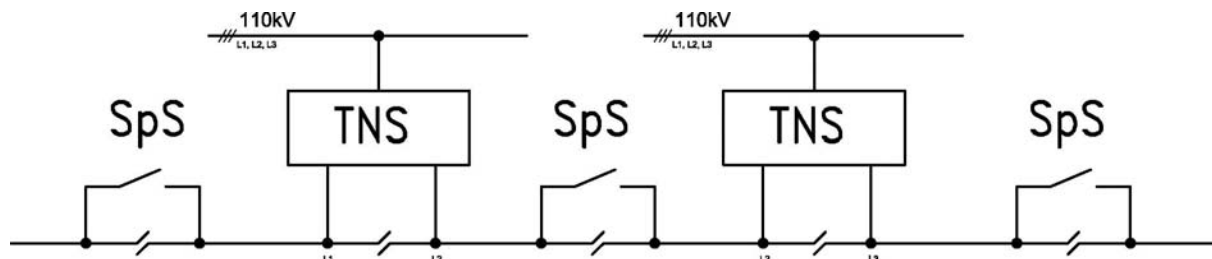


17 MANAŽERSKÉ SHRUTÍ

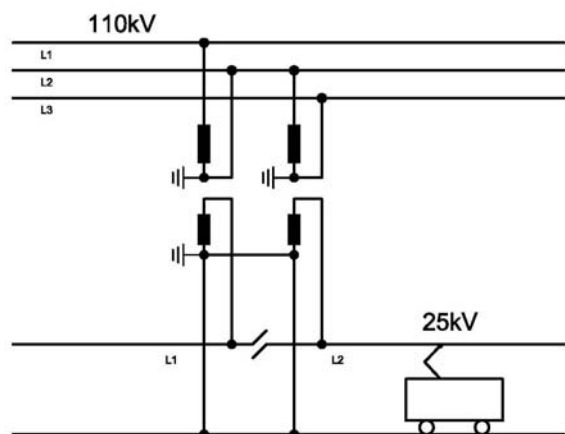
Výchozí stav

Elektrizace železnic napětím 25 kV 50 Hz byla v ČR zahájena kolem roku 1965. Téma napájení jednofázového trakčního vedení z třífázové sítě bylo řešeno rozdělením trakčního vedení na úseky délky cca 20 až 25 km (na jednu stranu od trakční napájecí stanice do poloviny úseku k další trakční napájecí stanici), připojené k různým fázím distribuční soustavy přes jednofázové transformátory.

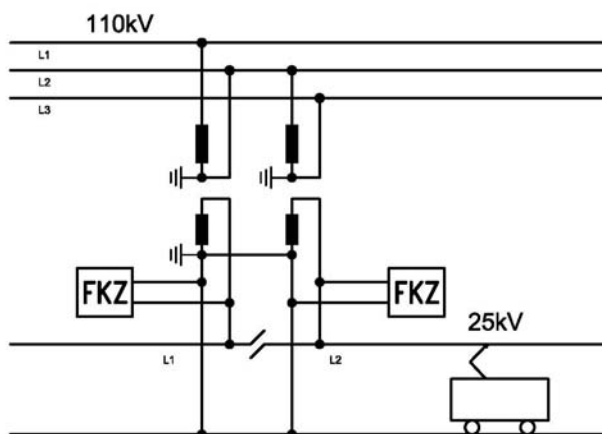


Starší trakční vozidla s diodovými usměrňovači zatěžují distribuční soustavu odběrem nejen činného, ale i jalového a deformačního výkonu. Pro odvrácení plateb za nekvalitní odběr výkonu byly trakční napájecí stanice 110 kV dodatečně doplněny o filtrační a kompenzační zařízení (FKZ), které kompenzují jalový výkon a filtrují deformační výkon (vyšší harmonické složky proudu), ovšem za cenu nemalých ztrát.

