

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Vliv zabezpečovacího zařízení na technologii
provozu linky C pražského metra

Adam Valeček

Bakalářská práce
2021

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Adam Valeček**
Osobní číslo: **D18349**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy: Technologie a řízení dopravních systémů**
Téma práce: **Vliv zabezpečovacího zařízení na technologii provozu linky C pražského metra**
Zadávající katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Zásady pro vypracování

Úvod

1. Analýza současného stavu zabezpečovacího zařízení na lince C
2. Návrhy na modernizaci zabezpečovacího zařízení na lince C
3. Vyhodnocení dopadů na provozní technologii linky C

Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **30 – 40**
Rozsah grafických prací: **3-4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

DRDLA, Pavel. Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu. 2. upravené vydání. Pardubice : Polygrafické středisko Univerzity Pardubice, 2018. 420 s. ISBN 978-80-7560-189-6.
Staniční řady stanic. Praha: Dopravní podnik hlavního města Prahy.
Provozní předpis Z1/1: Předpis pro obsluhu zabezpečovacího zařízení. Praha: Dopravní podnik hlavního města Prahy, a.s., 2013, 121 s.
Provozní předpis Z3/1: Vlakový zabezpečovač. Praha: Dopravní podnik hlavního města Prahy, a.s., divize Metro, 2005, 57 s.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Pavel Drdla, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání bakalářské práce: **1. února 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2021**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlašuji:

Práci s názvem *Vliv zabezpečovacího zařízení na technologii provozu linky C pražského metra* jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 14.5.2021

Adam Valeček

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Pavlu Drdlovi Ph.D. za trpělivé vedení při zpracování této práce, za všechny připomínky a rady, které mě dovedly až k dokončení bakalářské práce. Dále Bc. Kláře Šaškové DiS. za neocenitelnou pomoc s jazykovou úpravou práce.

ANOTACE

Bakalářská práce po analýze zabezpečovacích zařízení na lince C včetně jeho vývoje do současnosti se zabývá možnostmi jeho budoucí modernizace a posuzuje dopady na provozní technologii linky C.

KLÍČOVÁ SLOVA

Zabezpečovací zařízení, vlakový zabezpečovač, LZA, CBTC

TITLE

Security equipment effect for the technology of operation of Prague metro line C

ANNOTATION

After analyzing the security system on line C, including its development to the present, the bachelor's thesis deals with the possibilities of its future modernization and assesses the impacts on the operating technology of line C.

KEYWORDS

Security equipment, train protection system, LZA, CBTC

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	21
SEZNAM TABULEK	22
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	23
ÚVOD	13
1 Historický vývoj linky C.....	14
2 Charakteristika staničního a traťového zabezpečovacího zařízení linky C	15
2.1 Staniční zabezpečovací zařízení.....	16
2.1.1 Reléové zabezpečovací zařízení	16
2.1.2 Elektronické zabezpečovací zařízení	18
2.2 Traťové zabezpečovací zařízení.....	21
2.3 Vlakový zabezpečovač PA-135	22
2.4 Vlakový zabezpečovač LZA	23
2.5 Vlakový zabezpečovač typu CBTC	24
3 Analýza současného stavu	25
3.1 Staniční zabezpečovací zařízení.....	25
3.2 Traťové zabezpečovací zařízení.....	28
3.3 Vlakový zabezpečovač.....	28
3.4 Shrnutí nedostatků a problémů.....	30
4 Modernizace zabezpečovacího zařízení.....	31
4.1 Staniční zabezpečovací zařízení.....	31
4.2 Traťové zabezpečovací zařízení.....	41
4.3 Vlakový zabezpečovač.....	41
4.3.1 Liniový vlakový zabezpečovač LZA	42
4.3.2 Vlakový zabezpečovač CBTC – Trainguard MT	43
5 Dopady na provoz.....	48
5.1 Dopady na provozní technologii	48

5.1.1	Staniční zabezpečovací zařízení	48
5.1.2	Vlakový zabezpečovač	49
5.2	Dopady na provoz s cestujícími	50
6	Závěr	52
7	Seznam použitých informačních zdrojů	53
	Seznam příloh	55

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Schéma trati C	15
Obr. 2 - Schématický plán polohy stanice I.P. Pavlova doplněný o nová absolutní návěstidla	35
Obr. 3 - Schématický plán polohy ve stanici Háje doplněný o nová absolutní návěstidla	37
Obr. 4 - Návrhový výlukový GVD pro pásmový špičkový provoz v úseku Kačerov Háje	38
Obr. 5 - Návrhový výlukový GVD pro pásmový sedlový provoz v úseku Kačerov-Háje	38
Obr. 6 - Schématický plán polohy ve st. Kačerov doplněný o nová absolutní návěstidla.....	40
Obr. 7 - Návrhové řešení možné realizace traťové části CBTC	45
Obr. 8 - Řez ve stanici s nástupištní stěnou	46

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Seznam poruch za rok 2020 ve stanicích s RZZ	17
Tabulka 2 - Seznam poruch za rok 2020 ve stanicích s EZZ	20
Tabulka 3 - Seznam poruch za rok 2020 na trati s TZZ	21
Tabulka 4 - Seznam poruch za rok 2020 na trati s VZ PA-135.....	23

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ACBM3	Automatizační subsystém, ATO vlakového zabezpečovače LZA
AOV	Automatizovaný obrat vlaku
AP	Access point, Přístupový bod
ARS	Vlakový zabezpečovač s kontrolou rychlosti jízdy vlaku
ASDŘD	Automatizovaný systém dispečerského řízení dopravy
ASJC	Automatické stavění jízdních cest
ATC	Automatic train control, Automatické řízení vlaku
ATO	Automatic train operation, Automatické vedení vlaku
ATP	Automatic train protection, Automatická ochrana vlaku
ASVC	Automatické stavění vlakových cest
CBTC	Communications-based train control
CSR	Central system router, Centrální systémový router
DOC	Dálková obsluha centrálně
DOS	Dálková obsluha ze stavědla
DTO	Driverless train operation, Provoz vlaku bez řidiče
EZZ	Elektronické zabezpečovací zařízení
FON	Fonogram
GoA 2	2. stupeň automatizace, Grade of Automation
JOP	Jednotné ovládací pracoviště
KP	Komunikační počítač
LZA	Liniový vlakový zabezpečovač firmy AŽD
MHD	Městská hromadná doprava
NAD	Náhradní autobusová doprava
OP	Ovládací počítač
OZ	Obsluhující zaměstnanec
PA-135	Vlakový zabezpečovač firmy Matra na lince C
PNO	Panel nouzové obsluhy
PZZ	Provizorní zabezpečovací zařízení
ROV	Rozkaz o výluce
RAV	Režim automatického vedení
RBO	Režim bezobslužného obratu
RTB	Režim tlačítek bdělosti
RVZ	Režim vlakového zabezpečovače

RZZ	Reléové zabezpečovací zařízení
SOP-2P	Vlakový zabezpečovač, ATP vlakového zabezpečovače LZA
STO	Semi-automated train operation, Poloautomatický provoz vlaku
SZZ	Staniční zabezpečovací zařízení
TP	Technologický počítač
TBZ	Technicko bezpečnostní zkouška
UTO	Unattended train operation, Bezobslužný provoz vlaku
VD	Vlakový dispečer
VZ	Vlakový zabezpečovač
ZZ	Zabezpečovací zařízení

ÚVOD

Zabezpečovací zařízení v drážní dopravě je důležitou složkou pro zajištění bezpečnosti provozu a plynulosti dopravy, a proto nemůže zabezpečovací zařízení chybět ani na dráze speciální, kterou je pražské metro.

Zabezpečovací zařízení je rozdělené na staniční, traťové a dále na vlakový zabezpečovač, který má mobilní a stacionární část. Tato zařízení spolu komunikují a zabraňují nebezpečným situacím, které by v provozu mohly nastat poruchou nebo lidskou chybou. Samozřejmě se jedná o techniku, která se neustále vyvíjí a její pokrok nelze zastavit. Novější typy zařízení odstraňují nedostatky zastaralého zařízení, vylepšují způsob detekce poruchy a zabraňují další lidské chybě.

Cílem této práce je zanalyzovat současný stav zabezpečovacího zařízení na lince C a navrhnout řešení, které povede ke zvýšení bezpečnosti provozu s cestujícími a snížení počtu souvislých přepravních výluk.

1 HISTORICKÝ VÝVOJ LINKY C

Oficiální zahájení provozu metra se datuje k 9. květnu 1974 v úseku Sokolovská (dnes Florenc) – Kačerov. Jedná se o linku C, označovanou jako úsek I.C, který má délku 6,6 km a tvoří ho 9 stanic. V průběhu vývoje trasy C došlo k postupnému otevření dalších úseků, od II.C až po IV.C. Linka C byla prodloužena 7. listopadu 1980 o úsek II.C v délce 5,3 km a 4 stanice z Kačerova na Háje. Další prodloužení následovalo 3. listopadu 1984, a to v podobě úseku III.C ze stanice Florenc do stanice Nádraží Holešovice. Jedná se o úsek dvou nových stanic o délce 2,2 km. Další část se otevřela až po dvaceti letech, kdy byl úsek IV.C rozdělen na dva stavební úseky. V roce 2004, konkrétně 26. června byl otevřen úsek IV.C1 ze stanice Nádraží Holešovice na Ládví. Tímto prodloužením vznikly dvě nové stanice o celkové délce 4 km. Poslední úsek IV.C2 byl otevřen 8. května 2008 v úseku Ládví-Letňany. Tato část měří 4,6 km a činí ji 3 nové stanice. Finální podoba linky C vede z Letňan na Háje, měří celkem 20,41 km a sestává z dvaceti stanic. (1)

Na lince C se „prostřídalo“ i několik typů souprav. Provoz byl zahájen tří vozovými soupravami typu EČS (81-709), od roku 1975 začaly jezdit čtyř vozové soupravy a v roce 1979 soupravy metra jezdí již v plné délce pěti vozů. (2) Soupravy EČS byly na lince C dne 29. června 1997 definitivně nahrazeny soupravami typu 81-71, provozovanými na trase až do listopadu 2003, kdy už byl provoz výhradně zajišťován soupravami typu M1. (1)

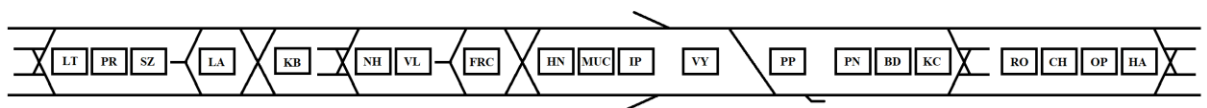
Vlakový zabezpečovač na lince C byl ruský ARS, který byl nahrazen zabezpečovačem PA-135 od francouzské firmy Matra, který je na lince C dodnes a oproti zabezpečovači ARS již nabízí např. funkci automatického vedení vlaku. Zkušební provoz vlakového zabezpečovače PA-135 s přepravou cestujících začíná 14. ledna 1998 s šesti soupravami typu 81-71. (1)

Na lince C ve stanicích s kolejovým rozvětvením (tedy Háje, Kačerov, Pražského povstání, I.P. Pavlova, Florenc, Nádraží Holešovice a depo Kačerov) je reléové zabezpečovací zařízení typu AŽD 71, upravené pro provoz na metru. S rozšířením IV.C jsou stanice Nádraží Holešovice, Ládví a Letňany vybaveny elektronickým zabezpečovacím zařízením typu ESA 11M. Pro traťové zabezpečovací zařízení je na trase mimo stanice s kolejovým rozvětvením použito zabezpečovací zařízení typu AŽD 71 nebo typu ESA 11M. (2) Poslední modernizace staničního zabezpečovacího zařízení proběhla ve stanici Ládví, o víkendů 25. až 26. července 2020, kdy byl systém ESA 11M upgradován na nejnovější verzi.

2 CHARAKTERISTIKA STANIČNÍHO A TRAŤOVÉHO ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ LINKY C

Linka C se skládá z celkem dvaceti stanic a jednoho depa. Staniční zabezpečovací zařízení (dále jen SZZ) se nachází ve všech stanicích s kolejovým rozvětvením a v depu. Traťové zabezpečovací zařízení (dále jen TZZ) se nachází ve všech mezistaničních úsecích a ve stanicích bez kolejového rozvětvení. Všechny kolejové úseky na trati jsou vybaveny kolejovými obvody pro zjišťování volnosti kolejových úseků. Ve stanicích Florenc, Nádraží Holešovice, Ládví a Letňany jsou navíc výhybkové úseky vybaveny počítači náprav. Kolejové obvody jsou spolehlivé, co se týče obsazenosti a mohou detekovat i lom kolejnice, na druhou stranu musí být vybaveny izolovanými styky a musí být elektricky odděleny, což počítače náprav nevyžadují. (3) Nevýhoda počítače náprav nastává, když dojde k nesouladu výsledku napočítaných náprav na vjezdu do kolejového úseku a odpočítaných náprav na výjezdu z kolejového úseku. V takovém případě zabezpečovací zařízení vyhodnotí obsazenost kolejového úseku jako stále obsazený a neuvolní jej. V tom případě je potřeba jej uvolnit nouzově, což ho ale uvolní bez ohledu na to, zda je úsek opravdu volný, nebo obsazený vlakem. Je potřeba tedy volnost kolejí fyzicky zkontrolovat před vydáním nouzového úkonu. (3) Vzniká tedy otázka, zda je toto opravdu krok vpřed a zda výhody, jako třeba nižší pořizovací cena, nepotřebnost izolovaných úseků a „šuntovost kolejníc“, převýší nevýhody oproti kolejovým obvodům, jako jsou například: nemožnost detekce lomu kolejnice, nebo nutná fyzická kontrola volnosti kolejiště v případě poruchy.

Jedná se o trasu, která je v síti pražského metra nejvytíženější a zabezpečovací zařízení v současném stavu povoluje následný interval souprav v délce 90 sekund, což znamená propustnost trati v množství 40 párů vlaků za hodinu. (2) Kapacitu trati by bylo možné zvýšit snížením intervalu mezi vlaky, což by se určitě neobešlo bez modernizace zabezpečovacího zařízení na plně automatizovaný provoz bez strojvedoucího, zabezpečovacím zařízením typu Communication-Based Train Control (dále jen CBTC).



Obr. 1 - Schéma trati C

Zdroj: Autor

2.1 Staniční zabezpečovací zařízení

Na trase se v současné době lze setkat se třemi typy SZZ. Většina stanic s kolejovým rozvětvením a depo používá reléové zabezpečovací zařízení (dále jen RZZ) typu AŽD 71, speciálně upravené pro použití na dráze speciální. Stanice Nádraží Holešovice, Ládví a Letňany mají již elektronické zabezpečovací zařízení (dále jen EZZ), ovládané z jednotného ovládacího pracoviště (dále jen JOP), tedy systém ESA 11M.

Je potřeba se zaměřit na jednotlivé systémy a porovnat jakou ochranu a úroveň obsluhy nám nabízejí, znát četnost poruch a na základě toho vyhodnotit, zda výměna starších RZZ za novější EZZ bude mít smysl. Každá modernizace jednotlivé stanice a jejího zabezpečovacího zařízení bude mít samozřejmě i vliv na provoz metra, konkrétně linky C. Aby nemusel být přerušen provoz s cestujícími na všechny dny výluky, je potřeba zajistit výměny proti jejich přestavení a kvůli výluce ASDŘD u dotčených stanic, kdy není hlídána kontrola volnosti kolejí, řídit provoz jedním ze zvláštních provozních režimů dle předpisu pro dráhu speciální D2/1. (4)

Samozřejmě při modernizaci stanice Letňany k přerušení provozu bude muset dojít. V tomto případě by mohl ze stanice Ládví jezdit jeden osobní vlak kyvadlem po druhé koleji za předpokladu, že vlak v úseku Ládví-Háje provede obrat na první koleji a přes křížení při odjezdu ze stanice přejeđe do druhé koleje. Další problém může nastat při modernizaci stanic Florenc nebo I.P. Pavlova, kdy by se po čas výluky znemožnilo použití spojek s tratí A nebo B. Mezi výhody systému ESA 11M a 11M+ oproti RZZ patří například komunikace SZZ s obsluhujícím zaměstnancem (dále jen OZ), kdy ESA vypíše konkrétní poruchu, která nastala a upozorní na ni akustickým signálem. RZZ dokáže upozornit pouze na rozřez výměny, nebo se při překročení času pro přestavení výměny rozezní zvonek rozřezu. (3)

2.1.1 Reléové zabezpečovací zařízení

RZZ se nachází na stanicích Florenc, I.P. Pavlova, Pražského povstání, Kačerov, Háje a v depu Kačerov. Na těchto stanicích a v depu se nachází stavědlo a reléová místnost. Na stavědlech je ovládací pult typu AŽD 71, pro každou stanicí a depo jiný dle uspořádání kolejí a výhybek ve stanici či depu.

Jedná se o spolehlivou zabezpečovací techniku a je třeba věnovat pozornost tomu, jaké jsou možnosti pro její modernizaci či inovaci. Každá modernizace samozřejmě bude vyžadovat nemalé finanční prostředky a k výměně samotného zabezpečovacího zařízení (dále jen ZZ)

je třeba omezit možnosti jeho ovládání, což bude mít dopad na dopravní stránku provozu. Je tedy potřeba vybrat správnou variantu modernizace a rozhodnout, zda řešení bude mít smysl a pozitivní přínosy pro provoz.

Porucha	četnost za rok 2020
50 Hz	5
Ztráta kontroly polohy výměny	5
Časové vyhodnocení zastavení vlaku	20
Náhradní vlákno	82
Obsazený kolejový / výhybkový úsek	15
Neosvětlené návěstidlo	33
Při přestavení výměny – přepálení rozřezné pojistky	5
Nelze rozsvítit povolující návěst	5

Tabulka 1 - Seznam poruch za rok 2020 ve stanicích s RZZ

Zdroj: (5), data upravena autorem

Z tabulky 1 je patrné, jaké poruchy v roce 2020 na trase z hlediska RZZ nastaly. U poruchy 50 Hz se jedná o výpadek napájení stanice a nemožnost přestavovat výměny. K dispozici jsou samozřejmě záložní baterie, které provoz ústředního přestavování na určitou dobu zabezpečí, ale problém může nastat v obratových stanicích, kde může být pro obrat soupravy v chodu i šest výměn a v takovém případě náhradní napájení dlouho nevydrží. Tato porucha v roce 2020 nastala pouze pětkrát, tudíž zásadní vliv na provoz neměla. Ztráta kontroly polohy výměny je větší problém, kde byla patrná souvislost s opakovaným přepálením rozřezné pojistky při pokusu přestavit výměnu a závada musela být odstraněna.

Časové vyhodnocení zastavení vlaku je časový soubor, který se spustí při vjezdu vlaku do stanice, kde je na odjezdové straně návěstidlo s vykřičníkem. To znamená, že nemusí dojít k souladu mezi vlakovým zabezpečovačem a stacionární částí SZZ. Výměna musí být přestavena do přímého směru, v této poloze musí být zapevněna a držena proti přestavení a zároveň kolej za výměnou musí být volná v zábrzdě vzdálenosti. Funkce má vliv na rychlejší vjezd vlaku do stanice. Po zastavení vlaku ve stanici se spustí časový soubor a po jeho doběhnutí se výměna uvolní a je možné jí přestavit. Při poruše tohoto časového souboru se výměna neuvolní a je nutné jí uvolnit nouzově, což trvá 60 sekund a má to dopady na provoz. Pokud porucha nastane ve špičce, je to velká prodleva, která má vliv na plnění grafikonu vlakové dopravy (dále jen GVD) a na RZZ v roce 2020 nastala celkem 20krát. Sice v roce 2020 došlo k několika poruchám, ale tato funkce ZZ má vliv na rychlejší vjezd vlaku

do stanice proti absolutnímu návěstidlu v poloze stůj při splnění požadovaných podmínek a tím celý rok umožňuje plynulý a bezpečný provoz, který pomáhá při plnění GVD.

