

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2019

BC. JAN FRONĚK

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

**Funkční propojení systému
ATO over ETCS s funkcí automatického
stavění vlakových cest**

Bc. Jan Froněk

Diplomová práce

2019

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan Froněk**
Osobní číslo: **D17391**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**
Název tématu: **Funkční propojení systému ATO over ETCS s funkcí automatického stavění vlakových cest**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Úvod
1 Analýza systémů
2 Návrh propojení
3 Zhodnocení přínosů
Závěr

Rozsah grafických prací: 4 - 5
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- (1) MICHÁLEK, Tomáš. Technické aspekty interoperability kolejových vozidel. 2017. ISBN 978-80-7560-048-6. Univerzita Pardubice.
- (2) PRESTI, Letizia, Lo a Salvatore SABINA. GNSS for rail transportation. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2018. ISBN 978-3-319-79083-1.
- (3) POLACH, Vlastimil a Martin ŠTURMA. ASVC příležitost, zkušenost a další rozvoj. Reportér AŽD Praha. 2017, 2017(4), 34-39.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jaroslav Matuška, Ph.D.
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: 4. února 2019
Termín odevzdání diplomové práce: 17. května 2019

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

L.S.

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

V Pardubicích dne 4. února 2019

PROHLÁŠENÍ

Tuto práci 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., autorský zákon, 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. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 15. 04. 2019

Bc. Jan Froněk

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování za pomoc při zpracování této diplomové práce patří panu doc. Ing. Jaroslavu Matuškovi, Ph.D., pánům Ing. Martinu Šturmovi, Ing. Vlastimilu Polachovi, Ph.D. a Bc. Alfrédu Hebertovi ze společnosti AŽD Praha s.r.o. a panu Ing. Rudolfu Mrzenovi, Ph.D. ze Správy železniční dopravní cesty, státní organizace.

ANOTACE

Tato diplomová práce pojednává o propojení systému ATO over ETCS s funkcí Automatického stavění vlakových cest (ASVC). Po analýze jednotlivých systémů a funkce ASVC je zpracován návrh funkčního propojení; jednotlivých prvků, vazeb a cílového chování. Následně je uvedeno zhodnocení přínosů navrženého propojení se zaměřením na časovou úsporu jízdy vlaku a dopad na propustnost traťových oddílů.

KLÍČOVÁ SLOVA

automatizace, systém, vlak

TITLE

Functional interconnection of the system ATO over ETCS with the function of automatic train paths construction

ANNOTATION

This diploma thesis deals with the interconnection of the ATO over ETCS system with the function of automatic train paths construction. After the analysis of individual systems and of the ASVC function, a proposal of functional interconnection, individual elements, links and target behaviour is elaborated. Subsequently, an evaluation of the benefits of the proposed link with a focus on time travel savings and the impact on the throughput capacity of track sections are presented.

KEYWORDS

automation, system, train

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK	10
SEZNAM ZKRATEK	11
ÚVOD	13
1 ANALÝZA SYSTÉMŮ	15
1.1 Systém ETCS	15
1.1.1 Princip fungování ETCS	15
1.1.2 Úrovně ETCS	18
1.1.3 Zavádění systému ETCS	20
1.1.4 Shrnutí	22
1.2 Systém ATO	22
1.2.1 Obecné informace	22
1.2.2 Princip fungování ATO	24
1.2.3 Zavádění systému	28
1.2.4 Shrnutí	29
1.3 Funkce ASVC	30
1.3.1 Základní principy ASVC	30
1.3.2 Generování AVF	32
1.3.3 Aktivita ASVC	34
1.3.4 Grafická editace kolejí	34
1.3.5 Dispoziční kritéria	36
1.3.6 Shrnutí	39
1.4 Zhodnocení analýzy	40

2	NÁVRH PROPOJENÍ.....	41
2.1	Identifikace systému.....	41
2.2	Úprava systému.....	45
2.3	Shrnutí.....	49
3	ZHODNOCENÍ PŘÍNOSŮ.....	50
3.1	Obecné přínosy propojení.....	50
3.2	Vliv na propustnost.....	51
3.3	Časová úspora.....	55
3.4	Spotřeba trakční energie.....	59
3.5	Shrnutí.....	59
	ZÁVĚR.....	61
	SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....	64
	SEZNAM PŘÍLOH.....	65

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Srovnání rychlostních profilů.....	16
Obrázek 2 Zobrazovací jednotka ETCS	17
Obrázek 3 Princip fungování ETCS	18
Obrázek 4 Schéma ETCS L1	19
Obrázek 5 Schéma ETCS L2	19
Obrázek 6 Schéma ETCS L3	20
Obrázek 7 Harmonogram zavádění ETCS v ČR	21
Obrázek 8 Vazba mezi hlavními částmi systému ATO	26
Obrázek 9 Architektura ATO over ETCS.....	27
Obrázek 10 Architektura ATO z funkčního hlediska	28
Obrázek 11 Rámování ASVC v JOP	33
Obrázek 12 Aktivita ASVC v GTN.....	34
Obrázek 13 Grafická editace kolejí	35
Obrázek 14 Okno Dispoziční kritéria	38
Obrázek 15 Schéma propojení ATO over ETCS a ASVC	40
Obrázek 16 Orientovaný graf systému AoE+ASVC	43
Obrázek 17 Orientovaný graf systému AoE+ASVC-2.....	47
Obrázek 18 Vliv na propustnost - základní stav	51
Obrázek 19 Vliv na propustnost - konflikt tras vlaků.....	52
Obrázek 20 Vliv na propustnost - zastavení druhého vlaku	53
Obrázek 21 Vliv na propustnost - úprava rychlosti druhého vlaku	54

