

Technika pražského Metra (1)

Ondřej Caletka

SUT SH

Technika pražského Metra

- Železniční zabezpečovací technika
 - Rozdělení, základy
 - Prostředky detekce vlaků
 - Vlakové zabezpečovače v Pražském Metru
 - Návěsti Metra
 - *Pražské Metro (příště)*
 - *Historie*
 - *Typy vozů*
 - *Technologie*
 - *Zajímavosti*
-
-

Železniční zabezpečovací technika



Úvod

- Bezpečnost na železnici je obecně zajišťována odpovědnými pracovníky
 - Zabezpečovací zařízení (ZZ) má za úkol především minimalizovat možnost vzniku nehody zapříčiněné lidským faktorem například tak, že
 - Zjišťuje volnost jízdnicích cest
 - Zabráňuje nechtěnému přestavování výhybek pod jedoucím vlakem
 - Hlídá bdělost strojvedoucího
 - Nepovolí vjezd dvou vlaků v protisměru na jednu kolej
 - Obsluhuje závory železničního přejezdu
-
-

Vlastnosti ZZ

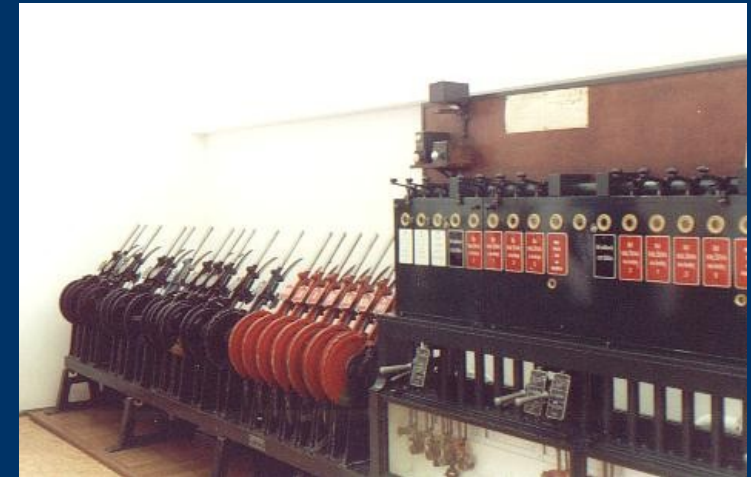
- Základní předpoklad železniční dopravy:
„Nejbezpečnějším stavem je stojící vlak.“
 - Každá porucha ZZ se musí projevit stavem stejně bezpečným, nebo bezpečnějším (rychlost 20 místo 40; stůj místo volno)
 - => Každá porucha vede k omezení dopravy
 - Nepravidelnosti zvyšují riziko MU
 - Je obvykle třeba nefunkční ZZ vyřadit a řídit dopravu ručně
 - => Jsou kladeny důrazy na vysokou spolehlivost ZZ
-
-

Třídění ZZ

- Staniční
 - Směrování vlaků ve stanici
- Traťové
 - Hlídá sled vlaků na trati
 - Zabraňuje protisměrné jízdě
- Vlakové
 - Dohlíží nad strojvedoucím
- Přejezdové
 - Ovládá závory, výstrahu

Realizace ZZ

- Mechanická
- Elektromechanická
 - Není třeba používat sílu



- Reléová
 - Relé umožňují realizovat potřebné závislosti
 - Existují lety ověřená bezpečná zapojení



Foto: zeldop.wz.cz

- Počítačová
 - Problém s bezpečností softwaru

- Při zabloudění programu nesmí dojít k nebezpečí

- Zajištění bezpečnosti se obvykle realizuje redundancí



Staniční ZZ

- Sleduje obsazenost kolejí
 - Ovládá výhybky
 - Každá výhybka má definovaný základní stav
 - obvykle přímý směr
 - Musí být zabráněno náhodnému přestavení výhybky v závěru vlakové cesty
 - Ovládá návěstidla
 - Rozsvícení návěsti povolující jízdu je podmíněno vytvořením závěru vlakové cesty
 - Jazyky výměn jsou uzamčeny v koncových polohách
 - Musí být zabráněno ovládání jak výměn ve vlakové cestě, tak i výměn v kolizních směrech
 - Cesta je uvolněna po průjezdu vlaku
-
-

Traťové ZZ - pojmy

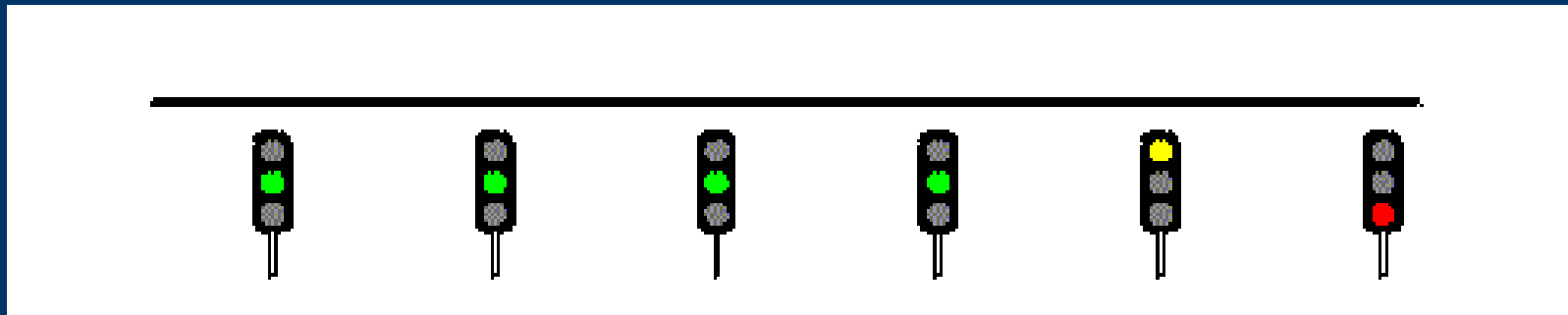
- Traťový oddíl
 - Část trati ohraničená „dopravnými“
 - V každém traťovém oddílu se může nacházet nejvýše jeden vlak
 - Traťový souhlas
 - Dohodnutý směr vypravování vlaků
 - Handshake:
 - Nabídka vlaku
 - „Přijmete vlak 123 s odjezdem z ... v...?“
 - Přijetí vlaku – obsazení TO
 - „Ano, přijímám vlak 123...“
 - Odhláška – uvolnění TO
 - „Vlak 123 dojel“
-
-

Tratové ZZ - zařízení

- Hláska
 - Telefonické dorozumívání
 - Hradlo – poloaut. blok
 - Poslání odhlášky je podmíněno minutím vlaku a tzv. vybavením hradlové zařádky
 - Automatické hradlo
 - Na rozdíl od předchozího nevyžaduje obsluhu
 - Všechna jmenovaná zařízení rozdělují mezistaniční úsek na dva tratové oddíly
-
-

Automatický blok („autoblok“)

- Rozděluje trať na více traťových oddílů
- Zcela samočinně uděluje odhlášky, rozsvěcí příslušná návěstidla
- Oddílová návěstidla obvykle nenávěstí „Stůj,“ ale „Opatrně“
 - Vlak může vjet do obsazeného oddílu, ale musí počítat s obsazenou kolejí



Obrázek: zeldop.wz.cz

Prostředky detekce vlaku

- Pro správnou činnost ZZ je třeba detekovat
 - Zda je kolej obsazená nebo volná
 - Zda vlak již minul, nebo ještě ne
- Prostředky detekce
 - Zrak výpravčího, signalisty
 - Kolejový obvod
 - Počítač náprav

Počítače náprav

- Založeno na principu, že úsek je volný, je-li mezi začátkem a koncem právě nula náprav.
- Na každý konec úseku se tedy umístí pár detektorů kol, který ovládá vratný čítač.
- Principy detekce:
 - Sepnutí kontaktu okolkem
 - Změna indukčnosti

