

Technika pražských tramvají

- napájení
- pohony
- výhybky
- návěsti
- preference
- zajímavosti



Napájení tramvají

- Trolejové vedení 600 V stejnosměrných
 - V minulosti se plánoval přechod na 750 V
 - Děleno na úseky cca. 300 m dlouhé
- Zpětný trakční proud je odváděn kolejnicemi
- Praha, Plzeň, Liberec – trolej +, kolej -
 - Brno, Ostrava opačně pro potlačení vlivu plazivých proudů
- Z troleje se proud sbírá sběračem
 - pantograf
 - polopantograf



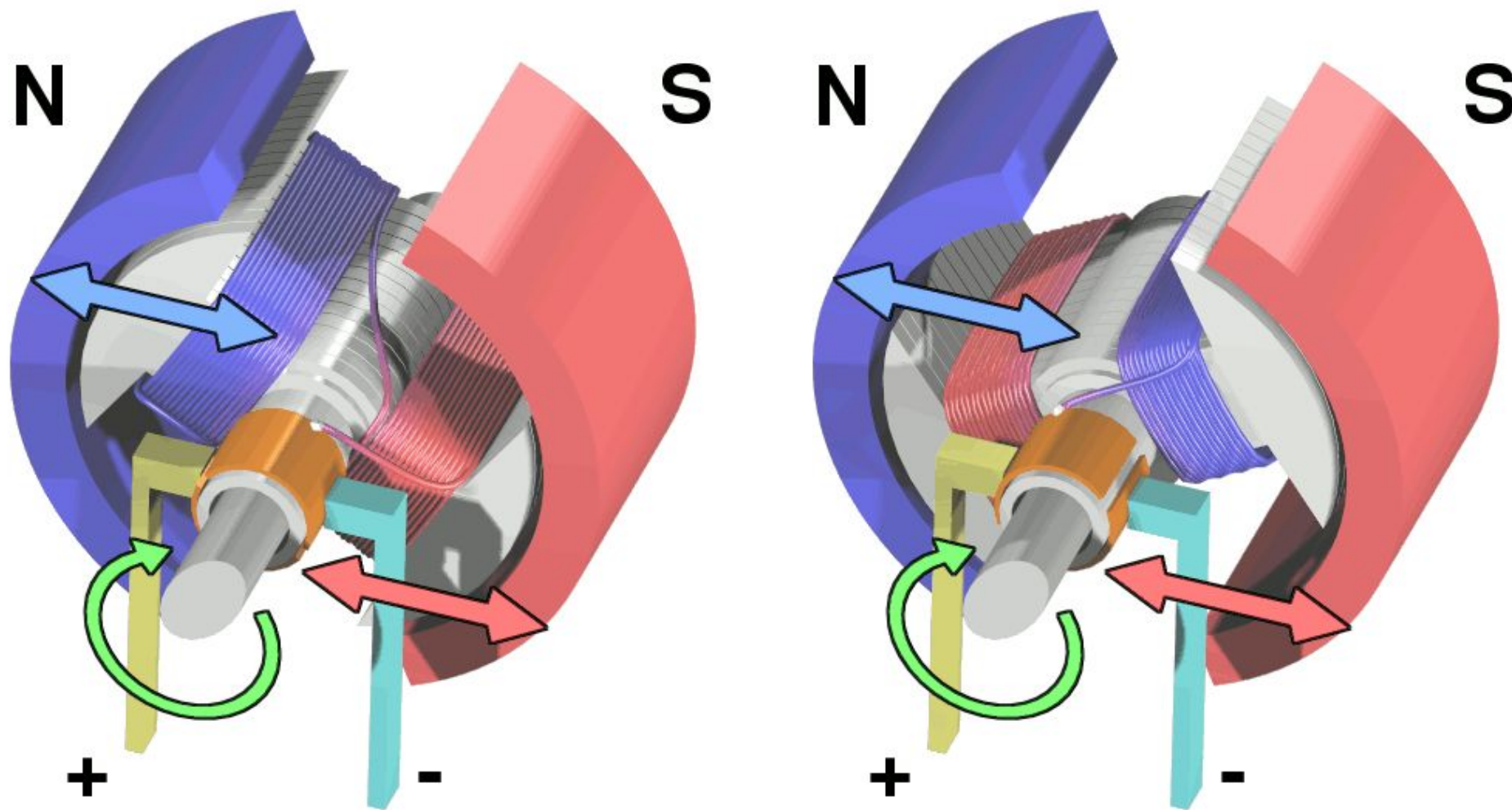
Pohony – rozdělení el. lokomotiv

- 1. generace
 - stejnosměrný sériový motor
 - odporová regulace výkonu – nízká účinnost
 - dnes pomalu ustupuje (tramvaje T3)
 - 2. generace
 - stejnosměrný motor
 - pulzní regulace výkonu – vyšší účinnost
 - většina současných tramvajů (T3R.P, T6A5, KT8D5...)
 - 3. generace
 - střídavý třífázový asynchronní motor
 - napájení přes střídač – složitá výkonová elektronika
 - nejmodernější tramvaje (14T)
-
-

Pohony – stejnosměrný motor

- Stator
 - nepohyblivá část
 - vytváří statické magnetické pole
 - je tvořen elektromagnetem (u hraček perm. magnet)
 - „buzení“ motoru
- Rotor, „kotva“
 - otačející se část
 - obsahuje mnoho vzájemně propojených cívek
 - aby se motor nezastavil, musí se proud přepínat => komutátor

Stejnoseměrný motor - princip