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Dispoziční kritéria	36
Tabulka 2 Parametrizace vazeb systému AoE+ASVC	44
Tabulka 3 Parametrizace vazeb systému AoE+ASVC-2.....	48

SEZNAM ZKRATEK

ADS – Automatic Deconflicter System (Automatický dekonfliktní (bezkonfliktní) systém) – možný budoucí systém pro tvorbu bezkonfliktního grafikonu

AoE+ASVC – Navrhovaný systém propojení ATO over ETCS a funkce automatického stavění vlakových cest

AoE+ASVC-2 – Navrhovaný systém propojení ATO over ETCS a funkce automatického stavění vlakových cest se zaměřením na chování systému

ASSP – Actual Static Speed Profile (aktuální statický rychlostní profil)

ASVC – Automatické stavění vlakových cest

ATC – Automatic Train Control (vlakový zabezpečovač)

ATO – Automatic Train Operation (automatické řízení vlaku)

ATO-OB – ATO Onboard (palubní část)

ATO-TS – ATO Trackside (traťová část)

ATP – Automatic Train Protection (vlakový zabezpečovač)

AVF – Automatické volby funkcí

AVV – Automatické vedení vlaku

DIK – Dispoziční kritéria

DMI – Driver Machine Interface (zobrazovací jednotka na stanovišti strojvedoucího)

DSP – Dynamic Speed Profile (dynamický rychlostní profil)

ERTMS – European Rail Traffic Management System (Evropský systém řízení vlakové dopravy)

ETCS – European Train Control System (Evropský vlakový zabezpečovač)

GEK – Grafická editace kolejí

GoA – Grade of Automation (stupeň automatizace)

GSM-R – Global System for Mobile Communications – Railway (systém rádiového spojení)

GTN – Graficko-technologická nadstavba zabezpečovacího zařízení

GVD – Grafikon vlakové dopravy

ISOŘ – Informační systém operativního řízení

JOP – Jednotné obslužné pracoviště

KADR – Informační systém Kapacita dráhy

KANGO – Informační systém Konstrukce a návrh grafikonu online

LEU – Lineside Electronic Unit (traťové jednotky)

MA – Movement Authority (oprávnění k jízdě)

OJP – Optimální jízdní profil

PUP – Předběžné uzavření přejezdu

RBC – Radio Block Centre (radiobloková centrála)

SSP – Static Speed Profile (statický rychlostní profil)

SŽDC – Správa železniční dopravní cesty, státní organizace

TMS – Traffic Management System (systém řízení dopravy)

UNISIG – Union Industry of Signalling (Sdružení průmyslu železničního zabezpečovacího zařízení)

VC – Vlaková cesta

ZZ – Zabezpečovací zařízení

ÚVOD

Inovace a postupný rozvoj se nevyhýbají ani železniční dopravě. I v tomto odvětví je stále větší možnost slyšet o možné automatizaci, což je poměrně logické, protože železniční (resp. kolejová) doprava je svou povahou k tomuto předurčena. Již dnes jsou na mnoha místech používány automatické systémy, např. automatické metro. Toto jsou ovšem většinou systémy na území měst či aglomerací, co se týče automatizace u klasické železnice, je zde rozvoj pomalejší.

Kroky k postupné automatizaci železnice vedou přes zavádění jednotlivých systémů, které k tomu přispějí. V této práci bude konkrétně řešen systém Automatic Train Operation (dále jen ATO), čili systém automatického řízení vlaků, u kterého je snaha propojit jej se systémem European Train Control System (dále jen ETCS), tj. evropským vlakovým zabezpečovačem. Výsledným produktem bude systém ATO over ETCS.

Systém ETCS je evropský systém, který je postupně zaváděn na významných železničních tratích v celé Evropě. Problémem někdy může být, jak tento systém propojit s dosavadními fungujícími národními systémy, ale i systémy novými, které se vyvíjejí na národní úrovni, ale časem se z nich mohou stát systémy více rozšířené.

Jedním z vyvíjených systémů (zde lépe řečeno funkcí) je Automatické stavění vlakových cest (dále jen ASVC), které vyvíjí společnost AŽD Praha s.r.o. Tato funkce je prozatím nasazena na dvou tratích Správy železniční dopravní cesty, státní organizace (dále jen SŽDC) v České republice v ověřovacím provozu (trať č. 170 v úseku Beroun – Rokycany a trať č. 122 v úseku Praha-Smíchov – Praha-Zličín) a je předpoklad jeho dalšího rozšíření. Toto vedlo autora k zamyšlení, že časem bude s postupným rozšiřováním všech výše zmíněných systémů potřeba propojení těchto systémů, aby spolu bez problémů komunikovaly a dokázaly si včas předávat potřebné informace a mohlo být synergicky dosaženo výhod jednotlivých systémů zároveň.

První kapitola této diplomové práce se věnuje analýze systémů ETCS, ATO a funkce ASVC. Navazující podkapitola se zabývá systémem ETCS. Jsou zde popsány jednotlivé části tohoto systému, princip fungování, jednotlivé úrovně a zavádění systému v České republice. Následně je uvedeno celkové shrnutí, a to včetně důvodů propojení se systémem ATO.

Ve druhé podkapitole je obdobně popsán systém ATO. I zde jsou uvedeny jeho části, princip fungování a celkové shrnutí s důvody, proč tento systém propojit jak s ETCS, tak hlavně s funkcí ASVC. Třetí podkapitola se zabývá právě funkcí ASVC. Je zde uvedeno zejména chování a indikace této funkce. Tuto analytickou část ukončuje SWOT analýza, kde jsou souhrnně popsány silné a slabé stránky možného propojení systému ATO over ETCS s funkcí ASVC a také možné příležitosti a hrozby.