Zapojení do "V"



Zapojení do "V" s FKZ



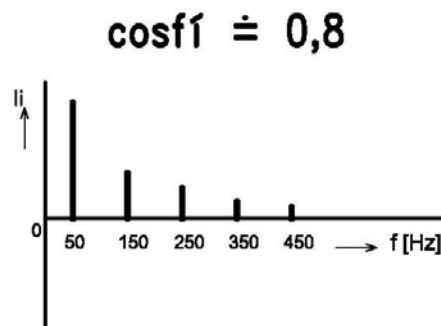
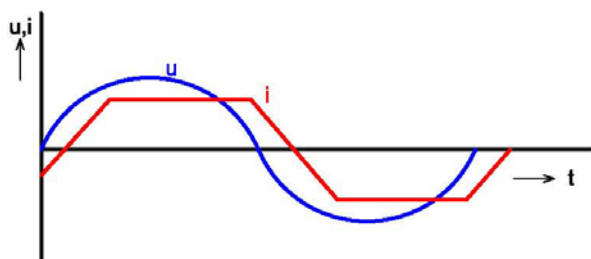
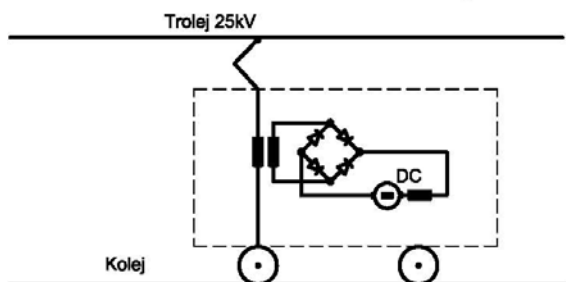
Vývoj na straně vozidel

V posledních letech zařazují dopravci do provozu moderní interoperabilní lokomotivy o vysokém výkonu (aktuálně již je pro provoz v ČR schváleno kolem 200 těchto lokomotiv a jejich počet stále roste), které se vyznačují použitím vstupních čtyřkvadrantových měničů a odebírají ze sítě jen činný, nikoliv jalový a deformační výkon, tedy nepotřebují FKZ v trakčních napájecích stanicích. Zařízení FKZ však nebylo v minulosti navrženo pro provoz s tímto typem vozidel a za provozu dochází k rezonančním jevům, které tato zařízení vážně poškozuje. Tradiční trakční napájecí stanice

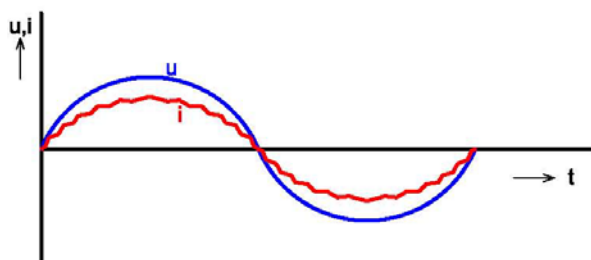
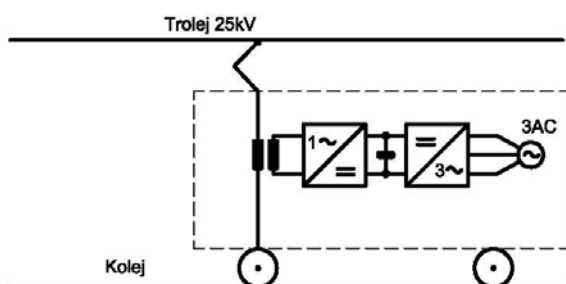
s jednofázovými transformátory se tak při současné (přechodové) struktuře parku vozidel dostaly do velmi obtížné situace:

- bez FKZ nevyhoví pro provoz starších vozidel s diodovými usměrňovači,
- s FKZ nevyhoví pro provoz novějších vozidel se vstupními čtyřkvadrantovými měniči.

Staré vozidlo – diodový usměrňovač

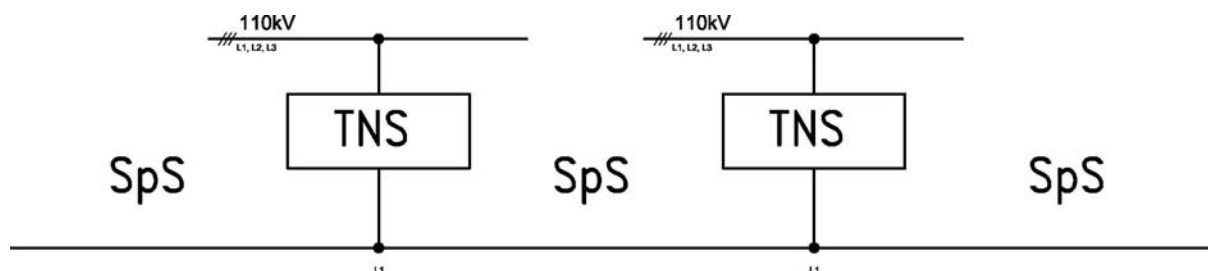


Nové vozidlo – vstupní 4Q měnič



Nová vozidla se dále vyznačují:

