

Způsoby obnovy energie v akumulátoru při využití jednotek BEMU v pravidelném provozu

ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Katedra dopravního inženýrství

Jiří Krejčí, Lukáš Týfa

SVK Odraz moderní železnice ve vzdělávání a výzkumu2025

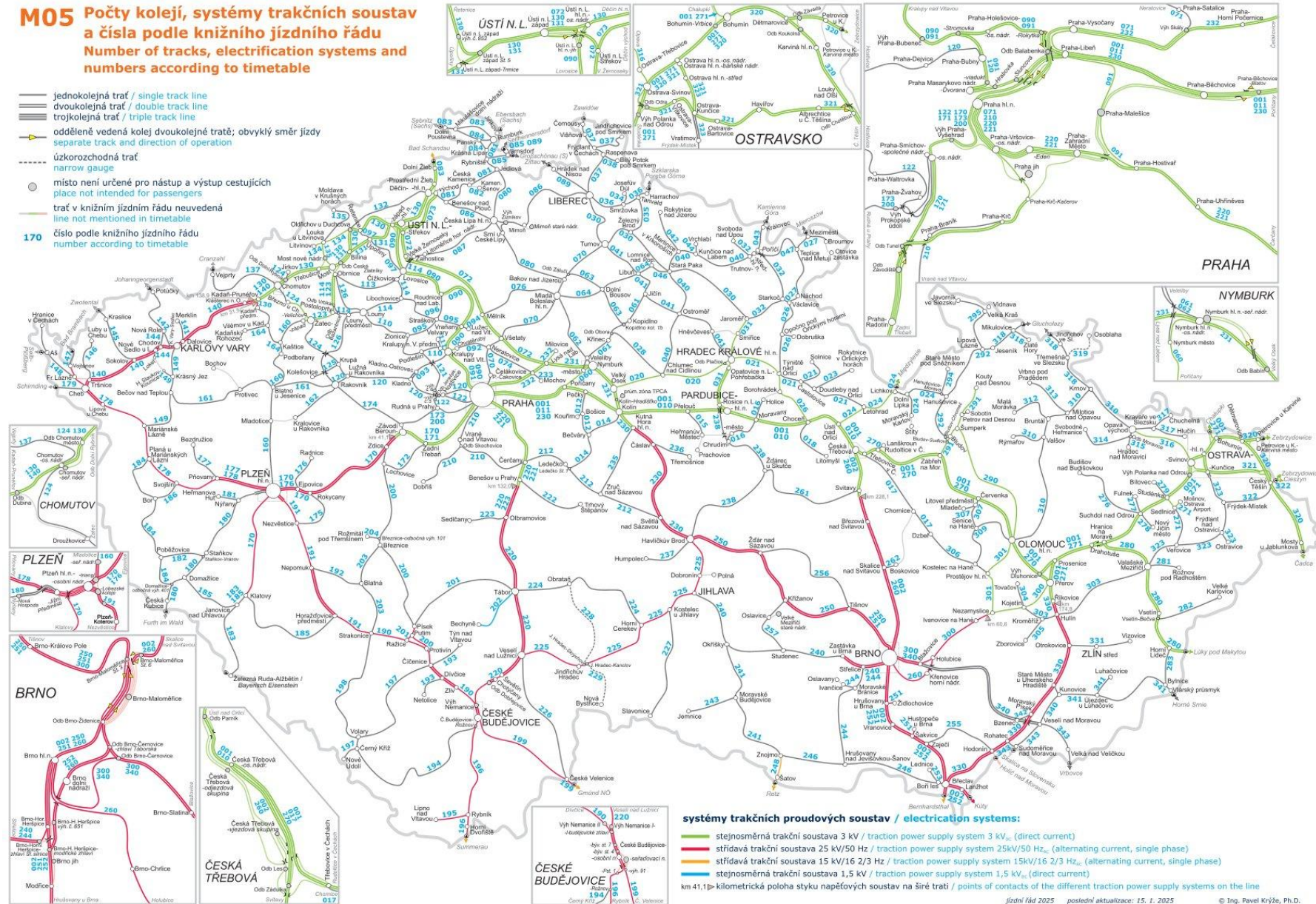
28.05.2025

Železniční síť v České republice

- k 31.12. 2024 dosáhla celková délka veřejných tratí 9 349 km
- na 1 000 km² území našeho státu připadá zhruba 118,5 km tratí
- dvě třetiny železniční sítě v České republice jsou tratě neelektrizované
- na jedné třetině železniční sítě se odehrává 86 % přepravního výkonu v osobní dopravě a 95 % v dopravě nákladní

