



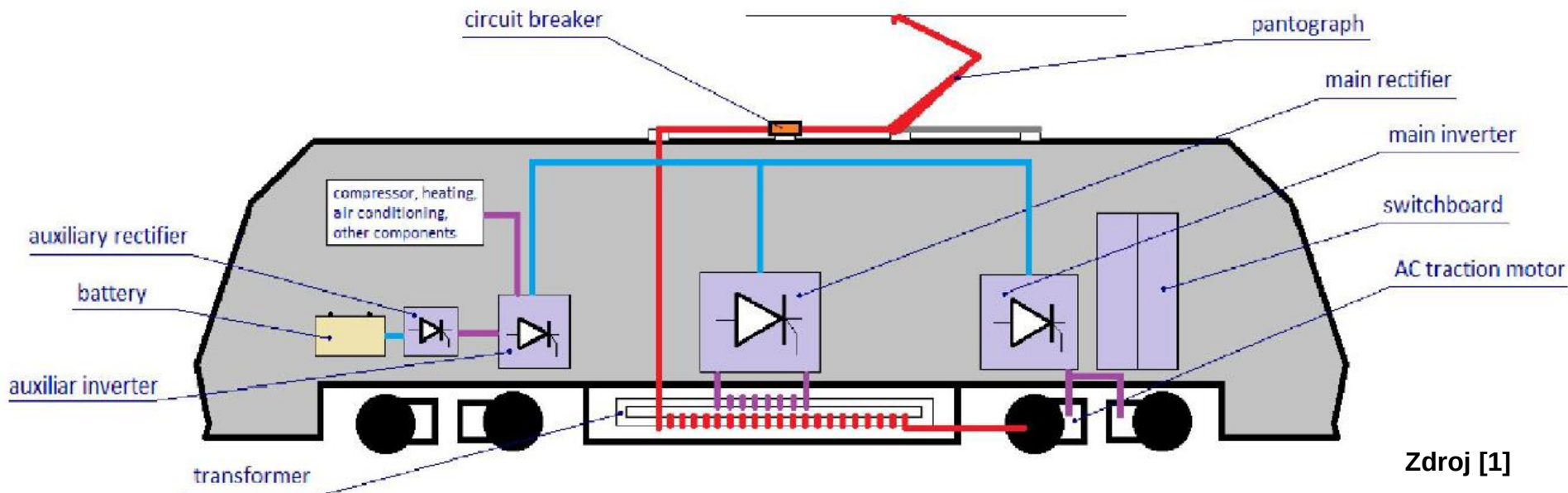
Elektrizace železnic Praha a.s.

Trakční napájecí systémy vysokorychlostních tratí v Evropě



DC TRAKČNÍ SYSTÉM

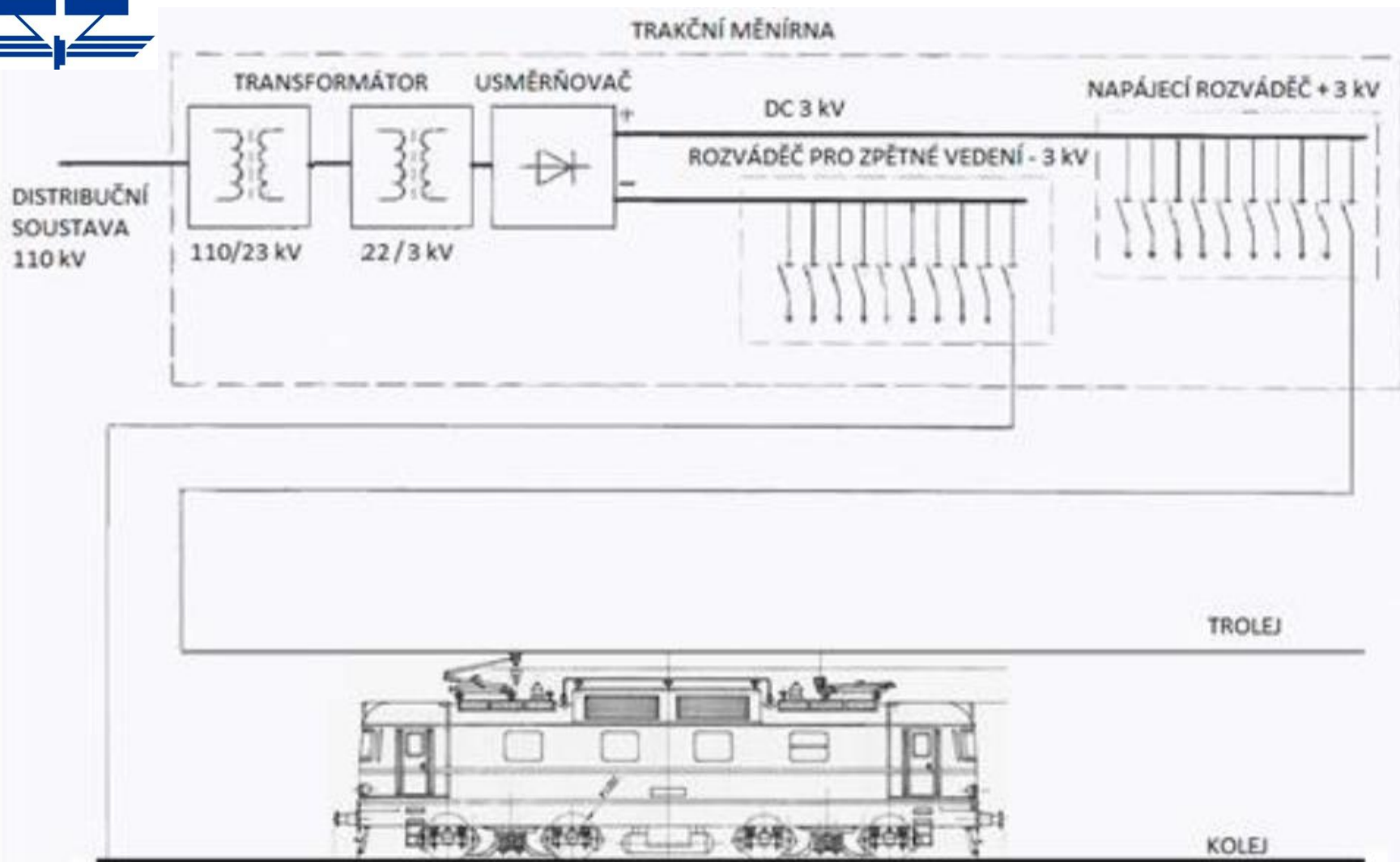
- ✓ Systém preferovaný kvůli možnosti přímého napájení synchronních motorů hnacích vozidel (HV), v provozu trakční systém 1,5 kV DC a 3 kV DC
- ✓ Zaveden např. v Polsku, Francii, Španělsku, Itálii, Belgii, Nizozemí
- ✓ Od 90. let minulého století jsou všechny HV vybaveny asynchronními motory