Stejnoseměrný motor

- Podle propojení buzení a kotvy rozdělujeme:
 - derivační/cize buzený motor
 - otáčky nezávisí na zatížení – nevhodné pro trakci
 - sériový motor
 - čím větší zatížení, tím nižší otáčky (ideální převodovka)
 - při odlehčení se otáčky blíží nekonečnu
 - Dokáže pracovat jako dynamo
 - využití pro elektrodynamické brzdění („brzdění motorem“)
 - u sériového motoru je nutno komutovat (přepólovat) budicí cívku, aby s ní protékal proud ve stejném směru jako při motorickém režimu (jinak se motor odbudí)
-
-

Odporová regulace ss. motoru (1)

- Velikost točivého momentu motoru je úměrná druhé mocnině protékaného proudu
- Při přímém připojení stojícího motoru na síť by došlo k prudkému nárůstu proudu
 - výpadek pojistek
 - spálení motoru
 - cuknutí tramvaje
- Zařazujeme do série s motorem odpor, který omezí protékaný proud na požadovanou hodnotu

Odporová regulace ss. motoru (2)

- Jak se motor rozjíždí, indukuje se v kotvě napětí, které snižuje protékající proud – působí proti zdroji
 - Chceme se rozjíždět s konstantním zrychlením, tedy momentem, tedy proudem => musíme úměrně s roztáčením zmenšovat předřadný odpor.
 - Zařazením odporu kazíme výkonovou bilanci obvodu – velkou část odebíraného výkonu měníme na teplo v předřadném odporu.
-
-