Obsazený kolejový nebo výhybkový úsek má za následek nemožnost postavit zabezpečenou jízdní cestu a příprava nouzové cesty a kontrola volnosti kolejí má za následek určité zpoždění na provoz, jak pro obsluhu zabezpečovacího zařízení, tak i pro činnost strojvedoucích, pro které platí snížená rychlost na návěst opatrně, která přikazuje řídit jízdu vlaku podle rozhledu, tedy maximálně 20 km·h⁻¹. Tady lze uvažovat nad záměnou kolejových obvodů za počítače náprav, které jsou na trase pouze ve výhybkových úsecích a pouze v některých stanicích. Nicméně porucha počítačů náprav nebyla na trase C v roce 2020 evidována.

Neosvětlené návěstidlo nebo porucha svícení červeného světla má za následek, že návěstidlo zůstane neosvětlené. V roce 2020 je na RZZ porucha hlášena 33krát, nicméně nejčastější výskyt byl v Depu Kačerov, kde nejsou vlákna návěstních světel zdvojena tak, jako na zbytku trasy, ale byly i výskyty na trase, kde je potřeba zajistit celou jízdní cestu a zajistit její volnost. Na základě těchto úkonů OZ ve stanici může Vlakový dispečer (dále jen VD) dovolit jízdu proti stůj. Na trase jsou všechna návěstní světla v návěstidlech vybavena ještě náhradním vláknem, aby v případě přepálení hlavního vlákna nedošlo k omezení návěstidla a jejich provoz mohl fungovat dál bez omezení. K použití náhradního vlákna v roce 2020 ve stanicích s RZZ došlo v 82 případech. Je vidět, že toto řešení má rozhodně smysl a nezpůsobuje zpoždění v provozu.

Pětkrát v provozu došlo k situaci, kdy na návěstidle nešla rozsvítit povolující návěst vlivem poruchy, která musela být opravena. V takovém případě je potřeba opět zajistit postavení jízdní cesty a zajistit její volnost pro povolení jízdy proti stůj od VD. Za celý rok taková porucha na lince C nastala pouze pětkrát, což ukazuje na celkovou spolehlivost RZZ na trase.

Podrobné informace o jednotlivých stanicích s kolejovým rozvětvením a jejich SZZ reléového typu AŽD 71 jsou rozvedeny v příloze A.

2.1.2 Elektronické zabezpečovací zařízení

ESA 11M nebo 11M+ je ZZ upravené pro provoz na metru ve spolupráci firem AŽD Praha s.r.o. a Starmon s.r.o. Jedná se o ZZ 3. kategorie s vysokou spolehlivostí, dodržující standardy SIL4 dle CENELEC. Jde o elektronické stavědlo, pro které je v reléové místnosti nahrazena drtivá většina složitých reléových obvodů logickými členy. Zůstává pouze malá část relátek pro zajištění napojení na vnější zabezpečovací zařízení v kolejišti. Jedná se o kolejové

obvody, počítače náprav, návěstní žárovky, přestavníky atd. Počítačová část zajišťuje veškeré logické operace a pro zajištění vyšší bezpečnosti jsou počítačové obvody zdvojeny. Komunikace v rámci EZZ ESA 11M na stavědle a se systémem ASDŘD je zajišťována na bázi bezpečné uzavřené sítě Ethernet, CAN a RS-485. (6)

Elektronické stavědlo ESA 11M je schopné pracovat až s dvaceti výhybkami v obvodu vlastní stanice. Verze 11M+, která je určena pro provoz v podmínkách depa, zvládne obsluhu až padesáti výhybek a možnost vybavení i traťovou částí VZ v případě stanice v obvodu depa, ale to není případ depa Kačerov, kde z důvodu zástavby a prostorových podmínek stanice vzniknout nemůže. Zařízení ESA 11M má integrované funkce TZZ, dokáže komunikovat se systémem ASDŘD a všemi druhy liniových VZ. (6)

Dále nabízí dvě úrovně diagnostiky, kdy první zprostředkuje informace OZ a zaznamenává hlášení do seznamu poruch, zatímco druhá úroveň je pouze pro udržující zaměstnance. (6)

V současné době jsou na trasách metra dvě verze EZZ ESA11M, a to verze HW 1.7 a 1.8. Rozdíly a schémata jsou uvedeny v příloze B.

Elektronické zabezpečovací zařízení a elektronická stavědla se nachází ve stanicích Nádraží Holešovice, Ládví a Letňany. Je zde SZZ ESA 11M, které funguje na principu dvou ze dvou, kdy na obou počítačích A a B musí být stejný stav ZZ a v případě poruchy je možné přejít na panel nouzové obsluhy (dále jen PNO), na kterém lze stavět pouze nezabezpečené jízdní cesty. Přejít na PNO je možný pouze se souhlasem VD a po zahájení úkonu pro přechod na PNO „spadnou“ všechna absolutní návěstidla ve stanici na návěst stůj a spustí se časový soubor na 60 sekund. Po jeho uplynutí se zprovozní PNO. Výhybkové úseky jsou vybaveny počítači náprav.

EZZ ESA 11M a 11M+ přináší výhody oproti RZZ, jako například redukci složitých reléových obvodů v reléové místnosti. V reléové místnosti jsou již skříně s výpočetní technikou obsahující výkonné 16 a 32 bitové počítače a relátka pro napojení na venkovní prvky ZZ. Díky tomu má i nízké náklady na údržbu, nabízí vysokou spolehlivost a je kompatibilní s jakýmkoliv liniovým zabezpečovacím zařízením. (6)

Porucha	četnost za rok 2020
Technologický počítač A	5
Technologický počítač B	30
Ovládací počítač A	8
Výpadek komunikace mezi PC údržby a OP	15
Náhradní vlákno	43
Obsazený kolejový obvod	5
50 Hz	5

Tabulka 2 - Seznam poruch za rok 2020 ve stanicích s EZZ

Zdroj: (5), data upravena autorem

Na základě tabulky 2 lze vidět u EZZ poruchy technologických a ovládacích počítačů, což u RZZ problémem není. Počítače jsou zdvojené a pokud nedojde k výpadku obou technologických počítačů (dále jen TP) současně, počítače se zastoupí a EZZ funguje dále. V případě výpadku obou TP současně nastává problém a je potřeba přejít na PNO. Nicméně za rok 2020 k takové situaci nedošlo, nastaly pouze výpadky TP A nebo TP B, které musely být restartovány. Z tohoto hlediska, jak vychází z dat za rok 2020, je tuplovaný systém spolehlivý. Ojedinelé byly i výpadky ovládacího počítače (dále jen OP), kde za celý rok 2020 bylo osm případů, kdy byl výpadek OP A, a v takovém případě jeho funkci pohodlně převezme OP B, bez nutnosti přecházet na nouzovou obsluhu.

Dle tabulky 2 nastaly také poruchy, které se týkaly přepálení hlavního vlákna návěstní žárovky v návěstidlech. Celkem se jednalo o 43 případů, kdy náhradní vlákno nahradilo funkci hlavního vlákna a díky tomu nedošlo v provozu k žádné mimořádnosti v podobě neosvětleného návěstidla, nebo nutnosti návěstidla přejít na povážlivější návěst. Pět obsazených kolejových obvodů neznamenovalo v provozu také žádné velké komplikace. Ve stanicích s EZZ jsou ve všech výhybkových úsecích namontovány počítače náprav a za rok 2020 nebyla registrována jediná porucha počítače náprav. Ve výhybkových úsecích ve stanicích s kolejovým rozvětvením se počítače náprav ukazují jako spolehlivá část zabezpečovacího zařízení.

Porucha 50 Hz, stejně jako u RZZ, nastala pouze pětkrát a je tedy vidět spolehlivost napájecího systému stanic a funkčnost všech systémů, jež jsou pro vedení elektřiny použity.

Podrobné informace o jednotlivých stanicích s kolejovým rozvětvením a jejich SZZ elektronických stavědel typu ESA 11M jsou rozvedeny v příloze C.

2.2 Traťové zabezpečovací zařízení

Na lince C je použito TZZ ve všech stanicích bez kolejového rozvětvení a všech mezistaničních úsecích, kde hlídá volnost kolejových úseků, na které reagují permissivní návěstidla a ovlivňuje VZ, například při použití bezpečnostních tlačítek ve stanici nebo při překročení rychlosti kolem permissivního návěstidla, které nařizuje snížit rychlost.

Porucha	četnost za rok 2020
Náhradní vlákno	73
Obě vlákna zeleného světla	8
Neosvětlená návěstidla – výpadek napájecí sítě	8
Obsazený kolejový úsek	8

Tabulka 3 - Seznam poruch za rok 2020 na trati s TZZ

Zdroj: (5), data upravena autorem

V tabulce 3 je vidět seznam poruch, který nastal v roce 2020 ve stanicích bez kolejového rozvětvení a v mezistaničních úsecích. Díky systému dvou vláken pro návěstní světla v návěstidlech bylo 73 případů, kdy nedošlo k omezení rychlosti vlivem funkčního náhradního vlákna a zachování plné funkce návěstidla. V osmi případech došlo k přepálení hlavního i náhradního vlákna zeleného návěstního světla, což mělo za následek rozsvícení povážlivější návěsti, která neobsahuje zelené světlo, konkrétně návěst rychlost 40. (7)

V osmi případech nastala situace, kdy z důvodu výpadku napájecí sítě zůstalo neosvětlené permissivní návěstidlo, které má status nejvýznamnější návěsti, tedy návěsti opatrně, která nařizuje jet jízdou podle rozhledu, maximálně však 20 km·h⁻¹. (7) Porouchaný kolejový obvod, který se trvale tváří jako obsazený vlakem, způsobí na předchozím permissivním návěstidle taktéž návěst opatrně a zároveň to ovlivní i předchozí návěstidlo, které funguje na předvěst následujícího návěstidla. (7)

Kolejové obvody v tunelech metra jsou spolehlivé, protože i v případě, kdy je obvod obsazen při pokusu o obnovení blokové podmínky, se stane, že se kolejový obvod uvolní, pokud není obsazen vlakem a není porouchán. Tím pádem nemůže nastat situace, kdy by se obvod uvolnil, pokud by byl skutečně obsazen vlakem, což je dáno jeho konstrukcí, kdy náprava s koly fyzicky propojí obvod. V případě použití počítačů náprav se jedná o složitější problém, protože i když ve stanicích s kolejovým rozvětvením ve výhybkových úsecích fungují správně a bezporuchově, tak v tunelu metra už by mohlo docházet k problému kontroly volnosti kolejí, pokud by se dostal počítač náprav do poruchy. V případě resetu počítače náprav totiž dojde k jeho uvolnění i za situace, že se nad ním nachází vlak. (3)

2.3 Vlakový zabezpečovač PA-135

Vlakový zabezpečovač (dále jen VZ) PA-135 je tvořen dvěma funkcemi, a to Automatic Train Protection (dále jen ATP), v překladu automatická ochrana vlaku, a Automatic Train Operation (dále jen ATO), což v českém jazyce může být chápáno jako automatické vedení vlaku. VZ je rozdělen na dvě části, na část traťovou a část mobilní. Při aktivovaném systému ATO je jeho bezpečnost zajištěna systémem ATP, který kontroluje aktuální rychlost, stav návěstidel, bezpečnostní tlačítka a v případě nebezpečí vydá povel nouzového brzdění. Systém ATO vlakového zabezpečovače PA-135 funguje na druhém stupni automatizace (GoA 2), zajišťuje automatizaci jízdy a minimalizaci činnosti strojvedoucího. Pro jízdu v režimu automatického vedení (dále jen RAV), nebo v režimu vlakového zabezpečovače (dále jen RVZ) musí dojít k aktivaci v aktivačním úseku traťové části VZ. Pokud nelze aktivovat RAV či RVZ, je potřeba pokračovat v jízdě v režimu tlačítek bdělosti (dále jen RTB) do příštího aktivačního úseku maximální rychlostí 30 km·h⁻¹. (8)

Jedná se již o poměrně starší zabezpečovací systém, který ale stále funguje spolehlivě, je velice bezpečný, nicméně jsou tu i některé jeho nevýhody, které bude možné odstranit pouze jeho případnou výměnou. Tyto nevýhody spočívají v zásahu nouzové brzdy v mezistaničním úseku, kde nebude aktivační úsek a strojvedoucí může v takovém případě pokračovat pouze 30 km·h⁻¹ v RTB, a to se v závislosti na délce mezistaničního úseku v době špičky může negativně projevit na dodržení GVD a nabrat zpoždění. Další komplikace nastává při práci v kolejišti, kdy je třeba vyměnit stávající dřevěné pražce na železobetonové. V takovém případě je třeba demontovat programový pás VZ a v dotčeném úseku „jezdit“ s vypnutým VZ. Po zpětné montáži programového pásu je ještě nutné provést dynamické zkoušky VZ, aby mohl být obnoven provoz s cestujícími v dotčeném úseku se zapnutým VZ. Tento stav bohužel vyžaduje souvislé výluky, aby mohly být pražce vyměněny, kvůli tomu je provoz metra v dotčeném úseku přerušen, což negativně ovlivňuje pohodlí přepravy cestujících.

Dle tabulky 4 jsou patrné poruchy, které nastaly u VZ Matra PA-135 za rok 2020. Jedná se o několik případů, což dokazuje spolehlivost a funkčnost tohoto VZ. Za rok 2020 nastalo 15 případů, kdy došlo k poruše na VZ PA-135 a vlaková souprava musela odstoupit do depa, čímž došlo k narušení GVD. V osmi případech pak VZ signalizoval ztrátu kódu, což znamená v provozu také zpoždění, z důvodů nuceného použití režimu RTB do nejbližší stanice k dalšímu aktivačnímu úseku.

Porucha	četnost za rok 2020
Porucha PA-135	15
Matra ztráta kódu	8

Tabulka 4 - Seznam poruch za rok 2020 na trati s VZ PA-135

Zdroj: (5), data upravena autorem

Z celkového pohledu je tedy poruch jen několik, nicméně dochází ještě k situacím, kdy dojde vlivem zásahu nouzové brzdy při odjezdu ze stanice, nebo až v mezistaničním úseku, k zastavení vlaku. V takovém případě z důvodu absence aktivačního úseku, a tudíž nemožnosti aktivovat VZ v režimu RAV nebo RVZ, je nutné pokračovat v jízdě v režimu RTB, což má opět negativní dopady na plnění GVD na trase.

Podrobnější informace o VZ PA-135 jsou rozvedeny v příloze D.

2.4 Vlakový zabezpečovač LZA

Tento VZ od firmy AŽD Praha s.r.o. je již namontován lince metra A, i na lince metra B. Na lince B zatím ještě funguje smíšený provoz i s VZ ARS, protože stále nedošlo k rekonstrukci všech souprav typu 81-71M a výměně jejich mobilní části VZ ARS za LZA.

Liniový VZ LZA je elektronický systém navržený k zabezpečení jízdy vlaků s cestujícími a automatizaci jeho činností pod dohledem strojvedoucího. Použití systému je možné například pro podzemní dráhy, jako je pražské metro. Řídí se nahraným GVD a optimalizuje jízdu pro co nejefektivnější spotřebu energie. Tento systém zvládá RAV, bezobslužný automatický obrat a dovoluje snížit následný interval mezi vlaky na 90 sekund. (9)

Technický popis

System využívá informace od ZZ a na základě získaných informací jsou přiděleny povolené rychlosti pro kolejový obvod, ve kterém se nachází vlak, a následující kolejový obvod. Dále zobrazuje počet dalších volných kolejových obvodů k nejbližšímu obsazenému. Informace „dostává“ mobilní část VZ telegramy z traťové části umístěné v kolejišti, kterou tvoří vodičové přenosové smyčky. System LZA dovoluje kombinovat automatické řízení s řízením ručním, a to dle potřeby, zároveň je předem vyloučen nesprávný zásah obsluhy VZ. Vlakový zabezpečovač LZA se skládá ze dvou subsystémů, kterými jsou systémy ATP a ATO. O zabezpečení v provozu se stará systém ATP a o automatické činnosti systém ATO. ATP zajišťuje subsystém SOP-2P a ATO subsystém ACBM3. (9)

Spojením funkce ATO a ATP vzniká plnohodnotný systém třídy ATC (Automatic train control), který zajišťuje bezpečnou, plynulou a efektivně energeticky náročnou jízdu vlaku. Jedná se stále o systém s jedním strojvedoucím, ale jeho činnosti jsou výrazně zjednodušené touto automatizací a zabezpečením VZ. (9)

Podrobné informace o subsystému SOP-2P a ACBM3 jsou uvedeny v příloze E.

2.5 Vlakový zabezpečovač typu CBTC

Vlakový zabezpečovač s technologií CBTC je plánovaný pro použití na budoucí lince D pražského metra. Jedná se o systém, který využívá rádiového signálu mezi všemi soupravami, které „ohlašují“ svoji polohu v systému rádiovým signálem do přístupových bodů na trati, z nichž se data přenesou do radioblokové centrály, ze které se vysílá signál zpět s daty ohledně polohy ostatních vlaků a současné situaci na trati před konkrétním vlakem.

Princip využití tohoto systému spočívá v informacích o přesné poloze všech vlaků na trati v reálném čase, což umožňuje využití takzvaných pohyblivých bloků. Konvenční ZZ používá pevné bloky, které tvoří kolejové obvody a počítače náprav. Zde se konkrétní segment obsadí hned po vjetí první nápravy vlaku a uvolní se až po odjezdu poslední nápravy vlaku na konci daného segmentu. Pohyblivé bloky počítají s informacemi o poloze všech vlaků, kdy VZ ve vlaku ví, kde se nachází vlak před ním, počítá i s určitou bezpečnostní vzdáleností a před touto bezpečnostní vzdáleností vypočítá brzdnu křivku, která se neustále aktualizuje. Tento systém dokáže zvýšit propustnost tratě na interval pod 90 sekund a upravuje rychlost vlaku na rychlost vlaku předchozího, čímž zefektivňuje dynamiku jízdy bez zbytečného brzdění a akcelerace.

Jelikož se jedná o systém bez strojvedoucího, tak jistě nabízí výhody z personálního hlediska, ale je potřeba zajistit také bezpečnost cestujících na nástupištích. Pro tento systém je zapotřebí doplnit nástupiště pro cestující o nástupištní stěny s dveřmi, které budou navazovat na dveře souprav a zamezí cestujícím vstup, nebo pád do prostoru kolejí.

Podrobnější informace o systému CBTC od firmy Siemens jsou uvedeny v příloze F.

3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Analýzou současného stavu ZZ na lince C je posouzení výhod a nevýhod současných systémů a kroků, které by mohly být vedeny k tomu, aby mohl být proces zabezpečování zlepšen a měl pozitivní vliv na plynulost dopravy.

3.1 Staniční zabezpečovací zařízení

Odjezdová a vjezdová absolutní návěstidla

V některých stanicích s kolejovým rozvětvením chybí odjezdová, případně vjezdová (pro nesprávný směr) absolutní návěstidla, která mohou zakázat jízdu vlaku.