- vysokým výkonem (6 MW místo tradičních 3 MW), což souvisí se zvyšováním rychlosti jízdy vlaků,
- vyššími požadavky na stálost napětí (vyžadují v souladu s TSI napětí nad 22,5 kV, původní tolerance byla 19 kV),
- rekuperačním brzděním (nemusí být vybaveny brzdovými odporníky, brzdový výkon musí odebrat pevná trakční zařízení),
- vyžadují spojitě dvoustranné napájení (jízda bez přerušování výkonu, brzdění bez výpadku funkce brzdy, kvalitní napájení s nízkým úbytkem napětí)



Požadavky TSI ENE

Ze zákona povinné Technické specifikace pro interoperabilitu subsystému energie (TSI ENE) požadují na pevných trakčních zařízeních:

- zajištění kvality elektrického napájení (napětí na sběrači vozidla vyšší než 22,5 kV),
- zajištění rekuperačního brzdění (odebírání brzdové energie nezávisle na dalších vozidlech).

Požadavky na připojení k distribuční síti 3 x 110 kV

Norma PNE 33 3430-0 z 1.5.2015 zpřísnila požadavky na symetrii odběru výkonu z distribuční sítě – již není jako dříve tolerován jednofázový odběr ve výši 2 % zkratového výkonu sítě, ale jen 0,7 % zkratového výkonu sítě. Splnění požadavků ze strany distribuční sítě je nutno doložit studií připojitelnosti a jejich dodržování je kontrolováno měřením kvality odběru elektrické energie z distribuční sítě.

Cíle technického řešení

Je nutno řešit dvě technické úlohy:

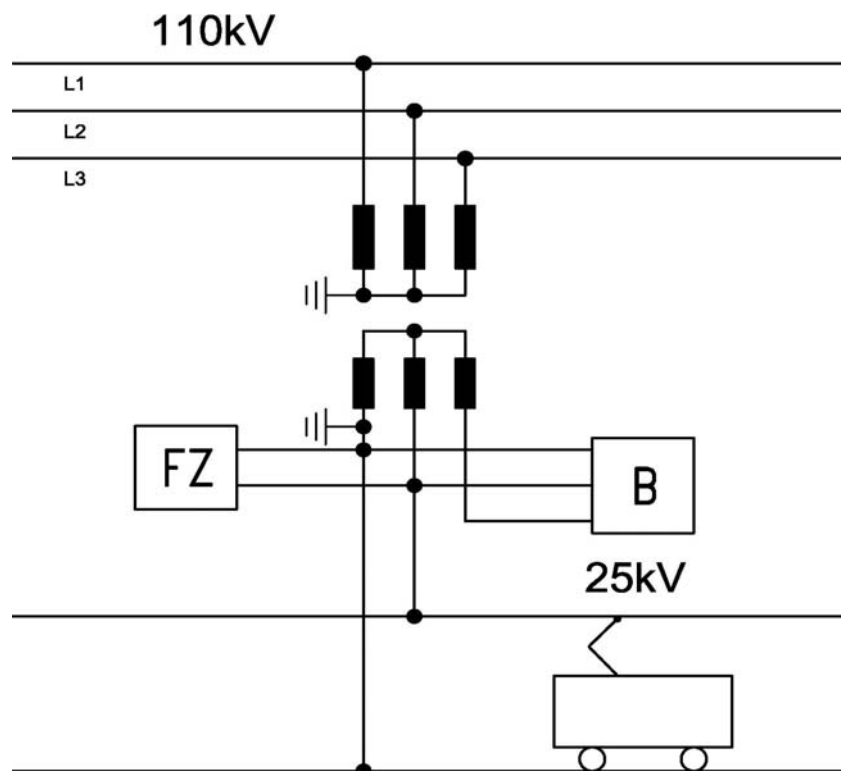
- symetrizovat odběr elektrického příkonu pro napájení jednofázových železnic 25 kV 50 Hz tak, aby rovnoměrně rozložen do všech tří fází distribuční sítě 3 x 110 kV,
- zavést i na jednofázově elektrizovaných železnicích 25 kV 50 Hz dvoustranné spojitě napájení, které již je na síti SŽDC řadu let úspěšně praktikováno na tratích elektrizovaných stejnosměrným systémem 3 kV. Dvoustranné spojitě napájení výrazně napomáhá k splnění podmínek TSI na kvalitu napájení a na rekuperaci.