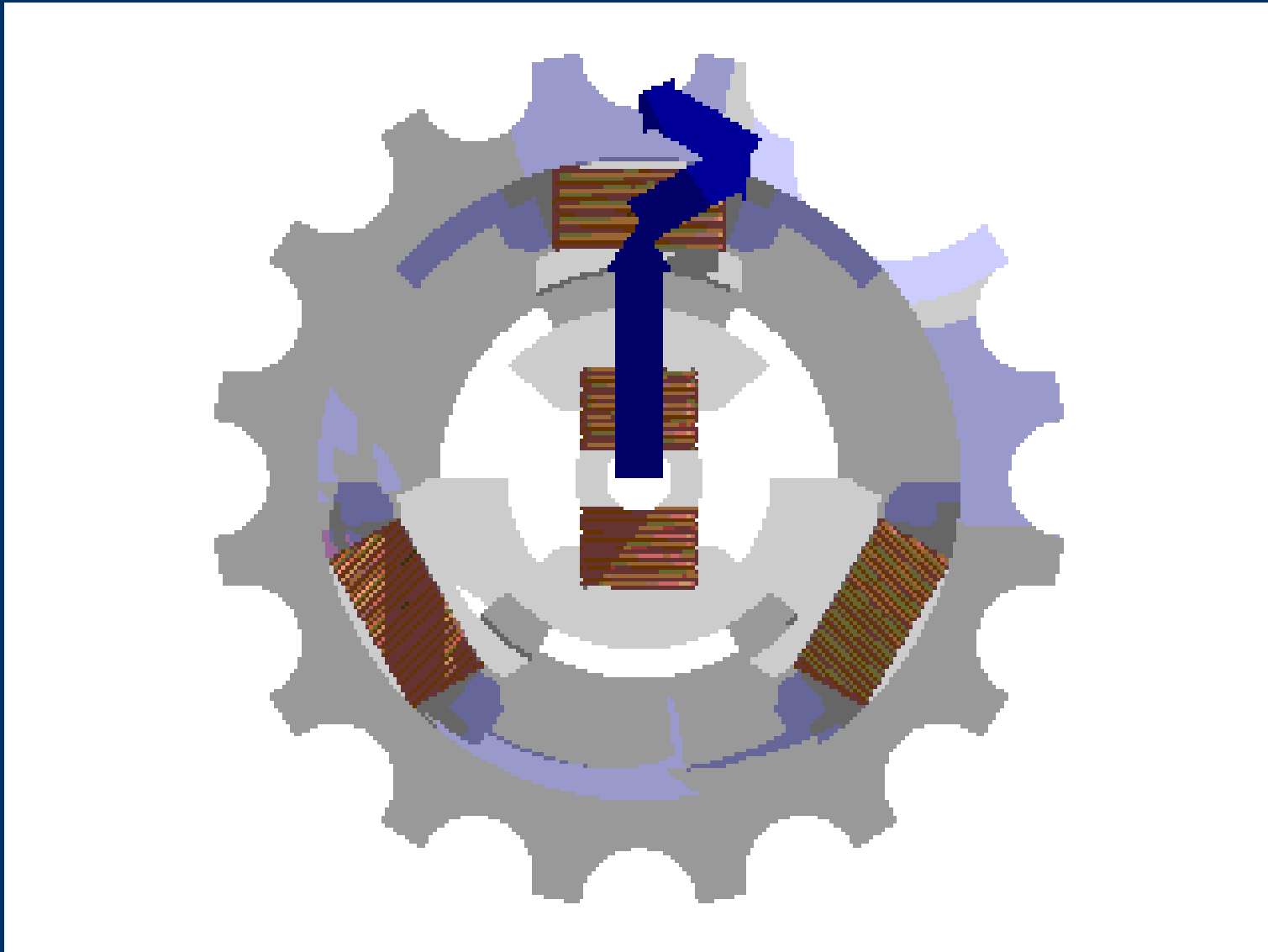
Pulzní regulace ss. motoru

- Pomocí polovodičových spínačů (tyristory, tranzistory) střídavě připojujeme a odpojujeme motor ke zdroji - vytváříme tak vlastně napájecí zdroj s proměnným výstupním napětím.
 - Při rozjezdu postupně měníme poměr zapnuté doby k vypnuté době, až nakonec prvkek trvale sepneme.
 - Většina odebraného výkonu končí v motoru – vysoká účinnost. Určitá část výkonu se ale trvale ztrácí na spínacím prvku.
-
-