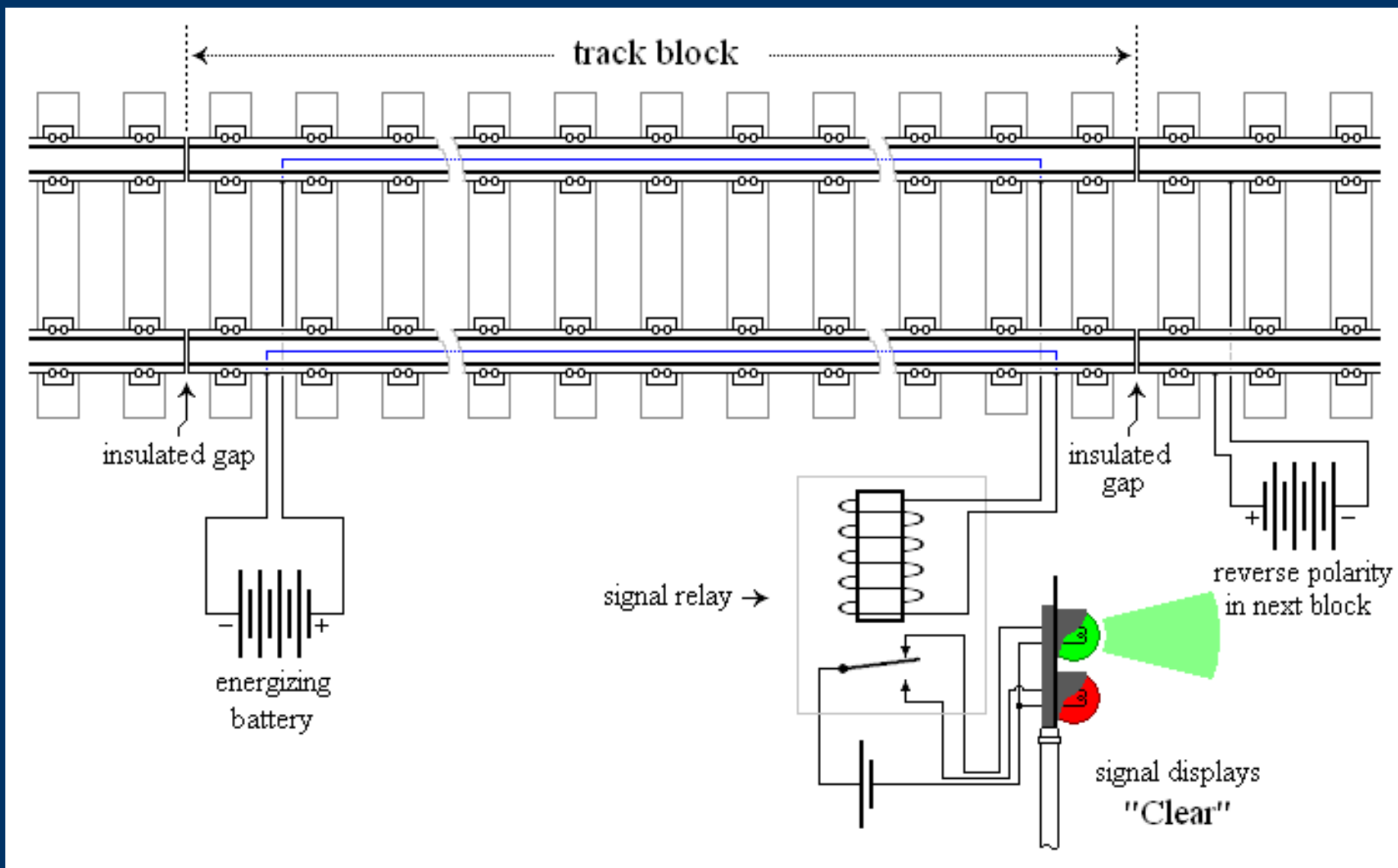


Foto: AŽD Praha, s.r.o.

Kolejové obvody

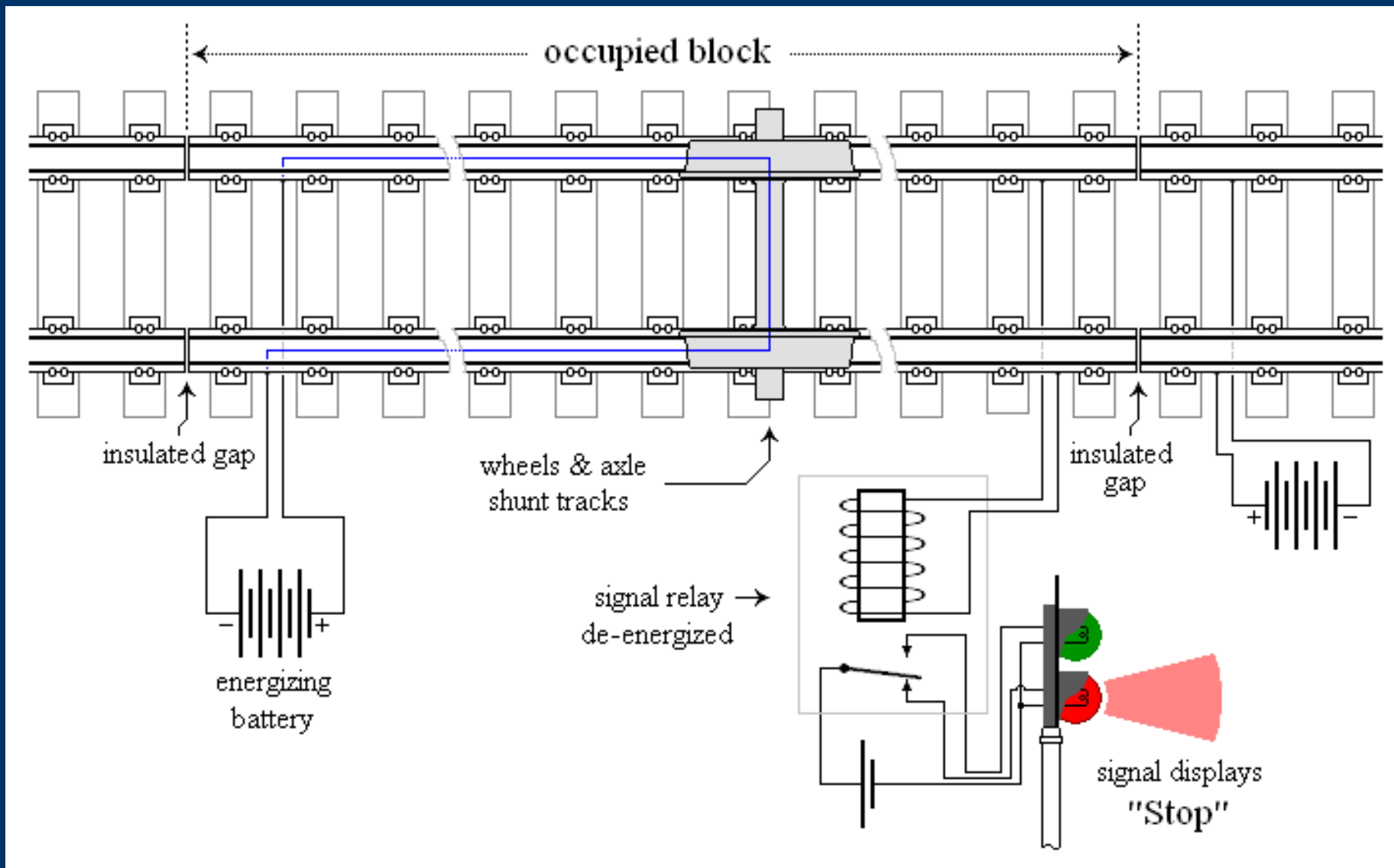
- Založeno na principu, že úsek je volný, je-li mezi levou a pravou kolejnicí vysoká impedance (elektrický odpor)
 - Obsazený úsek má kolejnice shuntované (zkratované) dvojkolím vlaku
 - Sériová a paralelní varianta
 - Paralelní poskytuje větší bezpečnost pro detekci volnosti tratě
 - Přerušený obvod hlásí „obsazeno“
 - Sériová poskytuje větší bezpečnost pro detekci minutí vlaku
 - Přerušený obvod hlásí „vlak ještě neminul“
-
-