Zdroj [1]



DC TRAKČNÍ SYSTÉM



Zdroj [2]



DC TRAKČNÍ SYSTÉM

- ✓ **Výhody:**
 - možnost oboustranného napájení**
 - symetrické zatížení distribuční sítě**
- ✓ **Nevýhody**
 - nižší napěťová hladina proti AC systémům – vyšší zatěžovací proudy, vyšší ztráty v TV**
 - těžší systém TV, masivnější základy a trakční podpěry**
 - komplikovanější vypínání DC proudu**
 - odstup NS max 25 km**
 - bludné proudy**
 - nelze rekuperovat do distribuční sítě**
- ✓ **Limit pro rychlosti do 250 km/h**
- ✓ **Nevhodné pro nově budované VRT, souběh AC VRT s DC konvenčními tratěmi (Španělsko, Itálie, Belgie, Nizozemí, Francie)**



DC TRAKČNÍ SYSTÉM

- ✓ **Polsko, trať CMK (Centralna Magistrala Kolejowa), Varšava – Krakov a Katowice, v letech 2004-2008 upravena na 200 km/h v roce 2023 rychlost bude povolena na 250 km/h (test 250 km/h v 1994 a 293 km/h v 2013)**

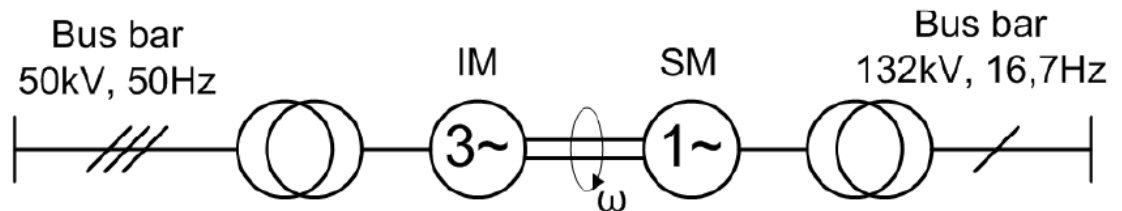
Uvažovaná VRT ve tvaru Y (Varšava – Lodž – Kalisz) pro rychlost 360 km/h bude vybavena AC trakčním systémem 25 kV, 50 Hz

- ✓ **Itálie, trať Řím – Florencie, realizace 1991, délka 238 km, traťová rychlost 250 km/h, rok 1991**
- ✓ **Španělsko, koncové úseky Madrid – Sevilla, Madrid Atocha 8,5 km a Sevilla – st. Justa 13,5 km, realizace 1992**
- ✓ **Nizozemí návazné úseky na HS Zuid, systém 1,5 kV DC 160 km/h**