Výhody z přidání návěstidla mohou být z hlediska bezpečnosti provozu takové, že momentálně v této stanici OZ nemůže nijak efektivně sám rychle zakázat jízdu vlaku v případě nebezpečí. V případě přerušení provozu vlivem mimořádné události, nebo souvislé výluky, mohou mít funkci krycích návěstidel a nemuselo by se využívat přenosných návěstí, které nejsou zapojeny do SZZ. V případě zvláštního provozního režimu „Telefonické dorozumívání“ pro jízdy osobních vlaků, může tento provoz přítomnost absolutního odjezdového návěstidla urychlit, a to povolením jízdy osobního vlaku povolující návěstí odjezdového návěstidla. Při odchýlném odstavení soupravy v pozici do tunelu je možné postavit zabezpečenou jízdní cestu do mezistaničního úseku a následně zabezpečenou jízdní cestu z obratové koleje na kolej odjezdovou, což v současné situaci nelze, protože z obratu je nutné postavit nezabezpečenou jízdní cestu na staniční kolej, kde může dojít k omylu.

Nevýhoda může nastat v případě poruchy napájení 275 Hz, kolejového obvodu za odjezdovým absolutním návěstidlem, nebo přímo poruchou tohoto návěstidla, kdy na tomto absolutním návěstidle nelze rozsvítit povolující návěst zabezpečenou jízdní cestou. V takovém případě může dojít k určité prodlevě, kdy je potřeba za splnění podmínek zkontrolovat volnost kolejového úseku za návěstidlem, a povolit jízdu vlaku nezabezpečenou jízdní cestou na návěst opatrně, nebo při poruše svícení červeného světla na absolutním návěstidle, VD povolí jízdu proti stůj, což může vést ke zpoždění v provozu a narušení GVD.

Počítače náprav

Z hlediska bezporuchovosti počítačů náprav v roce 2020 je dobré vzít v potaz možnost osadit počítači náprav veškeré výhybkové úseky na lince C. Výhodou počítačů náprav je zejména finanční úspora a nízké náklady na údržbu těchto zařízení. Jelikož by se nejednalo

o mezistaniční úseky, tak by ani nebyl problém s kontrolou volnosti kolejí v případě, pokud by došlo k poruše zařízení.

Staniční zabezpečovací zařízení

Staniční zabezpečovací zařízení jako takové nenabízí automatickou funkci pro obrat takzvaně „proti srsti“. Jedná se o obrat při výlukách, nebo „točení“ souprav v jiných, než konečných stanicích, vlivem mimořádné události ve stanicích, kde je obratová kolej v opačném směru, než kterým vlak do stanice přijel. Jedná se například o stanici Kačerov při provozu Kačerov-Háje a Nádraží Holešovice při provozu pro úsek Letňany-Nádraží Holešovice. Obrat je proveden zabezpečenými jízdními cestami, výhybky jsou kryty absolutními návěstidly a není důvod, proč by to ZZ nemohlo umožňovat. Tento typ obratu umožňuje nadstavba ZZ, terminál s automatickým stavěním jízdních cest (dále jen ASJC), která staví jednotlivé cesty na základě zadaných parametrů u konkrétních vlaků, které se dostanou do rozhodných úseků pro dané cesty. Nicméně v případě mimořádné události a výluky, nelze použít terminál ASJC.

Reléové zabezpečovací zařízení

Při postavení zabezpečené jízdni cesty se zapevní pojížděné i odvrtné výměny pro tuto jízdni cestu určenou závěrovou tabulkou závěrem jízdni cesty. Na ovládacím pultu RZZ se tento závěr projeví svícením zelených průsvitek v kolejovém plánu. (3)

Nevýhodou je fakt, že při obsazení kolejových obvodů v místě závěru se projeví svícením bílých průsvitek a zhasnutím zeleného světla. To v případě poruchy kolejového, nebo kolejových obvodů, případně výpadku 275 Hz způsobí, že nelze poznat, jaký závěr jízdni cesty zůstal zavedený a je potřeba ho nouzově uvolnit. Je zde indikační žárovka, která indikuje přítomnost závěrů a svítí zeleně, kdykoliv je zaveden alespoň jeden závěr jízdni cesty. Je potřeba to zjišťovat jinými způsoby, nebo odplombovat všechny plomby pro nouzové uvolnění závěrů a uvolňovat je všechny najednou. Při rušení konkrétního zavedeného závěru nouzovým způsobem začne závěr do bílých průsvitek svítit ještě přerušovaným zeleným světlem. U EZZ je toto již vyřešeno a obsazený závěrový úsek se zobrazí na obrazovce JOP přerušovanou zeleno-bílou barvou.

U RZZ jsou výhybky ovládaný návěstními tlačítky, nebo individuálně tři polohovými řadiči, které se používají zpravidla v nočních výlukách, nebo při poruchách ZZ, kdy je potřeba připravit nezabezpečenou jízdni cestu přestavením všech řadičů dle závěrové tabulky.

Nevýhodou řadičů je skutečnost, že může dojít k omylu OZ, kdy „přehodí“ všechny řadiče do správné polohy, ale vlivem poruchy nemusí být některé výměny automaticky přestaveny fyzicky v kolejišti a je potřeba je přestavit nouzově, případně nouzově klikou, pokud se jedná o poruchu ústředního přestavování. Tato nevýhoda odpadá u EZZ ESA 11M, kde se všechny výměny přestaví po zadání nouzové cesty a výměny, které se nepřestaví, se vypíšou do tabulky nesplněných podmínek, které musí zajistit OZ zajistit náhradním způsobem. (3)

Elektronické zabezpečovací zařízení

Při poruše ústředního přestavování výměny na EZZ, předpis Z1/1 nařizuje zavést na výměnu individuální nouzový závěr a následně je možné přestavit výměnu nouzově klikou. Tento závěr lze zavést pouze pro tento typ poruchy a po přestavení výměny se musí závěr opět z JOP odstranit. Toto zařízení totiž zná ještě nouzové závěry zavedené postavením nouzové cesty, kdy je na výměnu zaveden další nouzový závěr, které se používají při ostatních poruchách, a tyto závěry lze zrušit jedním povelům z menu stanice, nicméně individuální nouzový závěr se tímto povelům nezruší a je potřeba jej zrušit individuálně z menu výhybky, kde byl zaveden. (3)

Nevýhodou tohoto individuálního nouzového závěru je skutečnost, kdy po jeho ponechání na výměně a postavení zabezpečené jízdni cesty, nebo případně i nouzové jízdni cesty, dojde po průjezdu vlaku přes tento individuální závěr k přepálení rozřezné pojistky na výměně. Důvod je ten, že takto je naprogramován individuální nouzový závěr a nesmí být ponechán v postavené jízdni cestě.

Ve stanicích a depu s RZZ bude v budoucnu dobré modernizovat staniční zabezpečovací zařízení na EZZ typu ESA 11M a ESA 11M+, čímž by se sjednotily ZZ na lince C a zároveň by tím získaly kompatibilitu s jakýmkoliv liniovým VZ. V reléových místnostech by došlo k redukci složitých reléových obvodových soustav, které by byly nahrazeny logickými členy. To by mělo za následek úsporu nákladů na údržbu. Typ EZZ ESA 11M je zařízení, které je schopné obsluhovat až 20 výhybek, verze ESA 11M+, určena primárně pro depa, zvládne obsluhovat až 50 výhybek. (6) Tento počet obsluhovaných výhybek přes EZZ je na trati více než dostačující a v depu Kačerov, kde je obsluhováno ústředně 46 výhybek a jedna výkolejka, by to problém taky neznamenalo. (10)

Výhodu, kterou ještě ESA 11M nabízí, je auto-reverzace chodu výměny, ke které dojde při navolení zabezpečené jízdni cesty, pro kterou se některá výměna nepřestaví do koncové polohy, z důvodu například nějakého předmětu mezi jazykem výměny a její opornicí.

V takovém případě se výměna přestane přestavovat a přestaví se sama do původní polohy, a tím nedochází k činnosti přestavníku na prázdno. Pro individuální přestavování jednotlivých výměn tato funkce nefunguje. U RZZ trvá přestavování individuální výměny tři vteřiny, u dvou sdružených výměn je to vteřin šest. Pokud trvá přestavování výměny na RZZ déle, dojde k odpojení přestavníku, na stavědle se rozezní zvonek rozřezu a výměna nebude ani v jedné krajní poloze. (3)

3.2 Traťové zabezpečovací zařízení

Počítače náprav

Volnost kolejiště je zajišťována kolejovými obvody, které plní svou funkci a dokážou indikovat i lom kolejnice. Kdyby bylo uvažováno o modernizaci a použití počítačů náprav, tak z finančního hlediska může tato modernizace přinést úsporu, ale zmíněná indikace lomu kolejnice již nebude možná. Montáží počítačů náprav v mezistaničních úsecích by mohl nastat problém v případě výskytu poruchy s kontrolou volnosti tohoto úseku.

Nevýhoda tedy spočívá v tom, že v případě poruchy počítače náprav a jeho resetu může dojít k „vygumování“ vlaku, který fyzicky v úseku stojí, což rozhodně není žádoucí stav. Je tedy nejdřív potřeba provést kontrolu volnosti kolejiště pohledem, ale to je v případě mezistaničního úseku v tunelu celkem problematické. Jelikož počítač náprav není fyzicky propojen s izolovanými kolejovými úseky, není schopný kontrolovat celistvost kolejnic.

Výhoda může být v nižších nákladech na pořízení a ve snadnější údržbě.

3.3 Vlakový zabezpečovač

Výhodou VZ Matra PA-135 je jeho spolehlivost a zabezpečení jízd vlaků, nicméně jedná se o starý typ ZZ, který dnešní době již není schopný nabídnout nové možnosti jízd.

Velkou nevýhodou je nutnost aktivačních úseků pro aktivaci režimu RAV nebo RVZ, kdy v případě ztráty kódu, nebo po zásahu nouzové brzdy mimo aktivační úseky, vzniká zpoždění v provozu z důvodu nutnosti použití RTB, který dovoluje maximální rychlost 30 km·h⁻¹. Další nevýhodou je skutečnost, že VZ nedokáže nabídnout funkci automatického bezobslužného obratu (dále jen RBO), který by dokázal provést obrat soupravy bez přítomnosti strojvedoucího.

Využitelnost bezobslužného obratu bez strojvedoucího by byla zapotřebí hlavně v čase špičky, kdy je potřeba obraty souprav urychlit, aby byl dodržen GVD. Díky tomuto typu

obratu by zároveň klesl požadavek na personální obsazení pro manipulační čety, což by například pro pandemickou situaci bylo určitě výhodné, protože po čas pandemie jsou manipulační čety zrušené a na obratech vzniká zpoždění.

Funkci automatizovaného obratu vlaku (dále jen AOV) nabízí například VZ LZA od firmy AŽD v režimu RBO, nicméně pro jeho využití by bylo potřeba zřídit v obratových stanicích nástupištní stěny, které by oddělily koleje od nástupiště. Vlakový zabezpečovač LZA totiž nezajišťuje kontrolu volnosti koleje při odjezdu z obratové koleje na kolej odjezdovou.

Další nevýhoda spočívá v samotné potřebě umístění programového pásu PA-135 v kolejišti. Pro úpravy v kolejišti, jako je například potřeba vyměnit staré dosluhující dřevěné pražce za pražce železobetonové, je potřeba demontovat programový pás a pro tyto práce je potřeba souvislá přepravní výluka. Programový pás je z kolejí potřeba demontovat již pro přípravné práce a tím je dotčený úsek po dobu přípravných prací a prací v samotné výluce bez traťové části VZ. Po dobu přípravných prací se jezdí s cestujícími bez VZ ve dvoučlenné vlakové četě, případně v jednočlenné v RTB, a v souvislé výluce je nutné přerušit provoz v dotčeném úseku.

Tuto nevýhodu dokáže vyřešit například VZ LZA od firmy AŽD, kdy mohou pracovníci traťové služby v nočních výlukách odpojit jednotlivé smyčky VZ LZA, vyměnit několik pražců a po skončení prací smyčky VZ LZA opět zapojit. Výměny tedy probíhají v nočních výlukách a nemá to dopady na provoz s cestujícími, kteří nejsou omezeni a dotčeni možným omezením v městské hromadné dopravě (dále jen MHD).

Nevýhodou může být také fakt, že zabezpečovač PA-135 je instalován pouze na trase C a není kompatibilní s ostatními trasami. Pokud by došlo ke sjednocení VZ na všech třech linkách, mohly by pak všechny přejezdy mezi depy probíhat v režimu VZ a při nedostatku souprav by bylo možné „zapůjčit“ soupravu i na jinou trasu.

Další nevýhoda může vzniknout při navolení průjezdu stanice z pracoviště VD, v takovém případě, pokud jsou postavené jízdni cesty, nebo se jedná o úsek v bez výhybkovém úseku, dojde k projetí stanice. Pokud je potřeba, aby strojvedoucí ve stanici zastavil, je nutné průjezd zrušit. Dále pokud je navolený průjezd ve stanici a strojvedoucí nemá aktivovaný VZ PA-135, nelze v této stanici VZ aktivovat, dokud nebude zrušen průjezd v této stanici.

Problém vzniká i pro nemožnost měnit rychlosti na určených traťových úsecích z důvodu pevně nastavené rychlosti programovým pásem. V režimu RAV nastává problém

při zpoždění, kdy VZ nedovolí soupravě zpoždění dojíždět, právě z důvodů pevně nastavených rychlostí, a eliminace zpoždění je tak možná pouze ve zkráceném stanicování.

3.4 Shrnutí nedostatků a problémů

Dle předchozích třech podkapitol bylo zjištěno, jaké výhody a nevýhody momentálně současný stav nabízí.

Nevýhodou z hlediska SZZ je absence některých vjezdových a odjezdových návěstidel, nevyužití počítačů náprav ve výhybkových úsecích, u RZZ absence indikace zavedených závěrů v obsazeném kolejovém obvodu na indikační desce ovládacího pultu, možnost omylu při ovládní výměn pomocí tří polohových řadičů výměn při zajišťování nouzové cesty v případě poruchy, absence automatické činnosti pro obrat soupravy proti „srsti“, individuální nouzový závěr u EZZ, u kterého nesmí dojít k situaci, že by přes takto zavedený závěr jel vlak.

Výhody při přechodu RZZ na EZZ spočívají v možnostech zredukovat reléovou místnost, odstraněním složitých reléových obvodů a nahrazením skříní s logickými obvody, funkce auto-reverzace u EZZ v případě postavení zabezpečené jízdní cesty, kdy dojde k nepřestavení jedné z výměn do koncové polohy.

Pro TZZ by výměna kolejových obvodů za počítače náprav v současné době neměla význam, protože při použití počítačů náprav je při jejich resetu potřeba vykonat kontrolu volnosti kolejiště a ztráta možné indikace celistvosti kolejnice v mezistaničním úseku není žádoucí.

Pro vlakový zabezpečovač PA-135 je výhoda, že se jedná o spolehlivý zabezpečovač z hlediska zabezpečení jízdy vlaků. Nicméně VZ je již poměrně zastaralý a nevýhody, které se u něj vyskytují, převažují nad pozitivivy.

Nevýhody nastávají v nutnosti aktivace VZ pouze v aktivačních úsecích, což v zásahu nouzové brzdy mimo tento úsek znamená zpoždění v provozu. Dále se jedná o fakt, kdy VZ neumí zabezpečit bezobslužný obrat bez přítomnosti strojvedoucího, nutnost snést programový pás z kolejnic pro výměnu dosluhujících pražců a přerušit provoz v podobě souvislé výluky. Dále také nekompatibilita VZ s ostatními trasami a nemožnost tak využít soupravy z jiných tras.

4 MODERNIZACE ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

Kapitola se zabývá návrhovými možnostmi pro modernizaci SZZ, TZZ a VZ. Na základě analýzy současného stavu jsou k dispozici informace o některých výhodách, či nevýhodách jednotlivých systémů. Tyto systémy se mohou dále vyvíjet a zlepšovat. Cílem by měla být snaha sjednotit SZZ a TZZ na trati C, a dále modernizovat VZ. Pokud by byla cesta modernizace zvolena pro stejný VZ, jako je na trase A a B, došlo by k celkové kompatibilitě mezi všemi trasami. Při použití VZ CBTC vznikne kompatibilita s budoucí trasou D.

4.1 Staniční zabezpečovací zařízení

Pro modernizaci SZZ by bylo vhodné využít systém ESA 11M ve verzi HW 1.8 pro trasu C, a ESA 11M+ ve verzi HW 1.8 pro depo Kačerov. Po modernizaci ve všech stanicích a depu by došlo k sjednocení SZZ na trase C, což by znamenalo lepší orientaci pro udržující zaměstnance, kteří by tak mohli řešit pouze jeden typ zařízení, díky tomu o něm mít hlubší znalosti a rychleji řešit konkrétní problémy. Vyšší počet náhradních dílů pro jednotné zařízení se odrazí na pořizovací ceně a tím lze snížit náklady.

Elektronické zabezpečovací zařízení ESA 11M

Současný stav SZZ na lince C nabízí reléové nebo elektronické ZZ, kde EZZ zatím také není jednotný systém. Stanice Ládví již prošla modernizací na verzi HW 1.8 a v únoru roku 2021 by se měla dočkat i stanice Nádraží Holešovice. Po modernizaci stanice Letňany již bude EZZ na lince C jednotné, a to ve verzi HW 1.8 a bude prostor se zaměřit i na další stanice, které projdou kompletním přechodem z reléového na elektronické ZZ.

Novější verze HW 1.8 je oproti předchozí verzi HW 1.7 doplněna o komunikační počítače (dále jen KP) A a B. Tyto počítače umožňují při výpadku TP A, nebo B, obsluhu EZZ z kteréhokoli OP, čímž ruší nutnost přímé vazby OP A na TP A, případně OP B a TP B. K výpadku EZZ s KP může dojít pouze v případě výpadku obou KP, obou OP nebo obou TP. (11)

Modernizace na EZZ typu ESA 11M, nebo 11M+ nabízí větší spolehlivost, vyšší úroveň zabezpečení a kompatibilitu s dalšími nadstavbami systému, jakým je dálková obsluha a systém ASDŘD. Další výhodou tkví i v kompatibilitě s jakýmkoliv typem liniového VZ.

Výměna SZZ by si samozřejmě „vybrala daň“ v podobě souvislé výluky a přerušení provozu. Tyto výluky by ale také nabídly možnost modernizovat i další části zabezpečovacích zařízení, právě ve výlukou dotčených stanicích, kde je to potřebné.

Stanice na trase C, kde by bylo vhodné doplnit části ZZ:

- Ve stanicích I.P. Pavlova, Kačerov a Háje doplnit odjezdové absolutní návěstidlo v 1. koleji ve směru Letňany, respektive vjezdové absolutní návěstidlo v 1. koleji ve směru Háje.
- Ve stanici I.P. Pavlova doplnit vjezdové absolutní návěstidlo v 2. koleji ve směru Háje, respektive odjezdové absolutní návěstidlo v 2. koleji ve směru Letňany.
- Ve stanicích I.P. Pavlova, Pražského povstání, Kačerov a Háje doplnit výhybkové úseky spolehlivými počítači náprav, které v provozu s cestujícími nabízejí vysokou spolehlivost.