Návrhová část se zabývá konkrétním funkčním propojením systému ATO over ETCS s funkcí ASVC. Toto propojení je prezentováno jako jeden systém, kde jsou definovány jednotlivé prvky a vazby mezi nimi. Určeno je rovněž cílové chování tohoto systému. Navržené propojení je také demonstrováno na konkrétní provozní situaci. Následně je provedeno zhodnocení přínosů tohoto propojení se zaměřením na časovou úsporu jízdy vlaku, dopad na propustnost traťového úseku a úsporu spotřeby trakční energie.

Cílem této diplomové práce je představit návrh propojení systému ATO over ETCS a funkce ASVC z funkčního hlediska, jakožto jednotný systém s konkrétními prvky a vazbami, a to včetně demonstrace fungování propojení na konkrétním příkladu a poukázání na jeho přínosy.

1 ANALÝZA SYSTÉMŮ

První kapitola se zabývá analýzou jednotlivých systémů, a to systémy ETCS, ATO a také funkce ASVC.

1.1 Systém ETCS

Tato podkapitola se zabývá systémem ETCS, což je jednotný evropský vlakový zabezpečovací systém. Tento systém byl vytvořen na základě snahy o sjednocení mnoha současných národních systémů v rámci interoperability, tedy vytvoření jednotného evropského železničního prostředí umožňující plynulou jízdu vlaků bez nutnosti přepřahu hnacích vozidel na hranicích jednotlivých států. Systém postupně nahrazuje stávající národní vlakové zabezpečovací systémy v evropských státech.

1.1.1 Princip fungování ETCS

Systém ETCS je součástí evropského systému řízení vlakové dopravy European Rail Traffic Management System (dále jen ERTMS), kde jsou kombinovány znalosti a zkušenosti železničních správ s cílem podpořit zavedení systému ERTMS tím, že zajistí bezpečné, spolehlivé a interoperabilní systémové řešení s přiměřenými náklady. (1)

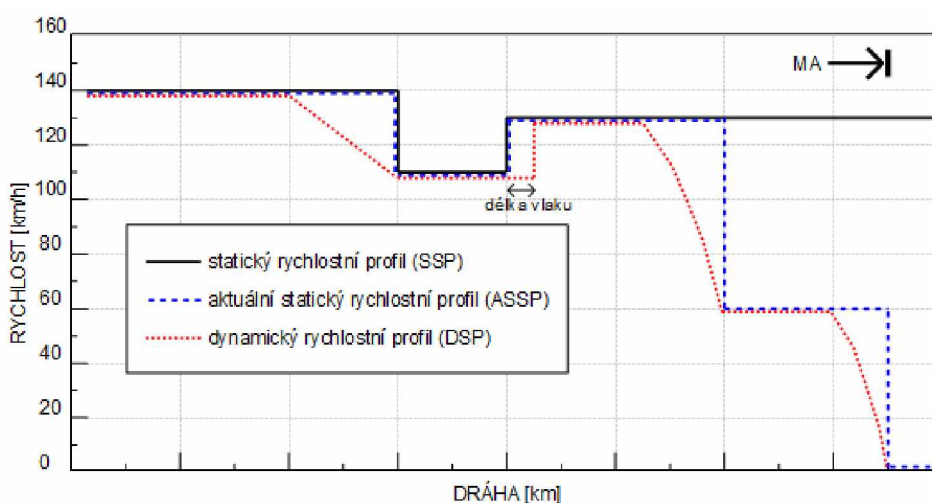
Mimo ETCS a dalších částí se systém ERTMS skládá i z jednotného evropského systému rádiového spojení založeném na Global System for Mobile Communications – Railway (dále jen GSM-R). (2)

Základní části systému ETCS jsou traťová a vozidlová část. Princip fungování systému ETCS spočívá v předávání oprávnění k jízdě, tzv. Movement Authority (dále jen MA) z traťové do vozidlové části a v nepřetržité kontrole rychlosti vlaku vozidlovou částí. K tomu využívá rychlostní profily, které definují nejvyšší dovolenou rychlost v daném úseku tratě. Rozlišují se následující rychlostní profily:

- statický rychlostní profil (Static Speed Profile – dále jen SSP), který je dán trvalými a dočasnými rychlostními omezeními (tj. rychlostníky a pomalými jízdami),

- aktuální statický rychlostní profil (Actual Static Speed Profile – dále jen ASSP), jenž je rychlostní profil zohledňující aktuální podmínky provozu (např. jízda do odbočného směru),
 - dynamický rychlostní profil (Dynamic Speed Profile – dále jen DSP), který vychází z aktuálního statického profilu, ovšem zohledňuje parametry vlaku (zejména délku) a brzdný účinek s ohledem na traťové poměry (podélný sklon).
- (2)

Vozidlová část si po získání aktuálního statického rychlostního profilu a oprávnění k jízdě vypočte dynamický rychlostní profil se zohledněním brzdících schopností a sklonových poměrů. V každém místě v pojížděném úseku trati poté kontroluje, zda skutečná rychlost nepřekračuje rychlost danou dynamickým rychlostním profilem. V případě, že by se tak stalo, dojde k zásahu systému pomocí rychločinného brzdění. Srovnání všech rychlostních profilů SSP, ASSP a DSP je znázorněno na obrázku č. 1, kde plná černá čára zobrazuje statický rychlostní profil, modrá čárkovaná čára aktuální statický rychlostní profil a červená čárkovaná čára dynamický rychlostní profil. (2)