Paralelní KO - volný



Obrázek: Wikipedia

Paralelní KO - obsazený

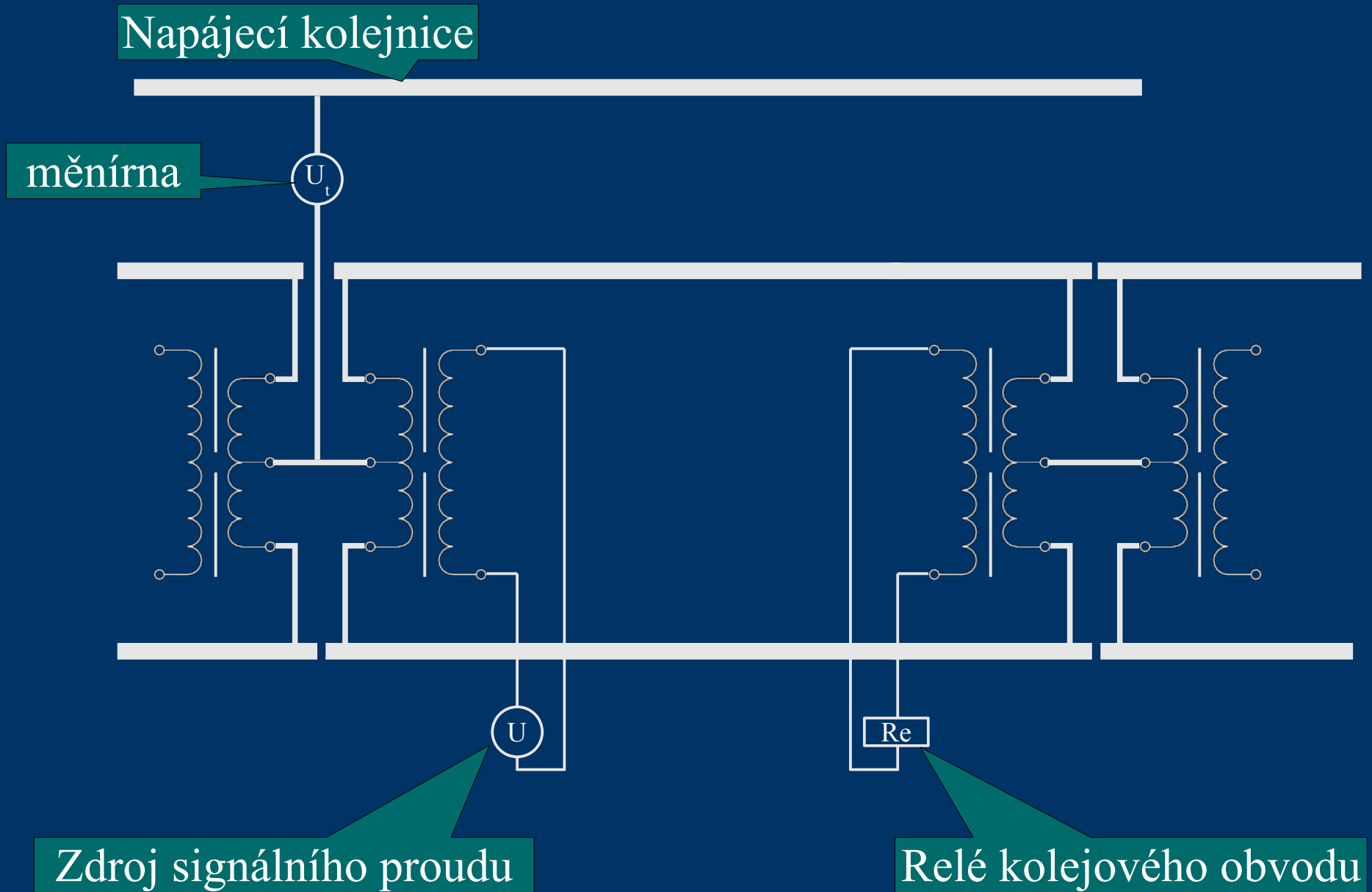


Obrázek: Wikipedia

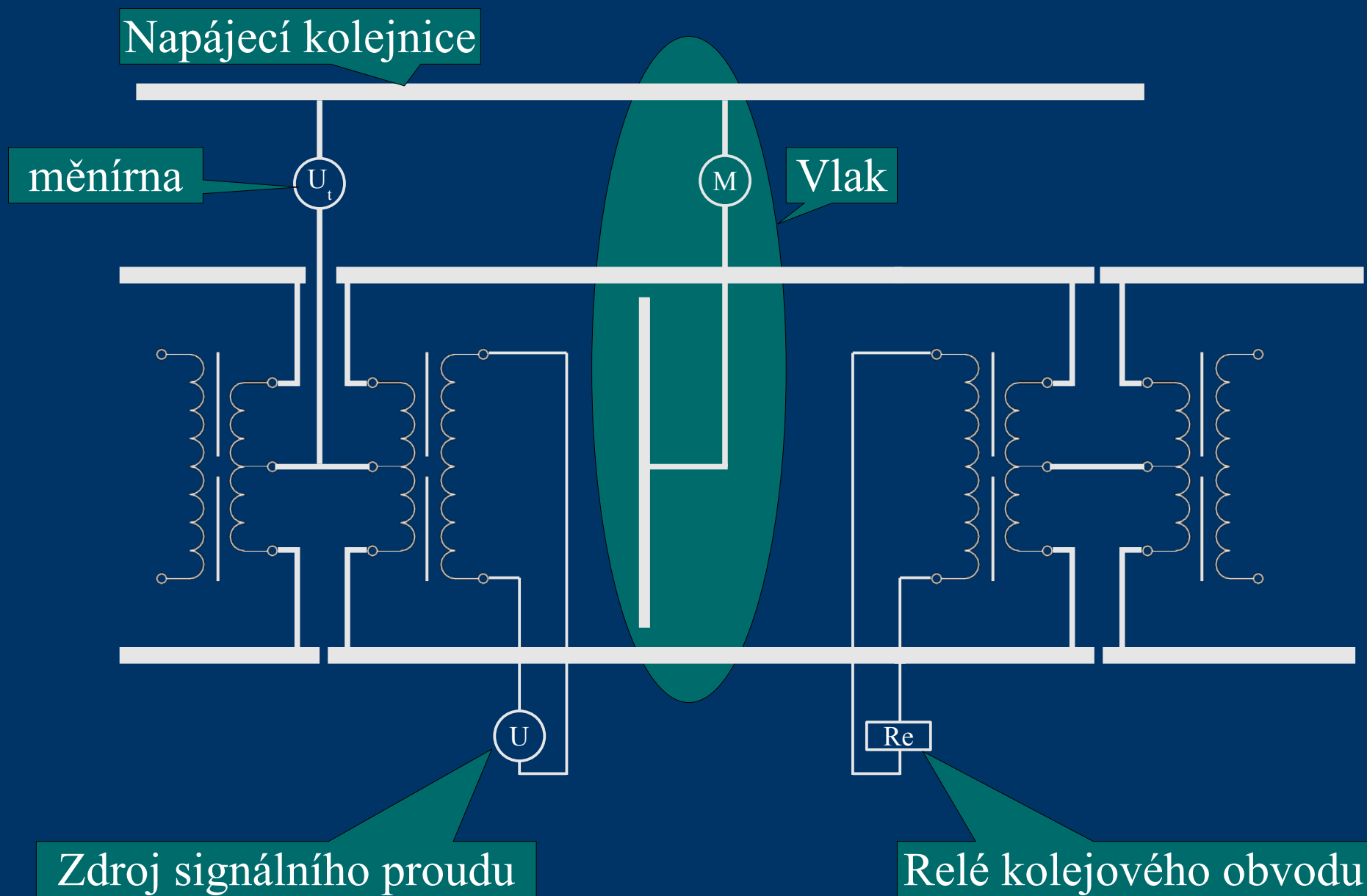
KO a elektrická trakce

- **Problém:** Kolejnice obvykle slouží jako jeden z vodičů pro napájení elektrických vozů
 - **Řešení:**
 - Jednopásové KO – zpětný trakční proud se odvádí jen jednou kolejnicí
 - Dvoupásové KO – zpětný trakční proud se odvádí oběma kolejnicemi
 - Pro detekci vlaku se používá střídavý proud jiného kmitočtu, než trakční (u Metra 275 Hz)
 - Trakční proud prochází „fantomovým kanálem“
 - U izolovaných styků jsou umístěny tzv. stykové transformátory
-
-

