tato skutečnost však není v rozporu se zásadou energetické hospodárnosti. Samočinné snižování trakčního výkonu vozidel poklesem napětí pod 90 % jmenovité hodnoty vede k nedodržení jízdního řádu, a proto je uvažováno jen pro mimořádné situace (například: poruchy N – 2). Požadavek na neomezování propustnosti tratě (následných mezidobí, umožněných zabezpečovacím zařízením) pevnými trakčními zařízeními (elektrickými následnými mezidobími) byl jednoznačně stanoven odborem strategie GŘ SŽDC a odborem jízdního řádu GŘ SŽDC. Závažná je i okolnost, že součástí nyní používaných algoritmů dálkového řízení železničního provozu není omezování jízd vlaků podle elektrických následných mezidobí a ani SW pro automatické stavění vlakových cest (ASVC) s tímto omezením nepočítá.**



**Řízení odběru elektrické energie z distribuční soustavy tak, aby nebyly překročeny sjednané hodnoty (například 15 minutový příkon) je rozumné. Toto však lze efektivně řešit i bez poklesu napětí a to změnou fázového úhlu výstupního napětí trakční napájecí stanice tak, aby zátěž více převzaly okolní trakční napájecí stanice.**

- SFC technologie v principu umožňuje tzv. oboustranné spojitě napájení protilehlých TNS. Je zde však potřeba upozornit na problematiku řešení identifikace vzdáleného zkratu, možnosti řízení SFC a v konečném důsledku i výpadek SFC. Z provozního hlediska je zde stále i nutnost možnosti rozpojení takového spojeného úseku. Spojitě napájení na AC soustavě lze přitom zajistit i bez galvanického propojení sousedních napájecích stanic; lze využít spínání neutrálního úseku vakuovými nebo tyristorovými spínači ovládanými jízdou vlaku.

**Spínání neutrálního úseku nezajišťuje spojitý přenos trakční energie. Může se ukázat jako vhodné pro společný provoz úseků TV napájených TNS s SFC a bez SFC, aby nedocházelo k vypínání odběru. V praxi se však spínání neutrálního úseku doposud příliš neosvědčilo.**

**Vypínání vzdáleného zkratu musí být zajištěno. SŽDC má se spojitým napájením bohaté zkušenosti ze systému 3 kV, u kterého již jej léta úspěšně aplikuje včetně koordinace činnosti ochran (vazba napáječových rychlovypínačů. Analogicky je toto téma řešitelné i u střídavých systémů, příslušné ochranné přístroje jsou na trhu dostupné s provozem dvoustranného spojitého napájení je v řadě zemí mnohaletá zkušenost (Rakousko, Německo, ...).**

**Pro řešení poruchových stavů a podobně je předpokládáno zachování tradičních spínacích stanic s tím, že na rozdíl od dosavadní praxe budou v základní poloze podélně i příčně sepnuté.**

**Téma spínaných neutrálních polí bylo podrobně posouzeno, a to s negativním výsledkem:**

- současné krátkodobé napájení neutrálního pole dvěma různými fázemi není možné (důsledkem by byl mezifázový zkrat),
- současné krátkodobé napájení neutrálního pole dvěma stejnými fázemi není možné (důsledkem by byl vyrovnávací proud – zamítavé stanovisko distributorů),
- vypnutí jedné fáze a následné zapnutí jiné fáze vede k hazardnímu stavu, na který mohu trakční vozidla reagovat vypnutím výkonu (zásah podmětové ochrany).

**Toto poznání též odpovídá praxi v zahraničí, kdy jsou spínače v trakčním vedení používány nikoliv pro umožnění průjezdu neutrálního pole bez přerušení výkonu, ale jako záložní opatření k nadřazenému vypnutí výkonu na straně pevných trakčních zařízení pro případ, že strojvedoucí příslušnou návěst k vypnutí proudu neuposlechl a hrozilo by vytažení obloukového výboje.**

**Navíc by toto uspořádání nepřineslo výhody dvoustranného napájení:**

- snížení úbytku napětí dvojicí paralelních cest,
- snížení ztrát výkonu dvojicí paralelních cest,
- předávání rekuperované energie mezi vzdálenými vozidly,
- snížení odběrových špiček paralelní spoluprací více trakčních napájecích stanic.