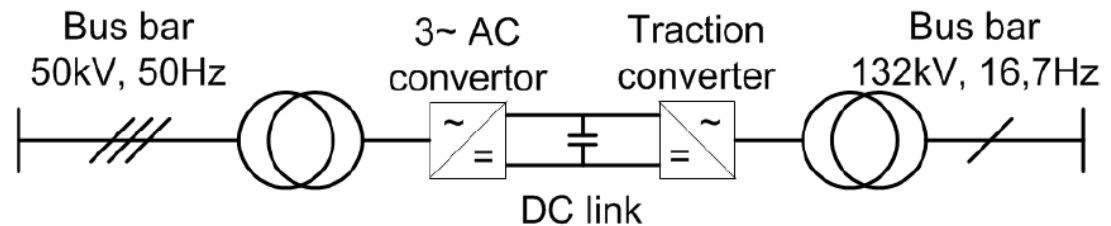


AC TRAKČNÍ SYSTÉM 15 kV 16,7 Hz

- ✓ Rozšíření systému na začátku 20. století, snížení frekvence v napájecím bodu zlepšilo komutaci synchronních strojů
- ✓ Rozvod elektrárenskou výrobou – transport pomocí jednofázových linek



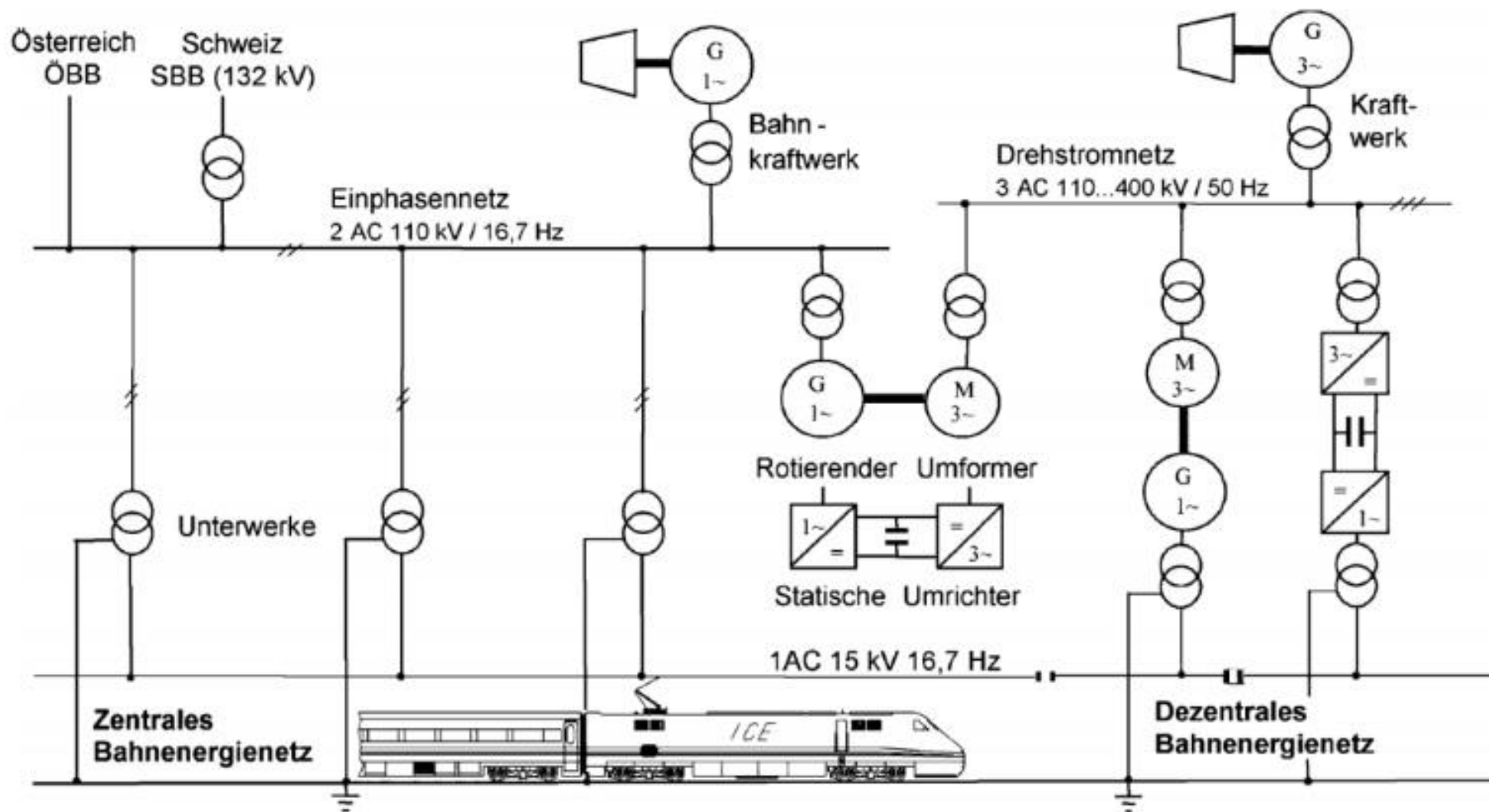
- ✓ Transformací a změnou kmitočtu odběru elektrické energie z distribuční sítě