Dvoupásový KO - volný



Dvoupásový KO - obsazený



Stykové transformátory



Foto: AŽD Praha, s.r.o.



Foto: AŽD Praha, s.r.o.



Problém „Pendolino“

- Není možné zajistit dokonalé vyvážení kolejového obvodu, tj. aby každou kolejnicí protékala právě polovina trakčního proudu
 - Díky tomu dochází k přeslechu trakčního proudu do signálního proudu
 - Velikost trakčního proudu je o několik řádů vyšší než velikost signálního proudu, takže i malý přeslech může způsobit velké potíže.
 - Moderní pohony s pulzní regulací jsou zdrojem rušivých kmitočtů v trakčním proudu
 - Trakční proud může obsahovat střídavou složku o stejném kmitočtu, jako má signální proud KO
 - To může způsobit přitažení relé a tedy falešné hlášení „volno“
-
-

Další využití dvoupásového KO

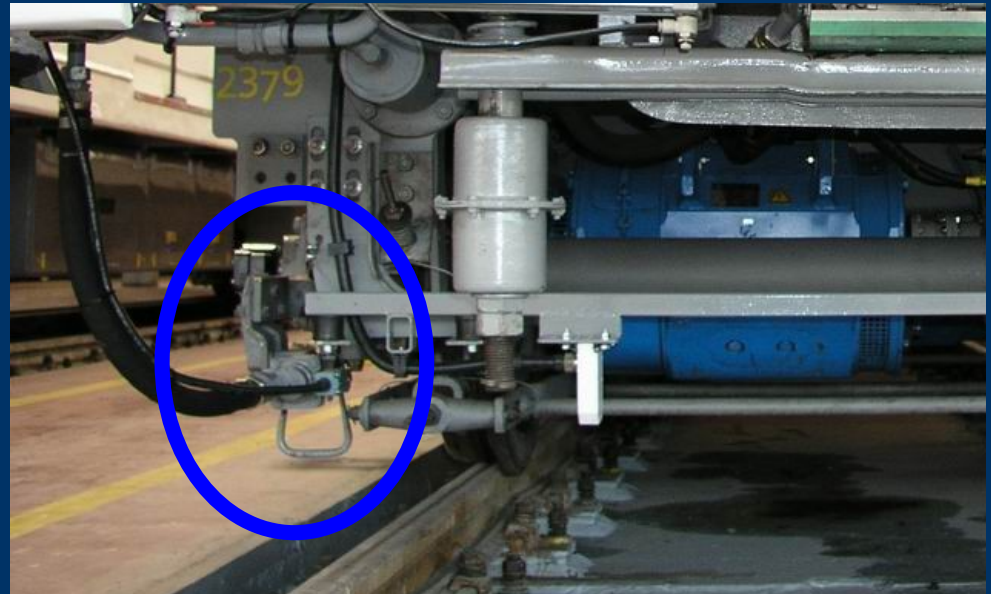
- Dvoupásový KO je možné využít pro přenos informací na jedoucí vlak
 - Liniový systém LS (české dráhy)
 - Návěstní opakovač se čtyřmi symboly
 - Symboly se přenášejí kódovým spínáním signálního napětí
 - Při příjmu kódu nedovolujícího jízdu je vyžadována kontrola bdělosti strojvedoucího
 - Vlakový zabezpečovač ARS (Metro)
 - Po obsazení KO vlakem je výstroj KO odpojena a místo ní připojen generátor automatické lokomotivní signalizace (GALS)
 - Celkem 15 symbolů na pěti kmitočtech
-
-

Vlaková ZZ

- Mají za úkol dohlédnout na to, aby vlak dodržel příkazy staničních a traťových ZZ nezávisle na strojvedoucím
 - Pro Metro stanovuje nutnost použití VZ přímo vyhl. 173/1995 Sb. „Dopravní řád drah“
 - Původní účel shrnuje zkratka ATP – Automatic Train Protection
 - Dále se do VZ implementuje i samočinné řízení ATC – Automatic Train Control, který spolu s ATP tvoří ATO (Operation)
 - S bodovým, nebo liniovým přenosem návěsti ze stacionární na mobilní část.
-
-

Autostop

- Všechny vlaky Metra mají na určeném místě táhlo, které aktivuje nouzovou brzdu
- Na trati jsou rozmístěny skoby
 - Pevné – na zábrzdnou vzdálenost před koncem tratě
 - Inerční (sklopné) – na obratištích
 - dovolují průjezd pouze malou rychlostí



Avtomatičeskoje Regulirovanie Skorosti

- Reléový liniový VZ sovětské výroby (ATP)
 - V překladu: Automatické regulování rychlosti
 - Dodnes v činnosti na trase B
 - Princip spočívá v přenosu kódů povolené rychlosti v traťovém oddílu prostřednictvím kolejového obvodu
 - Je-li rychlost vlaku vyšší, než povolená, vydá ARS povel ke zpomalení
 - Nejprve výběhem trakce
 - Pokud to nepomáhá, zahájí provozní brzdění
 - Selže-li i to, zahájí nouzové brzdění až do úplného zastavení vlaku.
-
-