Podobná situace jako v ČR je i v jiných evropských i mimoevropských zemích a proto drážní elektrotechnický průmysl inovativně řeší nová provedení trakčních napájecích stanic na bázi polovodičové techniky, která již jsou v řadě zemí úspěšně provozována.

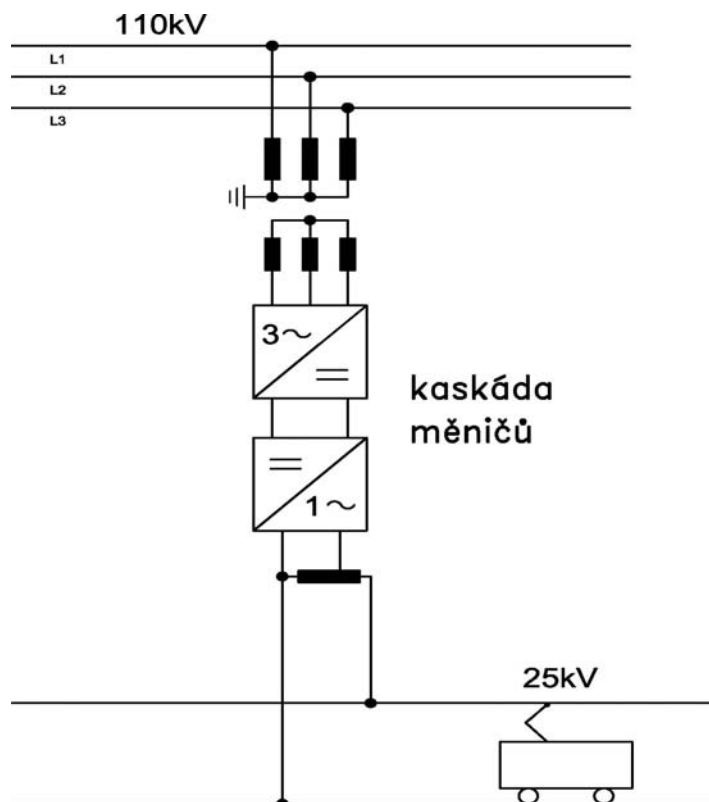
Možnosti technického řešení

Pro splnění požadavků jak ze strany železnice (TSI), tak ze strany distribuční sítě byly podrobně zkoumány dvě moderní technologie trakčních napájecích stanic: aktivní balancery a kaskáda dvojice měničů:

- aktivní balancer je polovodičové zařízení, které rozkládá jednofázový odběr železnice do všech tří fází,



- kaskáda dvojice měničů (3 AC/DC a DC/1 AC) je polovodičové zařízení, které převádí (přes stejnosměrný meziobvod) třífázové napájení na jednofázové.