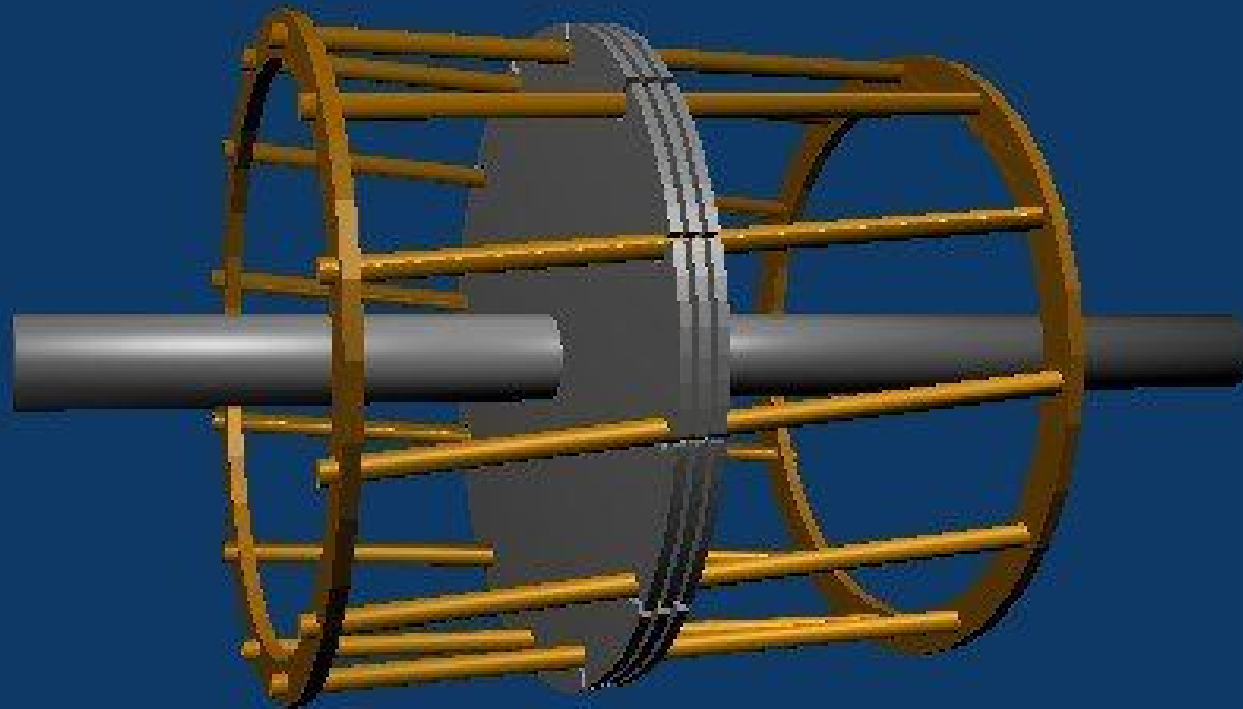
Pohony – asynchronní motor

- Motor nejjednodušší konstrukce => spolehlivost
 - Rotor je tvořen drátěnou klecí (jako pro ježka)
 - Stator vytváří pomocí třífázového vinutí točivé magnetické pole
 - Jediná použitelná možnost regulace otáček je změnou napájecí frekvence => složitá elektronika
 - Celková spolehlivost je daná jak motorem, tak jeho napájecím měničem.
-
-