- Náklady na provozování SFC jsou z pohledu provozovatele podhodnoceny (čl. 9.6, náklady na pravidelnou a preventivní údržbu 37500 Kč/rok). Dále je potřeba striktně rozlišovat hledisko morálního zastarání SFC technologie (např. 25 let) ve vztahu k celkové udržitelné životnosti tohoto zařízení (např. 55 let).

**Měničové trakční napájecí stanice jsou záměrně řešeny tak, aby byly údržbově nenáročné. Jejich vnitřní prostory jsou prachotěsně uzavřené, výměníky tepla voda vzduch jsou venkovního provedení.**

**Dobu životnosti pevných trakčních zařízení stanovilo Ministerstvo dopravy ČR jednoznačně ve Věstníku dopravy č. 11/2013 a to hodnotou 30 let.**

## 2. Doporučení pro závěry TES

Předložená studie TES pro úsek „Nedakonice – Říkovice“ tvoří prvotní podkladový materiál pro technické řešení na tratích, kde bude docházet k přechodu z DC na AC systém podle již schválené koncepce. Z tohoto důvodu je potřeba pečlivě zvažovat uváděné přístupy v TES a zvolené vstupní parametry pro konkrétní návrh technologie AC napájecího systému. Řešení, které bude na trati Nedakonice – Říkovice použito, bude do jisté míry vzorem pro technické řešení dalších tratí s přechodem na AC trakční systém.

Tento přechod je podle schválené koncepce prioritní investicí na železnici, která může být realizována poměrně rychle vzhledem k minimální administrativní náročnosti z hlediska stavebního řízení (žádné zábory pozemků, zjednodušené hodnocení vlivů na životní prostředí atd.). Naproti tomu přepravní zatížení a tedy i energetická náročnost, které jsou zohledněny v TES, budou většinou generovány až v závislosti na realizaci obtížně projednatelných staveb (VRT Praha – Brno).

Z tohoto důvodu doporučujeme kromě prezentovaných maximalistických variant pro horizont 50 let zvážit též **úspornou** variantu konverze DC na AC soustavu, která bude plnit požadavky zadavatele – Stavební správy východ – v bližším výhledu. Základem této varianty by mohlo být např. ponechání napájecích stanic klasického provedení tam, kde to umožňuje zkratový výkon nadřazené sítě 110 kV, případně omezení rozsahu napájení v bezporuchovém stavu a tím i výkonu některých TT (Otrokovice využít pouze pro napájení trati do Vizovic, na hlavní trať jako záloha). V napájecích stanicích musí být **počítáno s prostorovou rezervou** pro navýšení výkonu v případě potřeby (instalace dalších transformátorů, měniče), což ostatně bude nutné i ve stávajících TT (Břeclav, Modřice,...) pokud by došlo k deklarovanému nárůstu dopravy.

**A. Úsek Nedakonice – Říkovice je významným krokem nejen z pohledu aplikace soudobých technologií napájení elektrických drah, ale i z pohledu aplikace soudobých výpočtových metod dimenzování trakčních napájecích stanic a jejich připojení k distribuční síti.**

**B. Není na místě zpochybňovat stavbu VRT Praha – Brno. Pro vládu ČR je prioritou a MD ČR dostalo úkol její stavbu připravit.**

**C. Návrh technického řešení není proveden na horizont 50 let, ale na období 30, jak vyplývá z životnosti pevných trakčních zařízení podle Věstníku dopravy č. 11/2013 a jak bylo potvrzeno odborem strategie GŘ SŽDC na jednání v Praze dne 18. 7. 2017.**

**Použití tradiční technologie trakčních napájecích stanic s jednofázovými transformátory bylo podrobně prošetřeno a to s negativním výsledkem:**