Obrázek 1 Srovnání rychlostních profilů

Zdroj: autor s využitím (2)

Již zmíněná traťová část (nebo též stacionární část) využívá pro svou činnost následující prvky (nebo jen některé – v závislosti na úrovni ETCS):

- eurobalízy, tj. informační body pro předávání informací z traťové části na vozidlovou část a pro lokalizaci vlaku; mohou být proměnné a neproměnné,

- traťové jednotky Lineside Electronic Unit (dále jen LEU), používané v první úrovni ETCS jako rozhraní mezi ETCS a stávajícím zabezpečovacím zařízením,
- radioblokové centrály Radio Block Centre (dále jen RBC), které slouží jako rozhraní mezi ETCS a stávajícím zabezpečovacím zařízením ve druhé a třetí úrovni. (2)

Vozidlová část (nebo též mobilní část) se skládá z následujících prvků:

- centrální počítač, který slouží k samotnému dohledu nad jízdou vlaku, tzn., že vyhodnocuje data z traťové části, vypočítává brzdné křivky nebo zasahuje do brzdného systému,
- přenosový modul eurobalízy, který vysílá signál pro napájení eurobalíz, ze kterých dostává příslušné informace,
- zobrazovací jednotka (DMI – Driver Machine Interface), tj. displej na stanovišti strojvedoucího sloužící pro komunikaci systému ETCS se strojvedoucím (tato jednotka je zobrazena na obrázku č. 2),

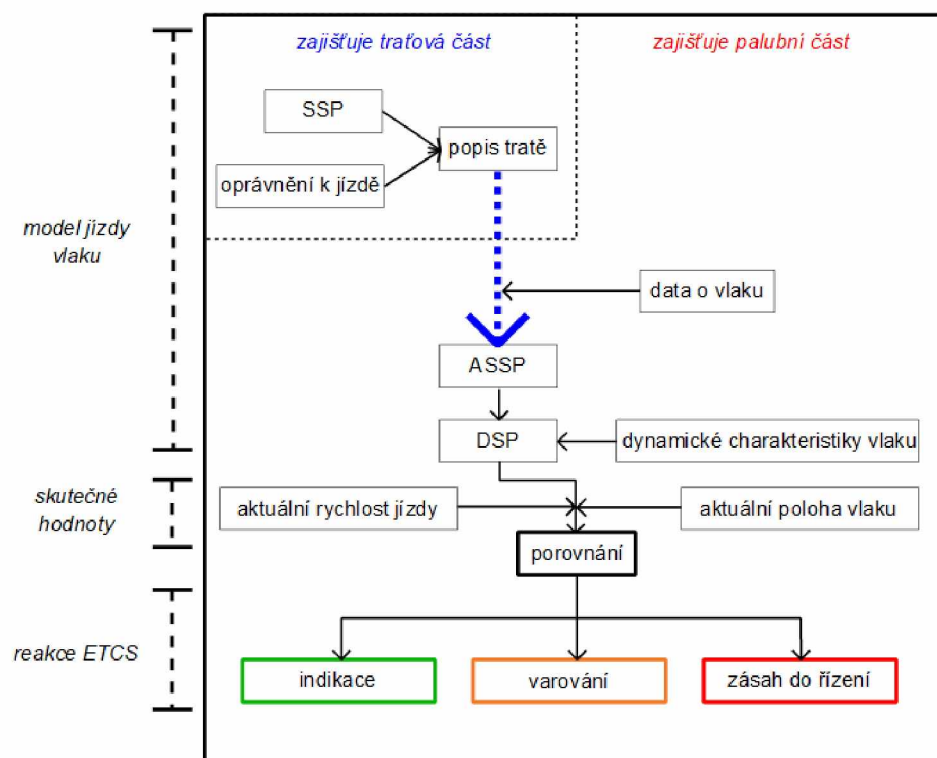


Obrázek 2 Zobrazovací jednotka ETCS

Zdroj: (2)

- záznamová jednotka, která plní funkci tzv. černé skříňky pro případ mimořádných událostí,
- odometrie, tj. systém sloužící pro měření rychlosti a ujeté vzdálenosti,
- vozidlová část GSM-R, což je radiostanice pro komunikaci s vlakem ve druhé a třetí úrovni ETCS. (2)

Celkový princip činnosti systému ETCS, které bylo popsáno výše, souhrnně zobrazuje schéma na obrázku 3.



Obrázek 3 Princip fungování ETCS

Zdroj: autor s využitím (2)

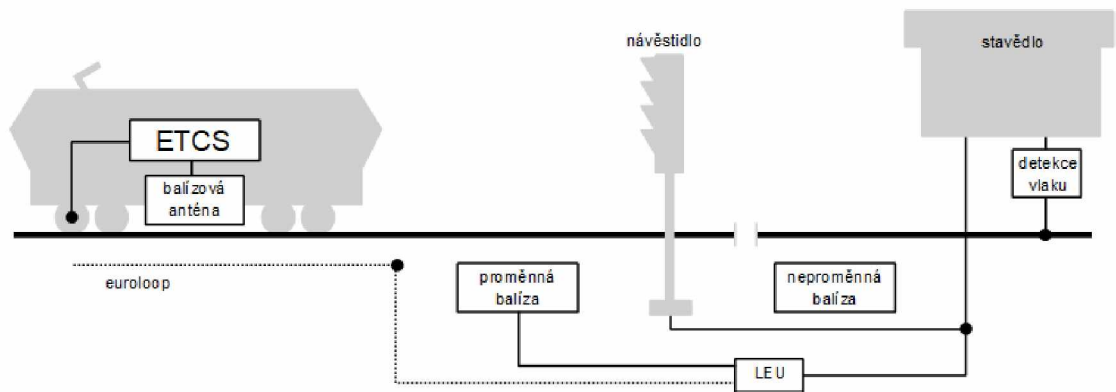
1.1.2 Úrovně ETCS

Se systémem ETCS se lze setkat v několika úrovních (nebo též levelech, mnohdy označovaných jen písmenem „L“ a příslušnou číslicí nebo zkratkou). Následně jsou popsány jednotlivé úrovně systému ETCS.