Asynchronní motor – točivé pole



Asynchronní motor – klec nakrátko



Měnič pro napájení asynch. motorů

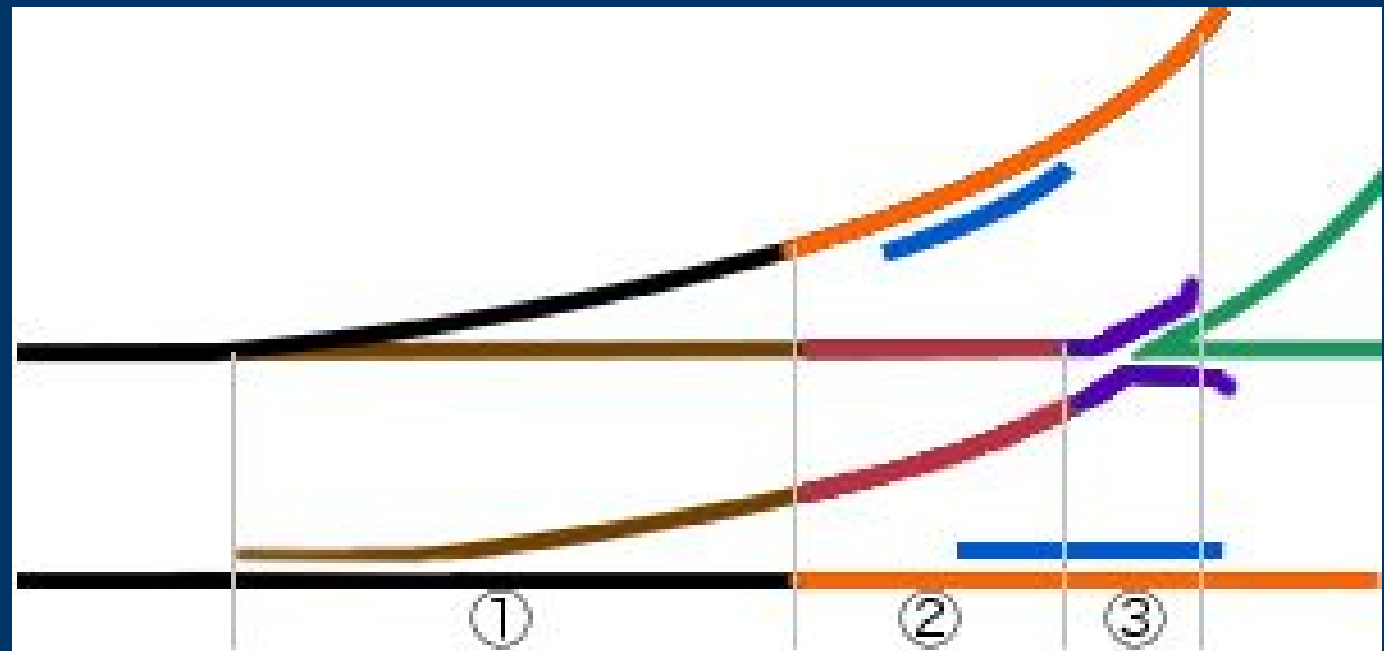
- Princip obdobný pulznímu měniči pro ss. motory.
Ale:
 - vytváříme namísto jednoho tři výstupy, vzájemně fázově posunuté o 120° (točivé pole)
 - na každém výstupu měníme napětí od 0 po max. periodicky např. každých 5 ms.
 - Aby sinusovka 50 Hz vypadala hezky, musí spínací prvky pracovat s frekvencí v řádu kHz.
 - Kromě frekvence musíme měnit i výstupní napětí, aby využití magnetického obvodu zůstalo optimální

Brzdění tramvají

- Elektrodynamické – provozní
 - motor začne pracovat jako generátor
 - vyrobená energie se maří v odporech, nebo vrací do napájecí sítě (troleje) – rekuperace
 - energii musí odebrat jiné vozidlo
 - s klesající rychlostí klesá účinek EDB
 - Čelist'ové brzdy – provozní, parkovací
 - zastupují EDB při jakémkoli výpadku
 - automaticky nastupují při malé rychlosti
 - Kolejnicové brzdy – nouzové
 - dva elektomagnety na každém podvozku, každý 44kN
-
-

Výhybky

- Umožňují tramvaji měnit směr jízdy :-)
- Skládají se z
 - výměny (1)
 - střední části (2)
 - srdcovkové části (3)



Výhybky

- Podle použití
 - **rozjezdová** – tramvaj přijíždí proti hrotům – poloha jazyků určuje směr jízdy
 - **sjezdová** – tramvaj přijíždí po hrotech – jazyky jsou dvojkolím přestavěny samočinně
 - **zajišťovací** – ve směru proti hrotům trvale přestavena do jedné polohy (přechod z jednokolejné na dvojkolejnou trať)
 - **uzamykatelná** – rozjezdová, jazyky jsou v koncové poloze uzamčeny přídatným mechanismem
 - **volná** – jazyky nejsou spojeny, ani přitlačovány kamkoli – pouze jako sjezdová
-
-

Výměny

- Jsou tvořeny jazyky, které se pohybují mezi opornicí a přídržnicí
 - Rozlišujeme výměny
 - čepové – neuzamykatelné, historické
 - s pružnými jazyky – uzamykatelné, moderní
 - Jazyky rozjezdových výměn jsou ovládány přestavníkem, který je ovládán
 - stavěcím klíčem
 - elektromagnetem
 - elektromotorem
-
-