- ze studie EGU jasně vyplývá, že zkratový výkon je v jednotlivých přípojných bodech nízký na to, aby bylo možno splnit podmínku nesymetrického odběru dnou požadavkem na nezkrasení symetrie napětí. Zařízení nesplní podmínku studie připojitelnosti k distribuční síti,
- ze studie EGU též jasně vyplývá, že nesymetrický odběr významně snižuje limit maximálního krátkodobého příkonu (není využit proud jedné fáze). Zařízení nesplní podmínku studie připojitelnosti k distribuční síti,
- při použití tradiční technologie jednofázových transformátorů není záruka splnění požadavku TSI ENE, týkajícího se odběru rekuperované energie nezávisle na odběru ostatních vozidel, a tedy získání certifikátu shody s TSI, který je nutnou podmínkou pro obdržení stavebního povolení a pro financování z fondů EU,
- při použití tradiční technologie jednofázových transformátorů není záruka splnění požadavku TSI ENE, týkajícího se kvality napájení (úrovně napětí), a tedy získání certifikátu shody s TSI, který je nutnou podmínkou pro obdržení stavebního povolení a pro financování z fondů EU.
- v současné době není k dispozici technické řešení trakční transformovny, které vyhovuje podmínkám smíšeného provozu starých vozidel (s diodovými usměrňovači) a nových moderních vozidel (se vstupními čtyřkvadrantovými měniči):
  - trakční transformovny bez FKZ jsou technicky způsobilé pro napájení nových moderních vozidel (se vstupními čtyřkvadrantovými měniči), avšak nelze je použít pro napájení starých vozidel (s diodovými usměrňovači), neboť ta pracují s účinnkem cca 0,8 a nelze je proto připojit k distribuční síti 3 x 110 kV, neboť distributoři vyžadují účinník vyšší než 0,95,

- o trakční transformovny s FKZ jsou technicky způsobilé pro napájení starých vozidel (s diodovými usměrňovači), avšak při jejich použití pro napájení nových moderních vozidel (se vstupními čtyřkvadrantovými měniči) dochází k nespifikovatelným rezonancím, neboť výrobci vozidel negarantují kompatibilitu FKZ s moderními vozidly (se vstupními čtyřkvadrantovými měniči) – zařízení FKZ byla vyvinuta, typově vyzkoušena a schválena pouze pro zatěžování starými vozidly (s diodovými usměrňovači),
- trakční napájecí stanice s jednofázovými transformátory nelze jednoduše přestavět (například pro zvýšení výkonu) na měničové – bylo by nutno vyměnit jednofázové transformátory za třífázové a odpovídajícím způsobem též přebudovat rozvodnu 110 kV.

## 2. Doporučení pro navazující studie a přípravné dokumentace

Při návrhu změny napájecí soustavy na AC 25 kV, ale i při návrhu nově elektrizovaných tratí je potřeba vždy zvážit možnost spolupráce technologie klasické tj. s výkonovým jednofázovým trakčním transformátorem a SFC technologie v některé variantě s ohledem na reálnou dobu provozu a životnost celého zařízení.

Dále je nutno zvážit a ekonomicky zhodnotit rušení některých napájecích bodů – přístup nahrazování TM za TT systémem „kus za kus“ by zcela popíral ekonomické přínosy AC trakce jak z hlediska investičního, tak údržbového a mohl by nakonec vést k neúspěchu realizace samotné konverze. Rušení napájecích bodů může být podmíněno použitím systému 2 AC 25 kV pro dosažení větší přenosové schopnosti trolejového vedení; to však též bude nutno ekonomicky zhodnotit.

U VRT tratí je nutno sledovat též připojení trakčních transformoven na vyšší napěťové hladiny než 110 kV s ohledem na evropskou praxi (Francie, Itálie).

Studie a přípravné dokumentace by měly být zpracovány takovým způsobem, aby umožnily rychlou a ekonomickou realizaci staveb se zohledněním rezervy pro budoucí zvyšování výkonu, dané především stavbou vysokorychlostních tratí.

**Napájení v oblasti trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav je specifické navrženým napájením se třemi zcela novými TNS (Černovice, Vyškov, Kyjov), v souvislosti s elektrizací trati 340 a výrazného růstu zatížení na trati 300. Přitom se však využívá také stávajících bodů připojení na DS 110 kV. Stejný postup bude i u řešení nových požadavků na napájení, vyplývajících z konverze na AC 25 kV. Každá z oblastí napájení v rámci ČR bude mít z tohoto pohledu svá specifika, která budou posouzena v rámci O26 připravované „přepínací“ studie. Postup řešitele bude v průběhu návrhu připomínkován dotčenými odbory a OJ SŽDC, O24 nevyjímaje. Neoddělitelnou součástí bude i EH. S využitím stávajících bodů připojení k DS 110 kV se počítá, což ale vždy nutně neznamená „minimální administrativní náročnost z hlediska stavebního řízení“.**

**V trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav nebylo posuzováno „maximalistické“ řešení pro horizont 50 let, ani tzv. „úsporné“ řešení, ale takové řešení, které odpovídá definovanému rozsahu provozu, požadavkům na parametry napájení i odběru a které je co nejvíce funkčně a ekonomicky efektivní.**