- ✓ Zaveden např. v Německu, Rakousku, Švýcarsku, Norsku a Švédsku



AC TRAKČNÍ SYSTÉM 15 kV 16,7 Hz



Zdroj [3]



AC TRAKČNÍ SYSTÉM 15 KV 16,7 HZ

✓ Výhody:

vyšší napěťová hladina a tím menší přenášené proudy, nižší ztráty v TV

větší vzdálenost napájecích stanic až 60 km

lehce realizovatelné oboustranné napájení

nezávislost na distribuční soustavě (jen případ vlastní zdroj)

jednoduchá rekuperace (jen případ vlastní zdroj)

možnost použít autotransformátory

✓ Nevýhody

stavba specifických linek a elektráren, měničových stanic

těžší magnetický obvod transformátoru

✓ Systém vhodný pro VRT, používá v zemích kde je historicky rozšířen



AC TRAKČNÍ SYSTÉM 15 kV 16,7 Hz

- ✓ Německo, v roce 1973 stavba první vysokorychlostní tratě, od roku 1991 provoz ICE vlaků, ca 3 132 km vysokorychlostních tratí
- ✓ Rakousko, Westbahn Vídeň – St. Polten - Linec - Salzburg, délka trati 233 km, max. rychlost 250 km/h. Ve výstavbě Südbahn Vídeň – Klagenfurt
- ✓ Švýcarsko, Ceneri Basistunnel, délka 18 km, max. rychlost 250 km/h, Gotthard Basistunnel, délka 57 km, max. rychlost 230 km/h
- ✓ Norsko, Oslo – Eidsvoll, délka trati 64 km, max. rychlost 210 km/h
- ✓ Švédsko, max. rychlost 200 km/h resp. 205 km/h, plán na výstavbu vysokorychlostních tratí s traťovou rychlostí 300 – 320 km/h



AC TRAKČNÍ SYSTÉM 25 kV 50 Hz

- ✓ **Systém preferovaný kvůli existujícím přenosovým distribučním sítím**
- ✓ **Realizace po rozšíření polovodičových usměrňovačů a jejich nasazení v diodových můstkových usměrňovačích v hnacích vozidlech**
- ✓ **Doplněn ke stávajícímu systému 3 kV DC – ČR, Slovensko a Francie, nově budován v Bulharsku a Rumunsku**
- ✓ **Vhodný systém pro nově budované VRT pokud je k dispozici připojovací bod na distribuční soustavu s dostatečným zkratovým výkonem**
- ✓ **VRT Madrid – Sevilla, délka trati 470 km, max. rychlost 300 km/h, připojovací bod napájecích stanic 220 kV**
- ✓ **VRT Paris – Lyon, 820 km pouze některé úseky (kombinace s 2 x 25 kV 50 Hz), max. rychlost 260 km/h zvýšena na 300 km/h**



AC TRAKČNÍ SYSTÉM 25 kV 50 Hz

✓ Výhody:

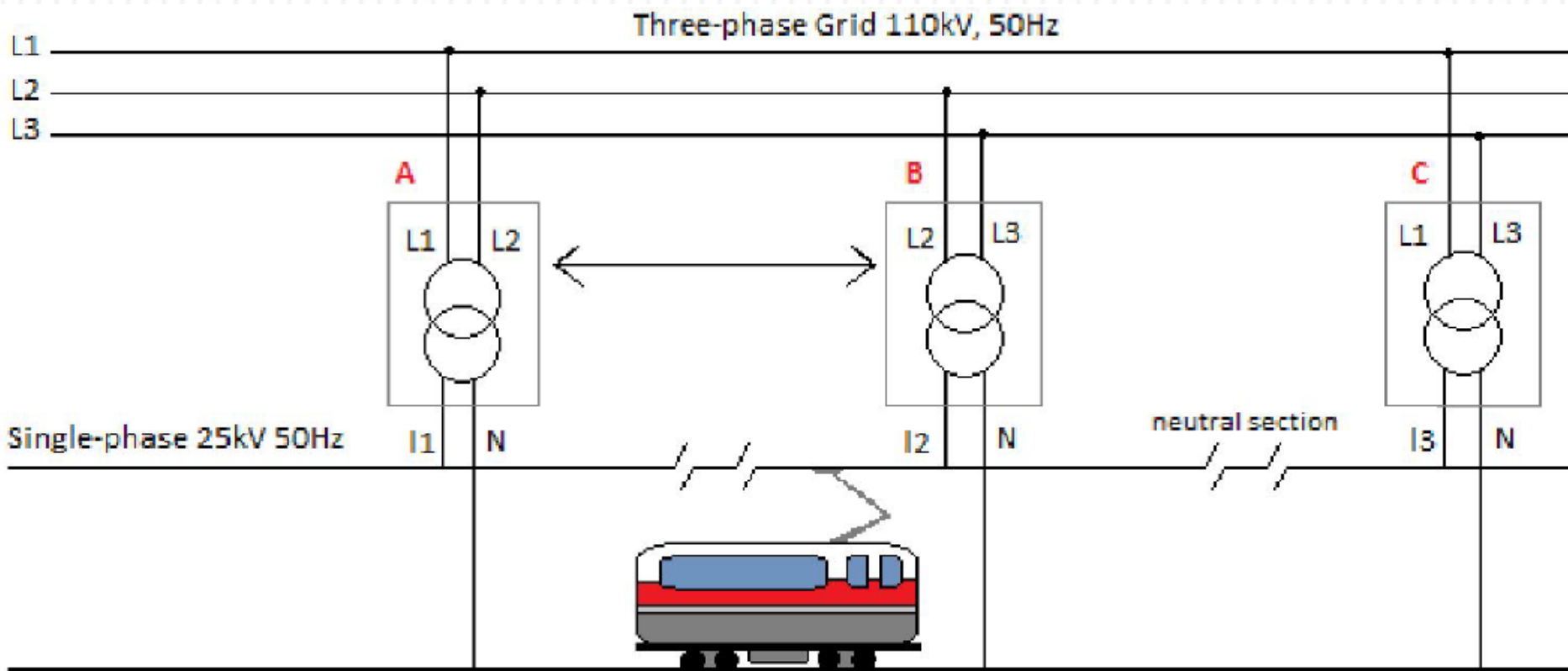
- menší ztráty (10,63% proti 11,12% pro DC systém)
- napájecí stanice 40 až 60 km
- jednoduchá transformace na napájecí hladinu trakčního vedení
- menší průřez trolejového vedení
- lze rekuperovat do distribuční sítě (v ČR není povoleno)