Level 1

ETCS L1 je bodový vlakový zabezpečovací systém s pevnou polohou prostorových oddílů, který využívá návěstidla, kolejové obvody a počítače náprav pro detekci vlaku. Rozhraním se stávajícím zabezpečovacím zařízením jsou jednotky LEU, které pro komunikaci s vozidlovou částí používají proměnné eurobalízy, jimiž se předávají informace o ASSP a MA. Neproměnnými eurobalízami se předávají informace o traťových poměrech a slouží též k lokalizaci vlaku. (2)

Schéma fungování ETCS L1 je znázorněno na obrázku č. 4.

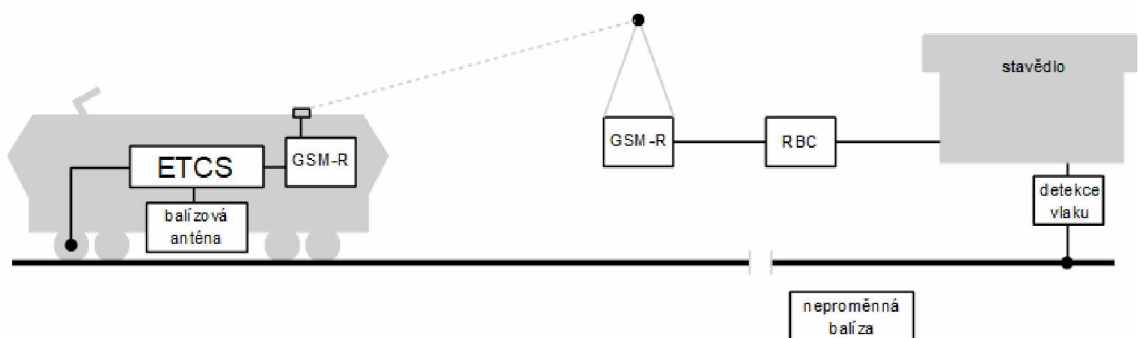


Obrázek 4 Schéma ETCS L1

Zdroj: autor s využitím (2)

Level 2

ETCS L2 se odlišuje od první úrovně zejména tím, že se jedná již o liniový vlakový zabezpečovací systém a že pro svou činnost nepotřebuje klasická návěstidla, je-li provoz vlaků výhradně pod ETCS. Rozhraním se stávajícím zabezpečovacím zařízením jsou centrály RBC, které pomocí GSM-R předávají vozidlové části informace o ASSP a MA. K lokalizaci a předávání neproměnných informací i zde slouží neproměnné eurobalízy. (2) Schéma fungování ETCS L2 je znázorněno na obrázku č. 5.

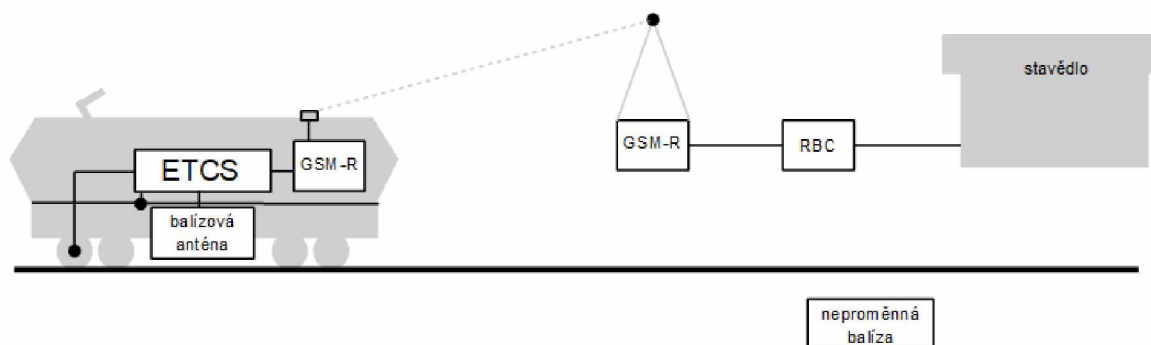


Obrázek 5 Schéma ETCS L2

Zdroj: autor s využitím (2)

Level 3

ETCS L3 má podobný princip fungování jako je tomu u druhé úrovně. Liší se zejména tím, že vlak si sám kontroluje svoji celistvost a informace o poloze, délce a celistvosti předává zpět RBC. Pevné prostorové oddíly jsou zde nahrazeny tzv. pohyblivými (či také plovoucími) oddíly. Výhodou je, že není potřeba zřizovat kolejové obvody či instalovat počítače náprav nebo návěstidla. (2) Schéma fungování ETCS L3 je znázorněno na obrázku č. 6.