M05 Počty kolejí, systémy trakčních soustav a čísla podle knižního jízdního řádu Number of tracks, electrification systems and numbers according to timetable

- jednokolejňá trať / single track line
- == dvoukolejňá trať / double track line
- === trojkolejňá trať / triple track line
- odděleně vedená kolej dvoukolejňaté tratě; obvyklý směr jízdy
separate track and direction of operation
- úzkorozchodná trať
narrow gauge
- místo není určeno pro nástup a výstup cestujících
place not intended for passengers
- trať v knižním jízdním řádu neuvedená
line not mentioned in timetable
- 170 číslo podle knižního jízdního řádu
number according to timetable



zdroj: [1]

Problematika spalovacích motorů

- v listopadu 2023 vydalo Ministerstvo dopravy České republiky Koncepti rozvoje elektrické trakce
- ne příliš ambiciózní kroky v postupu elektrizace
- během spalování dochází k přeměně uhlíku obsaženého ve fosilních palivech na oxid uhelnatý a oxid uhličitý
- narušení tepelné izolační schopnosti obalu naší planety
- uvolňování škodlivých látek do ovzduší (NO_x, polyaromatické uhlovodíky,...)
- mezinárodní energetická agentura IEA stanovila, že je nutné do roku 2050 přestat spalovat uhlí, ropné produkty a zemní plyn
- spalovací motor dosahuje účinnosti zhruba 30 % v porovnání s elektrickým trakčním motorem s účinností zhruba 75 %

Náhrada vozidel nezávislé trakce

- **elektrizace nebo alternativní pohony**
- **náklady (investiční i provozní) na trakční vedení, trakční napájecí stanice a plnicí stanice**
- **akumulátorová vozidla**
 - zásobník energie v podobě elektrochemického akumulátoru
 - BEMU o 30 až 50 % dražší (investiční náklady) než EMU
 - způsoby obnovy energie v akumulátoru
- **vozidla s palivovým článkem**
 - zásobník pro vodík a následné použití tohoto plynu v palivovém článku
 - Česká republika nemá v současné době uspokojivou produkci a infrastrukturu pro pokrytí spotřeby vodíku na železnici
 - 99,97 % čistý plyn

BEMU jednotky

- **Battery Electric Multiple Units**
- **v pravidelném provozu vyvstává otázka zajištění vhodného způsobu doplňování energie v akumulátorech**
- **volba způsobu a umístění nabíjení vozidel představuje klíčový aspekt při rozhodování o nasazení jednotek do běžného provozu**
- **rekuperovaná energie získávána z elektrodynamické brzdy hnacího vozidla vlaku**
- **energie z pevných trakčních zařízení**
- **maximální dojezd vlaku na úsecích bez trakčního vedení**

Statické a dynamické dobíjení jednotek BEMU

- **statické nabíjení**
 - vozidlo se během nabíjení **nepohybuje**
 - energie pro dobíjení akumulátorů a pomocné pohony (kompresory, vytápění či klimatizace, osvětlení nebo informační systém)
- **dynamické nabíjení**
 - vozidlo se během nabíjení **pohybuje**
 - vozidlo odebírá energii pro dobíjení akumulátoru a spotřebu pomocných pohonů, ale také pro vlastní pohyb
- **u dynamického nabíjení se standardně počítá s přibližně 60% příkonem pro dobíjení akumulátoru ve srovnání se statickým režimem**

Způsoby dobíjení akumulátoru jednotek BEMU

- **napájecí body**
 - nabíjení z troleje při technologickém odstavení
 - nabíjecí armatura
 - zásuvkový stojan
 - zásuvka 400 V
- **částečná liniová elektrizace**
 - zajiždění na elektrizovanou trať
 - nabíjecí ostrovy
 - výběhy z již elektrizované části sítě