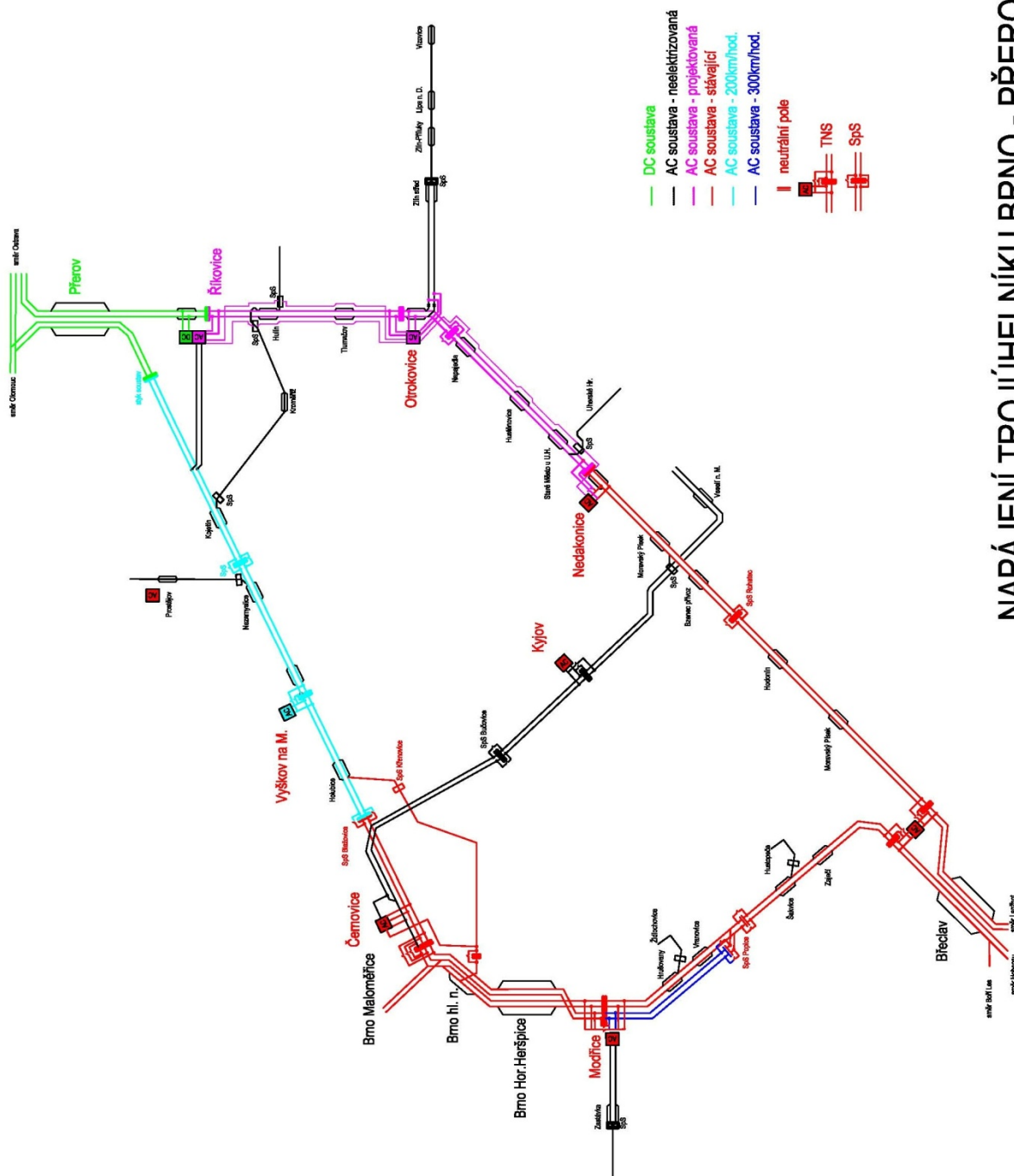


Navrhované technické řešení

Na základě společných výpočtů obou sítí (železniční i energetické) bylo shledáno, že v ČR lze v trakčních napájecích stanicích využít aktivní balancery k symetrizaci odběru (a tím ke splnění podmínky připojitelnosti trakční napájecí stanice k distribuční soustavě), avšak ze strany distribuční soustavy nebude povolen paralelní chod sousedních trakčních napájecích stanic. Vyplývá to ze specifických podmínek distribuční soustavy 3 x 110 kV 50 Hz v ČR, které jsou výrazně ovlivněny mohutnými mezistátními přetoky energie v relaci Polsko – Rakousko a zejména vysoce výkonnými plantážemi fotovoltaických elektráren, které v průběhu času náhodně mění směr toku energie v distribuční síti.

K dvoustrannému spojitému napájení, tedy k paralelní spolupráci sousedních trakčních napájecích stanic, která je účinným opatřením ke zvýšení kvality napájení a k zajištění nepřerušovaného rekuperačního brzdění, je nutno použít trakční napájecí stanice vybavené technikou kaskády dvojice měničů 3 AC/DC a DC/1 AC.