Obrázek 6 Schéma ETCS L3

Zdroj: autor s využitím (2)

Dalšími možnými úrovněmi jsou:

ETCS L0, tj. taková úroveň, kdy se vlak vybavený ETCS pohybuje po úseku trati, který není ETCS vybaven. V tomto případě systém ETCS hlídá pouze předdefinovanou maximální rychlost. ETCS LNTC je úroveň, kdy se vlak vybavený ETCS pohybuje po trati vybavené národním zabezpečovacím systémem. Mobilní část ETCS pak plní funkci národního zabezpečovače. K zajištění správné komunikace musí být doplněno rozhraní pro komunikaci mezi ETCS a národním zabezpečovačem. (2)

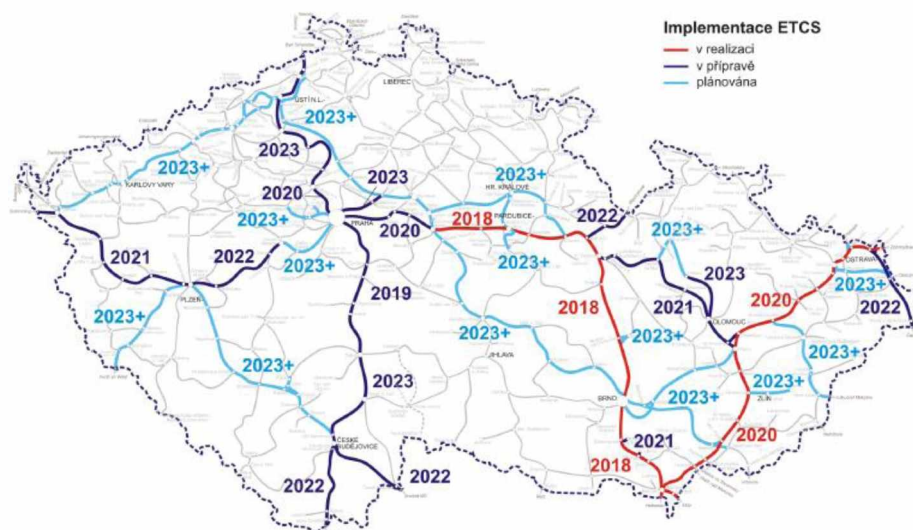
Následně jsou definovány režimy, ve kterých může ETCS fungovat. Jsou to např.: režim plného dohledu, režim omezeného dohledu, jízda podle rozhledu, režim posunu, režim pro L0, režim zásahu nouzové brzdy atd. (2)

1.1.3 Zavádění systému ETCS

Zavádění systému ETCS se týká i České republiky. V pilotním projektu byly v letech 2005 až 2011 testovány možnosti provozu ETCS a GSM-R v českých podmínkách na úseku

Kolín – Poříčany. V současnosti probíhá na hlavních tratích vybavování nejen systémem GSM-R, ale i traťovou částí ETCS L2. Při spuštění systému ETCS do ostrého provozu je však také nutné řešit tzv. migrační období, tj. dobu, kdy budou na dané trati provozována vozidla vybavená ETCS i vozidla vybavená národním zabezpečovačem. (2)

Harmonogram postupného zavádění systému ETCS v České republice znázorňuje obrázek č. 7.



Obrázek 7 Harmonogram zavádění ETCS v ČR

Zdroj: (3)

Prioritou je, aby tratě spadající do Transevropské železniční sítě byly vybaveny systémem ETCS (resp. ERTMS) do roku 2030. Důležité spojovací tratě a odbočné větve koridorových tratí spadajících do Transevropské dopravní sítě by pak měly být vybaveny do roku 2050. Tyto tratě tvoří cca 26 % rozsahu české železniční sítě a probíhá na nich cca 80 % přepravních výkonů. Pro tyto tratě bylo zvoleno vybavení systémem ETCS L2. Úseky s nejbližším datem spuštění plného provozu ETCS v České republice by měly být od 1. 1. 2025 tyto: Děčín – Praha – Česká Třebová – Brno – Břeclav, Břeclav – Bohumín a Česká Třebová – Přerov. (3)

Systémem ETCS by měla být vybavena rovněž trať č. 113 Čížkovice – Obrnice, tj. testovací trať společnosti AŽD Praha.

1.1.4 Shrnutí

ETCS, coby jednotný evropský vlakový zabezpečovač, se stále více rozšiřuje na železniční síť jednotlivých evropských států. Výhodou je tedy bezesporu sjednocení, resp. nahrazení mnoha současných národních zabezpečovacích systémů jedním společným. Toto má význam zejména na hlavních tranzitních tratích jednotlivých států. Bude tak možné provozovat vlaky v interoperabilním prostředí. Za další výhodu lze považovat zajištění bezpečnosti provozu.

Zavádění systému ETCS do provozu s sebou nese i mnohá úskalí. Tím největším je bezesporu cena, ať už za vybavení traťovou částí, palubními částmi přímo na vozidlech nebo za přidružený systém GSM-R. Během zavádění je nutné dodržet i přechodné období, kdy na dané trati bude provozován systém ETCS spolu se současným národním systémem. I tato skutečnost se může promítnout do zvýšené ceny pořízení systému. Nevýhodou také je, že po nasazení ETCS může dojít ke snížení propustnosti tratě oproti stávajícímu stavu (např. dlouhá doba obsazení zhlaví stanice dlouhým nákladním vlakem, kterému ETCS dovolí jízdu jen určitou rychlostí).

Hlavním důvodem propojení systémů ATO a ETCS je nutnost přidružit k systému ATO takový systém, který zajistí bezpečnost provozu. Tento celek pak bude vhodné propojit i s funkcí ASVC, která zajistí možnost optimalizovat jízdu vlaku s ohledem na omezenou propustnost dopravní infrastruktury a další vlaky.

1.2 Systém ATO

Tato podkapitola se zabývá ATO, což je souhrnný název pro různé systémy automatického řízení vlaků.