Modernizace na zařízení ESA 11M, nebo 11M+ vyřeší i další drobné nevýhody, které byly řešeny v analýze současného stavu ZZ. Jedná se o drobné nevýhody, které mohou pomoci OZ rychleji řešit poruchy v provozu a dopouštět se co nejméně chyb, které by dále mohly narušit provoz cestujících a plnění GVD, případně způsobit chybným ovládním v noční přepravní výluce problém, který by přetrvával do zahájení provozu a narušil tak provoz cestujících a GVD.

Výhody EZZ oproti RZZ spočívají v následujících funkcích:

- Závěry v obsazeném úseku jsou již na JOP ESA 11M zobrazeny zeleno-bílou barvou a není potřeba ještě zjišťovat, v kterém úseku je zaveden závěr, jako u RZZ.
- Tři polohové radiče pro ovládním výhybek již na JOP ESA 11M nejsou a na monitoru JOP pro postavení nouzové jízdní cesty dojde k vypsání tabulky nesplněných podmínek, kde jsou uvedeny výměny, které se nepřestavily, a je nutné zajistit jejich přestavení náhradním způsobem. Tři polohové radiče jsou k dispozici pouze na PNO.
- Individuální nouzový závěr je oproti RZZ novinka a jedná se pouze o závěr, který nahrazuje držení výhybky radičem, pro její nouzové přestavení klikou. Tento závěr musí být po přestavení z výměny na JOP „sundán“. Přes tento závěr nesmí jet vlak, jinak dojde k přepálení rozřezné pojistky.
- Zabezpečovací zařízení dostane i funkci auto-reverzace chodu výměny.

Individuální závěr na EZZ by bylo potřeba ještě softwarově upravit, aby při jeho projetí vlakem nedošlo k přepálení rozřezné pojistky. Jedná se o závěr, který je potřeba použít pro správné přestavení výměny do požadované polohy, při výpadku napájení a přestavení

výhybky nouzově ručně klikou. V takovém případě je výměna správně postavena a při zavedení nouzové cesty z JOP EZZ, a současném ponechání individuálního závěru na výměně dojde k situaci, kdy jsou všechny výměny pro zamýšlenou jízdní cestu správně postaveny, ale po projetí výhybky se zavedeným individuálním závěrem dojde k přepálení rozřezné pojistky a k indikaci rozřezu výměny. U RZZ po postavení jízdní cesty, kde je přeložen výměnový řadič do správné polohy pro jízdní cestu, k přepálení rozřezné pojistky nedojde. Jedná se o malý krok zpět, na který by bylo dobré v další softwarové verzi myslet a ponechat individuální závěr jako plnohodnotný.

Výměny SZZ budou mít za následek souvislou výlukou, kvůli nutnosti vyloučit ZZ z činnosti a budou muset být rozděleny do několika etap. Jelikož se jedná o velice finančně náročné projekty, tak nelze očekávat výměnu v řádu jednoho roku, nebo dvou let. Nejvýhodnější jsou pro tyto práce víkendové výluky, tedy od sobotního ukončení provozu s cestujícími, do pondělního zahájení provozu, protože o víkendech je snižena poptávka po přepravě v MHD, případně prodloužené víkendy o Velikonocích, nebo například v červenci, kdy jsou dva státní svátky po sobě.

Modernizace musí být rozdělena do etap:

1. etapa Stanice Letňany
2. etapa Stanice Florenc
3. etapa Stanice I.P. Pavlova
4. etapa Stanice Pražského povstání
5. etapa Stanice Háje
6. etapa Stanice Kačerov
7. etapa Depo Kačerov

1. etapa

V první etapě dojde k výměně EZZ ve stanici Letňany, kde stávající HW verze 1.7 EZZ bude nahrazena novější verzí HW 1.8, která řeší určité nedostatky EZZ. Jedná se o poslední stanici s EZZ ESA 11M, která stále nemá nejnovější verzi EZZ. Práce budou naplánovány na souvislou víkendovou přepravní výlukou, během které bude přerušeny provoz v úseku Letňany-Ládví a po jejím úspěšném dokončení budou na lince C pražského metra všechny stanice s EZZ sjednoceny, budou tedy mít jednotnou verzi EZZ a bude se moci pokračovat s modernizací stanic, ve kterých se stále ještě nachází ZZ reléového typu.

Souvislá víkendová výluka si vyžádá provoz metra pouze v úseku Ládví-Háje a v přerušném úseku Letňany-Ládví bude zavedena náhradní autobusová doprava (dále jen NAD) linkou XC, přes zastávky Střížkov a Prosek. V dotčeném úseku do stanice Prosek je možné využít i pravidelnou autobusovou linku číslo 177.

2. etapa

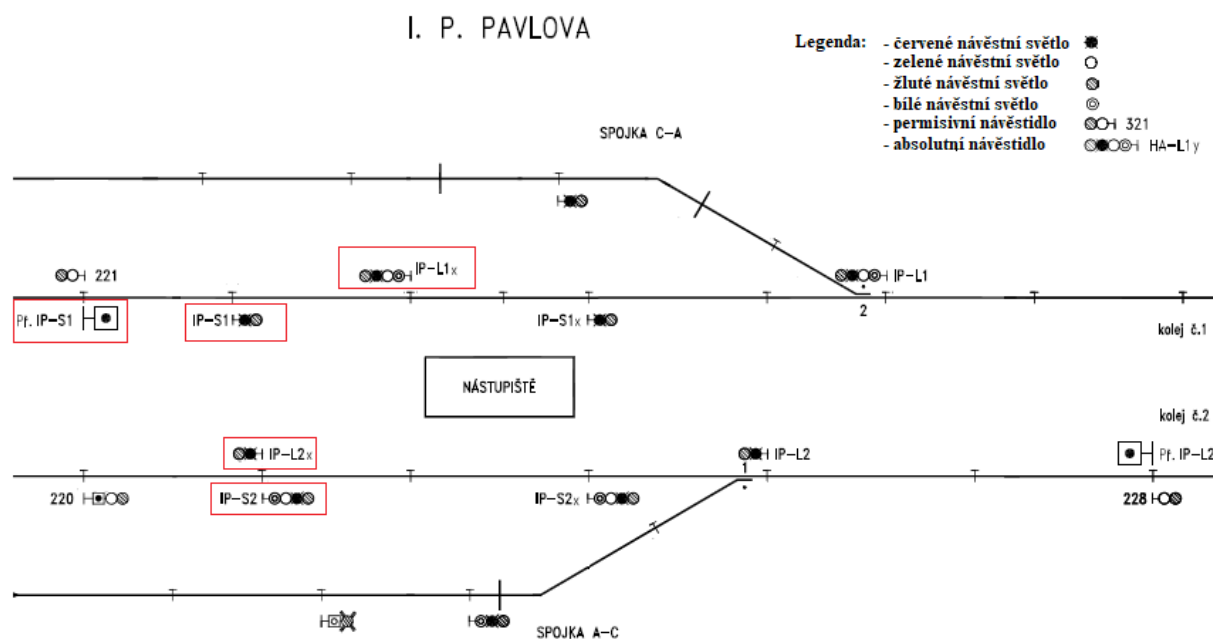
Pro druhou etapu ve stanici Florenc při výměně SZZ reléového typu AŽD 71 za EZZ typu ESA 11M není potřeba doplňovat další absolutní návěstidla, ani počítače náprav do výhybkových úseků. Je potřeba pouze vyměnit ZZ. Jelikož se jedná o komplexní stanici se všemi vjezdovými, cestovými a odjezdovými návěstidly a sedmi výhybkami, bylo by pro výměnu SZZ vhodné využít souvislou výluku přes Velikonoce, nebo v červenci přes víkend a státní svátky. V takto prodloužené souvislé výluce poté provést kompletní výměnu SZZ a provoz metra zajišťovat v úseku Letňany-Nádraží Holešovice a Pražského povstání-Háje.

Pro výluku bude zavedena NAD linkou XC, která bude kopírovat trasu metra C. Linka XC bude zajišťována kloubovými autobusy pro maximální kapacitu cestujících, ze stanice Nádraží Holešovice povede přes zastávky Vltavská, Florenc (kde je možnost přestupu na linku B pražského metra), Hlavní nádraží, Muzeum (kde je přestup na linku A pražského metra), I.P. Pavlova, Vyšehrad a Pražského povstání. Linka XC bude mít interval dvou minut a bude zde zachována závislost na poslední autobusy a poslední soupravy metra s cestujícími.

3. etapa

Během třetí etapy ve stanici I.P. Pavlova při výměně SZZ reléového typu AŽD 71 za elektronického typu ESA 11M je vhodné doplnit absolutní návěstidla pro lepší zabezpečení provozu na lince C. Na obr. 2 jsou uvedena přidaná absolutní návěstidla a jejich předvěsti, konkrétně v 1. koleji se jedná o předvěst Př. IP-S1, vjezdové absolutní návěstidlo IP-S1 a odjezdové návěstidlo IP-L1x. Pro 2. kolej nově přidáno vjezdové absolutní návěstidlo IP-S2 a odjezdové návěstidlo IP-L2x. Význam nových absolutních návěstidel může být v podobě krycích návěstidel a k zakázání vjezdu či odjezdu vlaku do, nebo ze stanice. Ve stanici I.P. Pavlova je sice na stavědle i sada bezpečnostních tlačítek pro nouzové zastavení vlaku a vypnutí napájení přívodní kolejnice, které na většině stavědel chybí,

ale i tak mají nová absolutní návěstidla svoje opodstatnění, např. v případě výluky zde mohou být deponovány soupravy, které budou kryty absolutními návěstidly.



Obr. 2 - Schématický plán polohy stanice I.P. Pavlova doplněný o nová absolutní návěstidla

Zdroj: (12), upraveno autorem

Možný průběh výluky prací

V předstihu bude muset být během nočních výluk připraveno provizorní zabezpečovací zařízení (dále jen PZZ) a během souvislé víkendové výluky ve stanici I.P. Pavlova, kdy bude provoz metra zajišťován pouze v úseku Letňany-Muzeum a Pražského povstání-Háje, bude zprovozněno PZZ JOP ESA 11M pro obsluhu návěstidel IP-L1 a IP-S2 (dle schématu na obr. 2 návěstidlo IP-S2x). (13) Výhybky číslo 1, 2 bude potřeba zamknout v přímém směru. V provozu s obsluhou PZZ nebude zřízená závislost mezi permissivními návěstidly 220 a 224 (ve schématu na Obr. 2 je již místo permissivního návěstidla 224 navrženo absolutní návěstidlo IP-S2) v 2. koleji a permissivními návěstidly 223 (ve schématu na Obr. 2 je již místo permissivního návěstidla 223 navrženo absolutní návěstidlo IP-L1x) a 221 v 1. koleji, kdy PZZ bude pouze kontrolovat volnost kolejových obvodů mezi těmito návěstidly a v případě volnosti těchto obvodů dojde k svícení návěstí výstraha. Přepojování SZZ reléového typu bude probíhat a bude dále zkoušeno v nočních přepravních výlukách.

Pro začátek provozního dne v pondělí je připraveno PZZ pro provoz s cestujícími, kdy nebudou moci být využity traťové spojky s tratí A. V nočních přepravních výlukách budou dále pokračovat práce na přepojování reléové soupravy na EZZ.

V druhé souvislé víkendové výluce již dojde ke kompletnímu přepojení a zapojení EZZ, instalaci nových absolutních návěstidel, osazení výhybkových úseků počítači náprav a provedení všech zkoušek zařízení a jejich funkčnosti, geodetickému zaměření nových návěstidel, aby nedošlo k narušení průjezdného průřezu a k obnovení všech činností SZZ. Nakonec dojde k předání a schválení nového elektronického stavědla pro provoz s cestujícími.

V úseku Hlavní nádraží-Pražského povstání bude zavedena NAD s trasou přes zastávky Muzeum, I.P. Pavlova, Vyšehrad v době obou přepravních víkendových přepravních výluk. Soupravy metra budou jezdit ze stanice Florenc kyvadlově až do stanice Muzeum, nicméně pro lepší obrat autobusových souprav je NAD zavedena již ze stanice Hlavní nádraží, tím je ulehčen přestup cestujících na linku A pražského metra ve směru Háje a zároveň lepší návaznost cestujících na Hlavní nádraží ve směru Letňany.

4. etapa

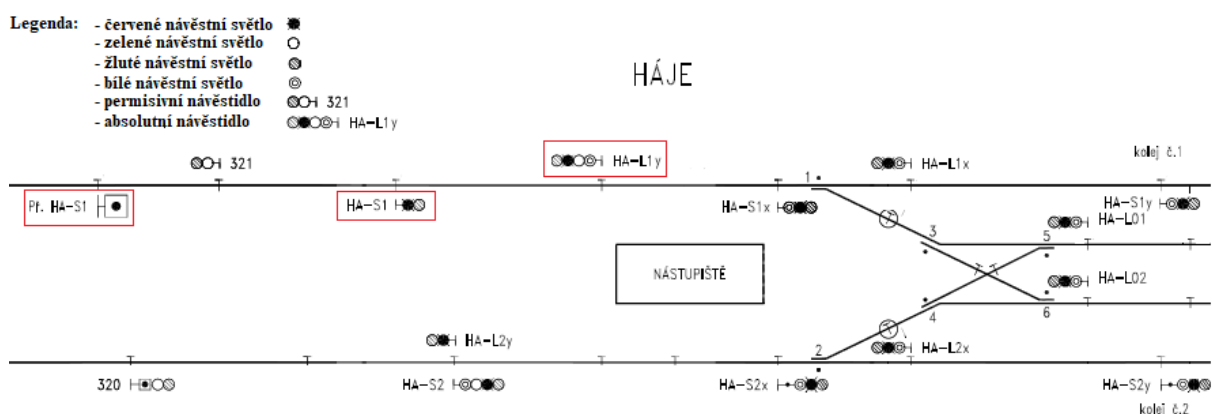
Ve čtvrté etapě ve stanici Pražského povstání jsou z hlediska SZZ všechna vjezdová, cestová a odjezdová absolutní návěstidla a při výměně SZZ bude potřeba doplnit výhybkové úseky počítači náprav. Z důvodu většího počtu návěstidel, která by musela být zapojena do PZZ, kterým by byl zajišťován provoz, by bylo lepší využít prodlouženou souvislou výluku o státních svátcích, využít lze opět například Velikonoce, či státní svátky v červenci. V této výluce by došlo ke kompletní výměně a přepojení SZZ. Provoz by byl zajišťován v úseku Letňany-Muzeum a Kačerov-Háje.

V úseku Hlavní nádraží-Kačerov bude zavedena NAD s trasou přes zastávky Muzeum, I.P. Pavlova, Vyšehrad, Pražského povstání, Pankrác, Budějovická. Soupravy metra budou jezdit ze stanice Florenc kyvadlově až do stanice Muzeum, nicméně pro lepší obrat autobusových souprav je NAD zavedena již ze stanice Hlavní nádraží.

5. etapa

Pro pátou etapu ve stanici Háje je při výměně RZZ za EZZ typu ESA 11M vhodné doplnit absolutní návěstidla pro lepší zabezpečení provozu na lince C. Na obr. 3 jsou přidána

absolutní návěstidla v 1. koleji. Jedná se o odjezdové absolutní návěstidlo HA-L1y a vjezdové absolutní návěstidlo HA-S1. Obě absolutní návěstidla mají smysl, a to například z důvodu odchýlného odstavení elektrické soupravy na 1. koleji v poloze do tunelu, kdy druhá souprava bude deponována na 1. staniční koleji. Z obratové koleje půjde postavit zabezpečená jízdní cesta, protože vlak v tunelu bude za odjezdovým absolutním návěstidlem HA-L1y a bude tímto návěstidlem kryt. Zároveň odstavený vlak v tunelu bude kryt z opačné strany vjezdovým absolutním návěstidlem HA-S1. Práce budou rozvržené na dvě souvislé přepravní víkendové výluky a pracovní týden mezi těmito výlukami, kdy dojde k pracím v nočních přepravních výlukách. Pro tyto práce bude potřeba vypracovat výlukové GVD.



Obr. 3 - Schématický plán polohy ve stanici Háje doplněný o nová absolutní návěstidla

Zdroj: (14), upraveno autorem

Možný průběh výluky prací

V předstihu bude muset být během nočních výluk připraveno PZZ a během souvislé víkendové výluky ve stanici Háje, kdy bude provoz metra zajišťován pouze v úseku Letňany-Kačerov, bude zprovozněno PZZ JOP ESA 11M pro obsluhu výhybky číslo 5, pro obrat ve stanici Háje. (13) Výhybky číslo 1, 2 a 4 budou zamčené v poloze do odbočky a výhybky číslo 3 a 6 bude potřeba zamknout ve směru přímém. V provozu s obsluhou PZZ zůstanou pouze absolutní návěstidla HA-S2, HA-S2x a HA-L01, dále nebude zřízená závislost mezi permisivním návěstidlem 320 a absolutním návěstidlem HA-S2 v 2. koleji a mezi permisivními návěstidly 323 (ve schématu na obr. 3 je již místo permisivního návěstidla 323 navrženo absolutní návěstidlo HA-L1y) a 321 v 1. koleji, kdy PZZ bude pouze kontrolovat volnost kolejových obvodů mezi těmito návěstidly a v případě volnosti těchto obvodů dojde k svícení návěstí výstraha. Ve stanici Háje nebude možné v noci deponovat

Pro začátek provozního dne v pondělí je připraveno PZZ pro provoz s cestujícími. Z důvodu omezení SZZ ve stanici Háje bude pro provoz s cestujícími zavedeno pásmo Letňany-Kačerov, kdy ve špičce každá třetí (viz Obr. 4) a mimo špičku každá třetí (viz Obr. 5) souprava bude ze stanice Kačerov pokračovat do stanice Háje, kde provede obrat.

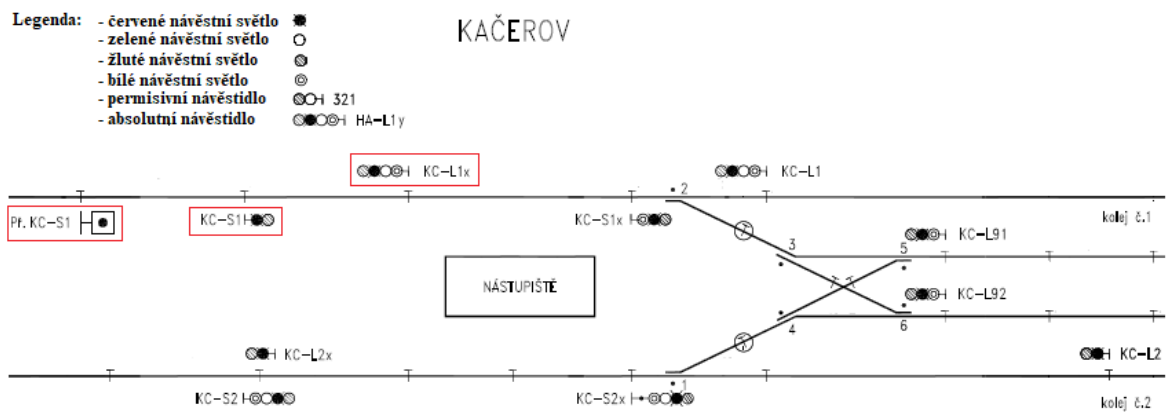
Pro víkendové výlukové práce bude zavedena NAD v úseku Kačerov-Háje, které nahradí provoz metra přes zastávky Roztyly, Chodov a Opatov. Jak ve stanici Kačerov, tak ve stanici Háje jsou autobusová nádraží, které bez problému zvládnou obrat a vyšší četnost autobusových spojů.