Přestavník čepové výměny



Ovládání výhybek z místa řidiče

- Elektrické
 - Před výhybkou je trolejový kontakt
 - Při najetí na kontakt se do série k tramvaji zapojí elektromagnet výhybky
 - malý proud výhybku nepřestaví
 - velký proud výhybku přestaví
 - Rádiové
 - Tramvaje jsou vybaveny vysílačem rádiového signálu
 - Vysílač trvale vysílá jeden z kódů rovně, vlevo, vpravo
 - Na starších tram. byl třípolohový přepínač
 - U nových je vysílač ovládán palubním počítačem
 - Přijímač před výhybkou po příjmu přestaví výměny do daného směru
-
-

Pracovní trolejový kontakt



Výhybková návěstidla

- Informují o směru přestavení jazyků
- Informují o druhu výhybky (uzamyk. / neuzamyk.)
 - u neuzamykatelných je info. o směru nezávazná
- Informují o blokování elektrického ovládání



Návěstidlo uzam. výhybek



- LED ve tvaru šipek
 - V Praze se používá červená
 - V Plzni, Liberci modrá
 - ...
- Svítí šipka – výhybka uzamčena v daném směru
- Svítí puntík – výhybka se neuzamkla
 - řidič se musí pokusit výhybku přestavit ručně
- Symbol bliká – elektrické ovládání je blokováno
 - je třeba použít stavěcí klíč

Návěstidla neuzam. výhybek



- Jejich směrové návěsti jsou pouze informativní
- Šipky ukazují směr
- Puntík signalizuje blokování el. ovládání

Blokování výhybek

- Po nástupu dvojic T3 začal problém s pantografem 2. vozu – někdy přestavil výhybku, což roztrhlo soupravu
 - Byl vyvinut a později zdokonalen systém blokování výhybky:
 - za pracovním kontaktem je blokovací kontakt
 - cca. 15 metrů (délka vozu) za výměnou je pomocný kontakt
 - cca. 30 metrů za výměnou je odblokovací kontakt
 - Výhybka se odblokuje pokud
 - sběrač sepne odblokovací kontakt a zároveň není sepnut pomocný kontakt
-
-

Blokování výhybek

- Moderně zařízené výhybky používají k blokování rezonanční kolejové obvody – kolejové obvody bez izolovaných styků
 - K zablokování se používají ultrazvukové detektory
 - Přijímač rádiového signálu je umístěn před prvním pracovním kontaktem. Při úspěšném příjmu výhybku zablokuje.
 - Pomocný kontakt je v troleji proto, aby jedna výhybka nebyla soupravou odblokována 2x
-
-

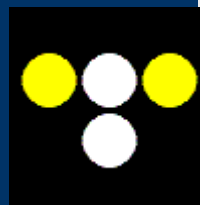
Splítka

- Místo, kde se dvě tratě překrývají
 - jedna stálá u Malostranského Náměstí
 - další dočasné při rekonstrukcích
- Rozjezdová splítka
 - umělé prodloužení střední části výhybky, aby výměna byla ve větší vzdálenosti před křižovatkou



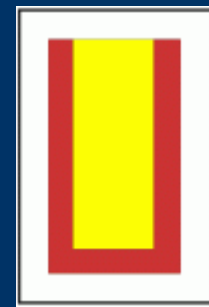
Návěsti

- Upravuje předpis D1/2 :-)
- My se zaměříme na obrázky :-)
- Čočky zná snad každý z autoškoly.
- To pod tím je výzvové návěstidlo, slouží zejm. při preferenci (viz dále)