✓ Nevýhody:

- nesymetrické zatížení třífázové sítě
- nesymetrie = trakční výkon / zkratový výkon
- EN 60034-1 krátkodobě pod 1,5% a dlouhodobě pod 1%
- Napětíová nesymetrie má vliv na životnost asynchronních motorů (4% zkrácení životnosti na polovinu), redukce točivého momentu při I_n a nadměrný ohřev
- jednostranné napájení, fázový posuv napájených úseků



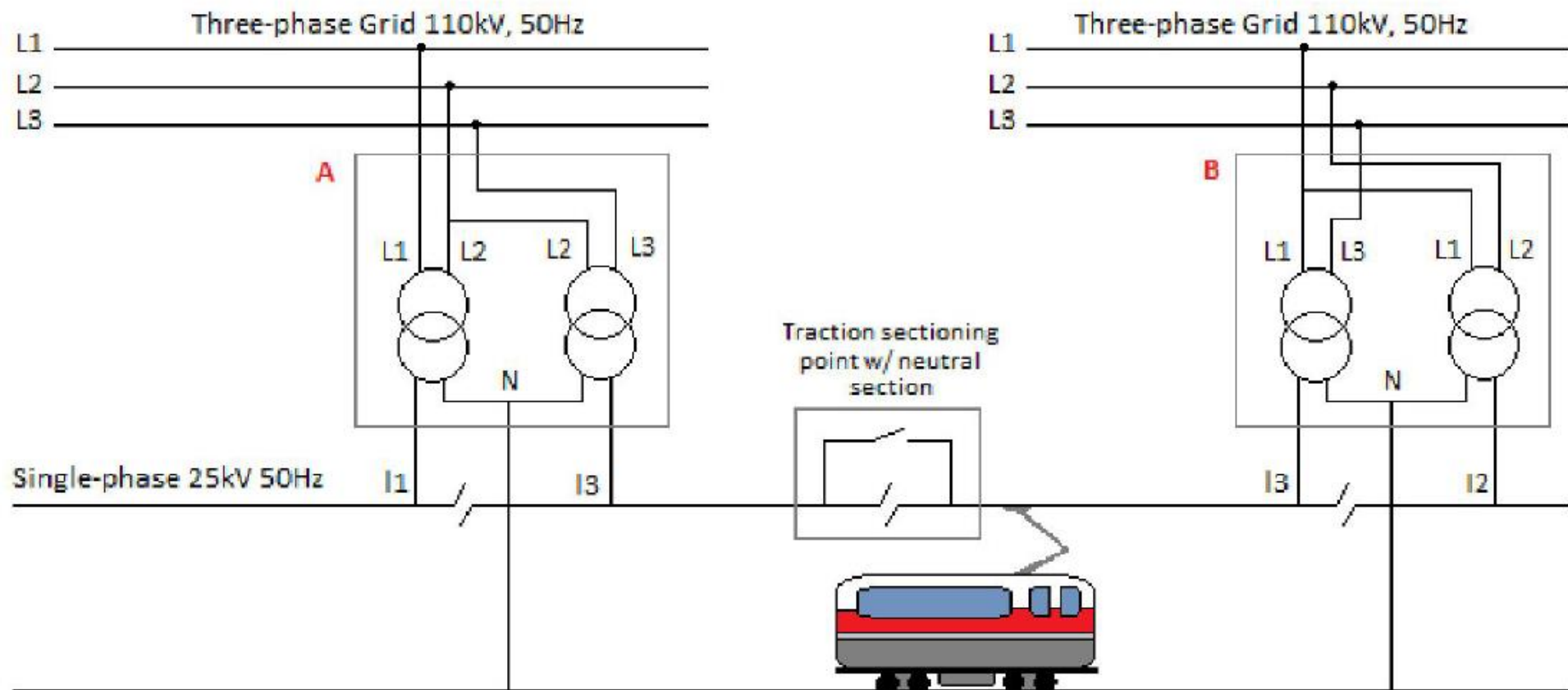
AC TRAKČNÍ SYSTÉM 25 kV 50 Hz



Zdroj [1]



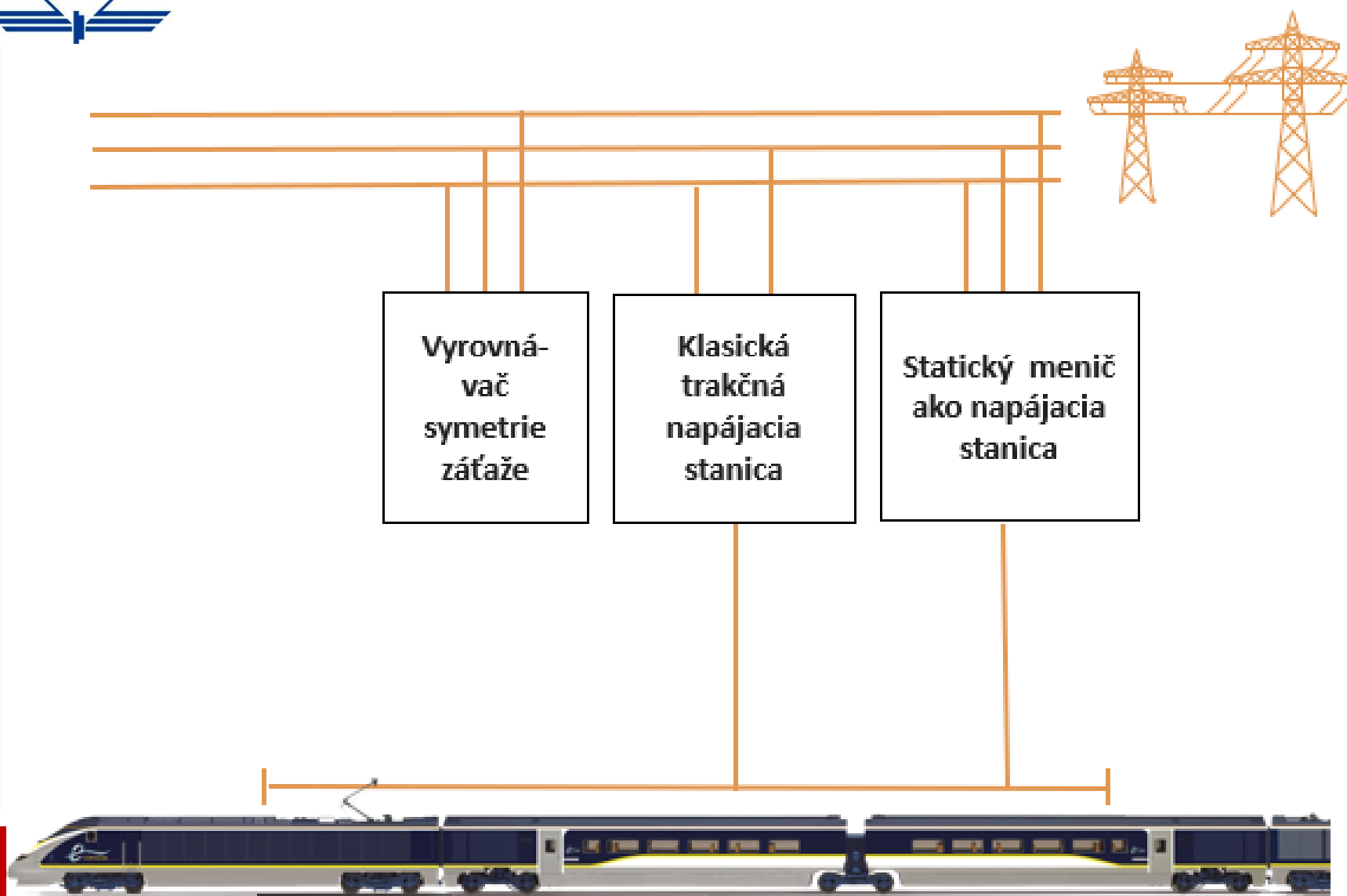
AC TRAKČNÍ SYSTÉM 25 kV 50 Hz



Zdroj [1]