6. etapa

Pro šestou etapu ve stanici Kačerov při výměně SZZ reléového typu AŽD 71 za EZZ typu ESA 11M je vhodné doplnit absolutní návěstidla pro lepší zabezpečení provozu na lince C. Na obr. 6 jsou přidána absolutní návěstidla v 1. koleji. Jedná se o odjezdové absolutní návěstidlo KC-L1x a vjezdové absolutní návěstidlo KC-S1. Odjezdové absolutní návěstidlo KC-L1x odstraňuje problém chybějícího krycího návěstidla při přerušení provozu v úseku Pražského povstání-Kačerov, kdy je zavedeno malé kolo v úseku Kačerov-Háje. V tomto případě vlak přijíždějící na 1. kolej do stanice Kačerov ze stanice Háje, bude mít na odjezdové straně ve směru přerušeného úseku návěstidlo v poloze stůj a v případě projetí zasáhne VZ. Z opačné strany bude vjezd do stanice Kačerov krytý vjezdovým absolutním návěstidlem KC-S1.

Varianta 1

Nabízí se varianta s přerušením provozu o souvislé víkendové výluce, spojená se státními svátky, a tehdy provést výměnu SZZ najednou, protože během těchto prací dojde k odříznutí depa Kačerov od trati C. Během souvislé výluky dojde ke kompletní modernizaci SZZ, kdy bude RZZ nahrazeno EZZ, a dále dojde k instalaci nových absolutních návěstidel a instalaci počítačů náprav do výhybkových úseků. Pro tyto práce bude zajišťován provoz metra v úseku Letňany-Pražského povstání.



Obr. 6 - Schématický plán polohy ve st. Kačerov doplněný o nová absolutní návěstidla

Zdroj: (16), upraveno autorem

Varianta 2

Druhá varianta počítá se zavedení PZZ, které by muselo být připraveno dopředu v nočních přepravních výlukách. Práce pak budou rozděleny na dvě souvislé víkendové výluky, kdy provoz metra bude zajišťován v úseku Letňany-Pražského povstání a v první souvislé výluce bude zprovozněno PZZ JOP ESA 11M pro obsluhu výhybky číslo 1 pro možné výjezdy a zátahy z, nebo do depa Kačerov. Výhybky číslo 2, 3, 4, 5 a 6 budou zamčené v poloze do přímého směru. V provozu s obsluhou PZZ zůstanou pouze absolutní návěstidla KC-L1, KC-S2, KC-S2x a KC-L92, dále nebude zřízená závislost mezi permissivním návěstidlem 266 a absolutním návěstidlem KC-S2 v 2. koleji a mezi permissivními návěstidly 271 (ve schématu na obr. 6 je již místo permissivního návěstidla 271 navrženo absolutní návěstidlo KC-L1x) a 267 v 1. koleji, kdy PZZ bude pouze kontrolovat volnost kolejových obvodů mezi těmito návěstidly a v případě volnosti těchto obvodů dojde k svícení návěstí výstraha. Přepojování SZZ reléového typu bude probíhat a bude dále zkoušeno v nočních přepravních výlukách.

Pro začátek provozního dne v pondělí je připraveno PZZ pro provoz s cestujícími. Z důvodu omezení SZZ bude možné provádět zátah do depa, nebo výjezd z depa pouze přes 2. kolej. V nočních přepravních výlukách budou pokračovat práce na přepojování RZZ na EZZ.

V druhé souvislé víkendové výluce již dojde ke kompletnímu přepojení a zapojení EZZ, instalaci nových absolutních návěstidel, osazení výhybkových úseků počítači náprav a provedení všech zkoušek zařízení a jejich funkčnosti, geodetickému zaměření nových návěstidel, aby nedošlo k narušení průjezdného průřezu, obnovení všech činností SZZ.

Nakonec dojde k předání a schválení nového elektronického stavědla pro provoz s cestujícími.

Náhradní autobusová doprava pro Variantu 1 i 2

Pro souvislou výlukou přes prodloužený víkend nebo samotné víkendové výlukové práce bude muset být zavedena NAD v úseku Pražského povstání-Háje přes stanice Pankrác, Budějovická, Kačerov, Roztyly, Chodov a Opatov, která bude zajišťovat provoz ve vyloučeném úseku pražského metra.

7. etapa

V sedmé a poslední etapě dojde k výměně ZZ v depu Kačerov, která si vyžádá souvislou výlukou přes prodloužený víkend a státní svátek, kdy nebude umožněn výjezd a zátah souprav z a do depa. V rámci depa bude výhodnější zachovat kolejové obvody z důvodů rozdílných průměrů kol u osobních a služebních vlaků. Během výluky bude potřeba nahradit ovládací stůl na ústředním stavědle za JOP systému ESA 11M+ a v reléové místnosti nahradit reléové skříně za logické členy, které se napojí na relátka pro výstup k venkovním prvkům.

Bude potřeba vyzkoušet všechny posunové cesty dle závěrové tabulky a vyzkoušet všechny závislosti ZZ, aby bylo vše funkční a připravené pro provoz.

4.2 Traťové zabezpečovací zařízení

V rámci analýzy nebyly nalezeny pro TZZ významné nevýhody, které by bylo třeba zlepšit nebo nahradit. Modernizace se dotkne TZZ v rámci modernizace stanic s kolejovým rozvětvením, kde bude nahrazeno RZZ za novější EZZ, s čímž bude vyměněna i jejich traťová část a lze tedy předpokládat, že v budoucnosti bude celá trať, včetně depa a mezistaničních úseků zabezpečena EZZ.

4.3 Vlakový zabezpečovač

Možnou modernizací VZ na lince C by mohla být jeho výměna za jiný VZ, a to například LZA od firmy AŽD, který již spolehlivě funguje na trase A i B. Na trase B jezdí smíšeně ještě s VZ ARS, protože některé soupravy 81-71M stále neprošly modernizací pro nový zabezpečovač LZA. Jednalo by se tak o sjednocení VZ na všech třech trasách a veškeré soupravy by mohly jezdit po všech tratích se zapnutým VZ. Zvýšila by se tím univerzálnost souprav a jejich využití by se rozšířilo na všechny tři trasy.

Možnosti modernizace VZ je možné vést i cestou bezobslužného metra, kde se nabízí systém CBTC Trainguard MT značky Siemens, který je možné používat i pro smíšený provoz.

4.3.1 Liniový vlakový zabezpečovač LZA

Výměna VZ PA-135 za VZ LZA by přinesla několik výhod oproti stávajícímu stavu a řešila by nedostatky zabezpečovače Matra PA-135:

- Univerzálnost vozových souprav v rámci celé sítě metra, kde by byl jeden totožný VZ, a to by přinášelo možnost využít soupravy i pro jiné trasy, z důvodů velkého počtu souprav v opravě, nebo při mimořádné události, kdy by bylo „odříznuto“ některé depo od trati.
- Byl by odstraněn problém s aktivačními úseky a předcházelo by se zbytečným časovým odchylkám v GVD, způsobeným nutnou jízdou v RTB.
- Konec souvislých přepravních výluk, kdy kvůli výměně pražců je nutné přerušit provoz v dotčeném úseku trati.
- Zároveň by došlo k personálnímu odlehčení, kdy kvůli přípravným pracím pro výměnu pražců je traťová část VZ demontována a v takovém případě musí být vlaková četa dvoučlenná, dále po montáži traťové části VZ po ukončení přepravní výluky pokračují jízdy s dvoučlennou vlakovou četou, až do úspěšně vykonaných dynamických zkoušek VZ PA-135.
- Možnost využití bezobslužného automatizovaného obratu bez strojvedoucího, za předpokladu vybudování nástupištní stěny u hrany nástupiště, což by mělo samozřejmě vliv na personální úspory, kdy nebude potřeba mít ve špičkovém provozu manipulační čety pro obrat souprav v konečných stanicích.

Pro výměnu VZ PA-135 za zabezpečovač LZA bude potřeba dospět postupnými kroky, kdy bude nutné nejdříve osadit kompletní trať linky C traťovou částí VZ LZA v nočních výlukách. Po osazení traťové části zabezpečovačem LZA, vznikne potřeba modernizovat jednotlivé čelní vozy typu M1 mobilní částí zabezpečovače LZA a pokračovat dále ve smíšeném provozu obou VZ. Po kompletní modernizaci vozového parku linky C může dojít k odstranění traťové části VZ PA-135.

Po celkové demontáži traťové části VZ PA-135 již dojde k ulehčení prací pro výměnu starých dřevěných pražců za nové betonové, protože práce budou moci probíhat

v standardních nočních přepravních výlukách a obejde se to bez souvislých přepravních výluk, které mají za následek přerušeni provozu metra v dotčeném úseku, čímž se také sníží dopad na komfort cestování pro cestující. Tím se také samozřejmě sníží negativní ohlasy cestujících na každé přerušeni provozu, přičemž práce budou pokračovat pravidelně dál, což už cestující nezaregistrují.

4.3.2 Vlakový zabezpečovač CBTC – Trainguard MT

Výměna VZ PA-135 za VZ CBTC by přinesla několik výhod oproti stávajícímu stavu a řešila by nedostatky zabezpečovače Matra PA-135:

- Univerzálnost vozových souprav v rámci linky C a budoucí linky D, kde by byl stejný VZ, a to by přineslo jednoduché manipulační jízdy mezi těmito linkami.
- Byl by odstraněn problém s aktivačními úseky a předcházelo by se zbytečným časovým odchylkám v GVD, způsobeným nutnou jízdou v RTB.
- Konec souvislých přepravních výluk, kdy kvůli výměně pražců je nutné přerušit provoz v dotčeném úseku trati.
- Zároveň by došlo k personálnímu odlehčení z důvodu autonomního provozu a uvolnění strojvedoucích na ostatní trasy.
- Po vybudování nástupištích stěn u hrany nástupiště bude zajištěna vyšší bezpečnost cestujících na nástupišti.

Naprostým základem pro tento typ automatizované dopravy je nutnost vybudovat na celé trase C soustavu rádiových přístupových bodů (Access point – dále jen AP) a radioblokových centrál, které budou přijímat signály a data o poloze všech vlaků v dané oblasti a zároveň vysílat data zpět do vlaku. Jelikož většina trasy C je již vybavená LTE signálem, je zde možnost na tuto technologii navázat, vybudovat soustavu AP a centrální systémový router (dále jen CSR). Po vybudování tohoto systému může provoz na trati probíhat ve smíšeném provozu, dokud nebudou dokončeny modernizace všech souprav. Smíšený provoz musí být i nadále dostupný z důvodů přejezdu souprav z trasy A nebo B, ovšem pro VZ Trainguard MT je možné zachovat kolejové obvody a počítače náprav, se kterými je kompatibilní.

Pro bezobslužný provoz metra vzniká nutnost vybavit všechny stanice nástupištními stěnami, které oddělí prostor pro cestující od prostoru kolejí a zamezí tak možnému vstupu neoprávněné osoby, nebo jejímu pádu do prostoru kolejí. Jedná se o bezpečnostní prvek, který zajistí bezpečnost cestujících před jízdou autonomních vlaků a sníží riziko mimořádné

události v podobě střetu osoby s vlakem, nebo například zaběhnutým psem v tunelu metra. Nástupištní stěny by bylo vhodné umístit na nástupišti pro cestující v celé délce, která je určena cestujícím, v plné výšce soupravy a s počtem dvaceti dveří, které odpovídají velikostí dveří souprav.

Dále bude potřeba upravit všechny vlakové soupravy na lince C pro provoz s tímto VZ. Práce je potřeba provádět postupně, aby nebyl narušen provoz z důvodu nedostatku souprav. Provoz následně může probíhat dále ve smíšeném režimu do doby, kdy bude modernizována poslední souprava pro linku C. Poté bude možný přechod na provoz bez strojvedoucího / posádky vlaku a budou moci začít práce na demontáži traťové části zastaralého VZ PA-135 a jeho kompletní odstranění z kolejí.

Možné řešení traťové části CBTC

Dle navrhovaného řešení vybudování systému AP a CSR podle Obr. 7 na trase C, v délce trati 23,228 km, ke které je zapotřebí přičíst také délky traťových spojek A/C, C/A a B/C, a to v délce 2,527 km, a dále také zhlaví depa Kačerov v délce 0,4 km se zkušební tratí 1,465 km. Celková délka trati, určena k vybudování systému AP a CSR, tedy činí 27,62 km.

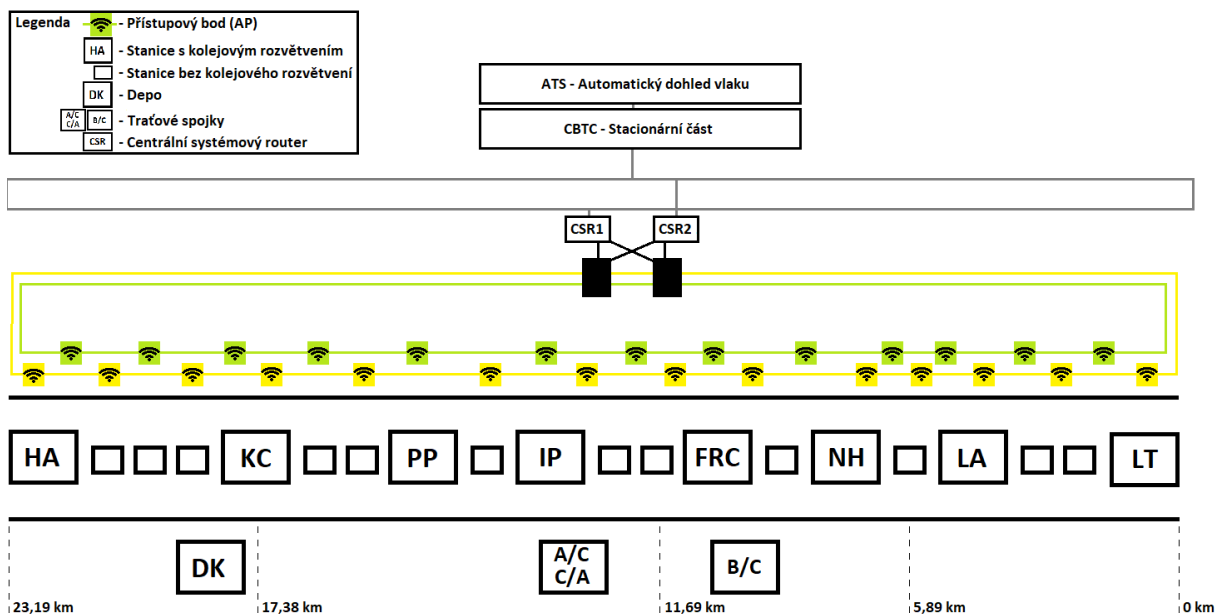
Dosah AP na trati metra dle Siemensu činí 50-500 m, ale je přímo závislý na traťových poměrech, které mohou dosah zkrátit. Jedná se především o sklonové poměry a oblouky.

Počet AP na trati metra a depa Kačerov je navrhován na 260 ks, přičemž tento počet připadá na průměrnou vzdálenost 150 m mezi jednotlivými AP. Tento počet je navrhován z důvodu traťových poměrů na trati, kdy je trať prakticky souvisle ve spádu, či stoupání, obsahuje řadu oblouků, přibližně 13 km trati tvoří jednokolejné tunely, které musí být osazeny AP zvláště a jen přibližně 10 km trati tvoří dvojkolejný tunel. Navrhované řešení počítá se dvěma CSR, kdy CSR1 bude primární pro komunikaci s AP a CBTC, zatímco CSR2 bude plnit funkci redundantního řešení.

Tyto práce mohou probíhat v obvyklých nočních výlukách bez omezení provozu s přepravou cestujících. Práce budou započaty od začátku trati, tzn. od stanice Letňany po stanici Háje, kdy při modernizaci ve stanicích Florenc a I.P. Pavlova dojde k pracím na traťových spojkách. V depu Kačerov mohou práce probíhat bez omezení provozu i mimo dobu obvyklé noční přepravní výluky.

Síla signálu pro příjem signálu na vlaku by měla být ≥ -50 dB, standardně by se hodnoty měly pohybovat kolem hodnoty -30 nebo -40 dB. Vlak dokáže komunikovat i při síle signálu

-60 dB, ale systém automaticky hledá lepší signál z jiného AP a pokud takový signál obdrží, přepne na nové AP.

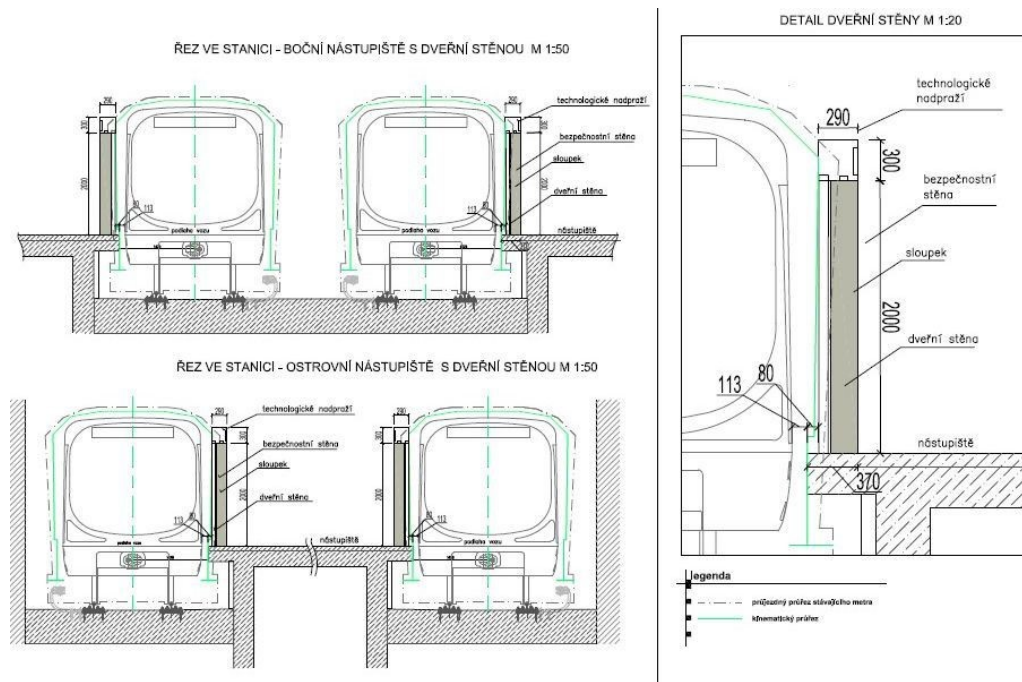


Obr. 7 - Návrhové řešení možné realizace traťové části CBTC

Zdroj: autor

Po dokončení realizace kompletní traťové části CBTC je třeba se zaměřit na vybudování nástupištních stěn a zároveň začít s modernizací souprav typu M1 pro použití s VZ Trainguard MT. Než budou kompletně zmodernizované všechny soupravy typu M1 na trati C a nebudou nainstalovány nástupištní stěny ve všech stanicích, je možné jezdit s VZ Trainguard MT v režimu STO (Semi-automated train operation), tedy se strojvedoucím na čele vlaku v režimu automatického vedení vlaku, který bezpečně zajistí jeho jízdu pro bezpečnost a plynulost dopravy a zároveň bezpečnost cestujících. Pro výstavbu nástupištních stěn budou v nočních výlukách prováděny přípravné práce, možné testování stěn, funkčnosti dveří a správného zastavování souprav. Po veškerých přípravných pracích a odzkoušení stěn bude možné v jednotlivých stanicích o souvislých víkendových výlukách zajistit osazení stěn. Toho času budou stanice uzavřeny pro veřejnost. Jedná se o práce na hraně nástupiště, kdy není možné, aby stanicí projížděly vlaky, tudíž je nutné provoz v dotčeném úseku vyloučit.