Z investičního hlediska je důležité, že elektrizace železnic napětím 25 kV systémem jednotné fáze umožňuje z trakčních napájecích stanic na hlavních tratích tranzitních koridorů napájet nejen tyto tratě, ale i odbočné tratě v jejich širokém okolí – viz obr. napájení trojúhelníku Brno – Přerov - Břeclav.



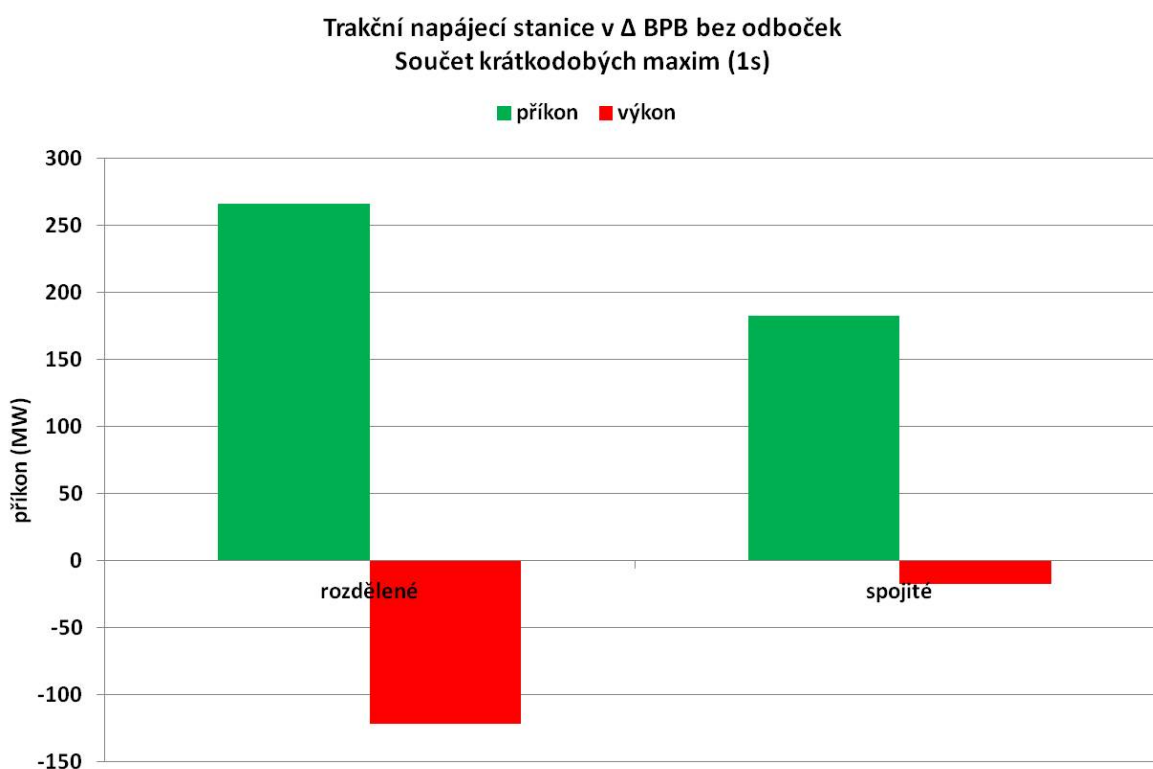
NAPÁJENÍ TROJÚHELNÍKU BRNO - PŘEROV - BŘECLAV

Přednosti navrhovaného technického řešení

Při použití měničových trakčních napájecích stanic jsou splněny povinné požadavky distributorů elektrické energie platných pro připojení odběrných zařízení k distribuční soustavě a ke splnění požadavků TSI. Zároveň vede tato technologie k docílení kvalitního a výkonného napájení, vyhovujícího jak starším vozidlům s diodovými usměrňovači, tak novým vozidlům se vstupními čtyřkvadrantovými měniči. Ekonomické efekty spočívají:

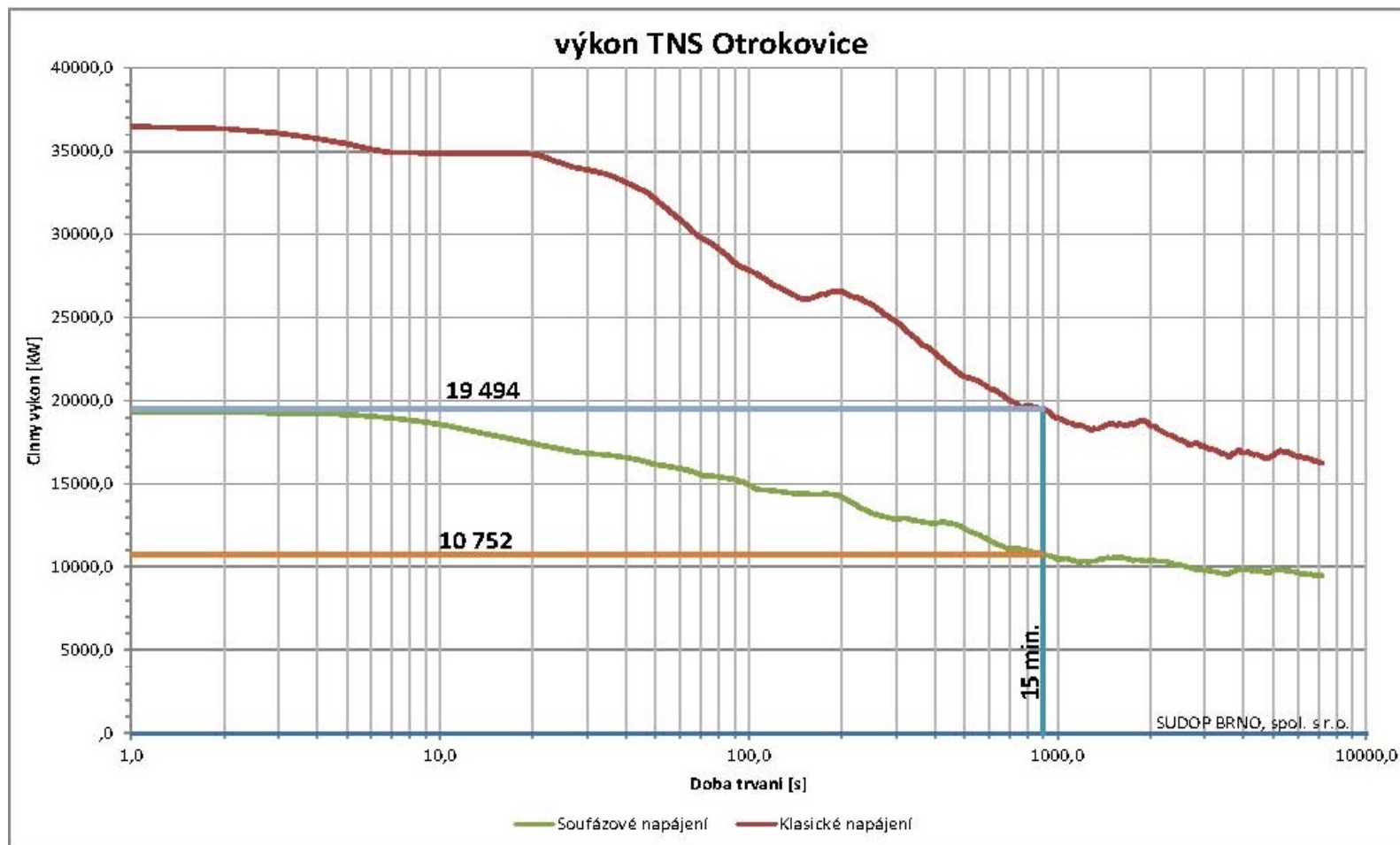
- v úsporách elektrické energie (nižší ztráty v trakčním vedení a výrazně vyšší využití rekuperačního brzdění),
- ve snížení plateb za distribuci elektrické energie snížením odběrových špiček jejich rozložením na více trakčních napájecích stanic (nižší platba za nižší rezervovaný příkon),
- v možnosti poskytovat za úplatu distributorovi spotřebu jalového výkonu (stabilizace napětí distribuční sítě).

Odebíraný příkon a rekuperovaný výkon TNS – rozdělené a spojitě napájení



Spojitě napájení snižuje (rozkládá mezi více trakčních napájecích stanic) špičky příkonu i zpětného výkonu. To je důležité jak pro sjednání připojení trakční napájecí stanice k distribuční síti, tak pro vlastní provoz (minimalizace pravděpodobnosti zásahu nadproudových ochran s důsledkem narušení dopravního provozu).

