

Elektrické distribuční systémy pro napájení elektrických drah.

a.) podle druhu el. vozby

- hlavní dálkové dráhy
- městské dráhy
- podzemní dráhy (metro)
- důlní dráhy
- průmyslové dráhy
- silniční trolejové dráhy

b.) podle napěťové soustavy

- stejnosměrné soustavy

- 250 V – důlní hlubinné dráhy

- 600 V – městské dráhy

- 750 V – metro

- 1500 V – železnice a

průmyslové dráhy

- 3000 V – železnice

- střídavé soustavy

- 25 kV/50 Hz

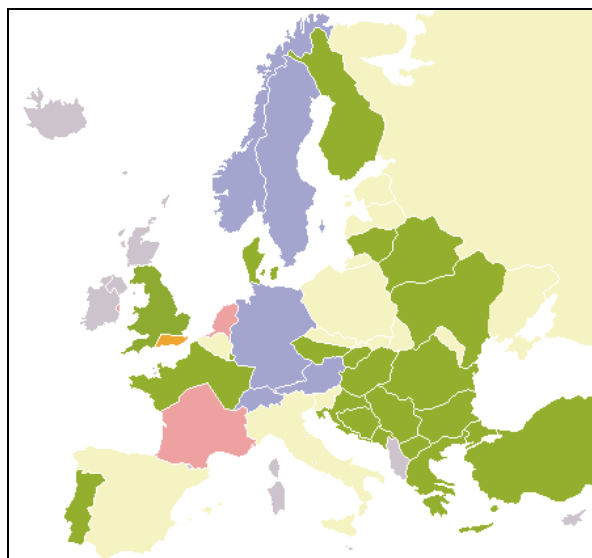
- 15 kV/ 16 $\frac{2}{3}$ Hz

c.) podle přívodu elektrické energie do vozidla

- nezávislá trakce – zdroj energie je umístěn ve voze

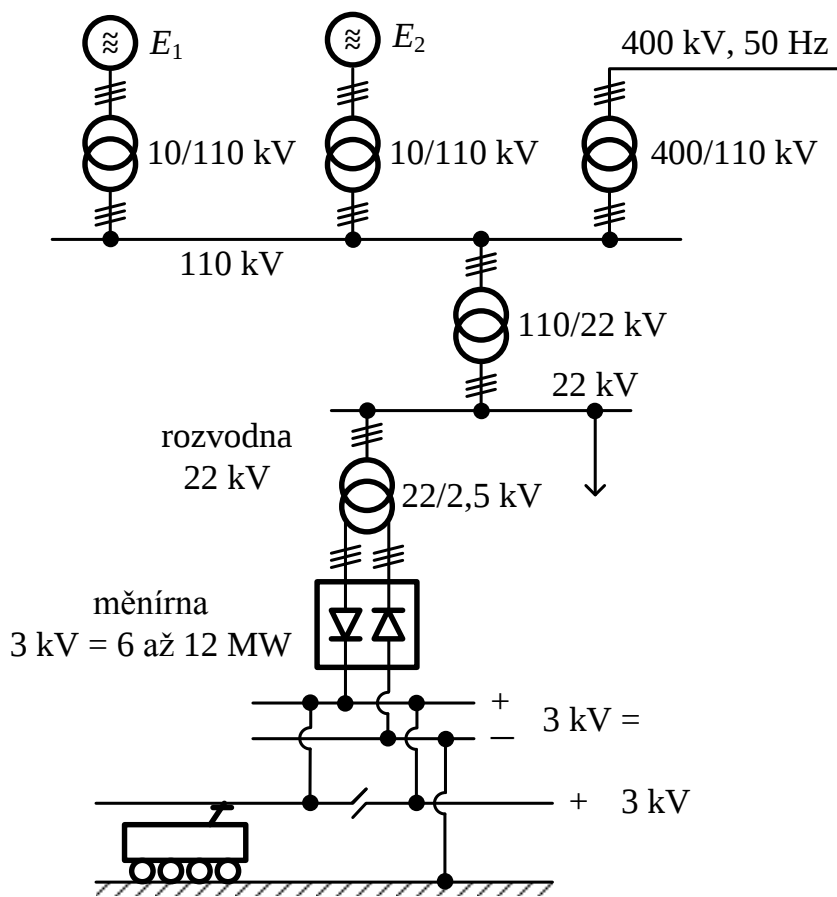
přiváděna

- závislá trakce – energie je do vozu

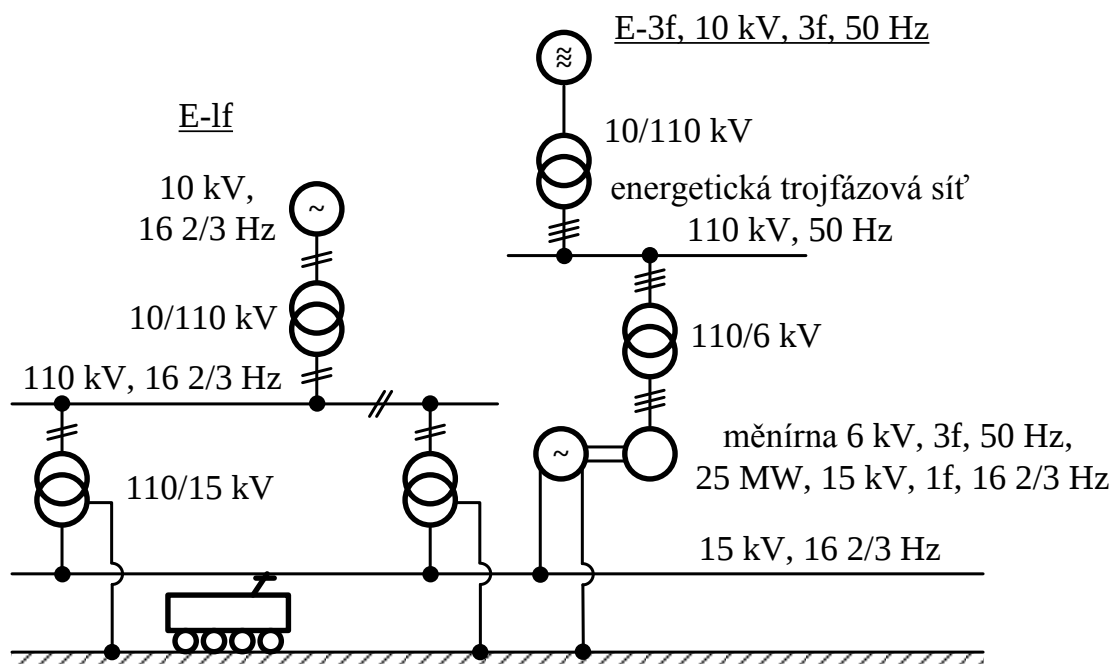


Soustavy používané v Evropě:

- 750 V ss
- 15 kV 16,7 Hz (Znojmo-Šatov)
- 3 kV ss
- 1,5 kV ss (Tábor-Bechyně)
- 25 kV 50 Hz
- neelektrifikováno



Obr. 1-1 Napájení stejnosměrné trakční sítě 3 kV z energetické trojfázové soustavy 400/110/22 kV, 50 Hz



Obr. 1-2 Napájení jednofázové trakční sítě 15 kV, 16 2/3 Hz z vlastního zdroje 1f, 16 2/3 Hz a z energetické trojfázové sítě, 50 Hz měnírnou se strojovým měničem 3/1-fázovým, 3/15 kV, 50/16 2/3 Hz

Počty traťových kolejí, systémy trakčních proudových soustav a označení podle knižního jízdního řádu

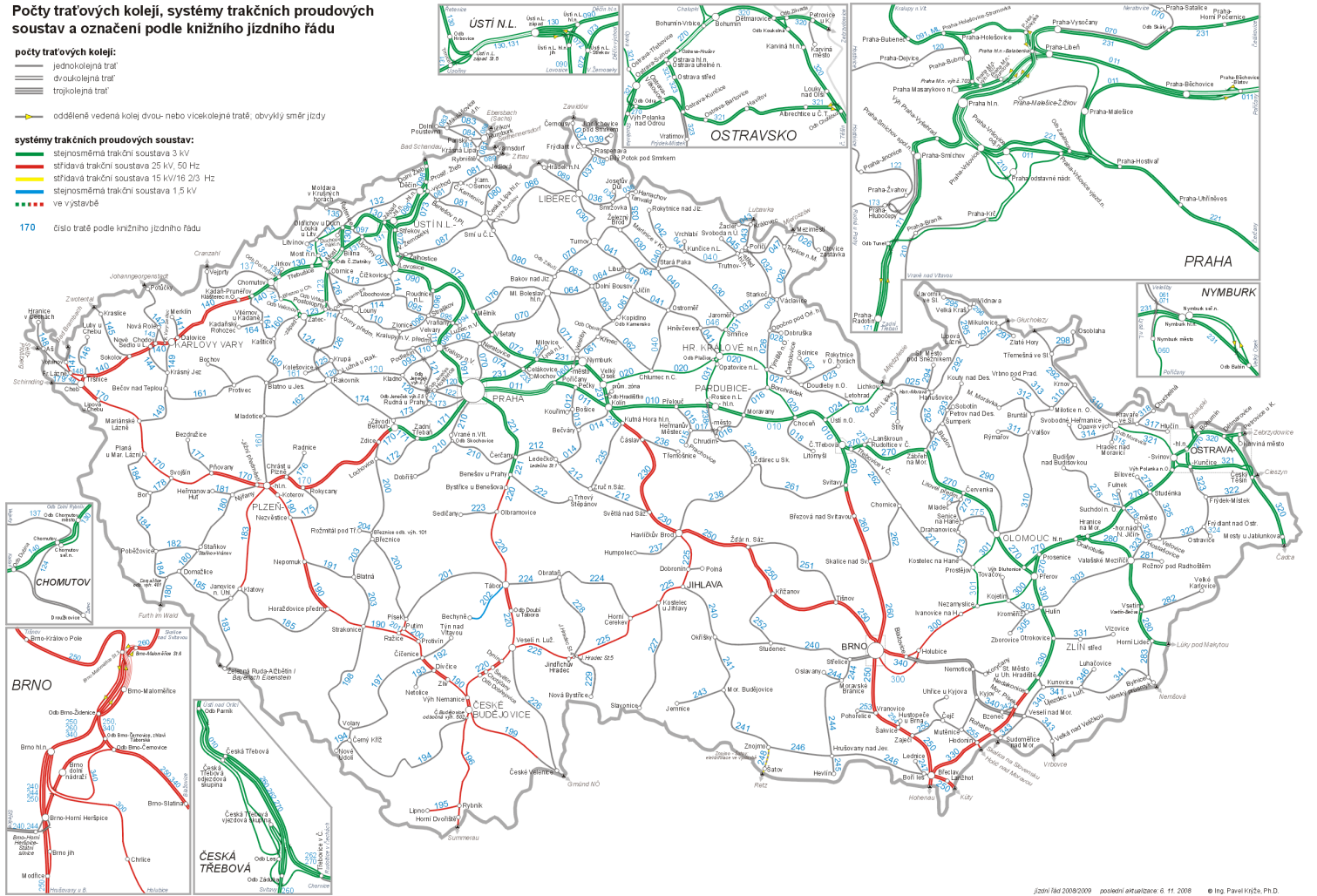
počty traťových kolejí:

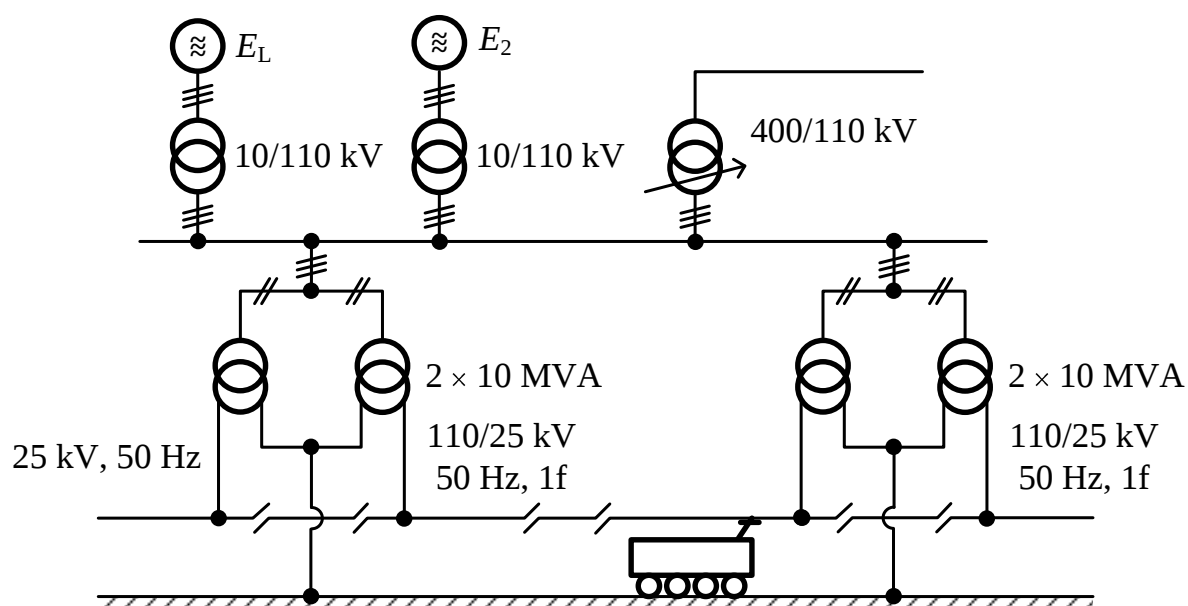
- jednokolejná trať
- dvoukolejná trať
- trojkolejná trať
- oddělené vedení kolejí dvou- nebo vícekolejných tratí, obvyklý směr jízdy

systémy trakčních proudových soustav:

- stejnosměrná trakční soustava 3 kV
- střídavá trakční soustava 25 kV, 50 Hz
- střídavá trakční soustava 15 kV/16 2/3 Hz
- stejnosměrná trakční soustava 1,5 kV
- ve výstavbě

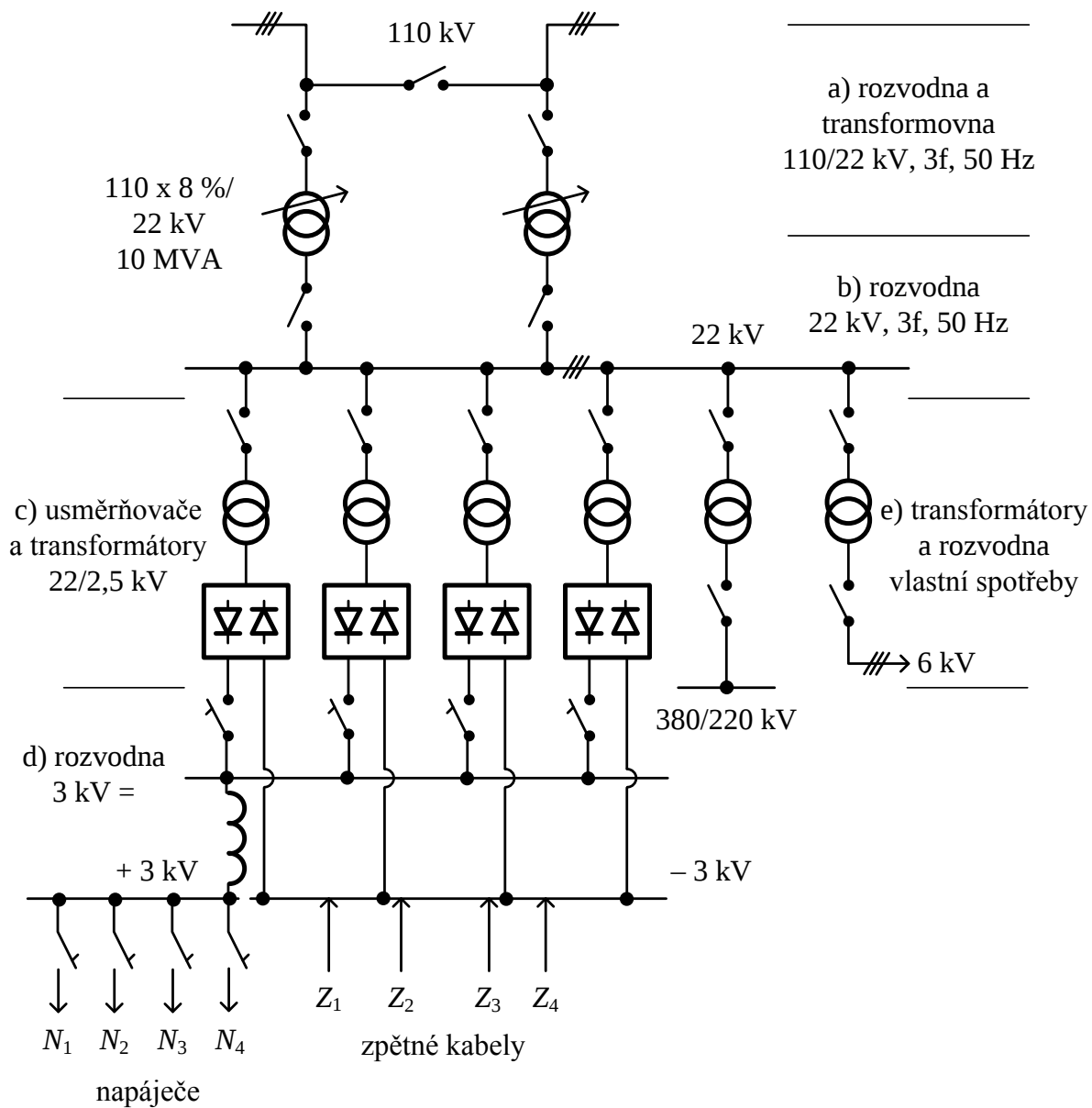
170 číslo tratě podle knižního jízdního řádu



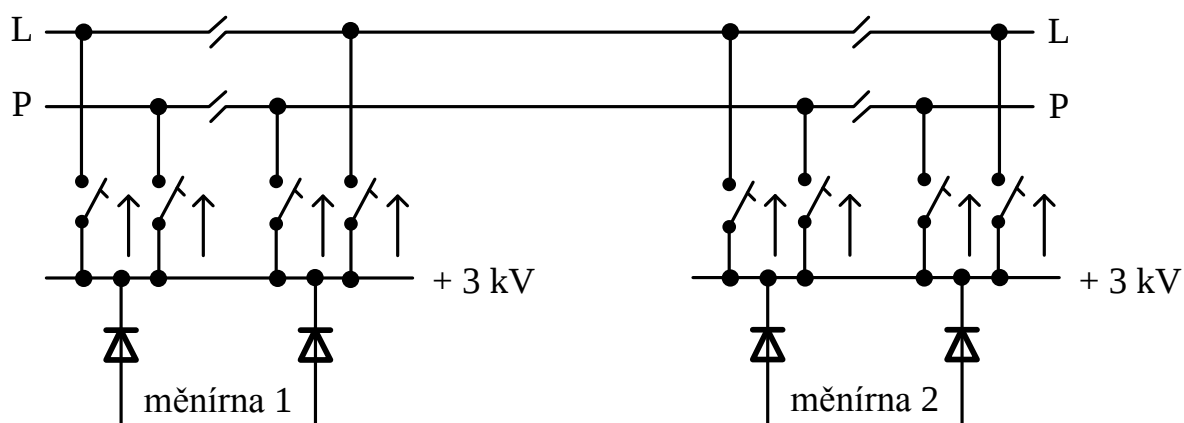


Obr. 1-3 Napájení jednofázové střídavé trakční sítě 25 kV, 50 Hz z energetické trojfázové sítě 110 kV štěpením fází v trakčních transformovnách 110/25 kV, 50 Hz

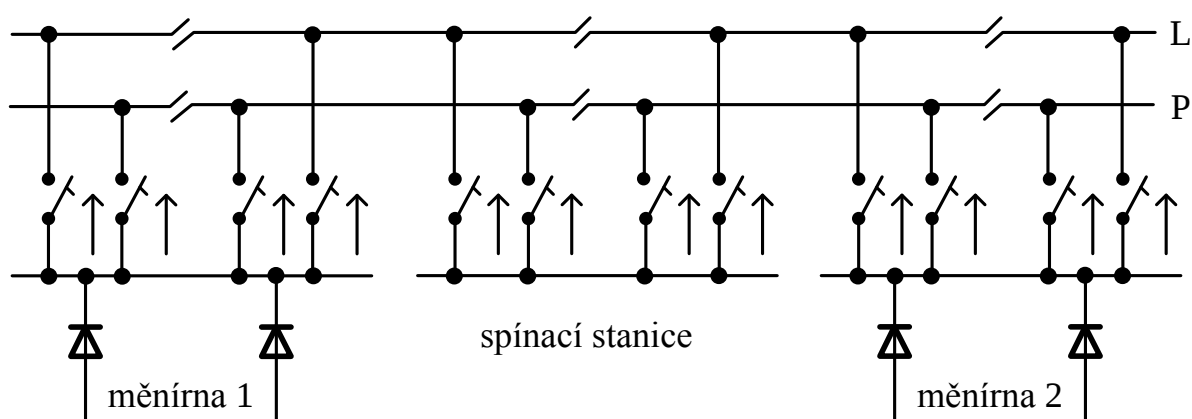
Stejnoseměrné napájecí systémy



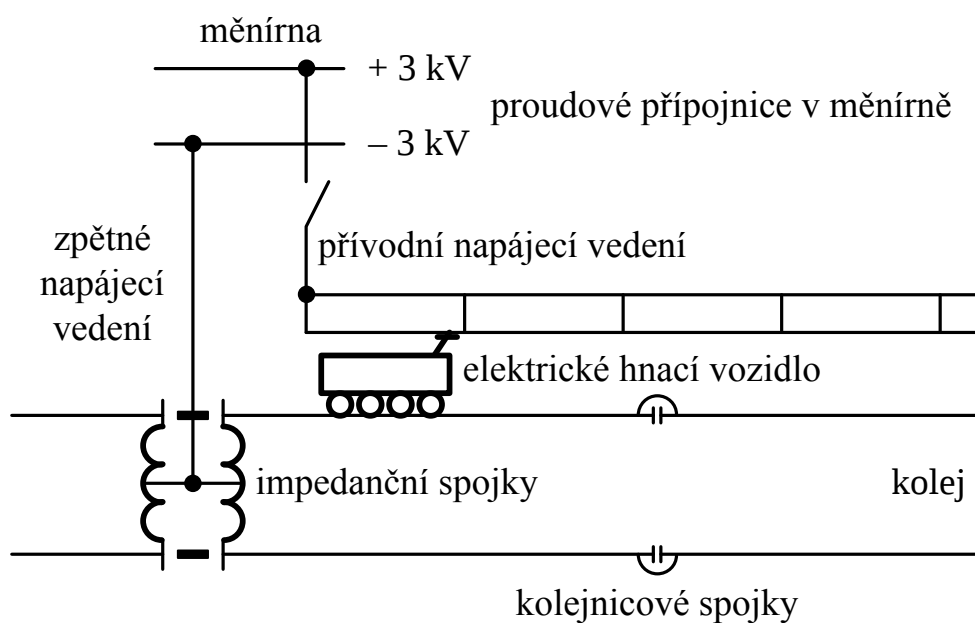
Obr. 3-1 Základní schéma elektrického zařízení měnárny 110/22 kV, 50 Hz/3,3 kV =