**Použití systému 2x AC 25 kV může najít uplatnění pro napájení VRT, kde dochází ke kombinaci požadavků na vysoký příkon (vysoká traťová rychlost na traťových sklonech 20 až 30 promile) s průchodem trati územím, kde nemusí existovat vhodné body pro připojení do DS. V simulaci provozu na trati 300 pro rychlost 200 km/h se přenosová schopnost TV, napájeného v soustavě 1x AC 25 kV, ukazuje jako plně dostatečná a ekonomicky nejvýhodnější.**

**A. Navržená technologie měničových trakčních napájecích stanic (SFC) s vysokonapěťovými multilevel IGB spínači je koncipována tak, že umožňuje provoz v sousedství tradičních trakčních napájecích stanic s jednofázovými transformátory. Přitom jedna z trakčních napájecích stanic s jednofázovými transformátory může být paralelně spojena s měničovou trakční napájecí stanicí (SFC) s vysokonapěťovými multilevel IGB spínači, respektive se skupinou trakčních napájecích stanic (SFC) s vysokonapěťovými multilevel IGB spínači.**

B. Rušení nepotřebných trakčních napájecích stanic je při konverzi systému 3 kV na 25 kV je pochopitelně možné. Vyšší přenosová schopnost trakčního vedení 25 kV ve srovnání s přenosovou schopností trakčního vedení 3 kV k tomu vytváří dobré předpoklady, zejména při dvoustranném spojitým napájení. Na druhé straně je však potřebné vzít v úvahu hodnotu existujícího připojení k distribuční síti, která je v principu neopakovatelná – další stavby přípojných vedení k distribuční síti jsou terénem velmi obtížně průchodné. V případě, že lze trakční napájecí stanice na hlavní trati využít k napájení nově elektrizovaných odbočných tratí, je velmi rozumné je zachovat. O zachování či nevyužití jednotlivých napájecích bodů při konverzi napájení ze 3 kV na 25 kV tak nerozhoduje dotyčná konvergovaná trať, ale z ní odbočné tratě, vhodné k elektrizaci (metoda rybí kosti).

C. Použití systému 2 x 25 kV je u měničových trakčních napájecích stanic (SFC) s vysokonapětovými multilevel IGB spínači velmi snadné, jde jen o změnu výstupního autotransformátoru z prostého za dvojité.

U trakčních napájecích stanic s jednofázovými transformátory však nemá orientace na systém 2 x 25 kV logiku, neboť vyšší přenosovou schopností trakčního vedení docílená větší vzdálenost trakčních napájecích stanic by vedla ke zvýšení jejich výkonu a tím i ke zvětšení těžkostí spojených s připojováním nesymetrické zátěže ke třífázové distribuční síti.

D. Napájení VRT tratí z třífázového vedení velmi vysokého napětí je teoreticky možné, ale jak ukazují zkušenosti ze zahraničí, naráží praktická realizace této myšlenky na četná úskalí:

- topologie přenosových sítí vvn se zpravidla neshoduje s topologií sítí železnic, tedy nejsou vhodná místa pro budování takových trakčních napájecích stanic,
- stavba nových vedení vvn krajinou je obtížně projedná (viz též zkušenost z ČR: výstavba nedávno dokončené přenosové linky ze západních do středních Čech trvala cca 25 let),
- obtížné zajišťování redundance (pro provoz při poruše  $N - 1$ ),
- nutnost řešení atypických rozvodů a transformoven (vvn transformátory tak malého výkonu se běžně nevyrábějí),
- procesní komplikace (provozovatel přenosové soustavy nebývá ze zákona obchodní společností), zákon proto na takové případy nepamatuje,
- připojení k síti s vysokým zkratovým výkonem neřeší spojitě napájení, které je podmínkou rekuperačního brzdění ve všech místech trati,
- připojení k síti s vysokým zkratovým výkonem neřeší požadavek na kvalitu napájení (výše napětí na sběrači vlaků), která vyžaduje dvoustranné napájení,
- připojení k síti s vysokým zkratovým výkonem neřeší požadavek na rovnoměrnost odběru energie z třífázové sítě, která vyžaduje dvoustranné napájení.

Z těchto důvodů jsou vysokorychlostní tratě připojovány k distribuční síti a to aktuálně s využitím měničových trakčních napájecích stanic.

**Ing. Jaromír Hrubý**

*ředitel odboru elektrotechniky a energetiky*

**Modře : odpovědi na připomínky SSV**

**Červeně : odpovědi na připomínky SUDOP BRNO spol. s r.o.**