Tyto nástupištní stěny jsou realizovány pro každou stanicí na míru, aby byly vedeny v celé délce nástupiště pro cestující a všechny dveře nástupištní stěny odpovídaly dveřím soupravy podle umístění, kde soupravy v každé stanici skutečně zastavují, tzn. před návěstí Místo zastavení.



Obr. 8 - Řez ve stanici s nástupištní stěnou

Zdroj: (17)

1. etapa: Letňany, Prosek, Strážkov, Ládví

V této etapě dojde v souvislé víkendové výluce k přerušení provozu v úseku Letňany-Kobylisy, kdy bude pro tento úsek zavedena NAD ze stanice Letňany do stanice Nádraží Holešovice a provoz metra bude zajišťován v úseku Nádraží Holešovice-Háje. V této etapě jsou prioritní stanice Letňany-Ládví, stanice Kobylisy bude totiž uzavřena i v následující etapě, zatímco zmíněné čtyři stanice budou muset být v provozu.

2. etapa: Kobylisy, Nádraží Holešovice, Vltavská

Zde dojde k souvislé víkendové výluce ve stanicích Kobylisy, Nádraží Holešovice a Vltavská. Provoz metra bude zajištěn v úsecích Florenc-Háje a zároveň Letňany-Ládví. Je potřeba zvládnout všechny tři stanice a stěny otestovat. Zavedena bude NAD v úseku Ládví-Florenc k zajištění dopravní obslužnosti ve vyloučeném úseku.

3. etapa: Florenc, Hlavní nádraží, Muzeum, IP. Pavlova

Pro tuto souvislou výlukou bude přerušeno provoz v úseku Vltavská-Vyšehrad a provoz metra bude zajištěn v úsecích Letňany-Nádraží Holešovice a Pražského povstání-Háje. Pro úsek Nádraží Holešovice-Pražského povstání bude zavedena NAD.

4. etapa: Vyšehrad, Pražského povstání, Pankrác, Budějovická

V další etapě následuje výluka pro úsek Vyšehrad-Budějovická, která omezí provoz metra na úseky Letňany-Muzeum a Kačerov-Háje. V úseku Letňany-Muzeum bude třeba provést úpravu u SZZ ve stanici Florenc, přičemž vlak z 2. koleje, který přijede ve směru Háje, bude přes křížení za stanicí Florenc přejíždět do první koleje a bude zajíždět po 1. koleji až do stanice Muzeum v kyvadlovém provozu. Po návratu soupravy do stanice Florenc na 1. staniční kolej bude možné postavit jízdní cestu opět z 2. staniční koleje na 1. kolej směr Muzeum. Pro úsek Hlavní nádraží-Kačerov bude zavedena NAD ze stanice Hlavní nádraží, a to hlavně z důvodu lepší možnosti obratu autobusů určených pro NAD.

5. etapa: Kačerov, Roztyly, Chodov, Opatov, Háje

Finální etapa si vyžádá přerušování provozu metra v úseku Pankrác-Háje, kdy provoz metra bude zajištěn v úseku Letňany-Pražského povstání a v úseku Pražského povstání-Háje bude zavedena NAD. Je potřeba stihnout všech pět stanic, aby nebylo nutné ještě jednou omezovat provoz s cestujícími. Jelikož se jedná o pět stanic, bude vhodné naplánovat souvislou víkendovou výluku, prodlouženou aspoň o jeden státní svátek, aby byl na práci poskytnut dostatečný časový prostor.

Během modernizace všech souprav typu M1 pro VZ CBTC Trainguard MT, je nezbytné soupravy upravovat postupně jednu po druhé, aby nedocházelo k nedostatku provozuschopných souprav na lince C a nebyl tak narušen provoz s přepravou cestujících a plnění GVD. Všechny nově zmodernizované soupravy budou moci fungovat na lince C s novým VZ a provoz bude ve smíšeném provozu. V nočních přepravních výlukách budou, s již modernizovanými soupravami, prováděny dynamické zkoušky, ověřovací jízdy a zkušební provoz souprav s novým VZ. Tyto testy budou prováděny i v depu Kačerov na zkušební trati, ale je potřeba ověřit provoz i na trati metra v tunelu. Po dokončení modernizace poslední soupravy typu M1, bude možné po všech provedených testovacích a ověřovacích jízdách přejít na zkušební provoz bezobslužného provozu s přepravou cestujících s přítomností strojvedoucího na čele vlaku.

V poslední řadě nastává nutnost demontovat z kolejí programový pás VZ PA-135 a jeho další traťové a staniční zařízení. Bude se jednat o práce v obvyklých nočních přepravních výlukách, kdy bude zařízení postupně demontováno a služebními vlaky odváženo z trati do depa. Demontáž programového pásu VZ PA-135 na zkušební trati depa Kačerov může být naplánována i mimo noční přepravní výluku.

5 DOPADY NA PROVOZ

Dopady na provoz při modernizaci nastanou při souvislých výlukách, kdy na části trasy dojde k přerušení provozu s cestujícími a zavedení náhradní autobusové dopravy v dotčeném úseku. Dále při využití PZZ může být zaveden i pásmový provoz, kdy do dotčeného úseku bude jezdit méně souprav, nebo případný kyvadlový provoz.

Výluky jsou plánovány na víkendový nebo sváteční provoz, kdy je snížena poptávka po přepravě cestujících v MHD. Díky tomu je dopad na pohodlí cestujících snížen na možné minimum.

5.1 Dopady na provozní technologii

Dopady na provozní technologii budou znamenat souvislé výluky a omezení provozu. Práce musí být naplánovány dopředu a ošetřeny formou vydaných rozkazů o výluce (dále jen ROV), dále musí být zajištěna veškerá povolení k zahájení výluky a také náhradní doprava po čas výlukových prací a přerušeného provozu.

Práce jsou plánovány tak, aby bylo reálné je všechny dokončit, následně ZZ náležitě odzkoušet a uvést ho do bezporuchového provozuschopného stavu. V neposlední řadě je nutné zajistit veškeré podklady pro legislativní povolení provozu a kolaudaci. (13)

5.1.1 Staniční zabezpečovací zařízení

Všechny modernizace vedou ke zvýšení bezpečnosti přepravy cestujících a plynulosti dopravy. Díky jednotnému SZZ dojde k vyšší kvalifikaci a odbornosti zabezpečovacích techniků, kteří se tak budou moci naplno věnovat pouze jednomu systému a tím získat o zařízení dokonalý přehled, tedy dostat technologii takřikajíc pod kůži. Jednotné náhradní díly mohou přinést investiční úspory a zároveň mít i více náhradních dílů pro případ výskytu poruchy.

Doplnění navrhovaných absolutních návěstidel ve stanicích s kolejovým rozvětvením bude mít za následek zlepšení zabezpečení jízd elektrických souprav, nebo i služebních vlaků v navrhovaných stanicích. Modernizace v těchto stanicích zajistí i lepší krytí odstavených souprav.

Jednotné použití EZZ na lince C bude mít vliv na větší odbornost OZ, i udržujících zaměstnanců, z důvodu jednotného zařízení na celé trase, kdy všichni zúčastnění dostanou možnost se věnovat už pouze jednomu typu SZZ. Zobrazení kolejového plánu na monitoru

EZZ již zobrazuje závěr v obsazeném kolejovém úseku a jakékoliv mimořádnosti vypisuje ESA 11M v tabulkovém hlášení. Přináší také funkci auto-reverzace, která dokáže při stavění zabezpečené jízdní cesty zabránit přestavovat přestavníku výměnu, která z nějakého důvodu není schopna dosáhnout požadované koncové polohy a automaticky ji vrátí do původní polohy. Nedochozí tedy ke zbytečnému namáhání motoru přestavníku a k situaci, že výměna po odpojení přestavníku nemá kontrolu polohy výměny.

V reléové místnosti již budou pouze skříně s logickými prvky, které jsou napojeny na poslední relátka pro napojení k venkovním prvkům SZZ. Toto uspořádání ulehčí údržbu zařízení v reléové místnosti. Dále již nebudou pevné časové jednotky, které mají vliv přímo na relátka a může být v činnosti pouze jedna. U EZZ jsou již časové soubory naprogramované a může docházet k jejich prolínání, což má pozitivní vliv na čas při řešení případné poruchy.

5.1.2 Vlakový zabezpečovač

Při modernizaci VZ dojde k plnému vyplnění potenciálu souprav typu M1, které s VZ LZA nebo CBTC mohou efektivněji využít energetickou náročnost jízdy, jako například jízdu výběhem, kterou VZ PA-135 nijak výrazně nedovoluje. Díky absenci programového pásu PA-135, kde již nebude pevně naprogramovaná rychlost v každém úseku trati, dojde k možnosti dojíždět i případné zpoždění oproti platnému GVD, protože v současném stavu je možné eliminovat vzniklé zpoždění v RAV prakticky pouze díky zkrácenému stanicování soupravy ve stanici. Přibude možnost bezobslužných automatických obrátů, které urychlí obraty souprav v obratových stanicích, což přinese časovou úsporu a eliminuje situace, kdy souprava odjíždí z obratu se zpožděním. Dále není potřeba dalších manipulačních čtů pro špičkový provoz a dojde k jisté personální úspoře. V případě provozu bez strojvedoucích se naskytne možnost přesunout současné strojvedoucí na zbylé trasy, což řeší i případný problém s podstavem strojvedoucích na metru.

Pro modernizaci CBTC dojde k instalaci nástupištních stěn, které budou bránit nedovolenému vstupu, případně pádu osob do prostoru kolejí, a eliminovat tak i možný střet osoby s vlakem. V případě instalace VZ LZA, by byla montáž těchto stěn nutná pouze v obratových konečných stanicích, aby mohl být plně využitý potenciál bezobslužného automatického obratu. Použití stěn nicméně může snížit náklady potřebné pro opravu souprav, rozbitých vlivem střetu s osobou, najetím vozidla na překážku nebo například vandalismem způsobeným sprejery, které neodradí posprejovat soupravu i přímo u nástupiště.

Díky přítomnosti nástupištních stěn se sníží motivace sprejerů k posprejování souprav, když kvůli nástupištní stěně již nebude možnost pořídit kvalitní fotografie vytvořeného díla.

Při použití VZ LZA vznikne jednotný VZ na všech třech linkách metra, kde mohou být operativně použity všechny soupravy na všech trasách, protože zmizí bariera z různých VZ. Případné rozbití vyššího počtu souprav na některé z tras nemusí znamenat mimořádnost a narušení GVD v důsledku odřikání souprav, neboť zde vznikne možnost vzít soupravu z jiného depa a vystavit jí přejezdem na dotčenou trať.

Při použití systému CBTC naopak vznikne kompatibilita s budoucí linkou D, která bude fungovat na stejném systému a díky budoucí traťové spojce C/D, bude provoz mezi oběma linkami jednodušší a plynulejší, kdy VD může zavést vlaky tak, jak je potřeba a jak to situace na trati umožňuje.

5.2 Dopady na provoz s cestujícími

Důležité je naplánovat veškeré výluky tak, aby byla co nejméně omezená poptávka po přepravě ze strany cestujících. Na základě tohoto požadavku je potřeba plánovat souvislé přepravní výluky citlivě a situovat je do období, kdy je snížená poptávka po přepravě v MHD. Jedná se o období letních prázdnin, víkendů a prodloužených víkendů, které jsou spojeny s některým státním svátkem. V úvahu přichází Velikonoce a červencové svátky, které mohou prodloužit víkend až na čtyři dny a zajistit dostatečný časový prostor pro úspěšné dokončení všech prací s minimálním omezením pro cestující.

V závislosti na lokalizaci dotčeného úseku je nezbytné zajistit náhradní autobusovou, nebo tramvajovou dopravu a zajistit tak dopravní obslužnost vyloučeného úseku metra. Je vhodné myslet i na možnosti bezbariérové dopravy po čas výluky, ale bohužel stále existují stanice, ve kterých je třeba provádět obrat souprav a bezbariérový přístup do stanice neexistuje. V takovém případě je možnost využít některý z již zavedených bezbariérových autobusových nebo tramvajových spojů.

Po finální modernizaci VZ PA-135 na lince C ubude souvislých přepravních výluk, které si momentálně vyžadují práce, při kterých je nutné demontovat traťovou část VZ PA-135. Výhledově to tedy znamená méně souvislých přepravních výluk a přerušení provozu, což cestující jistě ocení a sníží to negativní reakce na přepravu cestujících v pražském metru, kdy se nebude přerušení provozu opakovat každoročně formou plánovaných prací.

Další výhodou modernizace VZ pro cestující bude plynulejší provoz a eliminace zpoždění souprav vlivem pomalejšího obratu souprav, nebo zásahu VZ v tunelovém úseku, kdy současný VZ nedovoluje plnou rychlost, ale pouze $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, a to samozřejmě generuje zpoždění, které cestující vnímají negativně, což má vliv na jejich celkovou spokojenost.

Přítomnost nástupištních stěn na všech nástupištích, nebo pouze na konečných obratových stanicích, zvýší bezpečnost cestujících, kteří již budou fyzicky odděleni od prostoru kolejí. V ideálním případě vymizí situace, kdy dojde k pádu osoby do kolejí, jakou může být např. ztráta orientace zrakově postižené osoby, dále nebude tolik případů ztráty předmětů v kolejích, např. mobilní telefon, klíče, peněženka a tak podobně, kdy cestující následně vstupují do kolejí pro tyto spadlé předměty a riskují pobyt v blízkosti přívodní kolejnice, případně nejsou ani schopni následně kolejiště opustit vlastní silou. Dále by díky nástupištním stěnám mohly významně poklesnout situace, kdy dojde k posprejování soupravy u nástupiště, které znamená odstup soupravy do depa a tím narušení provozu.

6 ZÁVĚR

Po vyhodnocení analýzy současného stavu zabezpečovacího zařízení na lince C pražského metra byly nalezeny nedostatky, které mohou být odstraněny modernizací. Jedná se o složitou proceduru, kterou je potřeba naplánovat, a která si vyžádá určité omezení v provozu, ale v konečném důsledku bude mít pozitivní přínos pro provoz na lince C, jak pro cestující, tak i z hlediska technického a personálního zabezpečení provozu. Řeší bezpečnost provozu a zlepšení plynulosti dopravy, eliminací zpoždění a souvislých přepravních výluk, které způsobují u cestujících negativní pohled i důvěru v cestování městskou hromadnou dopravou v Praze.

Při použití VZ LZA dochází ke sjednocení všech třech tratí pražského metra, což přináší univerzálnost použití všech souprav na všech třech tratích, s čímž se pojí větší možnost operativních záloh a eliminuje se problém při nedostatku souprav a jejich odříkání v provozu. Dále v obratových stanicích dochází ke zvýšení bezpečnosti cestujících použitím nástupištních stěn a oddělení prostoru nástupiště s prostorem kolejí. Díky nástupištním stěnám lze využít bezobslužný obrat souprav pro urychlení jejich obratu ve stanici

U varianty s VZ CBTC se počítá s přítomností nástupištních stěn ve všech stanicích, které výrazně snižují možnost střetu osoby s vlakem a narušení provozu. Provoz s pohyblivými bloky má za následek možnost snížení intervalu souprav, a i rychlejší a operativnější vystavení zálohy, či mimořádného vlaku do oběhu, kdy je nutné posílit provoz. Dále přináší budoucí kompatibilitu s budoucí trasou D, u které je počítáno se stejným systémem zabezpečení.

Cíl bakalářské práce, stanovený v části úvod, byl dle názoru autora splněn.

7 SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) REJDAL, Tomáš. *Metroweb* [online]. [cit. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://metroweb.cz/>
- (2) DRDLA, Pavel. *Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu*. 2. upravené vydání. Pardubice: Polygrafické středisko Univerzity Pardubice, 2018, 420 s. ISBN 978-80-7560-189-6.
- (3) *Provozní předpis Z1/1: Předpis pro obsluhu zabezpečovacího zařízení*. Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy, a.s., 2013, 121 s.
- (4) *ROV 2020-059: Výluka SZZ a ASDŘD ve stanici LA*. 4. opravené vydání. Praha: Dopravní Podnik hl.m. Prahy a.s., 2020, 7 s.
- (5) *Hlášení o provozu*. Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy a.s., 2020.
- (6) AŽD PRAHA. ELEKTRONICKÉ STAVĚDLO PRO METRO: TYP ESA® 11M, ESA® 11M+. *Azd.cz* [online]. Praha: AŽD Praha s.r.o. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: <https://www.azd.cz/admin-data/storage/get/248->
- (7) *Provozní předpis D1/1: Návěstní předpis pro metro*. Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy a.s., Metro, 1999, 47 s.
- (8) *Provozní předpis Z3/1: Vlakový zabezpečovač*. Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy, divize Metro, 2005, 57 s.
- (9) AŽD PRAHA S.R.O. LZA: LINIOVÝ VLAPOVÝ ZABEZPEČOVAČ S AUTOMATICKÝM VEDENÍM VLAPOŮ METRA (ATC). *Azd.cz* [online]. Praha: AŽD Praha s.r.o. [cit. 2020-12-26]. Dostupné z: <https://www.azd.cz/admin-data/storage/get/249->
- (10) *Provozní řád depa Kačerov*. Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy, 1993, 190 s.
- (11) *Příručka JOP EZZ*. Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy, 2019.

- (12) *Staniční řád stanice I.P. Pavlova*. Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy, a. s., 65 s.
- (13) *DP-Kontakt: list pracovníků Dopravního podniku hl. m. Prahy, akciové společnosti*. Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy, 1996, . ISSN 1212-6349.
- (14) *Staniční řád stanice Háje*. Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy, a. s., 2010, 71 s.
- (15) *GVD 82C*. Praha: Dopravní podnik hlavního města Prahy, odd. 100510 - JŘ Metro a Tramvaje, 2020, 21 s.
- (16) *Staniční řád stanice Kačerov*. Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy, a. s., 2010, 61 s.
- (17) Dopravní systém: Technologie CBTC. *Dpp.cz* [online]. Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://www.dpp.cz/metro-d/popis-projektu/dopravni-system>
- (18) *Staniční řád stanice Florenc C*. Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy, a. s., 2010, 79 s.
- (19) *ROV 2020-067: Výluka SZZ a ASDŘD ve stanici NH*. Praha: Dopravní Podnik hl.m. Prahy, 2020, 4 s.
- (20) AŽD PRAHA S.R.O. AUTOMATICKÉ VEDENÍ VLAKU (ATO): TYP ACBM3. *Azd.cz* [online]. Praha: AŽD Praha s.r.o. [cit. 2020-12-26]. Dostupné z: <https://www.azd.cz/admin-data/storage/get/250->
- (21) AŽD PRAHA S.R.O. VLAKOVÝ ZABEZPEČOVAČ (ATP): TYP SOP-2P. *Azd.cz* [online]. Praha: AŽD Praha s.r.o. [cit. 2020-12-26]. Dostupné z: <https://www.azd.cz/admin-data/storage/get/251->
- (22) Trainguard MT. *Mobility.siemens.com* [online]. München: Siemens Mobility GmbH, 2018 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:ab68c904-08fd-416c-8e28-60a18f8012af/smocbtctrainguardmten.pdf>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A - RZZ ve stanicích na lince C

Příloha B - ESA 11M VERZE HW 1.7 a 1.8

Příloha C - EZZ ve stanicích na lince C

Příloha D – VZ PA-135 traťová a mobilní část

Příloha E – VZ LZA subsystém SOP-2P a ACBM3

Příloha F – Siemens Trainguard MT a Airlink

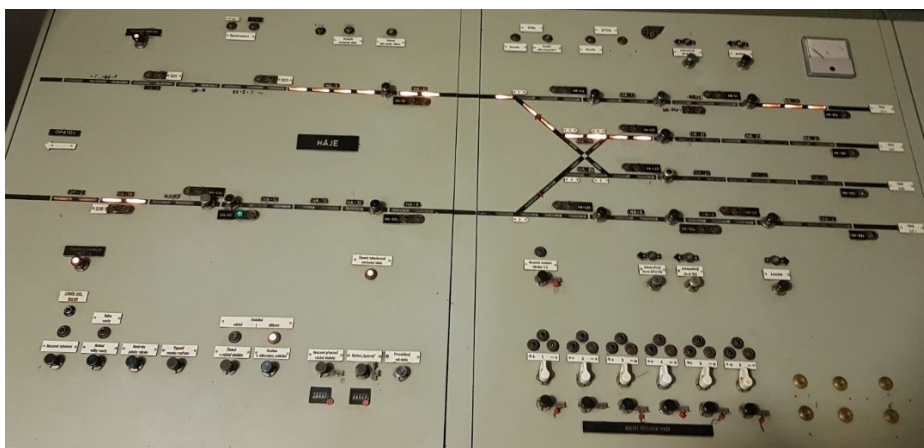
PŘÍLOHA A - RZZ VE STANICÍCH NA LINCE C

Příloha obsahuje informace o staničním reléovém zabezpečovacím zařízení ve stanicích na lince C.