Napájecí body

- **nabíjení z troleje při technologickém odstavení**
 - pro stejnosměrný napájecí systém 3 kV
$$P = U \cdot I = 3 \cdot 200 = 600$$
 - pro střídavý napájecí systém 25 kV, 50 Hz
$$P = U \cdot I = 25 \cdot 80 = 2\,000$$
 - kde:
 - P [kW] příkon
 - U [kV] elektrické napětí
 - I [A] elektrický proud
- u stejnosměrné napájecí soustavy 3 kV se uvažuje s příkonem 450 kW
- energie v akumulátor s kapacitou 360 kWh by byla plně obnovena maximálně za 48 minut
- speciální zařízení – úsek trolejového vedení (zdvojené trakční zařízení trolejového drátu)

Napájecí body

- **nabíjení z troleje při technologickém odstavení**
 - při nabíjení střídavou soustavou 25 kV 50 Hz lze dosáhnout nabíjecího příkonu 800 kW
 - obnova energie v akumulátoru s kapacitou 360 kWh by měla trvat zhruba 26 minut
 - možné využití elektrizovaných železničních stanic v Jihočeském kraji
 - délka tratí mezi uzlovými stanicemi je zhruba dosahují délky 60 až 80 km
 - zahájení pravidelného provozu lince Ostrava – Studénka - Veřovice
 - zřízení „ostrovů“ trakčního vedení - trakční vedení délky přibližně 55 metrů s napájecí soustavou 25 kV 50 Hz
 - nutné zajistit kapacitní přípojku do veřejné energetické sítě
- **nabíjecí armatura**
 - podpěry s krátkým (řádově několik metrů) úsekem pevné troleje



zdroj: [2]



zdroj: autor

Napájecí body

- **zásuvkový stojan**

- standardní zásuvkové stojany využívané například pro vytápění vozů
- vůz je ke stojanu připojen pomocí UIC kabelu
- u zařízení od společnosti Elektrizace železnic Praha a.s. s napětím 3 kV, 50 Hz střídavého proudu může doba nabíjení dosahovat 26 minut
- vhodné pro využití při delších obracech mezi jednotlivými spoji
- potřeba zaškoleného zaměstnance s příslušnou odbornou zkouškou

- **zásuvka 400 V**

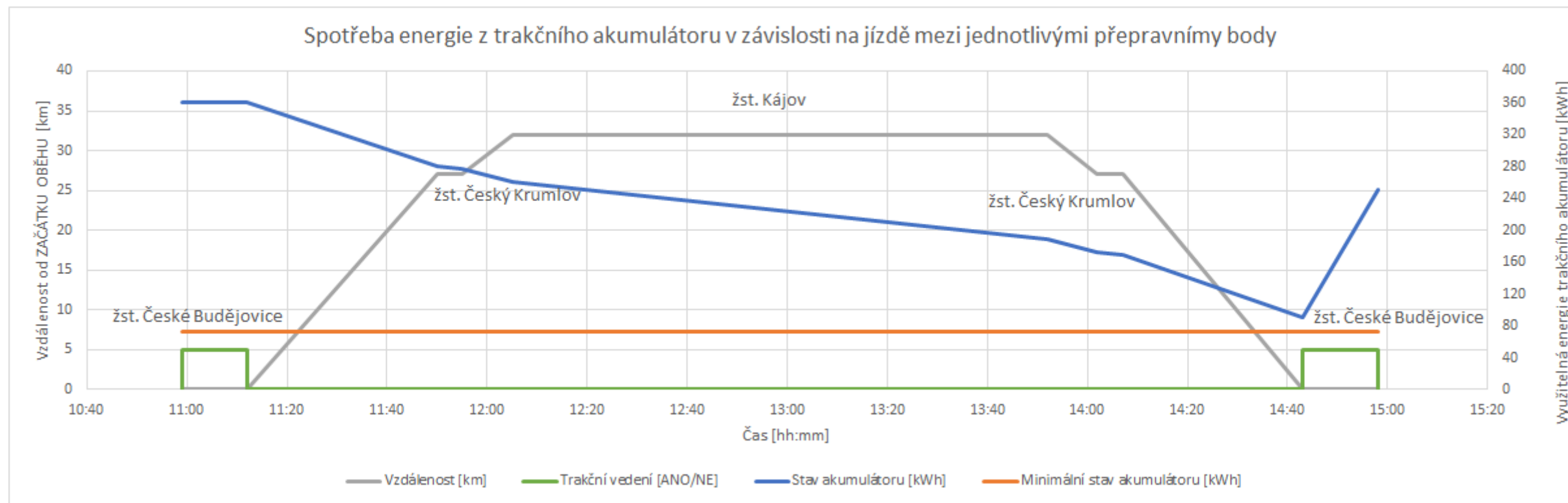
- možné využití standardní zásuvky 3x400 V / 125 A (případně 63 A)
- vzhledem k nízkému výkonu pro nabíjení po odečtení pomocných pohonů zbývá pro nabíjení výkon cca 75 kW (35 kW)
- využití pro takzvaný „živý odstav“
- potřeba zaškoleného zaměstnance s příslušnou odbornou zkouškou