Mobilní část ARS



Vlakový zabezpečovač ARS

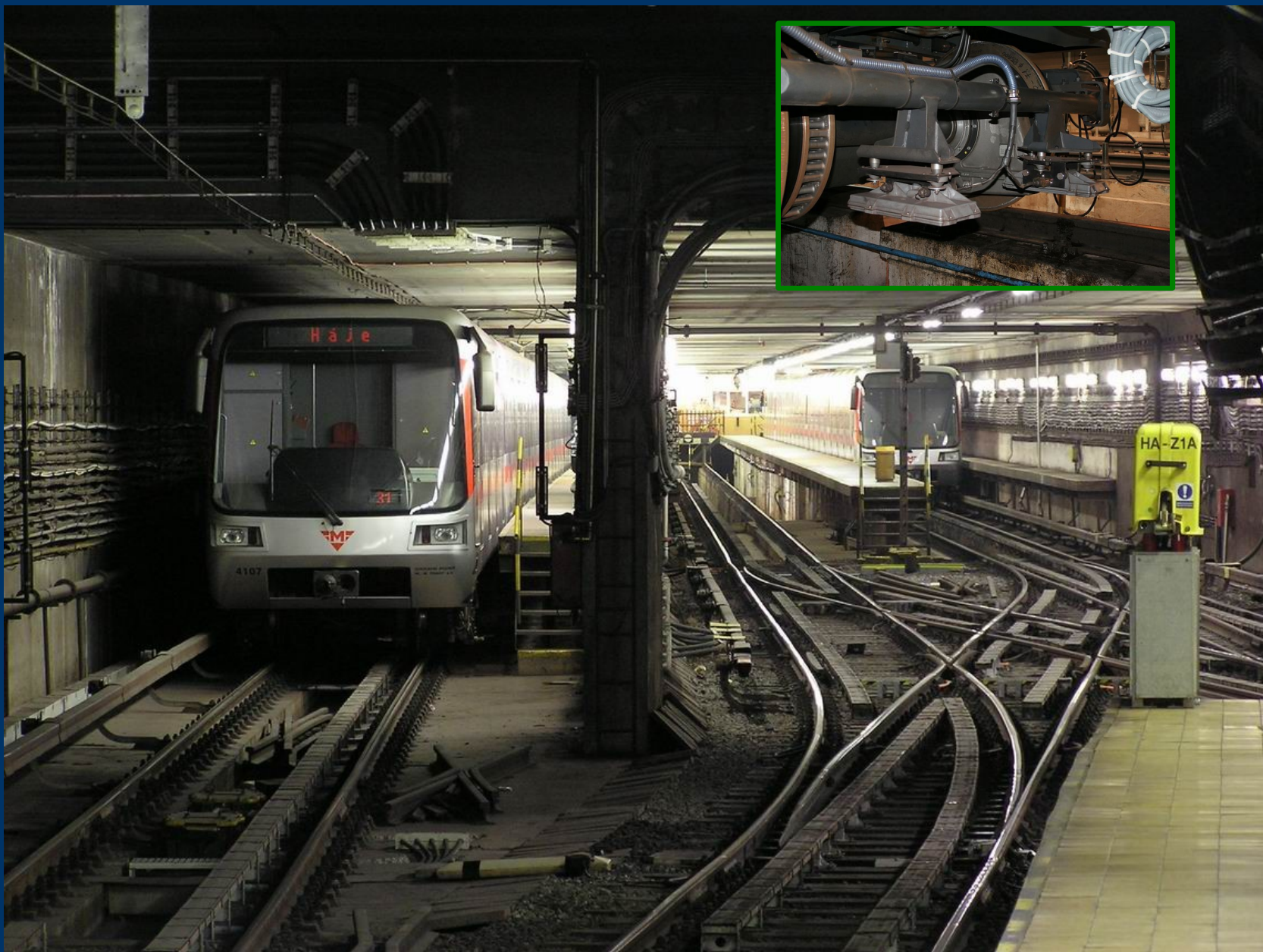
- Přijatý kmitočet rozsvěcí příslušnou barevnou průsvitku na lokomotivním návěstidle
 - Navíc se polovičním jasem signalizuje rychlost v následujícím úseku je-li nižší, nebo „P“, je-li stejná nebo vyšší
- Zásah ARS je signalizován zvonkem
- Dojde-li ke ztrátě kódu, nebo je-li přijat kód 0, může strojvedoucí pokračovat v jízdě se stisknutými tlačítky bdělosti, rychlostí nejvýše 20 km/h

Frekvence	Max. rychlost	Průsvitka
75 Hz	80 km/h	80
125 Hz	60 km/h	60
175 Hz	40 km/h	40
225 Hz	20 km/h	20
275 Hz	0 km/h	0
bez kódu	-	
75 – 225 Hz + 275 Hz	Předvěst	P

VZ PA-135 (Matra)

- „Moderní“ elektronický liniový VZ, kombinující v sobě funkce ATP i ATO
 - V provozu na trati C od r. 1998
 - Přenos návěstních informací pomocí tzv. programového pásu mezi kolejnicemi
 - Dvojice vodičů v programovém pásu je napájena signálem o kmitočtu 135 kHz
 - Vodiče se v pravidelných vzdálenostech, podle povolené rychlosti, kříží = *program*
 - Mobilní část detekuje křížení a řídí vlak tak, aby mezi kříženími byl konstantní časový interval
-
-

PA-135 Programový pás



PA-135 (Matra)

- Nabízí celkem 3 provozní režimy
 - RAV – režim automatického vedení
 - Strovedoucí pouze dává pokyn k rozjezdu a ovládá dveře a světla
 - Do způsobu jízdy lze zasáhnout pouze nuceným výběhem (jízda setrvačností namísto silou).
 - RVZ – režim vlakového zabezpečovače
 - Strojvedoucí plně řídí vlak
 - Překročení rychlosti kódované v programovém pásu vyvolá, bez ohledu na míru, zásah nouzové brzdy až do úplného zastavení vlaku
 - RTB – režim tlačítek bdělosti
 - Strojvedoucí drží stisknutá tlačítka bdělosti
 - Uvolnění tlačítek, nebo překročení rychlosti 30 km/h vyvolá zásah nouzové brzdy
-
-

PA-135 (Matra)

- Do plně zabezpečených režimů RAV a RVZ je možné přejít jen v tzv. zónách aktivace, vyznačených bílou barvou prog. pásu
 - Různé rychlosti jednoho programu mají umožňovat tzv. chody. Ty jsou přenášeny přeladováním nosné frekvence od 135,0 do 135,5 kHz. Může jich být 11, používá se jen 1
 - Nosný kmitočet je fázově modulován nf kmitočty, přenášejícími doplňkové informace
 - nepřeklenutelné dělení PK (vypne pohony)
 - nástupiště vlevo, vpravo
 - identifikace stanice (spouští vlakový rozhlas)
-
-

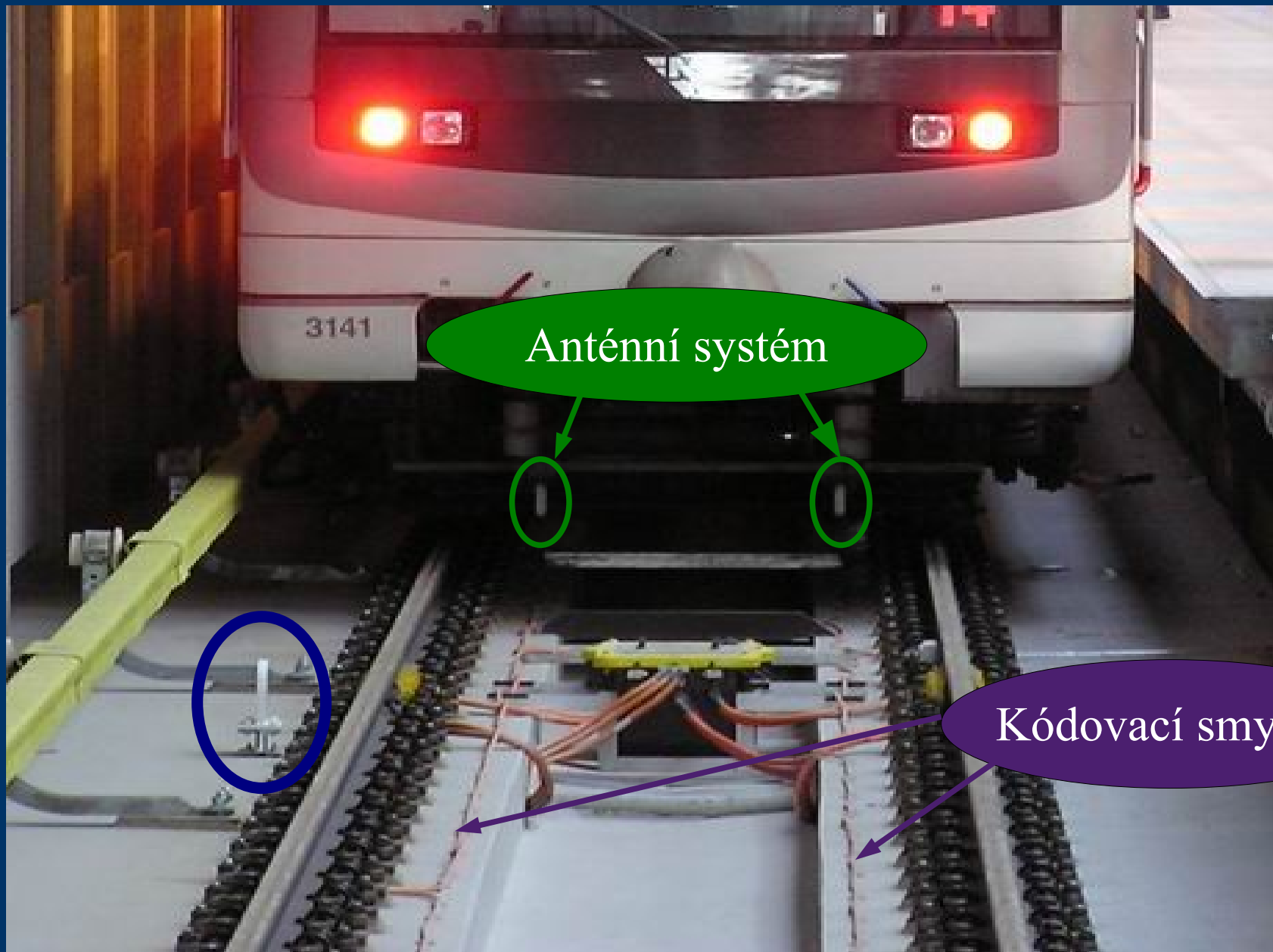
PA-135 (Matra)