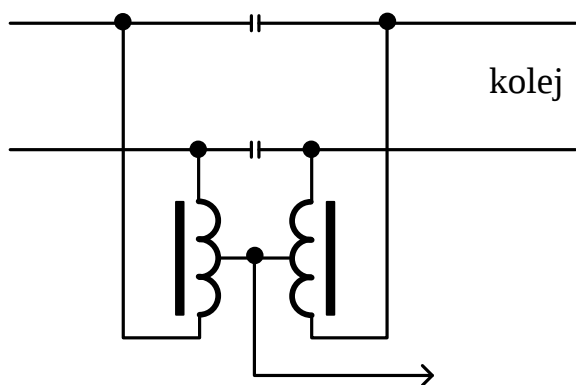
Obr. 3-10b Dvojstranné napájení dvojkolejné trati se spínací stanicí uprostřed



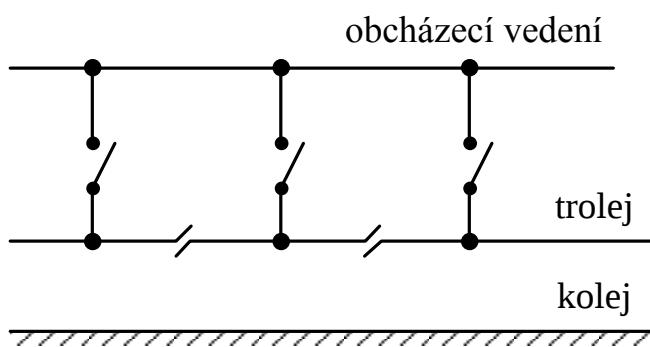
Obr. 3-11 Dvojstranné napájení dvojkolejné trati s lokalizací poruch polarizovanými rychlovypínači



Obr. 3-12 Hlavní části trakčního proudového obvodu

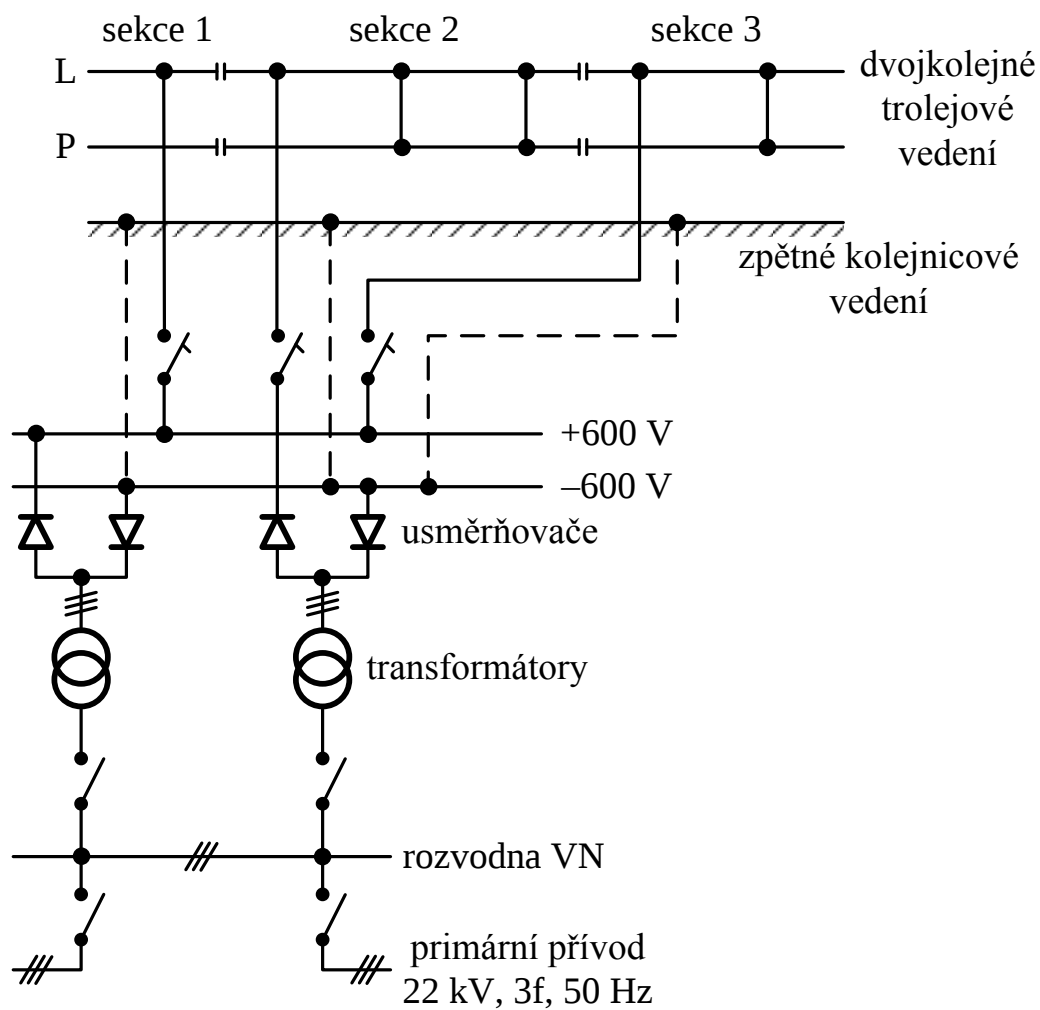


Obr. 3-12a Připojení zpětného kabelu ke kolejnicím prostřednictvím impedančních spojek

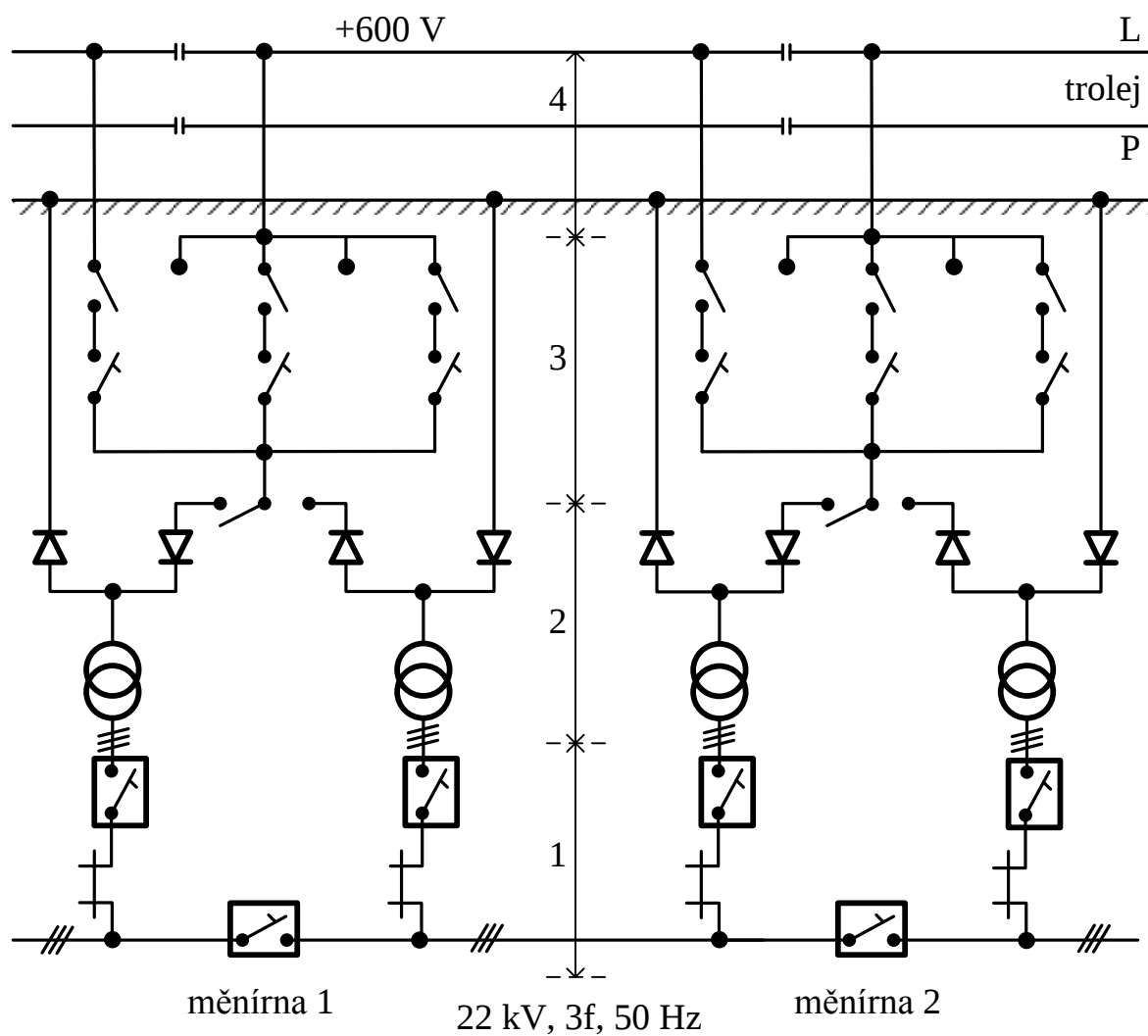


Obr. 3-13 Obcházení vedení

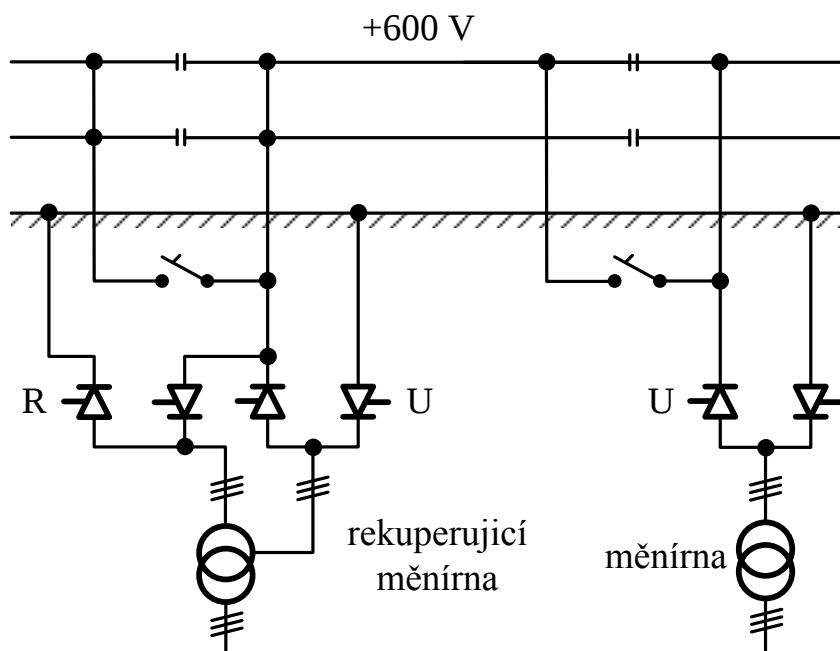
Napájení městských elektrických drah 600 V, nebo 750 V.