1.2.1 Obecné informace

ATO znamená automatické řízení vlaků a používá se jako zastřešující termín, který odkazuje na různé aplikace částečně nebo plně automatizovaného provozu. (4) Roku 2012 vznikl v rámci Union Industry of Signalling – Sdružení průmyslu (železničního) zabezpečovacího zařízení (dále jen UNISIG) – koncept ATO over ETCS. Členem této organizace je i společnost AŽD Praha. (5)

Mimo konceptu ATO over ETCS je úlohou UNISIG vývoj, údržba a aktualizace specifikací ERTMS v úzké spolupráci s Evropskou agenturou pro železnice. (1)

ATO, jakožto interoperabilní systém, spolupracuje s ETCS minimálně úrovně 2, který v tomto případě plní bezpečnostní funkci, a se systémy řízení provozu manažera infrastruktury, od kterých přebírá všechny potřebné dynamické údaje o provozu. Zároveň ovládá výkon hnacího vozidla a brzdění vlaku, podle implementovaného stupně automatizace. (5)

V rámci automatizace se lze setkat s tzv. stupni automatizace (Grade of Automation – dále jen GoA):

- GoA 0, tj. jízda podle rozhledu (mnohdy se tento stupeň automatizace neuvádí),
- GoA 1, tj. ruční řízení či manuální režim, kdy je strojvedoucí přítomen na hnacím vozidle, vlak je řízen manuálně a na bezpečnost dohlíží vlakový zabezpečovač, který je označován jako Automatic Train Protection (dále jen ATP) či Automatic Train Control (dále jen ATC),
- GoA 2, tj. poloautomatické řízení vlaku, kdy je strojvedoucí přítomen na vozidle; vlak je řízen automaticky a strojvedoucí zodpovídá za rozjezd vlaku, ovládání dveří (to je možné i automaticky), sledování tratě a v případě potřeby i za řízení vlaku,
- GoA 3, tj. automatické řízení vlaku, kdy se již na vozidle nenachází strojvedoucí, ale jen vlaková četa, vlak je veden automaticky, a to včetně odjezdů ovšem na palubě je přítomna obsluha pro případy nutnosti,
- GoA 4, tj. automatické řízení vlaku bez dozoru strojvedoucího, vlak zcela bez doprovodu; všechny funkce vedení vlaku jsou plně automatické bez přítomnosti členů personálu; tento stupeň bývá užíván v metru. (1, 4)

Ve srovnání se silniční dopravou má železniční doprava se systémem styku „kolo-kolejnice“ rozhodující výhodu spočívající zejména ve vedení vozidla jízdni dráhou, a je proto obzvláště vhodná pro automatizaci. Již dnes jsou na železnici některé oblasti spojené s řízením železničního vozidla nebo organizováním drážní dopravy automatizovány: zabezpečovací systémy, automatické systémy řízení vlaků, které zajišťují lepší využívání kapacity, což zajistí vysokou úroveň efektivnosti a kvality služeb i ve výjimečných provozních situacích. Plně automatický provoz vlaků je již realitou v metrech, neboť jsou vzhledem k vedení jejich tras v uzavřeném tunelovém systému vhodné pro provoz bez strojvedoucího.

Nicméně i v dálkové, nákladní a regionální železniční dopravě je stále častěji zájem o využívání možnosti automatického provozu vlaků, aby byly naplňovány výzvy do budoucna (např. vyšší nároky na bezpečnost a kvalitu přepravy, zvyšování počtu přepravených osob nebo nákladu či předpoklad vytváření jednotného interoperabilního prostředí). (5)

Přínosy očekávané od ATO v železniční dopravě se neliší (nebo se liší jen mírně) od těch, které jsou pozorovány v hromadné dopravě a jsou tedy následující:

- posílení využívání infrastruktury a přepravní kapacity,
- zlepšení stability a přesnosti jízdního řádu pomocí pravidelnější a předvídatelnější jízdní doby mezi dopravními body,
- energetické úspory díky optimalizovanému stylu jízdy,
- snížení mechanického namáhání a opotřebení hnacího a brzdového ústrojí s nižšími náklady na údržbu,
- snížení hluku, zejména v nákladní dopravě díky plynulejší a homogennější jízdě,
- zvýšení pohodlí cestujících díky plynulejší a homogennější jízdě, lepší kvalita cestování,
- zlepšení a zefektivnění technologických procesů využitím stanovení bodů zastavení, tzv. stopping point (umožní dopředu poznat přesné místo zastavení vlaku, což může mít význam např. při doručování písemných rozkazů na vlak, přebírání průvodních listin vlaku, výměn lokomotivních čt apod.). (6)

1.2.2 Princip fungování ATO

ATO systém se skládá ze dvou subsystémů:

ATO traťová část (ATO Trackside, dále jen ATO-TS) shromažďuje statické i dynamické údaje o infrastruktuře, tratích a jízdních řádech ze stávajícího systému řízení dopravy Traffic Management System (dále jen TMS) a předává data do ATO Onboard (dále jen ATO-OB). (6)

ATO-TS je počítačová aplikace, obsahující digitální mapu tratí včetně nástupišť, přejezdů, bodů infrastruktury, na kterých se požaduje, aby vlak zastavil, rychlostní profil tratě,

tunely, převýšení, popis trolejového vedení apod. Zdrojem těchto dat je systém KANGO-KMEN (Konstrukce a návrh grafikonu online, modul KMEN). (5)