Rezervovaný příkon (čtvrthodinové maximum) TNS – klasické a soufázové napájení



Spojité napájení umožňuje snížit poplatky za rezervovaný elektrický příkon i za rezervovaný rekuperační výkon. Navíc umožňuje rekuperovanou energii plnohodnotně využít pro ostatní vozidla (nevracet ji za sníženou cenu do distribuční soustavy).

Úspora ročních provozních nákladů v trojúhelníku Brno - Přerov - Břeclav při použití kaskády měničů v napájecích stanicích.

Čtyři zdroje finančních úspor :

1. snížení rezervovaných příkonů (spolupráce sousedních TNS při vykrývání špiček)
2. snížení rezervovaných výkonů (spotřeba rekuperované energie v trakci)
3. neodebraná energie (nepřerušovaná rekuperace)

	snížení rezervovaného příkonu	úspora platby za rezervovaný příkon	snížení rezervovaného (rekuperovaného) výkonu	úspora platby za nedodaný (rekuperovaný) výkon	neodebraná (rekuperovaná) energie	úspora platby za neodebranou energii	úspora celkem
jednotka	MW	mil. Kč	MW	mil. Kč	mil. kWh/rok	mil. Kč/rok	mil. Kč/rok
rozdíl	26	43	21	34	60	81	158

4. podpora distribuční sítě (dodávka jalového výkonu pro stabilizaci sítě)

kompenzace jalového výkonu v DS					
	vstupní celkový výkon	poměrný rezerv. výkon	rezervovaný výkon	cena rezerv. výkonu	výnosy z rezervace jalového výkonu
jednotka	MVA	%	MVA	Kč/MVA	mil. Kč/rok
TNS					
Černovice	30	30	9	500 000,00	4,50
Vyškov	20	30	6	500 000,00	3,00
Říkovice	20	30	6	500 000,00	3,00
Otrokovice	20	30	6	500 000,00	3,00
Nedakonice	20	30	6	500 000,00	3,00
Břeclav	30	30	9	500 000,00	4,50
Modřice	60	30	18	500 000,00	9,00
Kyjov	20	30	6	500 000,00	3,00
celkem	220		66		33,00

Z hlediska dalšího rozvoje elektrické vozby v ČR je studie elektrického napájení železnic v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav velmi zásadní, neboť v tomto teritoriu je řešena celá paleta dílčích úloh elektrického napájení železnic:

- konverze systému 3 kV / 25 kV,
- elektrizace dosud neelektrizovaných tratí (již jednotným systémem 25 kV),
- upgrade tratí již v minulosti elektrizovaných systémem 25 kV,
- zásadní zvýšení rychlosti a výkonnosti již elektrizovaných tratí (druhá traťová kolej, rychlost 200 km/h),
- elektrické napájení nově budovaných vysokorychlostních tratí,
- budování nových trakčních napájecích stanic,
- přestavba DC 3 kV trakčních napájecích stanic na AC 25 kV,
- modernizace AC 25kV trakčních napájecích stanic,
- paralelní spolupráce trakčních napájecích stanic na rozhraní dvou různých distributorů (ČEZ a E.ON).

Nové provedení trakčních napájecích stanic s polovodičovými měniči je trendem nejen v ČR, ale i v zahraničí, neboť tradiční jednoduché trakční napájecí stanice již nesplňují současné požadavky na odběr elektrické distribuční sítě ani na napájení vozidel. Nová technika přináší úspory energie (plné využití rekuperace) a další úspory v platbách za elektrickou energii (příznivější poměr maximálního a středního příkonu, tedy nižší platba za rezervovaný příkon).

Z výše uvedených závěrů vyplývá pro stavbu „Změna trakční soustavy na AC 25kV 50 Hz v úseku Nedakonice – Říkovice“ jednoznačné doporučení, které spočívá ve zbudování měničových napájecích stanic v žst. Otrokovice a žst. Říkovice, které budou vybaveny jedním měničovým pracovištěm.

Dále s přihlédnutím k výsledkům studie lze rovněž jednoznačně doporučit řešení napájení trakčního vedení systémem 25kV AC v České republice postupným budováním měničových napájecích stanic.