Částečná liniová elektrizace

- **zajíždění na elektrizovanou trať**
 - investičně nejméně náročným způsobem
 - zkrácení dojezdových časů z širší oblasti
 - odstranění některých přestupů
 - zásah do provozního konceptu v širší oblasti
- **nabíjecí ostrovy**
 - prostá elektrizace nebo plnohodnotná modernizace úseku s elektrizací
 - délka úseku se odvíjí od doby potřebné k dobití akumulátoru nad potřebnou úroveň - řádově by takový ostrov měl mít délku v jednotkách až nižších desítkách kilometrů
 - výkon trakční transformovny, předpokládá se elektrizace střídavou soustavou 25 kV 50 Hz
 - výhodné tam, kde se jednotlivá vozební ramena buď protínají, nebo dokonce sdílí společný mezistaniční úsek

Částečná liniová elektrizace

- **výběhy z již elektrizované části sítě**
 - zkrácení okrajových úseků
 - možnost využití již zřízené infrastruktury (trakční měnárny/transformovny)
 - výhodný tam, kde by nově elektrizovanou infrastrukturu mohly kromě tranzitujících BEMU využívat okrajově i výhradně elektrická hnací vozidla
 - možné zřídit pro dosažení vyšší stability provozu BEMU a zvýšení možnosti operativních zásahů při provozních mimořádnostech



Zdroj: autor

Děkuji za pozornost

ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Katedra dopravního inženýrství

Jiří Krejčí (krejci31@cvut.cz)

IRICON 2025, 28.05.2025

Zdroje

- [1] **Portál provozovatele dráhy: Popis železniční sítě, 2025, obrázek z webové stránky, [cited 2025-05-23]. Dostupné z: <https://provoz.spravazeleznice.cz/Portal/ViewArticle.aspx?oid=2104272>**
- [2] **WIKIWAND.com: RegioPanter, 2025, obrázek z webové stránky, [cited 2025-05-23]. Dostupné z: <https://www.wikiwand.com/cs/articles/RegioPanter>**
- [3] **KREJČÍ, Jiří: Možnosti provozu jednotek BEMU na linkách osobní regionální železniční dopravy. Praha, 2023. Diplomová práce, ČVUT v Praze, Fakulta dopravní. Vedoucí práce doc. Ing. Lukáš Týfa, Ph.D. [cit. 2025-05-24]**
- [4] **JACURA, Martin, ČÍŽEK, Jiří, KREJČÍ, Jiří, TREŠL, Ondřej: Bezemisní dálková železniční doprava v ČR v kontextu koncepce rozvoje elektrické trakce v ČR. Praha, 2024, Neveřejný dokument, Posuzovací dílo, zhotovitel ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Katedra dopravního inženýrství a dopravního plánování Konviktská 20, 110 00 Praha 1, objednatel ACRI, Pobřežní 224/20 186 00 Praha 8, [cit. 2025-05-24]**