- Výhody
 - Automatické vedení vlaků
 - Nezávislost na rušení trakčním proudem
 - Hlídání otevírání dveří na správné straně
 - Nevýhody
 - Nepružné vedení vlaku
 - Zbytečné plýtvání energií mimo špičku
 - *Program* je určen hardwarově
 - Případná dočasná omezení rychlosti je třeba řešit přechodem na RVZ
 - Seběmenší překročení povolené rychlosti okamžitě vyvolává zásah nouzové brzdy
 - Při úpravách traťového svršku je nutno programový pás demontovat
-
-

Liniový Zabezpečovač s Automatizací

- Počítačový liniový VZ, skládající se z
 - Liniového VZ polské výroby SOP-2P (ATP)
 - Nadstavby ACBM-3 realizující ATO
 - V provozu na trase A od roku 2004
 - Přenos návěsti na mobilní část je realizován kódovacími smyčkami mezi kolejnicemi
 - Přenášeny jsou datové telegramy o délce 47 bitů, pomocí FSK modulace, rychlostí 1200 b/s
 - Datové telegramy obsahují rychlostní kódy, doplňkové informace (nástupiště vlevo/vpravo, dělení PK) a data pro ATO nadstavbu
-
-

LZA - hardware SOP-2P



Kódovací smyčka

Anténní systém

LZA - *nastavba ACBM3*

- Nadstavba SOP-2P realizující ATO
 - Vlak si s sebou veze (datový) jízdní řád a mapu trati, obsahující sklonový profil, polohy stanic, návěstidel, atd.
 - Pokročilé automatizační funkce
 - aperiodické změny rychlosti
 - výpočet rychlosti přímo na vlaku tak, aby dojel do další stanice přesně podle jízdního řádu s minimem spotřebované energie
 - ovládání světel, dveří, rozhlasu
 - přesnost zastavování $\sigma = 8\text{cm}^2$ (zadání 0,5 m)
 - Strojvedoucímu umožněno libovolně zasahovat do regulace (nesmí však překročit limity ATP)
-
-

LZA - poznámky

- Princip „mexické vlny“ při průjezdu nepřeklenutelného dělení PK
- Bezobslužný obrát ve stanici Dejvická

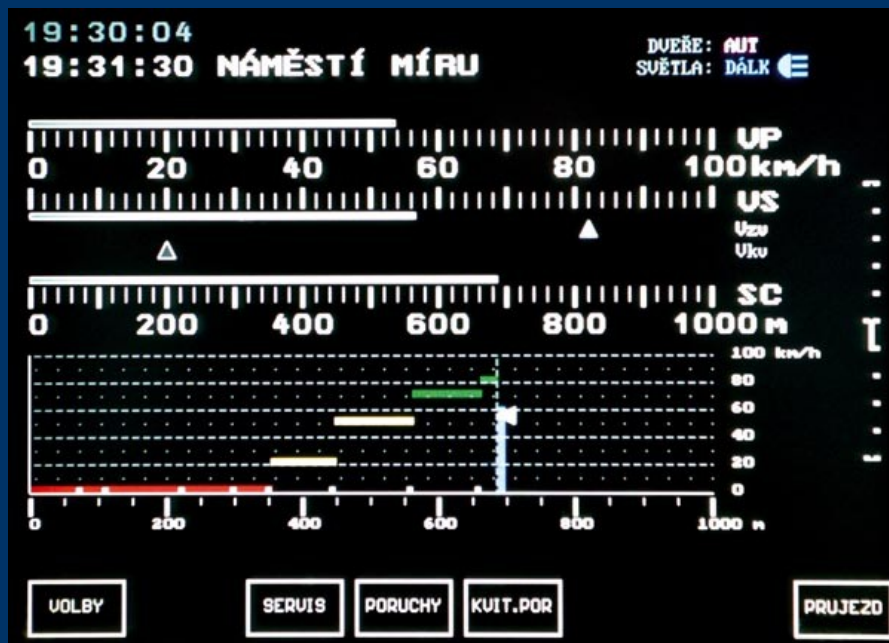


Foto: AŽD Praha, s.r.o.

Foto: AŽD Praha, s.r.o.



Bezobslužný obrat :-)



Zabezpečovací zařízení Metra



Zabezpečovací zařízení Metra

- Staniční
 - pouze ve stanicích s kolejovým rozvětvením
 - Počítačové, typ ESA 11M
 - Nádraží Holešovice, Ládví
 - Depo Hostivař (depo) ESA 11M+
 - Reléové, typ AŽD 71 s úpravou pro metro
 - Ostatní stanice a depa
 - Traťové
 - Reléové, typ AŽD 71
 - Dvoupásové KO
 - Počítače náprav: Nádraží Holešovice, Ládví
 - Jednosměrný autoblok na všech tratích, obousměrný na spojkách do dep (na tr. A od stanice Strašnická)
-
-