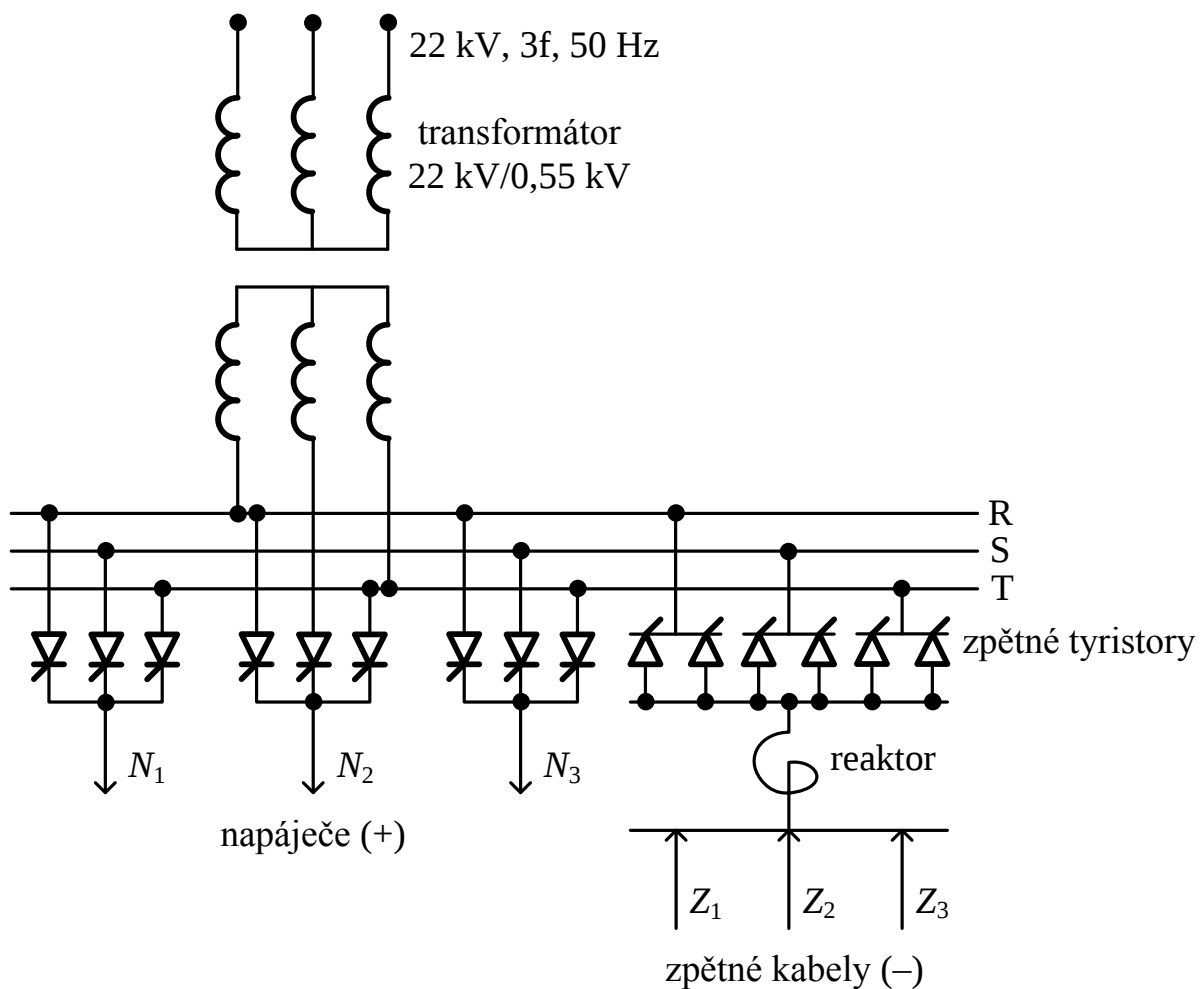
Obr. 4-1 Soustředěné napájení sekcí tramvajové trakční sítě



**Obr. 4-2 Rozložené, dvojstranné napájení sekcí dvojkolejné tramvajové trakční sítě:
1 – rozvodna VN, 2 – usměrňovací agregáty, 3 – rozvodna 600 V, 4 – trakční síť**



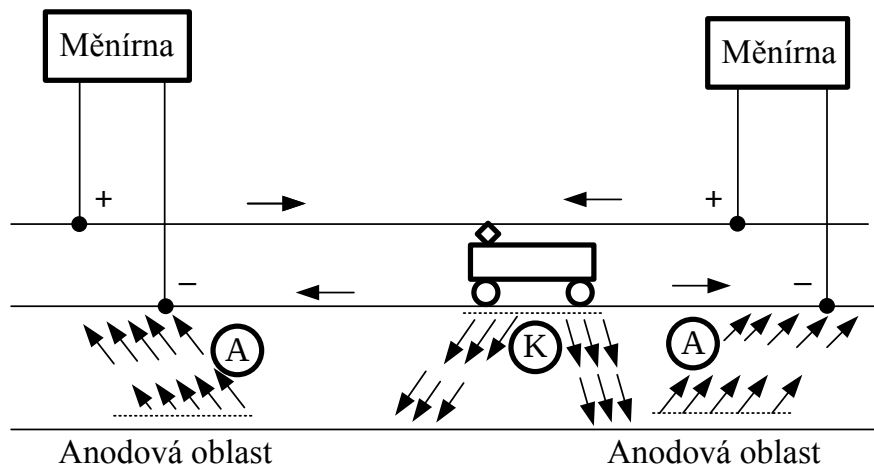
Obr. 4-3 Průběžné (paralelní) napájení úseků tramvajové sítě – ideové schéma:
U – tyristorový usměrňovač, R – tyristorový invertor (střídač)



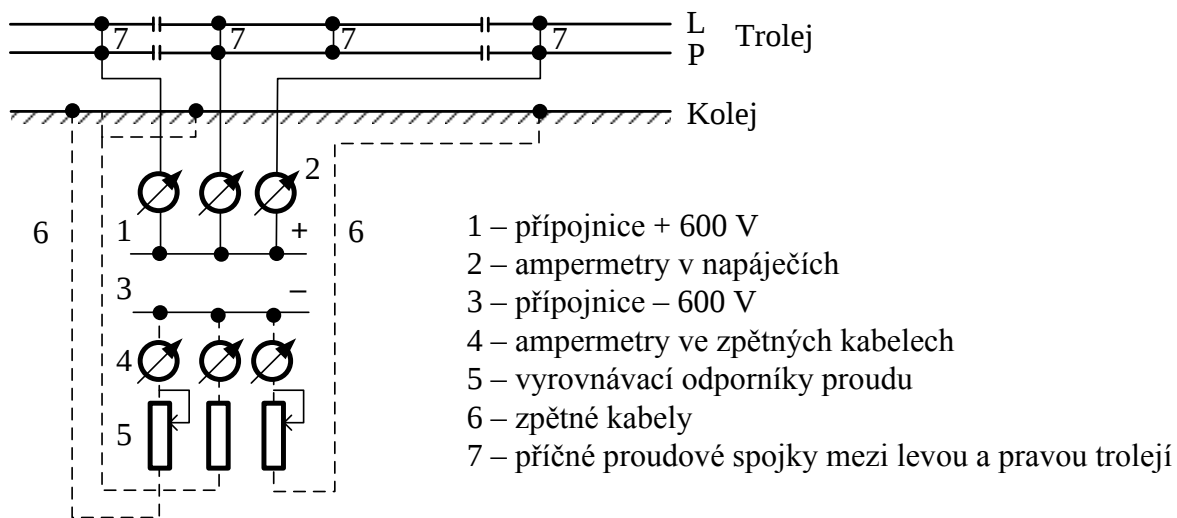
Obr. 4-4 Základní (ideové) schéma spojení tyristorové měnírny se třemi napáječi

Otázka bludných proudů

Část zpětných proudů se rozptyluje do okolí (15 až 50% i více)

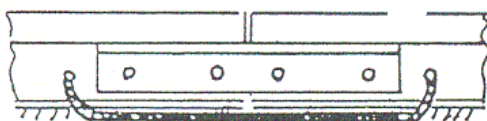


Rozložení korozivních anodických oblastí při kladné polaritě trakčního napětí v troleji