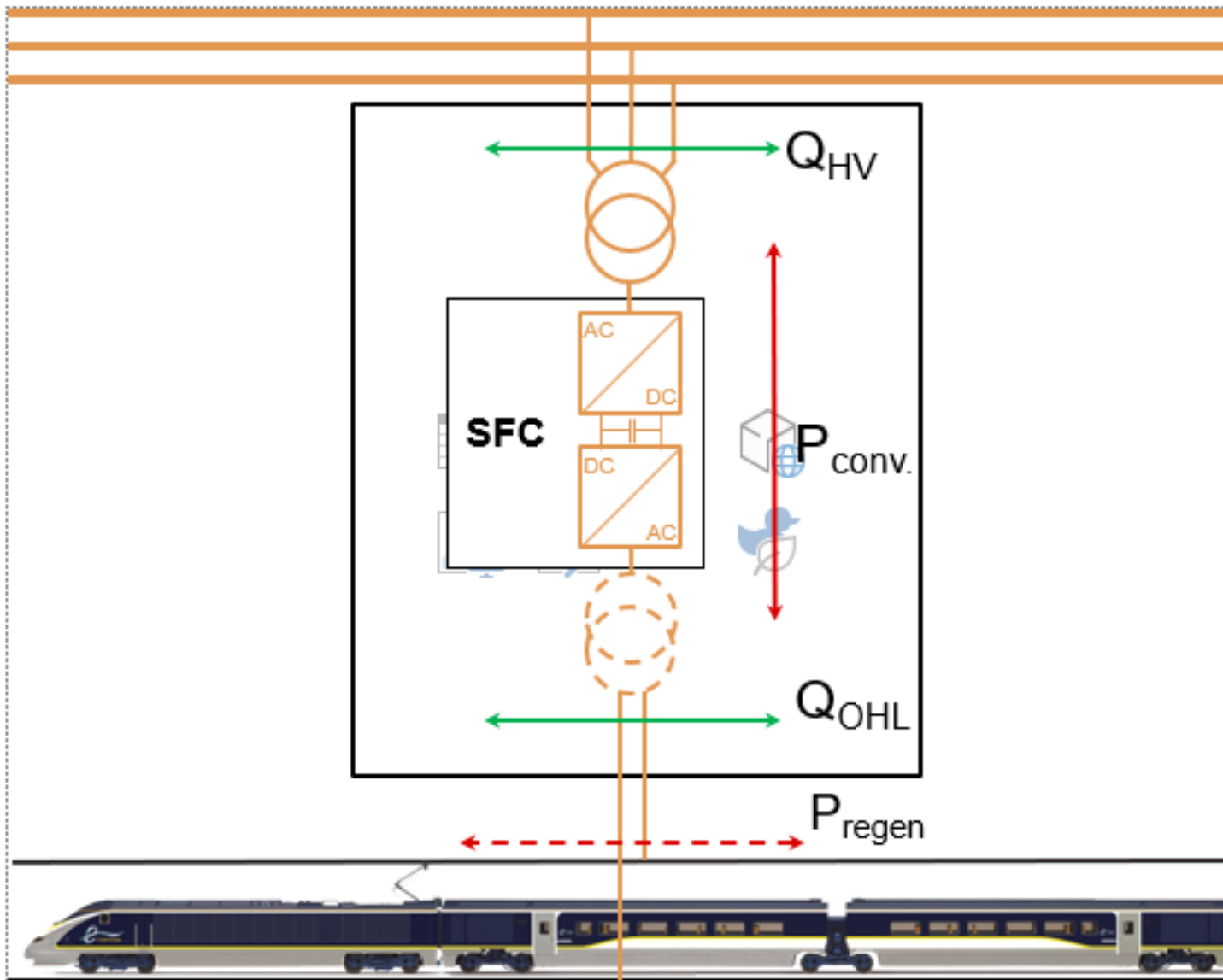


AC TRAKČNÍ SYSTÉM 25 kV 50 Hz





AC TRAKČNÍ SYSTÉM 25 kV 50 Hz



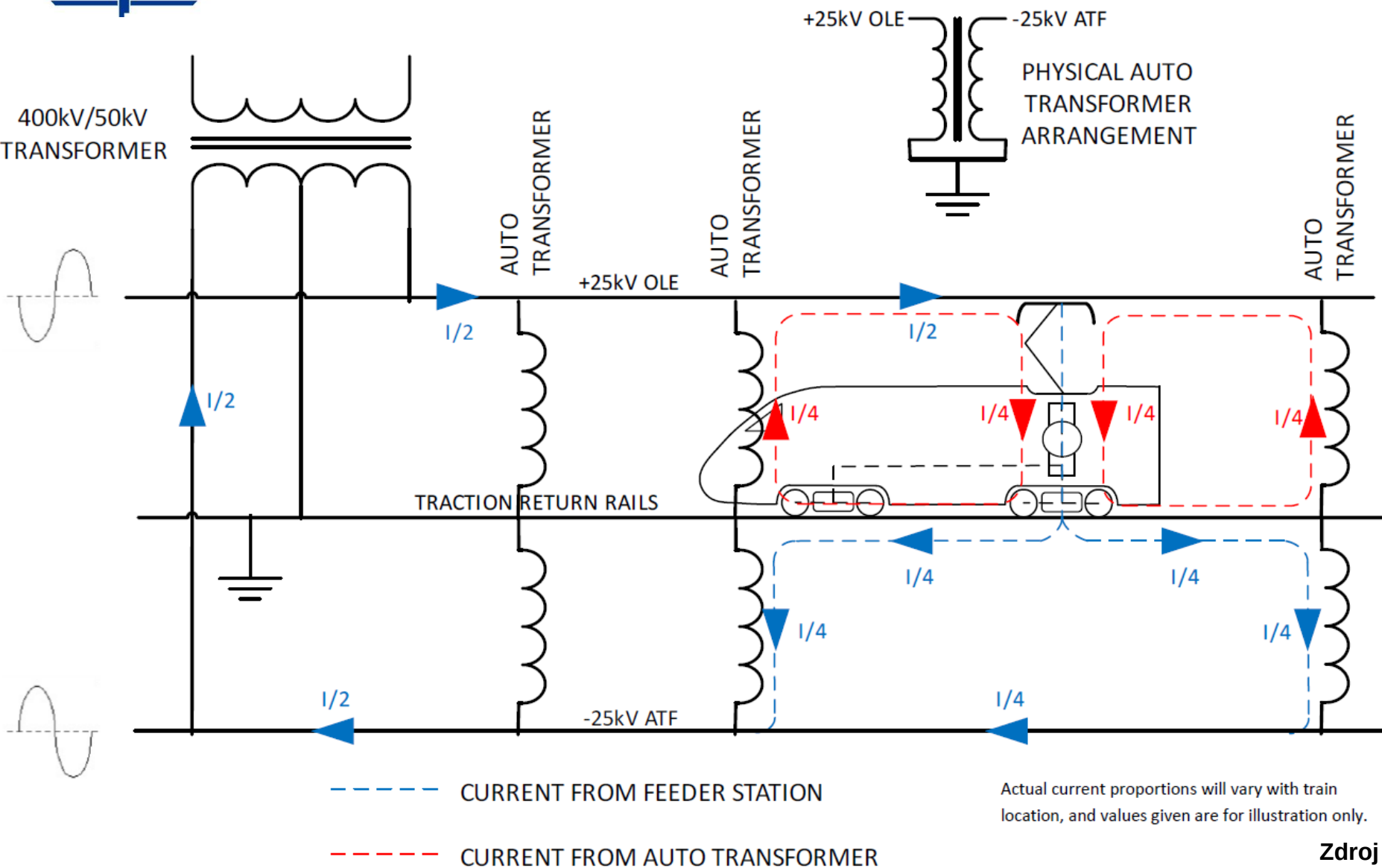


AC TRAKČNÍ SYSTÉM 2 x 25 kV 50 Hz

- ✓ V roce 1913 použit systém 11-0-11 kV prof. Scottem při elektrifikaci trati v New Yorku, rozšíření do New Haven
- ✓ V roce 1962 použit systém 25-0-25 kV v Japonsku pro rozšíření stávající tratě
- ✓ V roce 1981 použit tento systém na některých úsecích trati Paris - Lyon
- ✓ Realizace velmi úspěšná - SNCF nasazuje na všechny nově budované VRT
- ✓ Systém nasazen na VRT v dalších zemích – Itálie, Španělsko, Belgie a Anglie
- ✓ Itálie má připojené napájecí stanice z distribuční soustavy 132 nebo 150 kV, rozestup napájecích stanic 50 km, instalovaný výkon 2 x 60 MVA



AC TRAKČNÍ SYSTÉM 2 x 25 kV 50 Hz





AC TRAKČNÍ SYSTÉM 2 x 25 kV 50 Hz

✓ Výhody:

vyšší napěťová hladina, nižší proudy
pro distributora může být v mnoha případech akceptovatelné
napájecí stanice připojit bez požadavku na instalaci měničů
(Itálie, Francie, Španělsko)
větší rozestup napájecích stanic
trakční vedení doplněno o jeden vodič „negative feeder“
harmonizované hodnoty napájecího napětí vycházející z
trakční soustavy 25 kV 50 Hz

✓ Nevýhody

vyšší investiční náklady na vybavení trati autotransformátory
každých ca. 10 km



SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Marson, High speed Rail Electric-Power Supply Network, Diploma thesis, ČVUT**
- [2] Skála, Analýza zpětné cesty elektrického napájení železničního trakčního vozidla, Diplomová práce, ČVUT**
- [3] Fendrich, Fengler, Handbuch Eisenbahninfrastruktur, Springer Vieweg**
- [4] Gnap, Moderné riešenie TNS na báze statických frekvenčných meničov pre 50Hz striedavú trakciu**
- [5] Keenor, Overhead line electrification for railways**



Elektrizace železnic Praha a.s.

Děkuji za pozornost