Ovládací panel AŽD 71



Foto: Tonda Ježek

Ovládací panel AŽD 71

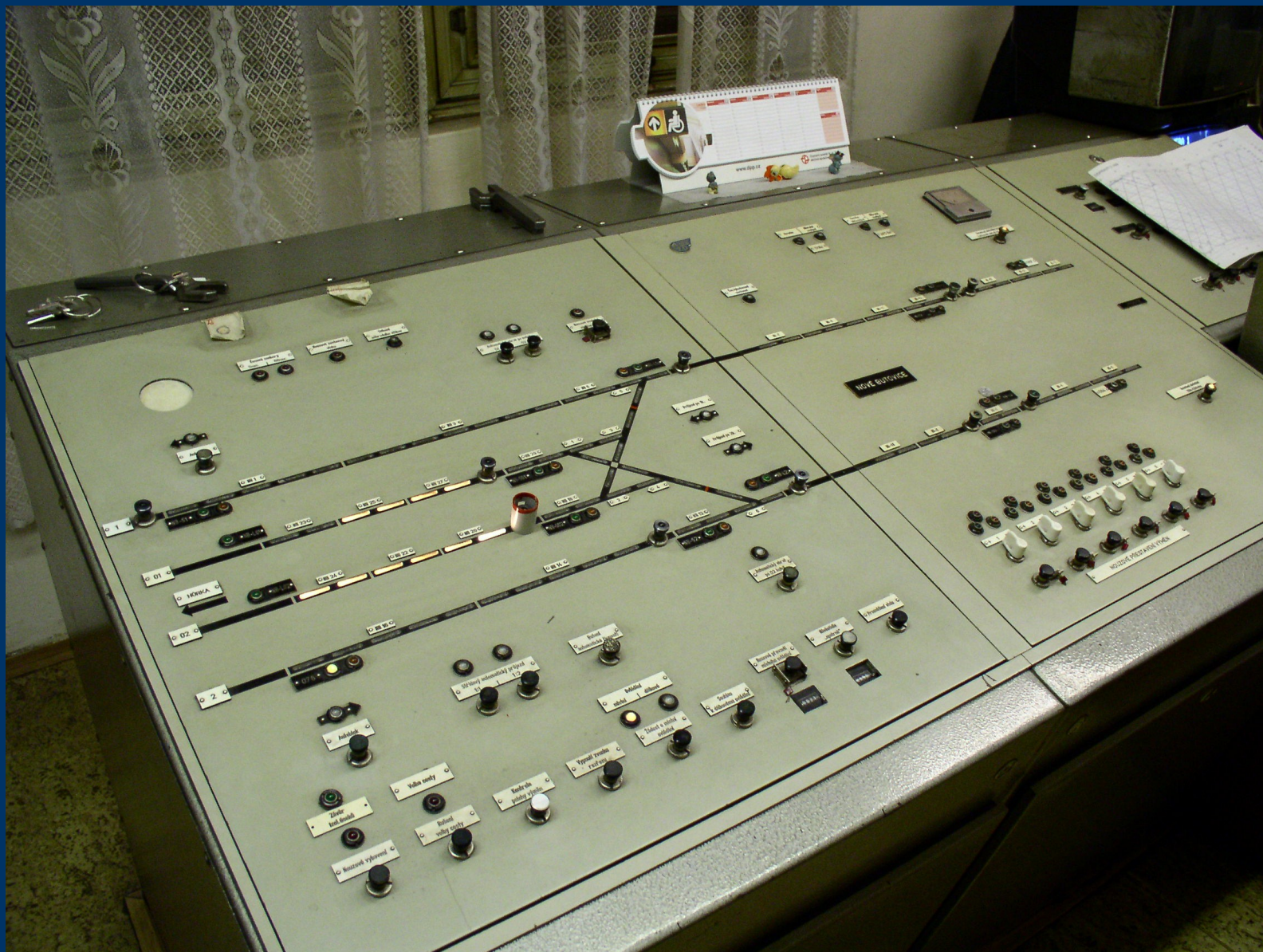


Foto: Tonda Ježek

Automatické stavění jízdních cest

03:04:45 -GVD- ICV terminal_RSJC 1 Alarm RSJC Menu

The interface displays a railway track layout with various signals (L12, L1Y, L1X, L1, L0, L2Z, L2Y, L2X, L2) and switches (S1, S1X, S1Y, S2, S2X, S2Y). A yellow box labeled 'LADVI' is positioned near track 31. The top status bar shows the time 03:04:45, the name of the terminal 'ICV terminal_RSJC 1', and buttons for 'Alarm', 'RSJC', and 'Menu'.

FPV suda →

← FPV licha

Zadání GVD

Tabulka vlaku ve stavu řízení

AKCE	Císlo vlaku z FPV	Stav automatu	Související vlak	Koncová stanice	Koncová kolej	Dopravní dispozice
! x	3	?????		31LA		
! x						
! x						
! x						

Tabulka vlaku ve stavu řízení

AKCE	Císlo vlaku z FPV	Stav automatu	Související vlak	Koncová stanice	Koncová kolej	Dopravní dispozice
! x						
! x						
! x						
! x						

Povelování stanicního automatů

Start Ukonci ulohu Stop

Pevné funkce

Vypnutí houkacky Rusení volby cest Otevri

Foto: Tonda Ježek

Ovládací stanoviště ESA 11M (JOP)