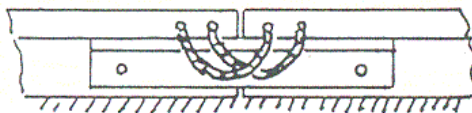


Vyrovňovací odporníky ve zpětných kabelech v měničně

a/ Podélné kolejnicové spojky

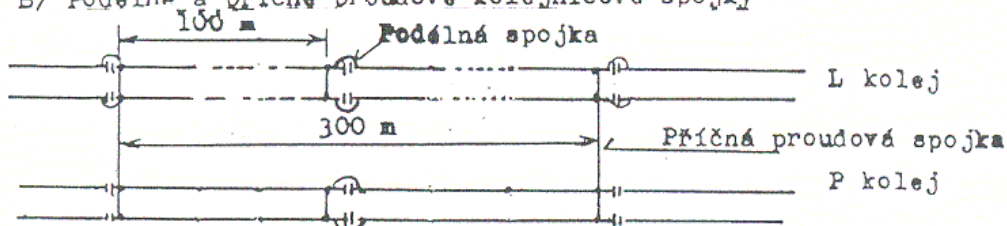


Kolíkováaná, rozpojitelná proudová spojka

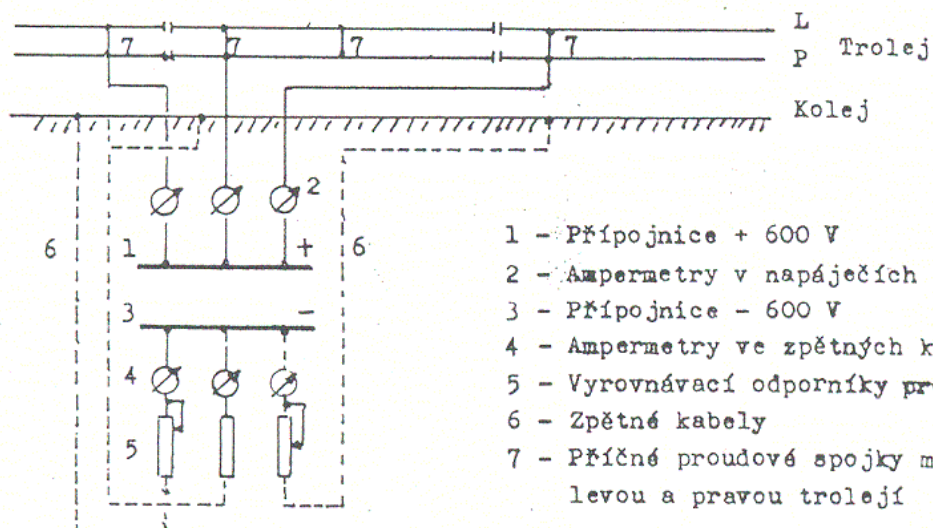


Přivařovaná, nerozpojitelná proudová spojka

B/ Podélné a příčné proudové kolejnicové spojky



Příčné a podélné proudové kolejnicové spojky



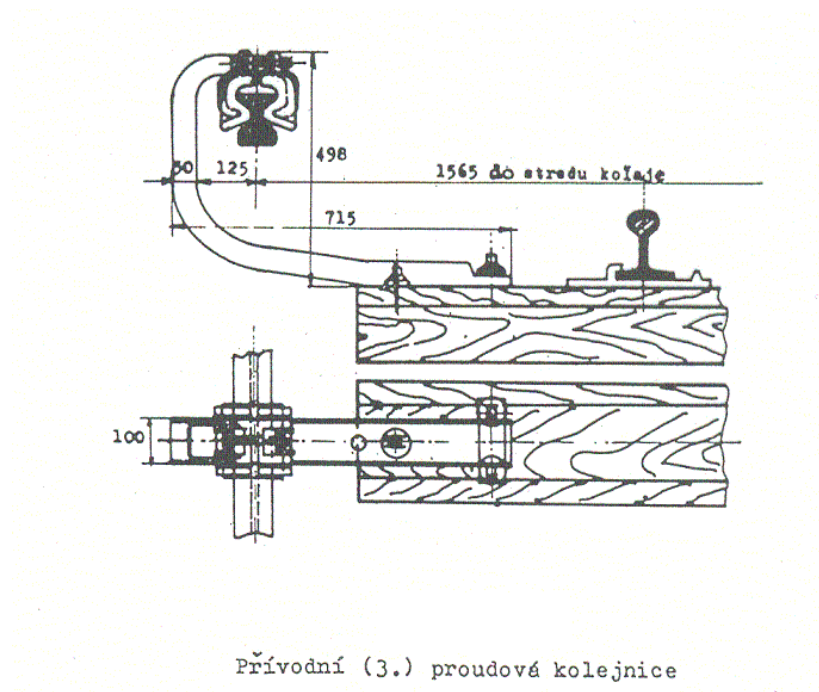
Vyrovnávací odporůníky ve zpětných kabelech v měřárně

Praha 825 V

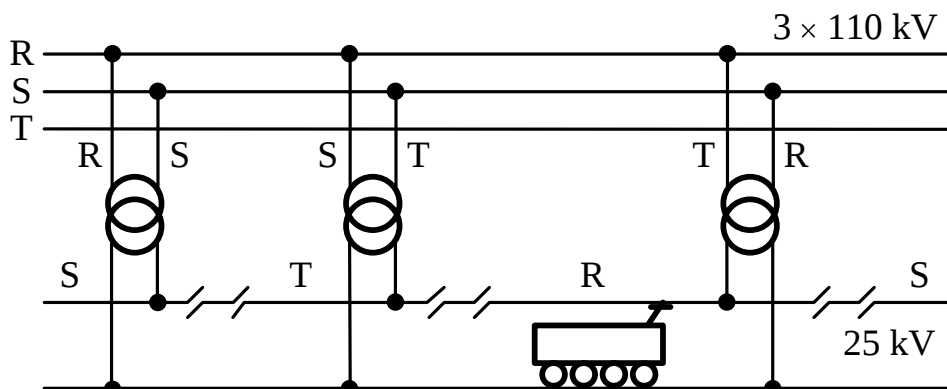
Londýn 600V

Madrid, Paříž RER1500 V

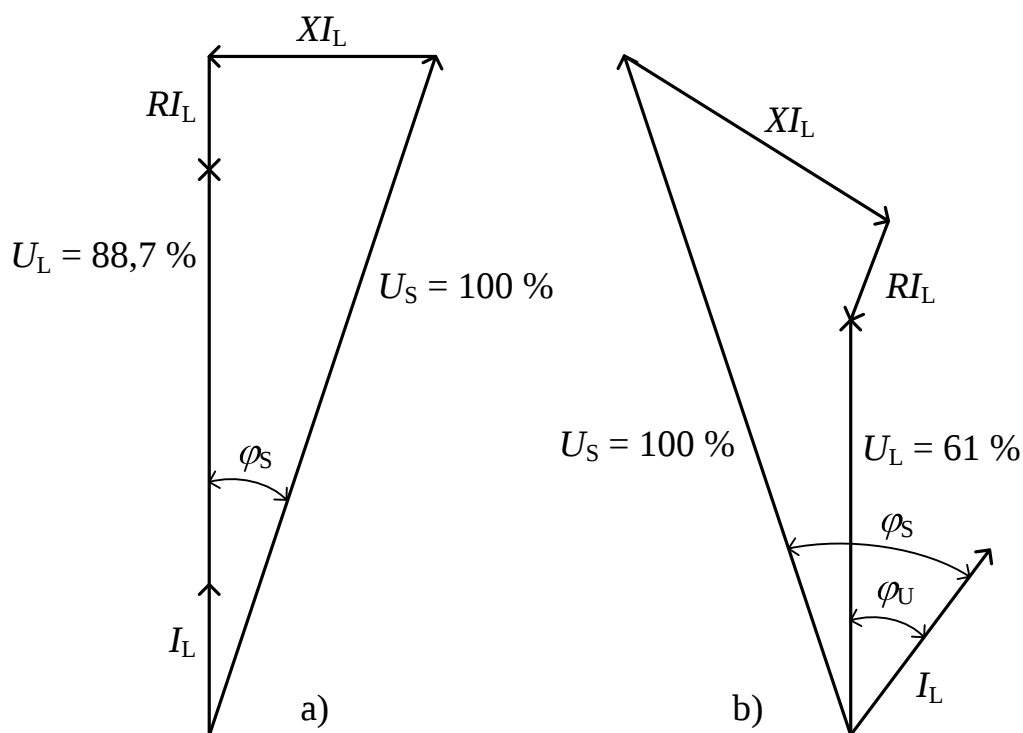
Napájení podzemní dráhy stejnosměrný rozvod s napětím



Střídavé napájení drah jednofázová trakce 25 kV

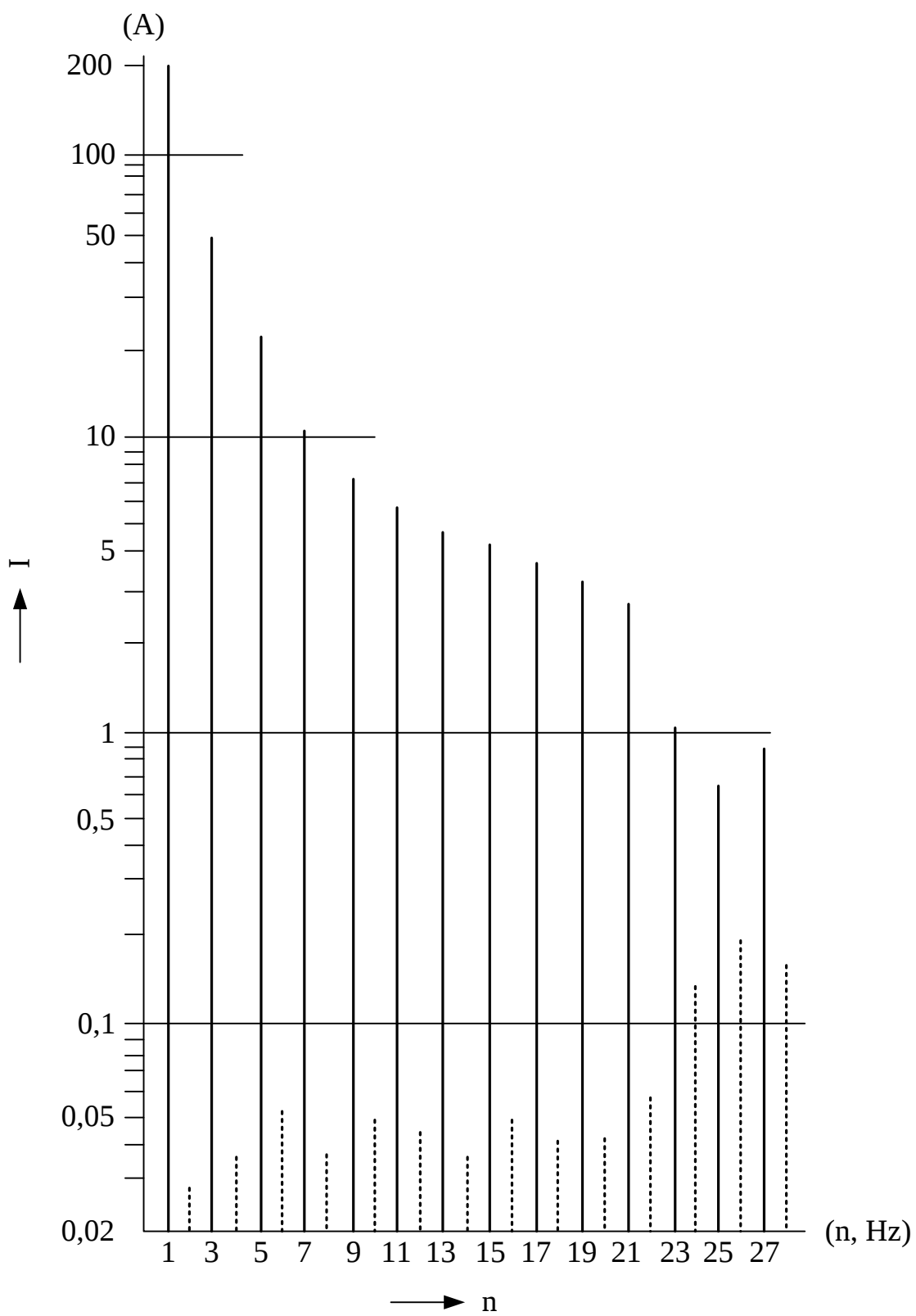


Obr. 6-1 Fázové připojení jednofázových transformátorů v trakčních napájecích stanicích 110/27 kV, 50 Hz



Obr. 6-2 Fázorové obrazy napětí a proudů v trakční síti 25 kV, 50 Hz odběrů lokomotivy s diodovými usměrňovači:

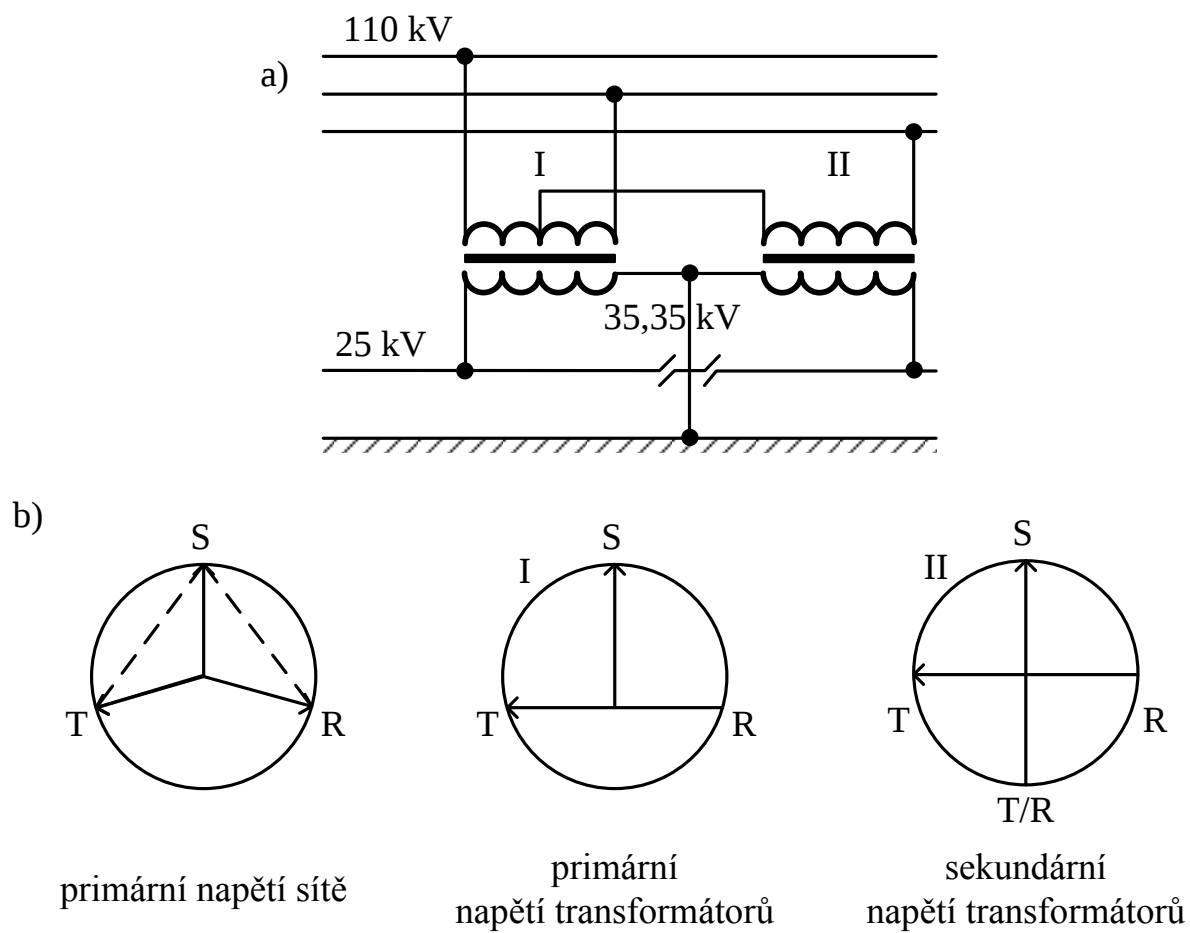
a) při účinku = 1, b) při účinku = 0,7 při stejném činném výkonu



Frekvenční spektrum fázově řízené lokomotivy 3,6 MW:

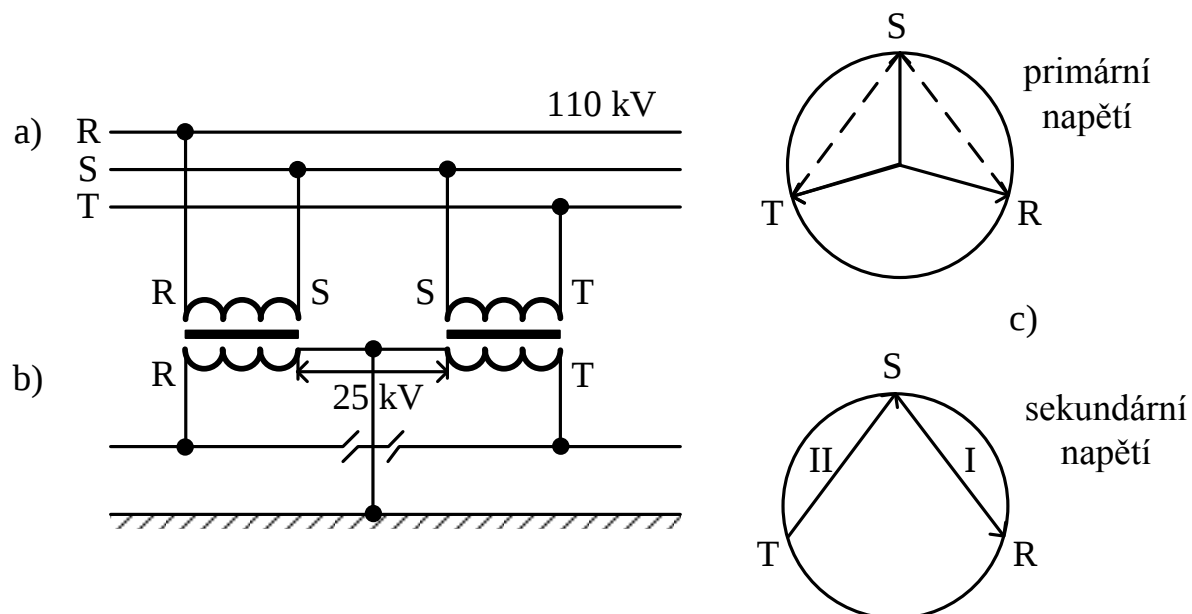
—— Liché harmonické

----- Sudé harmonické



Obr. 6-6 Štěpení trojfázového systému na dva jednofázové ve Scottově spojení dvou jednofázových transformátorů:

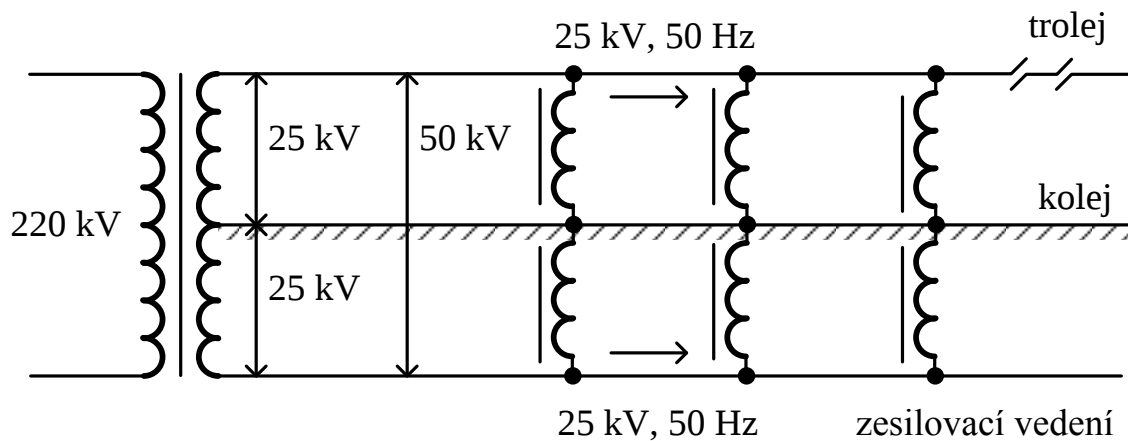
a) zapojení transformátorů, b) fázorové obrazy napětí primárního a sekundárního vinutí transformátorů



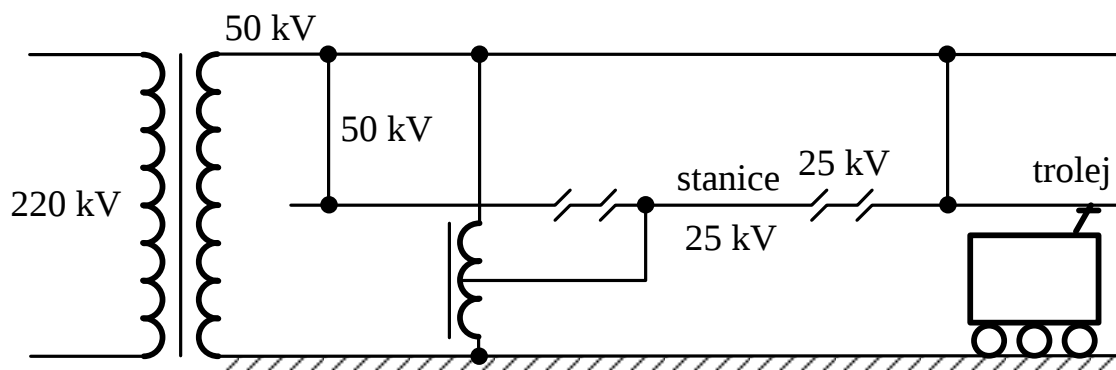
Obr. 6-7 Štěpení trojfázového systému na dva jednofázové ve spojení dvou jednofázových transformátorů do V:

Řešení trakce pro těžkou dopravu USA, Kanada, Japonsko

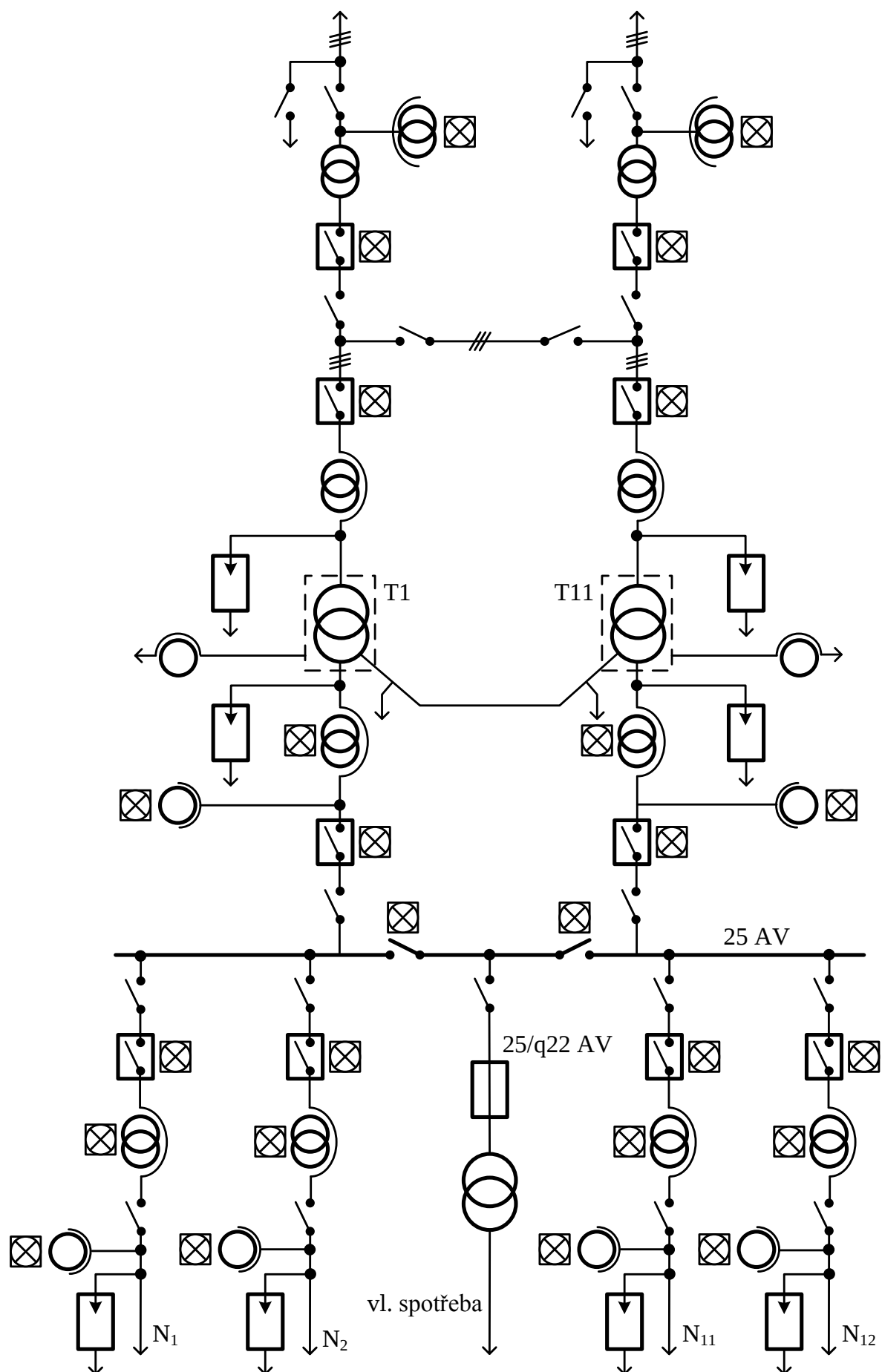
- a) zapojení transformátorů na straně primární, b) zapojení transformátorů na straně sekundární, c) fázorové obrazy napětí na primární a sekundární straně



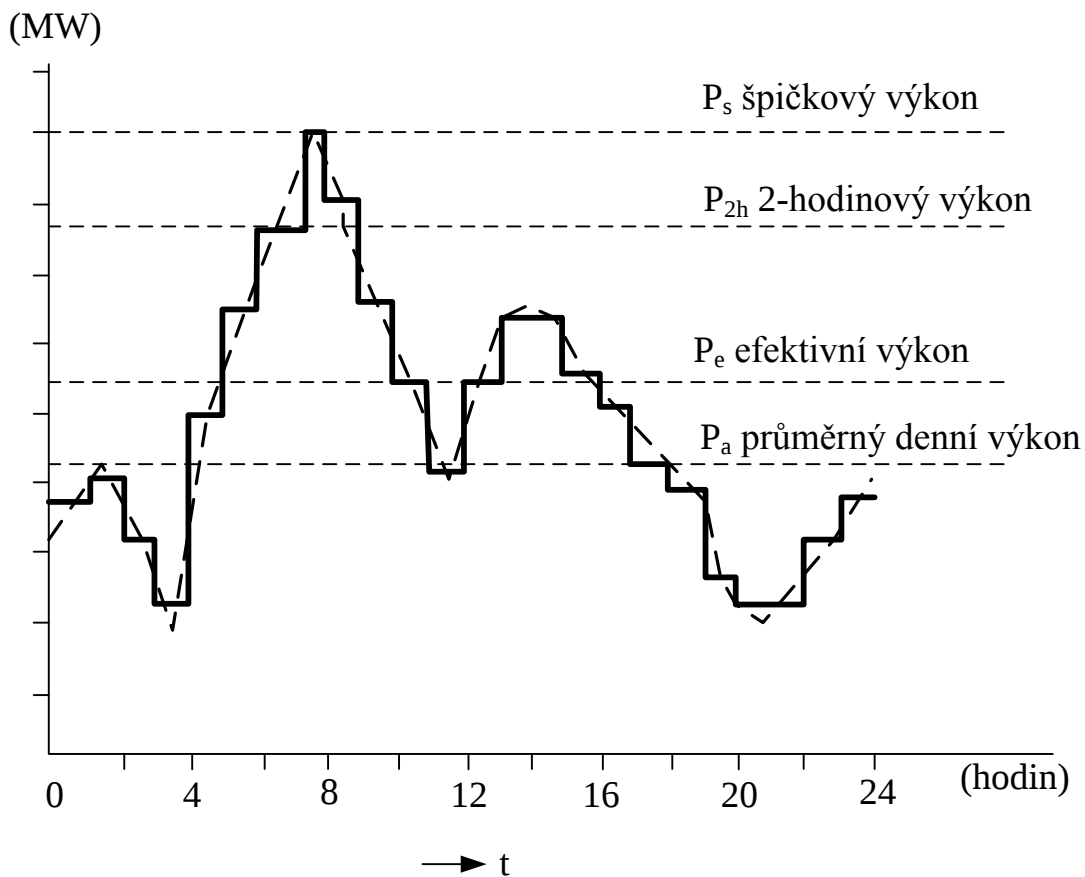
Obr. 6-9 Trakční proudová soustava 2×25 kV, 50 Hz s napáječem a zesilovacím vedením 50 kV mezi trolejovým vedením a 25 kV mezi zemí



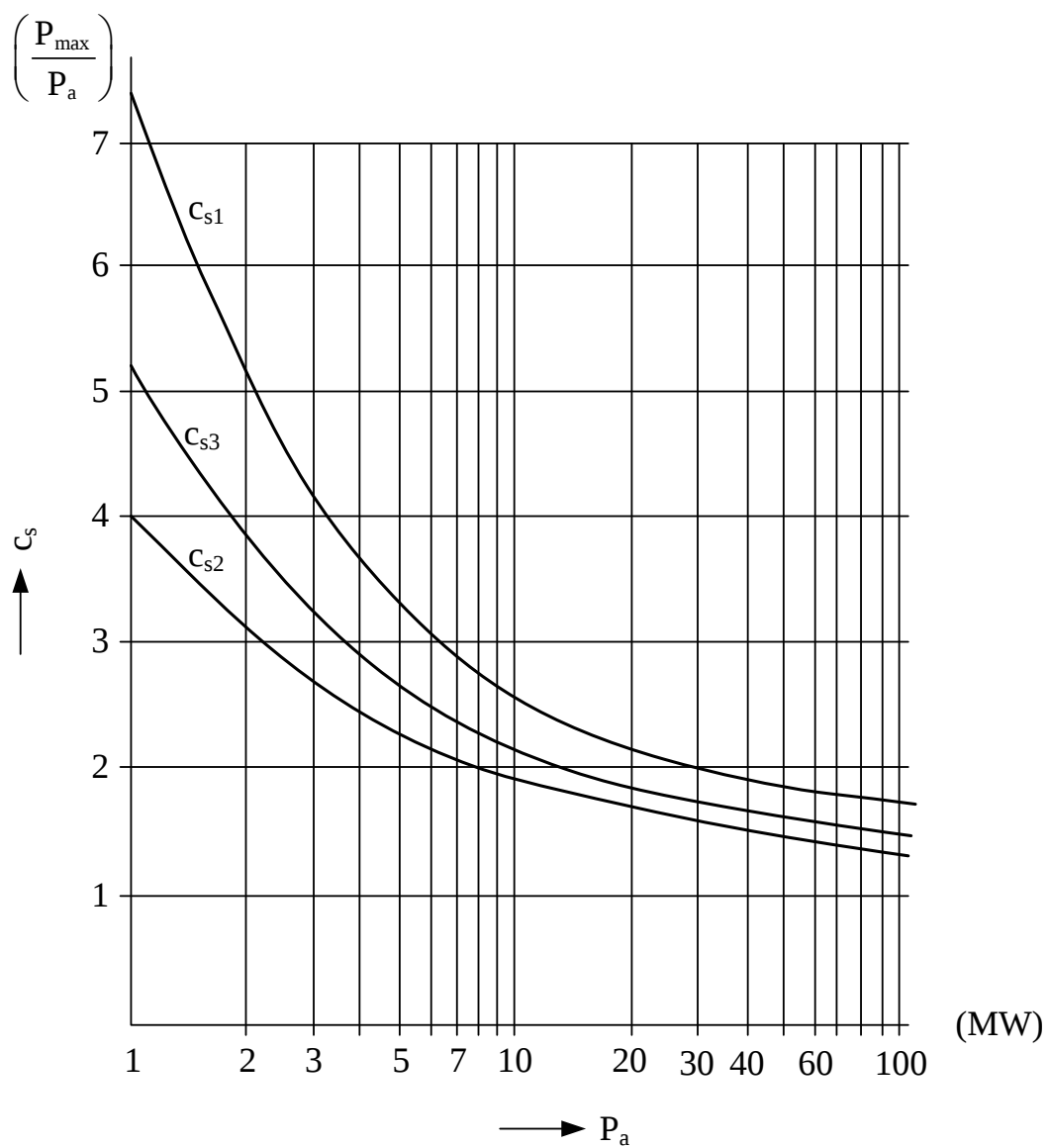
Obr. 6-10 Trakční proudová soustava 50/25 kV 50 (60) Hz



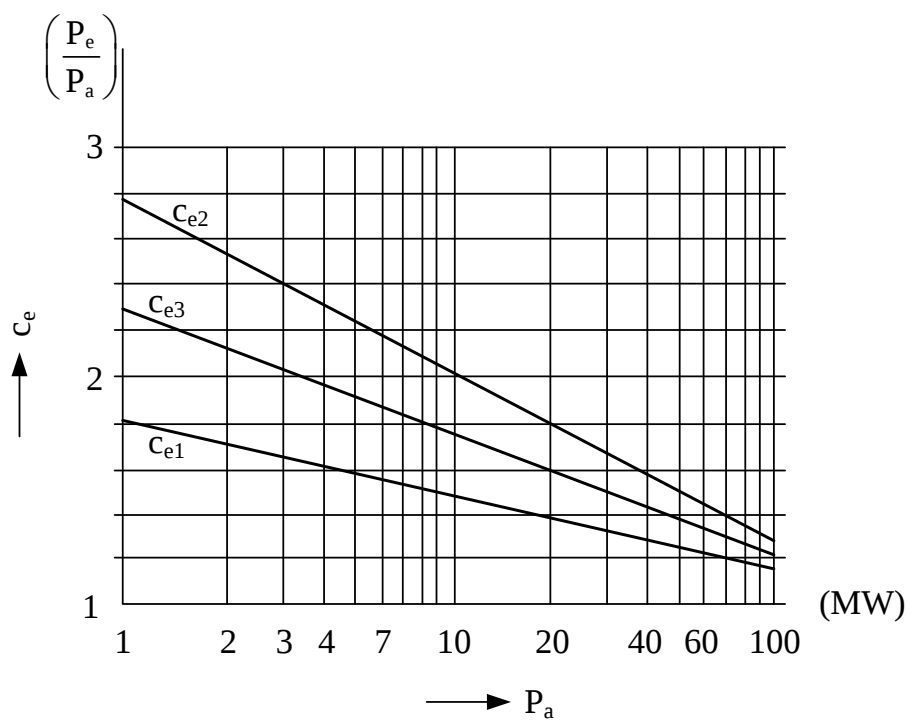
**Obr. 6-11 Základní schéma spojení v trakční transformovně 110/25 kV, 50 Hz, typu H
na straně 110 kV**