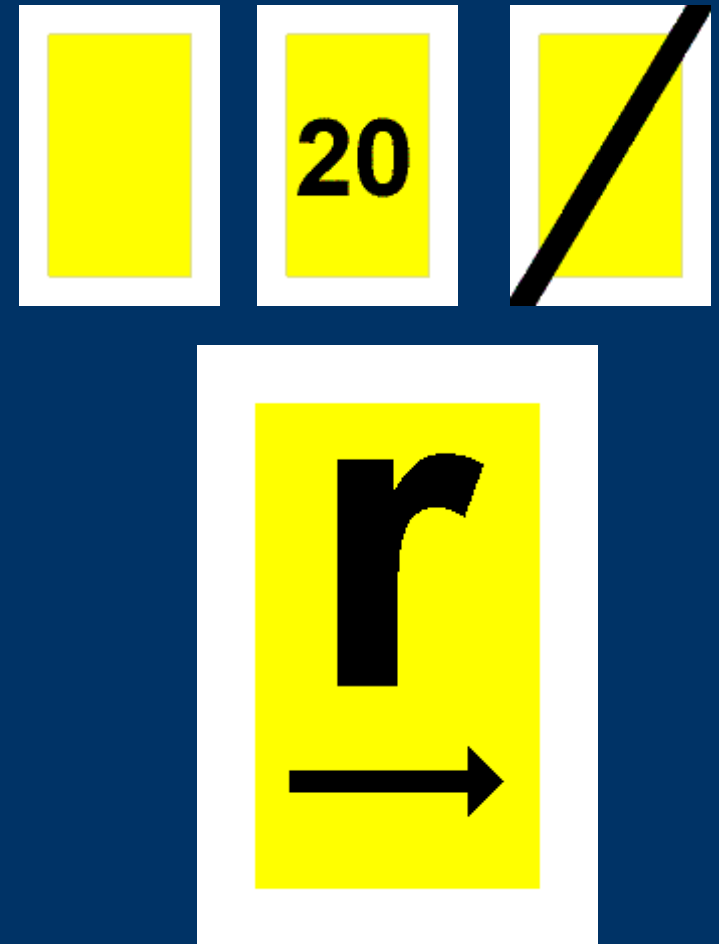
Návěsti výhybek

- Pracovní trolejový kontakt
- Přijímač rádiového signálu
 - Tyto dvě návěsti se nesmí minout, dokud předchozí tramvaj neopustí výhybku a ta se neodblokuje.
- Manipulační Výhybka
- Uzamykatelná výhybka
- Zajišťovací výhybka
 - výhybky bez el. ovládnání



Rychlostní návěsti

- Pomalu (10 km/h)
- Omezená rychlost na 20
- Konec omezení
- Oblouk o malém poloměru
– 15 km/h



Návěsti na Barrandově

- Volný/Obsazený úsek
 - svítí – volno
 - bliká – obsazeno
 - zhasnuté – porucha
 - pouze informativní
- Stůj
 - svítí – stůj čelem před tímto návěstidlem
 - nesvítí – žádná návěst



Potkávací návěsti

- Přednost před protijedoucími tramvaji
 - někdy může být doplněna písmeny T, KT; pak specifikuje jaké typy se nesmějí potkávat
- Konec přednosti protijedoucích tramvají



Další návěsti

- Úsek častých nehod tramvají v délce 1000 metrů
- Úsekový dělič
 - tímto místem projíždět všemi sběrači bez odběru a pokud možno s vypnutou rekuperací
 - jinak to dělá pěkné obloučky :)
- Bezpečnostní zastavení
 - umístuje se před klesáním 70 ‰ a víc
 - každý vlak zde musí zastavit

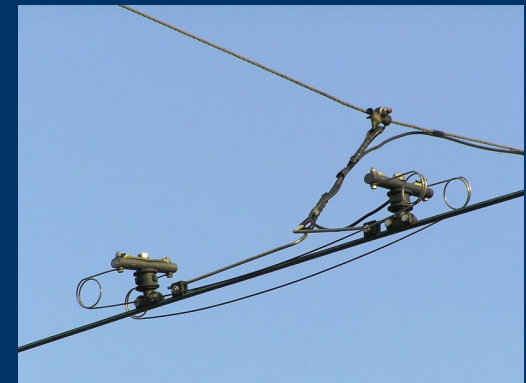
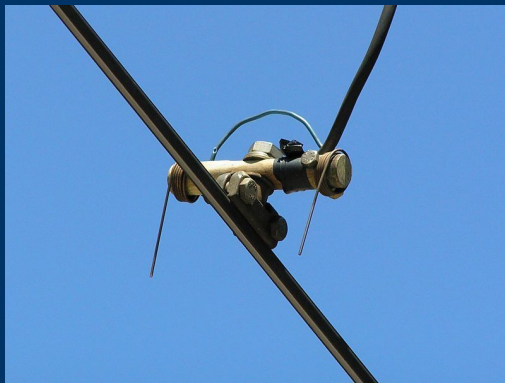