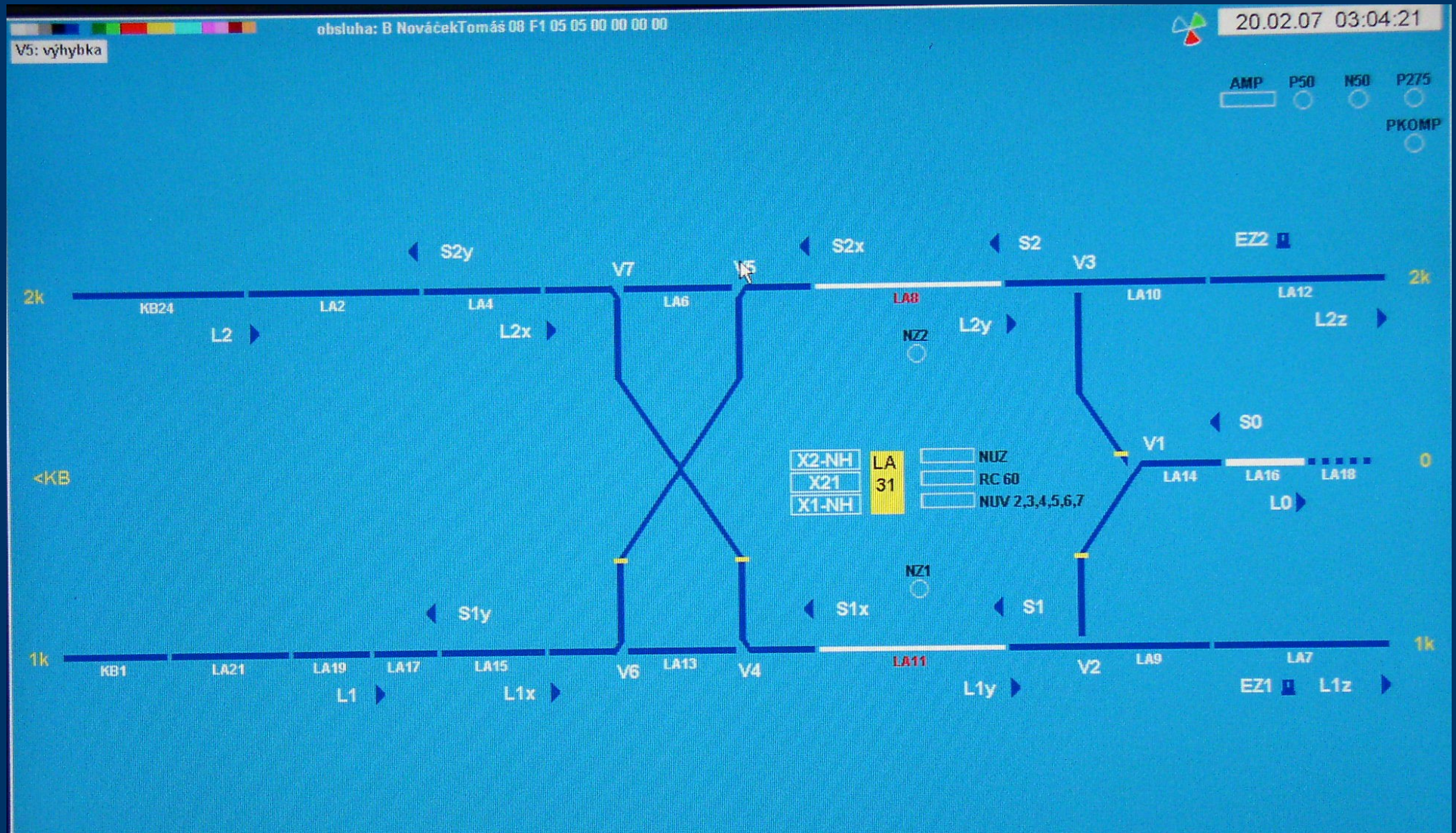


Foto: Tonda Ježek

Nouzové ovládání ESA 11M

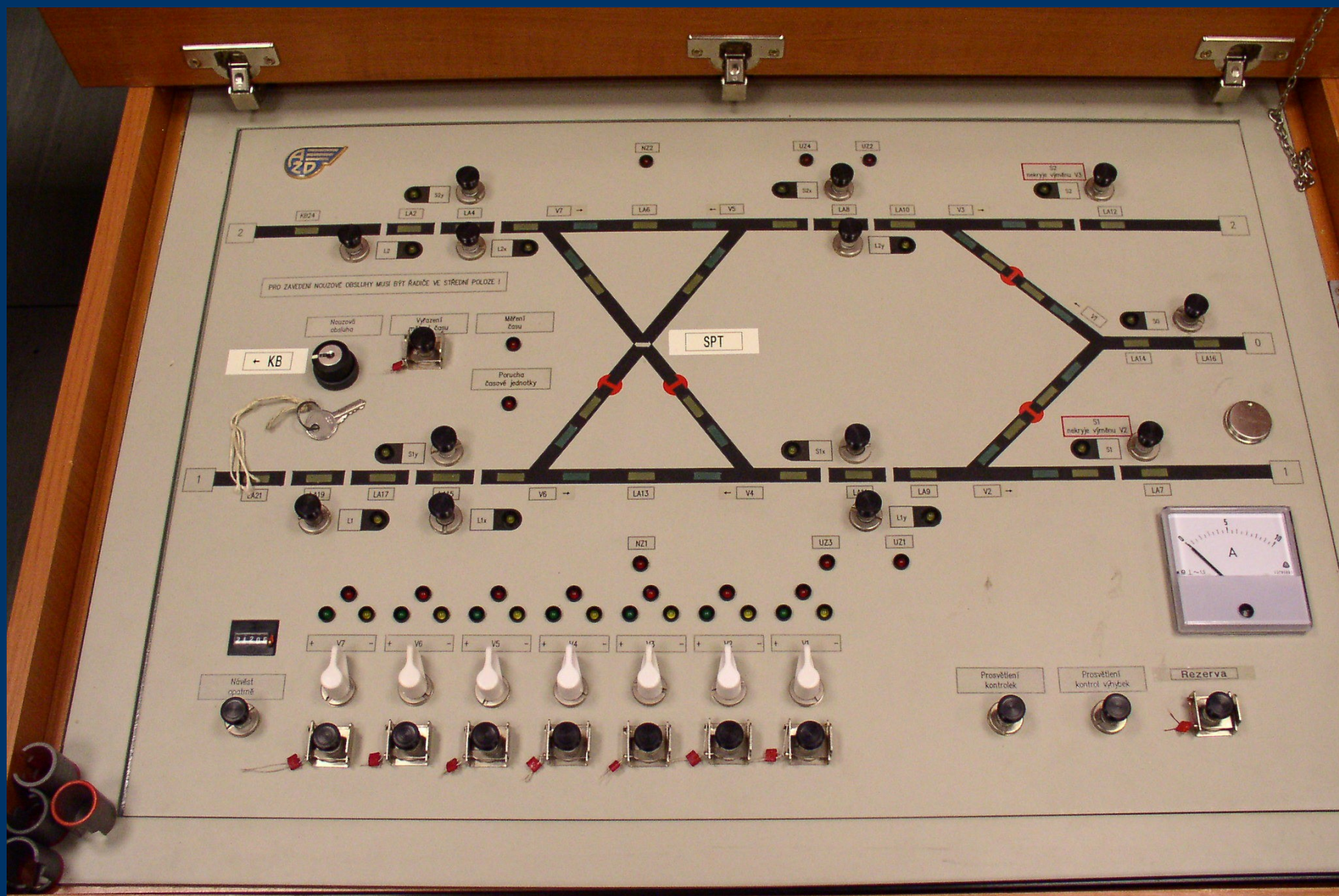
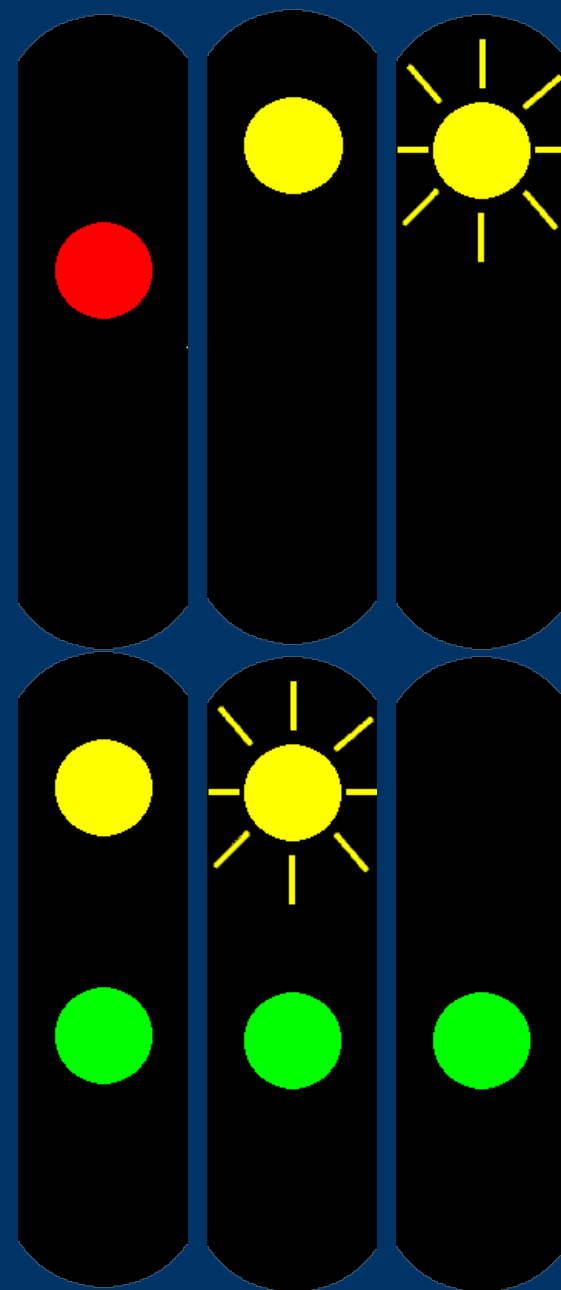


Foto: Tonda Ježek

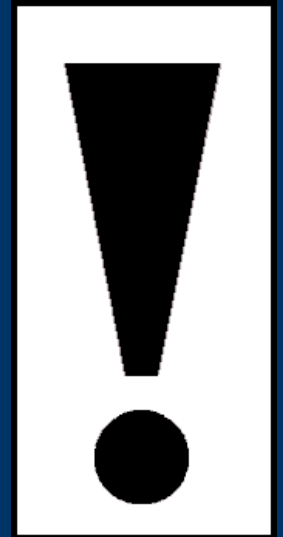
Návěsti

- Návěsti Metra se většinou liší od návěstí čd
- Absolutní návěstidla
 - Nejpovážlivější návěstí je „stůj“
 - Umisťují se např. před výhybky
 - Jsou označeny bílým číslem na červeném podkladu
- Permisivní návěstidla
 - Nejpovážlivější návěst „opatrně“
 - Slouží jako oddílová návěstidla automatického bloku
 - Červené číslo na bílém podkladu



Časové vyhodnocení zastavení vlaku

- Některá absolutní návěstidla, zvláště pak leží-li přímo za nástupištěm, jsou opatřena symbolem vykřičníku
- V takovém případě může být na vlakový zabezpečovač přenášena návěst povolující jízdu, zatímco návěstidlo ukazuje „stůj“
 - Díky tomu může vlak dojet do stanice normální rychlostí
 - Případná výhybka za návěstidlem je nastavena tak, aby vlaku umožnila bezpečně zabrzdit při projetí návěsti „stůj“
- Několik sekund po obsazení KO před návěstidlem nesoulad pomine, kód VZ se změní do souladu se světelnou návěstí



Co bude příště?

- Historie Pražského Metra
 - Podrobně o všech typech vozů, co se v Metru vystřídali
 - Napájení
 - Technologie
 - Další zajímavosti
 - Otevření trasy IV.C2 do Letňan
-
-

Rozloučení

- Děkuji za pozornost
- Neoznačené fotografie, stejně jako většina informací, pocházejí ze serveru **www.metroweb.cz**
- Poděkování patří
 - David Šíla, zeldop.wz.cz
 - Tonda Ježek, mhdcr.biz
- Na shledanou za 14 dní