Příklad denního průběhu zatížení trakční napájecí stanice

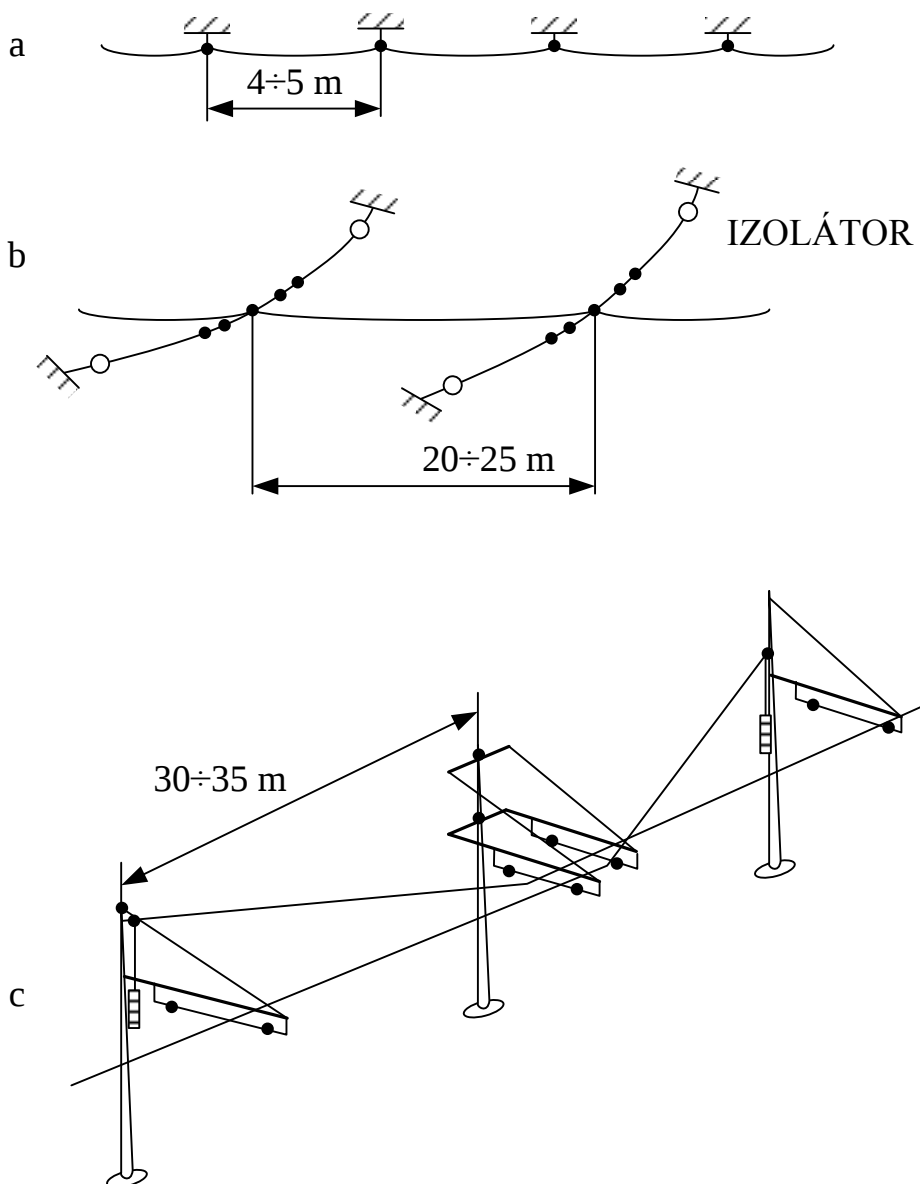


Součinitel špičkového výkonu trakční napájecí stanice: c_{s1} – těžké nákladní vlaky, c_{s2} – elektrické motorové jednotky, c_{s3} – smíšená doprava osobní a nákladní



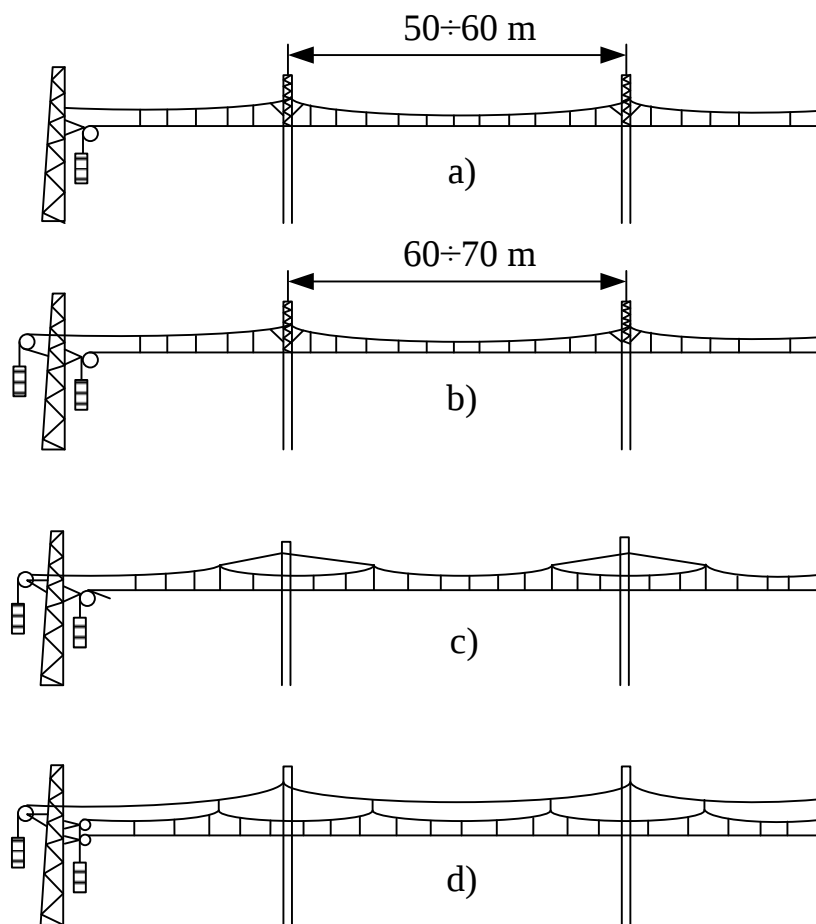
Součinitel efektivního proudu c_e trakční napájecí stanice: c_{e1} – těžké nákladní vlaky,
 c_{e2} – elektrické motorové jednotky, c_{e3} – smíšená doprava osobní a nákladní

Třídění trakčních vedení

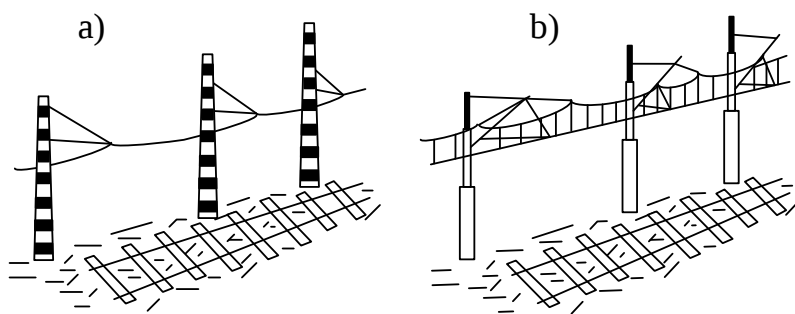


Typy prostých trolejových vedení: a) kotvené na tuhých závěsech, b) na příčných závěsných laněch, c) napínané prosté vedení zavěšené na výkyvných konsolách

Podle kompenzace změny délky vlivem teploty
 vedení nekompenzovaná
 vedení polokompensovaná
 vedení plně kompensovaná



Typy řetězovkových trolejových vedení: a) s pevně kotveným nosným lanem a napínaným trolejovým vodičem, b) s napínavým nosným lanem a trolejovým vodičem, c) s napínaným nosným lanem a trolejovým vodičem s pomocným lanem pod závěsy, d) s napínaným nosným lanem a napínaným trolejovým vodičem s pomocným závěsným lanem



Zvětšení trolejového vedení na výkyvných šikmých konsolách: a) prosté trolejové vedení, b) řetězovkové trolejové vedení

Průměrná hodnota výkonu měnírny za 24 hodin

$$P_a = \frac{D_d \cdot l \cdot w}{24 \cdot 1000} \quad (\text{kW, t/den, km, Wh/t.km})$$

kde

D_d dopravní tok v obou směrech (t/den)

l délka napájecích úseků (km)

w spotřeba energie na výstupu z měnírny (Wh/t.km)

Součinitel špičkového výkonu

$$C_S = \frac{P_{\max}}{P_a}$$

Součinitel efektivního zatížení

$$C_S = \frac{P_e}{P_a}$$

Trolejový vodič podle ČSN 428460

Jmenovitý průřez	Hmotnost kg/m	Odpor při 20 °C	Zkušební tah 1 min.
80	0,7114	0,224 ohm/km	29,8 kN
100	0,8894	0,179	36,7
120	1,067	0,149	44,0
150	1,339	0,1195	53,5

Vodivý průřez trolejového vedení	Odpor troleje ohm/km	Hmotnost a odpor kolejnice			
		45	56	65	kg/m
		0,0284	0,0236	0,0204	ohm/km
100 mm ² Cu	0,18	0,21	0,204	0,20	
120 mm ² Cu	0,15	0,18	0,174	0,17	
150 mm ² Cu	0,12	0,15	0,144	0,14	
2 x 100 mm ² Cu	0,09	0,12	0,114	0,11	
2 x 120 mm ² Cu	0,075	0,103	0,099	0,095	
150 mm ² Cu + 120 mm ² Br + 240 mm ² AlFe	0,0855	0,124	0,119	0,07	

Vodič	γ kg/mm ² .m	E MPa	α 1 °C	σ MPa
Měděný trolejový vodič	0,00889	130	17 . 10 ⁻⁶	350
Bronzové lano	0,00865	130	16,6 . 10 ⁻⁶	700
Hliníkové lano	0,0027	56	23 . 10 ⁻⁶	160
AlFe lano	0,0039	75	19,6 . 10 ⁻⁶	325
Ocelové lano	0,00685	19,6	11 . 10 ⁻⁶	1000
Ocelový drát	0,00785	15,5	11 . 10 ⁻⁶	800

kde je: γ - specifická hmotnost
E - mez pružnosti
 α - součinitel teplotního přírůstku odporu,
 σ - pevnost v tahu.