HÁJE

Stanice Háje je konečná stanice na lince C s RZZ. Ve stanici se nachází dvě odstavné a obrátové koleje 01 a 02 a také odstavné koleje 1A a 2A, které jsou obě rozdělené na dvě deponovací místa. Standardně se zde po ukončení provozu s cestujícími odstavuje osm souprav. Ve stanici je zapojená i dálková obsluha ze stavědla (dále jen DOS) s terminálem ASJC, přes který lze obsluhovat RZZ přes dálkovou obsluhu jak ze stavědla, také lze předat na dálkovou obsluhu centrální (dále jen DOC), která je na pracovišti VD. Po navolení GVD a zapnutí povelování staničního automatu funkce ASJC, systém automaticky staví jízdní cesty pro oběhy tak, jak následují v GVD a podle zvolených parametrů. Čísla oběhů přiřazuje nadstavba indikace čísla vlaku.

Z dopravního hlediska má stanice Háje téměř všechny zabezpečovací prvky. Chybí zde jedině odjezdové absolutní návěstidlo v 1. koleji ve směru Letňany. Existuje možnost pro zlepšení a dodělání návěstidla, které může zakázat nebo povolit jízdu vlaku. Zřízení tohoto návěstidla může mít vliv na reagování OZ v případě mimořádné události pro zakázání odjezdu soupravy ze stanice. V případě poruchy to může mít vliv na plnění GVD, ale dle hodnot z Tabulky 1 nastává situace poruchy návěstidla jen ojediněle. Samozřejmě při poruše kolejového obvodu za tímto návěstidlem by bylo nutné návěstidlo obsluhovat pro nezabezpečenou jízdní cestu, zatímco v současné situaci by na permisivním návěstidle v takové situaci svítla návěst „opatrně“ pořád sama a automaticky.

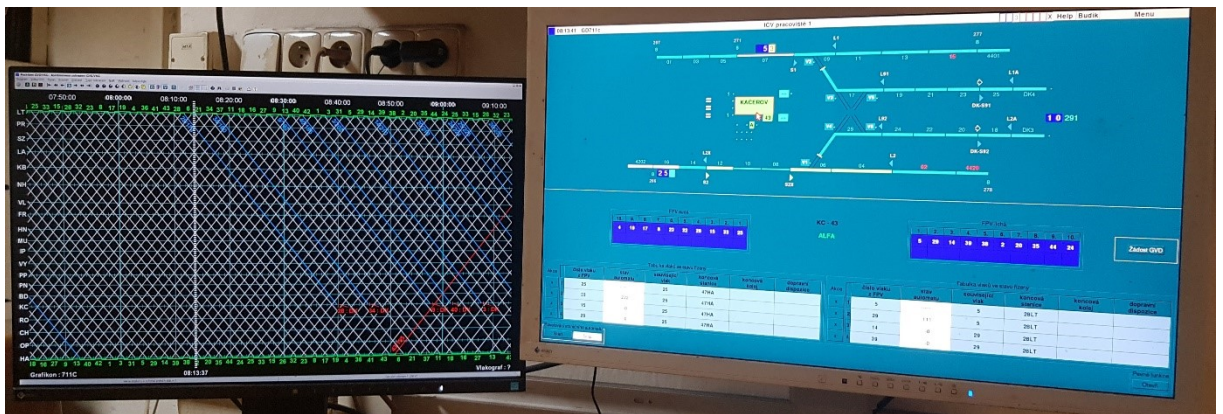


Obr. 1 - Ovládací panel ve stanici Háje

Zdroj: Autor

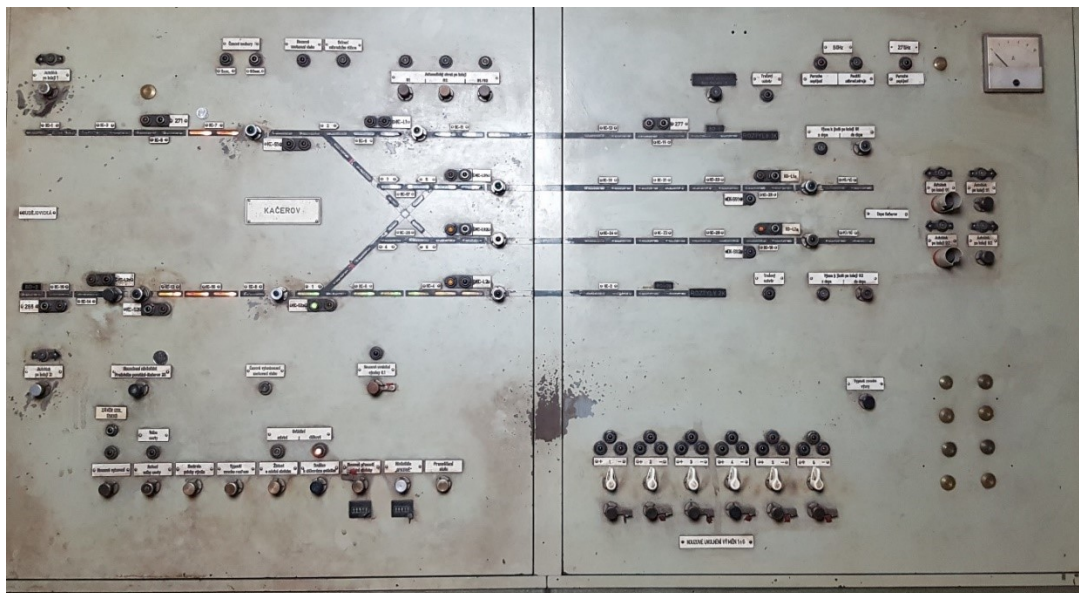
KAČEROV

Stanice Kačerov je asi nejdůležitější stanicí na trati C, a to z důvodu, že se jedná o napojení trasy C na Depo Kačerov. Všechny výjezdy a zátahy souprav z a do depa probíhají přes spojovací koleje číslo 91 a 92. Z dopravního hlediska je zde téměř vše, ale stejně jako ve stanici Háje zde chybí odjezdové návěstidlo v 1. koleji ve směru Letňany, které by se využilo i pro souvislé přepravní výluky, nebo při mimořádné události, kdy je zavedeno pouze malé kolo v úseku Kačerov-Háje a zakazovalo by jízdu dále po 1. koleji ve směru Letňany.



Obr. 2 - Ovládací terminál ASJC, DOS

Zdroj: Autor



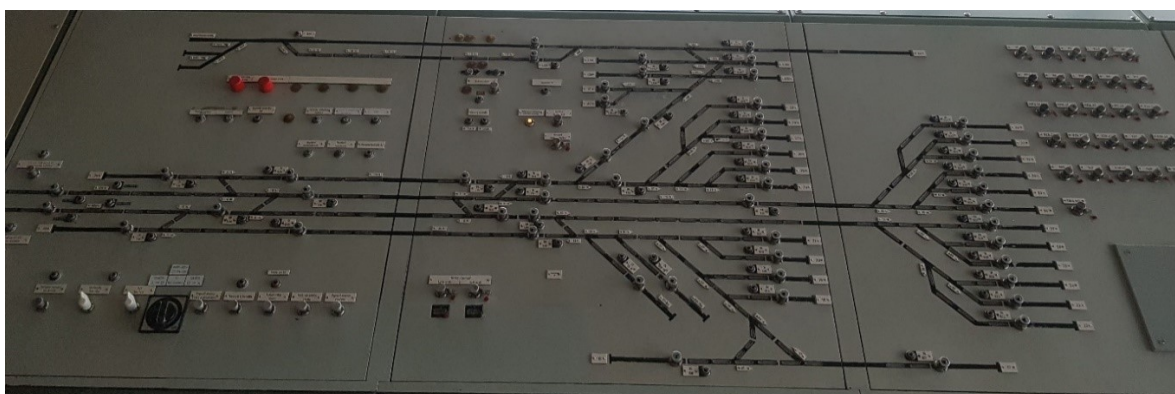
Obr. 3 - Ovládací panel ve stanici Kačerov

Zdroj: Autor

DEPO KAČEROV

Depo Kačerov slouží k deponování souprav osobních vlaků, dále k jejich opravám, k provádění zkoušek na zkušební trase atd. V kačerovském depu je možno nalézt myčku pro soupravy, soustruh a také třeba vlečku do železniční stanice Praha Krč. Jedná se o jediné depo, které má vlečku, a proto třeba nové kolejnice o délce 75 m jsou distribuované jenom z depa Kačerov.

Jelikož se jedná o depo, jsou všechny návěstní světla v obvodu depa bez náhradního vlákna, které v depu nemá takové opodstatnění jako na trase, protože lze kdykoliv vyměnit, a zároveň výpravčí depa může povolit jízdu proti stůj ve svém obvodu přes nahrávaný spoj vysílačkou. Výhodou oproti trase je skutečnost, že na jakoukoliv poruchu je více času z důvodu, že je tu i více kolejí, tak je možné problém i operativně řešit jízdou z jiné koleje.



Obr. 4 - Ovládací panel v depu Kačerov

Zdroj: Autor

PRAŽSKÉHO POVSTÁNÍ

Ve stanici Pražského povstání se nachází i jedna deponovací kolej, konkrétně kolej č. 4 a je zde tedy možnost deponovat soupravu. Z dopravního hlediska má stanice všechny vjezdová, cestová a odjezdová návěstidla. Výhodou oproti jiným stanicím je fakt, že má i jednoduchou kolejovou spojkou mezi první a druhou kolejí a díky tomu je možné ve stanici vlaky i otáčet z důvodu mimořádné události, nebo případně souvislé přepravní výluky. Dále je možnost přehazovat služební vlaky mezi první a druhou kolejí, čímž se zvyšuje propustnost tratě i pro noční výluky.

Zajímavostí stanice je použití pevného sklopného autostopu, který při naklopení zastaví osobní vlak, pokud by projel tento úsek. Autostop by otevřel brzdové potrubí a po úniku vzduchu z brzdového potrubí zareaguje železniční brzda a soupravu zastaví. Použití je určeno

pouze pro technickobezpečnostní zkoušky (dále jen TBZ) a musí být nařízeno formou ROV, případně fonogramem (dále je FON).



Obr. 5 - Autostop ve stanici Pražského povstání

Zdroj: Autor

I.P. PAVLOVA

Stanice I.P. Pavlova je důležitá především kvůli napojení na linku A pomocí A/C a C/A spojky. Jinak z dopravního hlediska pro linku C zde nelze provádět obrat souprav. Absolutní návěstidla jsou umístěna pouze u výhybek pro traťové spojky. To znamená absenci odjezdového návěstidla v 1. koleji a vjezdového návěstidla pro 2. kolej.

FLORENC

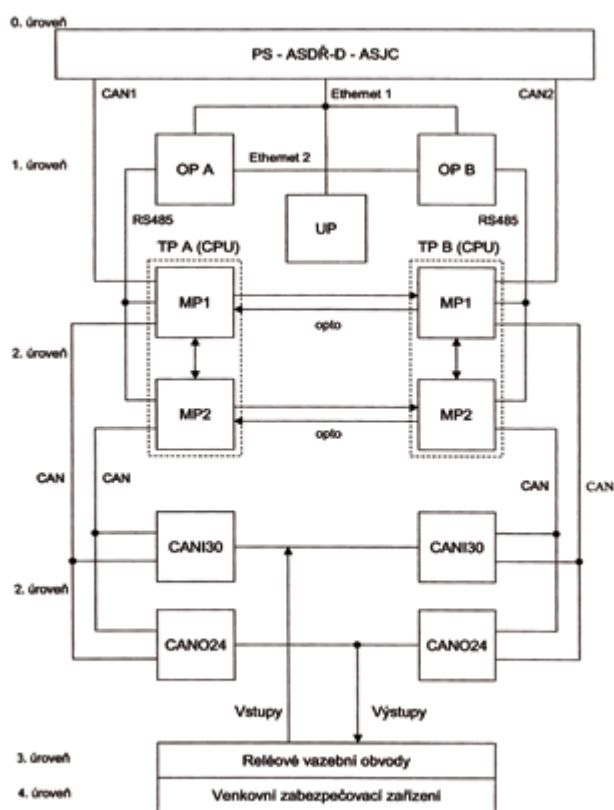
Ve stanici Florenc se využívá křížení kolejí před nástupištěm pro cestující ve směru Letňany, a zároveň kolej č. 0 za nástupištěm pro cestující, která navazuje na traťovou spojku B/C. Kolej B/C je banalizovaná, a tudíž na SZZ je také traťový souhlas.

Z hlediska zabezpečovacího zařízení má stanice Florenc všechny prvky zabezpečení, jen v 1. koleji u odjezdové strany nástupiště ve směru Letňany je pouze permissivní návěstidlo. Odjezdové absolutní návěstidlo je až před výhybkou na 0. kolej z důvodu větší vzdálenosti (okolo 200 metrů) mezi nástupištěm a 0. kolejí. (18) Dalo by se polemizovat o možnosti doplnit tento úsek ještě cestovým absolutním návěstidlem.

Výhybkové úseky jsou ve stanici osazeny jak počítači náprav, tak i kolejovými obvody a dle Tabulky 1 za celý rok nenastala v provozu na lince C u RZZ s osobními vlaky jediná porucha počítačů náprav, což je pozitivní zpráva a ukazuje to na bezproblémový stav pro jízdu osobních vlaků.

PŘÍLOHA B - ESA 11M VERZE HW 1.7 A 1.8

Příloha obsahuje informace o EZZ ESA 11M a rozdíly mezi verzí HW 1.7 a 1.8.



Obr. 1 – Blokové schéma EZZ ESA 11M, HW 1.7

Zdroj: (6)

Na obr. 1 je vidět blokové schéma EZZ ESA 11M verze HW 1.7, kde:

0. úroveň

Obsahuje procesní stanici, automatizovaný systém dispečerského řízení a ASJC, které za pomocných bezpečných uzavřených sítí ethernet komunikují s OPA, OPB a údržbářským počítačem. Pomocí zabezpečených síťových sběrnic CAN komunikují s TPA a TPB.

1. úroveň

Zde se nachází ovládací počítače A, B a údržbářský počítač, které spolu komunikují pomocí bezpečných uzavřených sítí ethernet a zároveň OPA a OPB komunikují na základě sériové komunikace standardem RS-485 s TPA a TPB.

2. úroveň

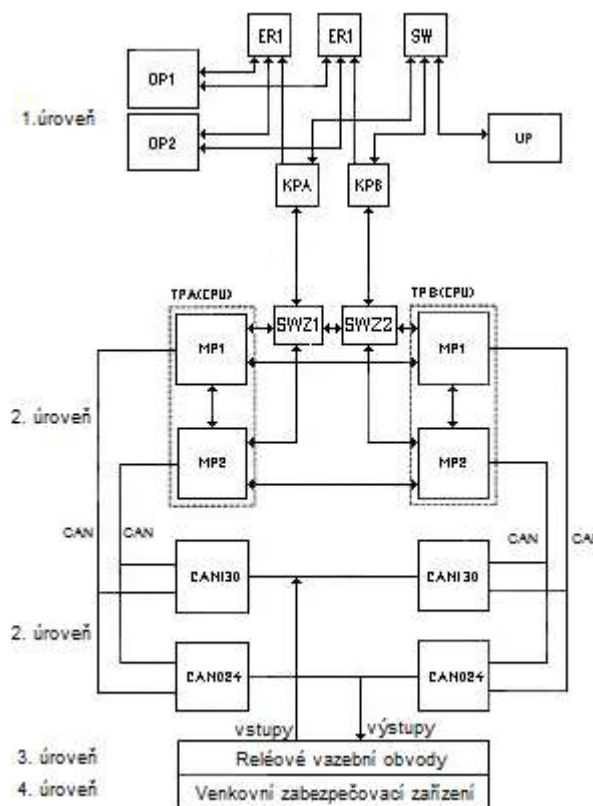
Technologické počítače A, B komunikují mezi sebou za pomoci zabezpečených síťových sběrnic CAN s kazetami vstupního (CANI) a výstupního (CANO) rozhraní.

3. úroveň

Zde jsou zbylé reléové vazební obvody, které jsou napojeny na kazety vstupního a výstupního rozhraní. Tyto reléové vazební obvody fungují jako analogové rozhraní pro ovládání venkovních prvků ZZ.

4. úroveň

V poslední úrovni jsou jednotlivé součásti ZZ, např. elektromotorické přestavníky, návěstní světla, kolejové obvody, počítače náprav atd.



Obr. 2 – Blokové schéma EZZ ESA 11M, HW 1.8

Zdroj: (11)

Na obr. 2 je vidět blokové schéma EZZ ESA 11M verze HW 1.8, kde:

0. úroveň

Zůstává zachována jako u verze HW 1.7.

1. úroveň

Zde se nachází ovládací počítače A, B a údržbářský počítač, které jsou dále doplněny o elektronické routery a komunikační počítače A a B. Oproti starší verzi HW 1.7 lze nově z kteréhokoli OP komunikovat s libovolným KP za pomoci routeru a dále může přes KP probíhat komunikace přes switch s libovolným TP.

2. úroveň

Technologické počítače A, B komunikují mezi sebou, za pomoci zabezpečených síťových sběrnic CAN s kazetami vstupního (CANI) a výstupního (CANO) rozhraní.

3. úroveň

Zde jsou zbylé reléové vazební obvody, které jsou napojeny na kazety vstupního a výstupního rozhraní. Tyto reléové vazební obvody fungují jako analogové rozhraní pro ovládání venkovních prvků ZZ.

4. úroveň

V poslední úrovni jsou jednotlivé součásti ZZ, např. elektromotorické přestavníky, návěstní světla, kolejové obvody, počítače náprav atd.