Preference

- Snaha zajistit prostředkům MHD přednost před prostředky IAD (Individuální Automobilová Doprava)
- Pasivní
 - úrovňové oddělení tramvajových pásů
 - řídicí programy křižovatek zajišťující preferenci
- Aktivní
 - řadič křižovatky uvolňuje cestu MHD na základě poptávky MHD vozidla

Aktivní preference tramvají

- Detekce vozidla pomocí trolejových kontaktů – obvykle tři
 - vzdálený přihlašovací
 - blízký přihlašovací
 - odhlašovací
- Pokud je v křižovatce výhybka, získá od ní řadič křižovatky informaci o směru (pomůže rozjezdová splítka)



Aktivní preference tramvají

- O zařazení daného směru do cyklu řadiče informuje řidiče výzvové návěstidlo pod čočkama
 - Pokud proužek svítí, je požadavek zaregistrován
 - 5 sekund před signálem volno se proužek rozbliká
 - některé směry jsou v řadiči navoleny pevně
- V případě selhání trolejových kontaktů lze volno nárokovat kontaktním zámekem



Aktivní preference autobusů

- Způsoby detekce autobusů
 - **pasivní** – indukční smyčky pod zastávkou, videodetekce
 - **aktivní** – bus obsahuje rádiový vysílač a ve správné vzdálenosti před křižovatkou (podle ujeté vzdálenosti) se přihlásí a nahlásí řadiči mj. i číslo linky a zpoždění
 - K synchronizaci „tachometru“ ujeté vzdálenosti se na trati nachází inframajáky
- Vzhledem k tomu, že BUSy obvykle sdílejí dráhu s IAD, je jejich preference obtížnější a může způsobovat velká zdržení v kolizních směřech

Ostatní zajímavosti

- Signály pro tramvaje „čočky“ nemají návěst pozor
 - Je-li již tramvaj tak blízko, že po změně návěsti na Stůj nemůže **bezpečně** zabrzdit, může pokračovat
 - bezpečně = provozně – tak aby se cestující nesesypali
 - Zábrazdná dráha z rychlosti 30km/h – 30m; 40km/h – 50m
 - Petice za tříznakové signály pro tramvaje
 - Signál pozor v Trojské blikáním výzvového návěstidla
 - Jízda tramvají je pečlivě sledována systémem Doris
 - povolená tolerance je –0 až +179 sekund
 - dodržování jízdního řádu hlídají kontrolní body v označících významných zastávek (IR přenos)
 - odjezd dřív je přísně trestán
-
-

Ostatní zajímavosti

- Jízda do svahu $> 8 \%$ se uskutečňuje maximální dosažitelnou rychlostí.
 - Jízda ze svahu $> 8 \%$ se uskutečňuje odbržděním vozidla a působením vlastní hmotnosti, rychlostí 20 – 25 km/h
 - **Couvání** je pohyb vlaku vzad ovládaný z předního stanoviště posledního vozu soupravy
 - **Zpětný pohyb** je pohyb vlaku vzad ovládaný z pomocného ovl. stanoviště v zadním čele vlaku
-
-

Tramvajové vozovny

- Hloubětín (1)
 - Kobylisy (2)
 - Motol (3)
 - Pankrác (4)
 - Strašnice (5)
 - Střešovice (6)
 - pouze historické a speciální vozy
 - Vokovice (7)
 - Žizkov (8)
- Čísla v závorce určují první číslici z čísla pořadí vozů vypravených z daných vozoven.
-
-

Závěr

- Použité obrázky pochází
 - z Wikipedie
 - ze serveru prazsketramvaje.cz
 - ze serveru spvd.cz (prac. trolejový kontakt)
 - Přes největší snahu mohou být některé zde uvedené informace nepřesné, neúplné, nebo zavádějící. Jsou tedy poskytovány naprosto **bez záruky**
 - Velmi podrobně o výhybkách na
 - http://mhd-ostrava.ic.cz/tramvajove_vyhybky.htm
 - pozor, v Ostravě mají poněkud odlišný princip EOv
-
-