Úrovně 2-4 zůstávají stejné jako u verze HW 1.7. Hlavní změna u verze HW 1.8 se týká především KP, a tím zajištění bezpečnější obsluhy v bezporuchovém režimu, kdy je možno ovládat z kteréhokoliv OP libovolný TP, a díky KP odpadá přímá vazba mezi OPA-TPA a OPB-TPB, kdy při výpadku libovolného OP či TP byl jeden pár vyřazen z provozu. Tento systém lépe eliminuje poruchy vyvolané výpadkem některého TP nebo OP. Případná porucha může nastat pouze v případě výpadku obou OP, případně obou KP, nebo obou TP. Nicméně již nemůže nastat při výpadku OPA a TPB situace, kdy na HW 1.7 nebylo možno ovládat EZZ normální obsluhou, a byla tedy nutná obsluha nouzovým způsobem. Ve verzi HW 1.8 v takovém případě převezme OPB komunikaci s TPA, EZZ je funkční a obsluha probíhá normálním zabezpečeným způsobem.

PŘÍLOHA C - EZZ VE STANICÍCH NA LINCE C

Příloha obsahuje informace o staničním elektronickém zabezpečovacím zařízení ve stanicích na lince C.

NÁDRAŽÍ HOLEŠOVICE

Ve stanici Nádraží Holešovice bylo původně RZZ, které bylo modernizováno na EZZ typu ESA 11M při otevření úseku IV.C. (2) Již je naplánovaná modernizace na nejnovější verzi EZZ, které je nově ve stanici Ládví a také na trase A, a to ve stanicích Dejvická, Petřiny a Nemocnice Motol. Dle zkušeností z poslední modernizace ve stanici Ládví, která proběhla bez časové rezervy, je plánována modernizace v souvislé výluce od 13.2.2021 cca 1:00 hod do 15.2.2021 3:50 hod. (19) Stanice bude mít tedy nejnovější typ SZZ, který je na metru dostupný, a to sebou přináší výhody, co se týče například údržby zařízení a reléové místnosti. Stanice má i všechna vjezdová i odjezdová návěstidla a ve výhybkových úsecích se nachází počítače náprav, které dle tabulky 2 jsou spolehlivé a fungují bez poruch.

Aktuálně je již modernizace ve stanici Nádraží Holešovice úspěšně hotová a již je zde nejnovější verze EZZ ESA 11M HW 1.8.

LÁDVÍ

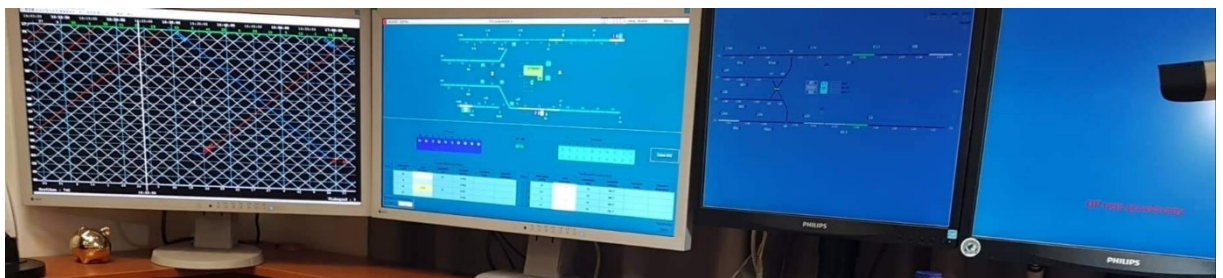
Stanice Ládví od otevření v roce 2004 byla vybavena EZZ ESA 11M. (2) Kolejové schéma stanice je stejné jako ve stanici Florenc, tedy křížení před nástupištěm pro cestující ve směru Letňany a za nástupištěm kolej č. 0, kde v noční výluce deponuje jedna souprava. O víkendu 25.-26. července 2020 došlo k výluce SZZ ve stanici Ládví a výlukám ASDŘD ve stanicích Kobylisy, Ládví a Střížkov z důvodu modernizace ESA 11M na nejnovější verzi. Z důvodu výluky byly výměny 2 až 7 zamčené jednoduchým zámkem v přímém směru. V sobotu 25. července 2020 byl provoz mezi stanicemi Nádraží Holešovice a Prosek řízen telefonickým dorozumíváním a v neděli 26. července 2020 byl provoz v úseku Letňany-Nádraží Holešovice přerušen a došlo k zavedení NAD. (4) Obnovení provozu v dotčeném úseku Letňany-Nádraží Holešovice proběhlo nakonec v pořádku a v pondělí 27. července 2020, od zahájení přepravy cestujících, již začal dle GVD.

Výhoda stanice Ládví spočívá v její dopravní situaci, kdy nabízí z jedné strany nástupiště 0. kolej a zároveň z druhé strany křížení kolejí. Je tedy možné využívat obraty z obou směrů provozů při mimořádnostech, což je pohodlnější i pro strojvedoucí, kteří si tak musí při obratu

přejít jen jednou. V jiných stanicích, kde je nutné provádět obrat takzvaně proti srsti, si strojvedoucí pro jízdu na obrat musí přejít, následně si přejde pro jízdu z obratu, a nakonec si musí přejít ještě potřetí pro odjezd ze stanice. Stanice nechybí žádná vjezdová, cestová a odjezdová návěstidla a je již vybavena počítači náprav ve výhybkových úsecích, které svojí spolehlivostí zajišťují plynulý provoz ve stanici.

LETŇANY

Stanice Letňany je z hlediska trati určena jako její začátek a od toho se odvíjí číslování kolejí. Kolej č. 2 pro směr Háje a stejně jako ve stanici Háje je možné deponovat v noční výluce 8 souprav na kolejích č. 01, 02, 1A, 2A a obou staničních kolejích u nástupiště. Po otevření stanice v roce 2008 byla již osazena EZZ ESA 11M. (2) Stanice je vybavena všemi vjezdovými a odjezdovými návěstidly a v budoucnu jí čeká modernizace na nejnovější verzi EZZ. Výhodou je přítomnost počítačů náprav ve výhybkových úsecích a jejich bezporuchový provoz.



Obr. 1 - ESA 11M a terminál ASJC, DOS

Zdroj: Autor



Obr. 2 - PNO ve stanici Letňany

Zdroj: Autor

PŘÍLOHA D – VZ PA-135 TRAŤOVÁ A MOBILNÍ ČÁST

Příloha obsahuje informace o VZ PA-135 použitým na lince C a jeho traťové a mobilní části.

TRAŤOVÁ ČÁST VLAKOVÉHO ZABEZPEČOVAČE PA-135

Traťová část VZ musí pro svojí správnou činnost být neustále v činnosti a je složena z několika komponentů. Je tvořena staničními skříněmi, které se nacházejí v reléových místnostech a programovým pásem, umístěným přímo v kolejišti. Pro programy VZ jsou ze ZZ sbírány informace, které jsou ze staničních skříní posílány do VZ. Až šest programů může být zakódováno v jednom programovém pásu. Pro jízdy RAV a RVZ je potřeba aktivace režimu v aktivačních zónách, které se nacházejí v depu, a v traťových spojkách před návěstidlem pro odjezd na trať, dále u každé návěsti „Místo zastavení“ ve stanici a od návěstidla z každé obratové nebo odstavné koleje, od kterého lze povolit jízdu k nástupišti. Aktivovat RAV nebo RVZ nelze, pokud je ve stanici navolen průjezd stanice pro vlak ze stanoviště VD. (8)

Nutnost aktivačních úseků v traťové části vlakového zabezpečovače, kdy jsou pouze v určitých částech trati, a také nemožnost mít aktivační úseky po celé trati, je výraznou slabinou zabezpečovače, protože při neaktivaci VZ může být rozdíl v dovolené rychlosti až dva a půl krát nižší, než při jeho aktivaci.

MOBILNÍ ČÁST VLAKOVÉHO ZABEZPEČOVAČE PA-135

Mobilní část je soubor snímačů, čidel, obvodů interface, bloků s elektronikou a kontrolních a ovládacích prvků umístěných na čelních vozech. Bloky s elektronikou získávají informace z programového pásu za využití vysokofrekvenčních snímačů, které jsou umístěny na druhém podvozku čelního vozu, dále informace získávají z čidel rychlosti, ovládacích prvků z pultu strojvedoucího, přepínače režimů jízdy, nouzové jízdy a obvodů elektrických vozů. Hlavní činnost mobilní části VZ představuje přímé ovládání řídicích obvodů elektrických vozů, předávání povelů do rychloměru, vlakového rozhlasu a do kontrolních prvků a v neposlední řadě nouzové brzdění. (8)

PŘÍLOHA E – VZ LZA SUBSYSTÉM SOP-2P A ACBM3

Příloha obsahuje informace o subsystémech SOP-2P a ACBM3 VZ LZA.

AUTOMATICKÉ VEDENÍ VLAKU (ATO), TYP ACBM3

Jde o subsystém VZ LZA pro automatizaci činností pod dozorem strojvedoucího, který se vyznačuje vysokou spolehlivostí. Automatizace celé řady činností umožňuje zkvalitnění jízdy, snížení spotřeby energie, téměř žádné odchylky od GVD a přesné zastavení ve stanici s tolerancí 15 cm, což je vhodné pro případné vybavení nástupišť nástupištní stěnou, kde je přesné zastavení vlaku zásadní. Počítá i s plně automatizovaným provozem řízeným vlakovým dispečerem. (20)

Subsystém ACBM3 využívá částí SOP-2P, z důvodu absence vlastní traťové části. Proto společný datový kanál pro trať-vozdlo, přenáší data pro ACBM3 i SOP-2P. Do subsystému lze navolit až 8 různých map tratí a tím má ACBM3 potřebné statické informace, které nejsou závislé na prvcích v kolejišti. Některé přenosy informací probíhají bodově, nicméně chování ACBM3 je liniové a strojvedoucí může do řízení vstoupit. Tehdy může navolit například nižší rychlost, či prudší brzdění. Dispečer může díky dispečerským funkcím například navolit průjezd stanicí. (20)

VLAKOVÝ ZABEZPEČOVAČ (ATP), TYP SOP-2P

Jde o subsystém, který zaručuje zabezpečený provoz na trati metra a vyznačuje se vysokou spolehlivostí. Je kompatibilní s různými typy SZZ a TZZ a je dobré jej použít v kombinaci se subsystémem ACBM3. Dokáže automaticky omezovat rychlost vlaku s ohledem na provozní situaci na trati, na základě informací dodané prostřednictvím SZZ a TZZ. Subsystém SOP-2P je složen z traťové a mobilní části. (21)

Traťová část subsystému SOP-2P:

- Soustava staničních počítačů, smyčky uložené v kolejišti.
- Princip počítačů 2 ze 3, kdy v případě poruchy jednoho ze staničních počítačů je funkce systému zajištěna a neomezena.
- Testovací procedury pro kontrolu správné funkčnosti systému. (21)

Mobilní část subsystému SOP-2P:

- Na soupravě vlaku přijímá a vyhodnocuje signály traťové části a „posílá“ nové signály pro pohon, brzdy a další zařízení.
- Dvě sady mobilních zařízení, jedna pro každé čelo vlaku.
- Až pět pracovních režimů.
- Splňuje normy pro ČR i EU. (21)

PŘÍLOHA F – SIEMENS TRAIINGUARD MT A AIRLINK

Příloha obsahuje informace o VZ CBTC firmy siemens. Jedná se o Trainguard MT a systém airlink.

SIEMENS – TRAIINGUARD MT

Vlakový zabezpečovač od firmy Siemens s názvem Trainguard MT nabízí zabezpečení jízdy, řízené strojvedoucím v režimu STO. V režimu STO je strojvedoucí na čele vlaku, zajišťuje obsluhu dveří, odjezd vlaku ze stanice, obsluhu nouzové brzdy, ale samotnou jízdu po odjezdu ze stanice obstará VZ v režimu ATO. Tento typ dohledu VZ nad jízdou vlaku může být použit jak při využívání konvenčních kolejových obvodů nebo počítačů náprav, tak i při modernějším využití takzvaných pohyblivých bloků. (22)

Dohled VZ nad jízdou vlaku při použití pouze pohyblivých bloků je možný v režimu DTO (Driverless train operation), nebo UTO (Unattended train operation). Jedná se o režimy, kdy ani v jednom případě není strojvedoucí na čele vlaku a v případě režimu DTO je na soupravě dopravní personál pro řešení nouzové situace. V případě režimu UTO je již vlak pouze v režii VZ Trainguard MT a na palubě není nikdo z dopravního personálu. (22)

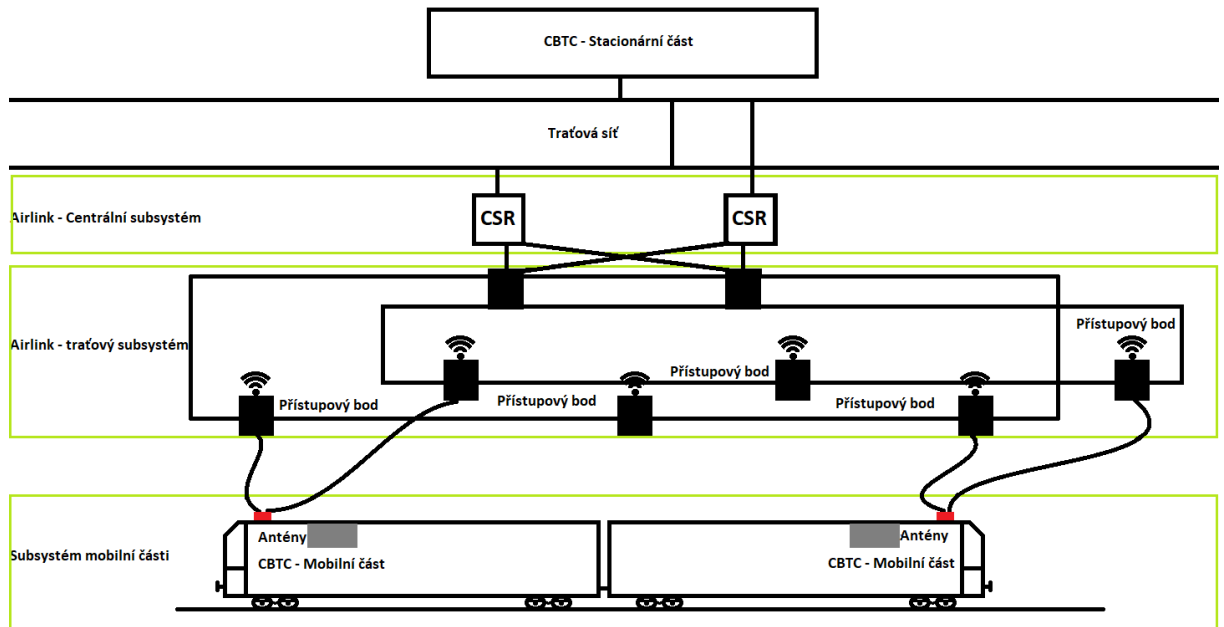
SIEMENS – AIRLINK

Firma Siemens přišla s vlastním řešením komunikace pomocí rádia, systémem Airlink, který funguje na základě bezdrátové lokální sítě WLAN, pro nepřetržitou obousměrnou komunikaci. Dále je systém připraven pro podporu dalších rádiových komunikací jako např. LTE. (22)

Pro použití u VZ a zajištění jeho bezpečného provozu je kladen důraz na vysokou dostupnost systému, a proto jsou všechny komponenty systému Airlink redundantní. Systém je sestaven z AP podél tratě, které jsou napojeny střídavě na dva nezávislé CSR a navzájem se jejich rádiové pokrytí překrývá, čímž se eliminuje možnost výpadku celkového pokrytí při výpadku jednoho AP. Centrální systémové routery jsou navrženy redundantně a pro použití pro celou trasu metra, včetně depa. (22)

Vlak se pomocí antény připojí k AP a aby nedošlo k výpadku a ztrátě spojení vlaku s traťovým subsystémem, byl navržen řízený roamingový algoritmus, který umožňuje maximálně jednomu rádiovému modulu vysílat v jednu dobu, zatímco další aktivní rádiový

modul zůstane připojen ke všem aktuálně připojeným AP. Zřízená komunikace díky CSR probíhá na páteřní rádiové síti, která je napojena na AP díky paralelním optickým kabelům. (22)



Obr. 1 - CBTC Trainguard MT - Airlink system

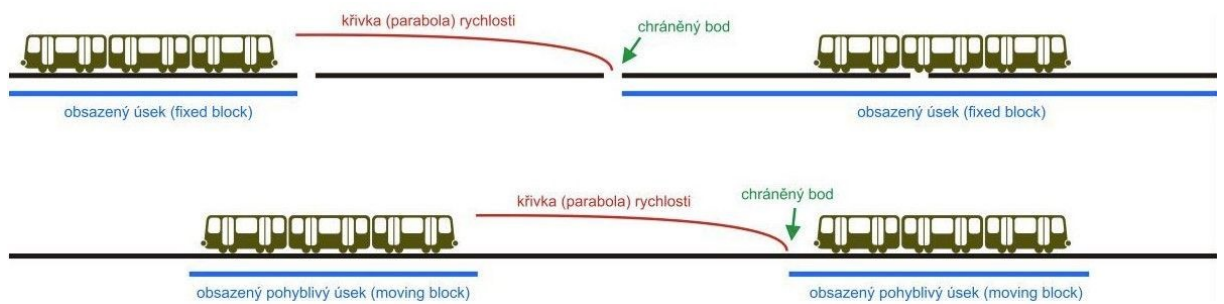
Zdroj: (22)

Všechny soupravy na trati jsou obousměrně rádiově, díky čemuž neustále ohlašují svoji přesnou polohu na trati v reálném čase skrze AP. Zároveň přijímají informaci o vlaku před sebou pro výpočet zábrzdě vzdálenosti pro bezpečné zastavení vlaku před koncem vlaku předchozího. Zábrzdě vzdálenost je prodlouženého o určenou bezpečnou vzdálenost. V tomto stádiu již hovoříme o provozu, kde jsou využívány pohyblivé bloky namísto pevných kolejových obvodů či počítačů náprav, které se obsazovaly po vjetí první nápravy do daného úseku a ten zůstal obsazený až do doby, kdy poslední náprava úsek opustila. Pohyblivé bloky jsou již vázány na konkrétní vlaky, které jsou prodlouženy o bezpečnou vzdálenost a díky tomu se naskýtá možnost zvýšit propustnost trati, snížit následný interval souprav a zachovat jeho bezpečný provoz. Princip funkce pohyblivých bloků je vidět na Obr. 2.

Na trati metra jsou rozmístěny AP, které mají dosah od 50 do 500 metrů, ale záleží na konkrétních traťových poměrech, kdy sílu signálu a dosah ovlivňuje především stoupání, klesání a oblouky. Pro statické testy na soupravě je síla signálu vyhovující, pokud je ≥ -50 dB, v provozu je pak snaha mít standardně hodnoty -40 dB, případně -30 dB. Systém bude

funkční i při spojení, kdy síla signálu bude -60 dB, nicméně systém stále hledá lepší signál a při nález dalšího AP s lepším signálem, dojde automaticky k jeho přepojení.

Celý systém dokáže zvládnout jeden CSR, který je vždy navrhován na konkrétní trasu individuálně a celé řešení je tak dimenzováno na celkový konečný počet AP, druhý CSR je tak používán jako redundantní řešení.



Obr. 2 - Princip funkce pohyblivého bloku

Zdroj: (17)