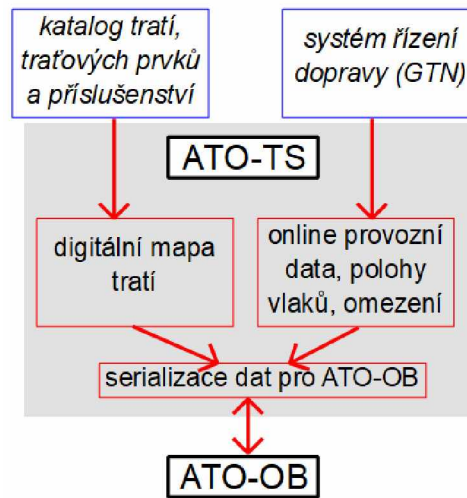
ATO-TS dále zpracovává i informace o vlacích, jejich denním jízdním řádu, aktuální poloze či složení apod. (to vše živě v řádu několika sekund). Tyto informace pro ATO-TS poskytuje v českém prostředí výkonná vrstva systému řízení provozu – Graficko-technologická nadstavba zabezpečovacího zařízení (dále jen GTN). ATO-TS od GTN získává všechny potřebné údaje, a to včetně operativních změn, které se objevily se změnou dopravní situace. ATO-TS tak disponuje aktuálními daty jízdních řádů vlaků. (5)

Z údajů o infrastruktuře je vytvořen tzv. Segment profile a z dat o vlacích a ze Segment profilů je vytvořen tzv. Journey profile. (7)

ATO palubní část (ATO-OB) průběžně vypočítává Optimální rychlostní profil na základě dostupných údajů o infrastruktuře, trati a jízdních řádech a řídí hnací a brzdné systémy vozidla pro automatizované řízení. (6)

ATO-TS tedy automaticky zpracovává všechna potřebná data a přes síť GSM-R komunikuje s jednotlivými mobilními jednotkami – ATO-OB na hnacích vozidlech. Po zapnutí ATO-OB se vlak přihlásí svým číslem do systému ATO, přičemž musí nejprve proběhnout kontrola funkčnosti a správného nastavení ETCS. Následně ATO-OB obdrží od ATO-TS všechna potřebná data o trati, po které vlak pojedje, a data jízdního řádu, který byl pro vlak stanoven. ATO-OB vypočítá Optimální jízdní profil (dále jen OJP) (7) a po splnění všech podmínek k jízdě uvede ATO-OB vlak do pohybu. Protože ATO-OB je nadstavbou ETCS, při brzdění (zásahem strojvedoucího nebo ETCS) se samočinně vypne a zůstane vypnuto až do jejího dalšího manuálního zapnutí. Při opětovném zapnutí ATO-OB do činnosti proběhne nový výpočet optimální jízdy, a to s ohledem na změněnou dopravní situaci. (5)

Vazbu výše popsaných částí systému, a to včetně potřebných dat a informací z navazujících aplikací (např. GTN), blíže popisuje schéma na obrázku č. 8.

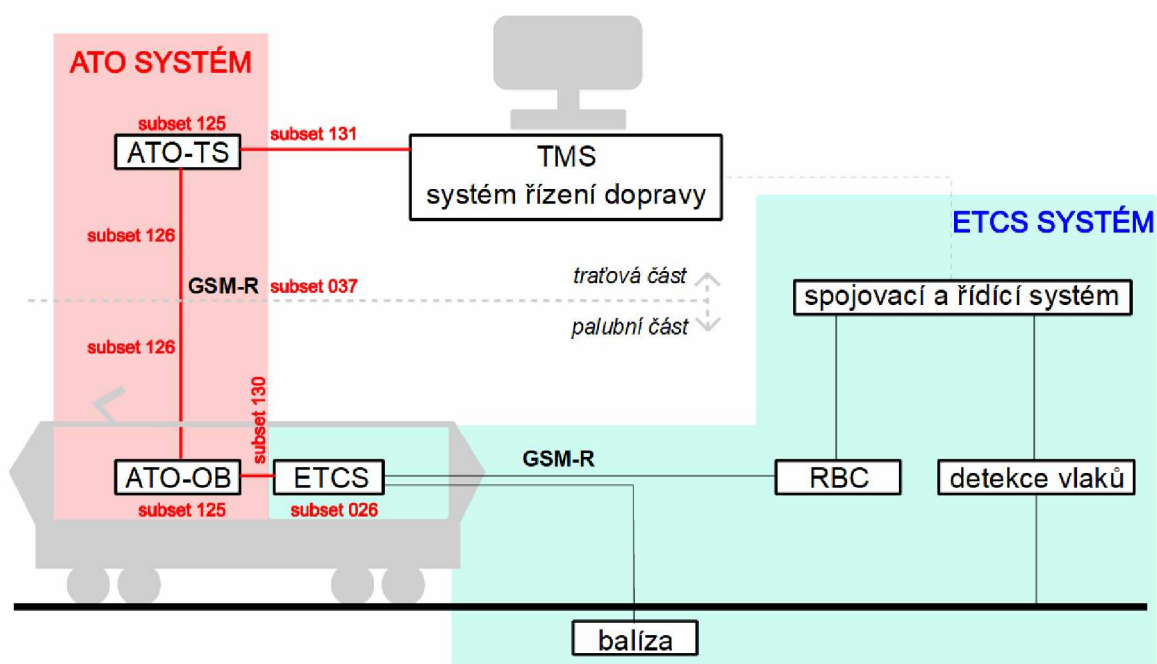


Obrázek 8 Vazba mezi hlavními částmi systému ATO

Zdroj: autor s využitím (5)

Vzhledem k tomu, že ATO systém nezahrnuje bezpečnostní systém, je pohyb vlaku pomocí ATO chráněn palubním systémem automatické ochrany (ATP), který zasahuje jako „regulátor“ v případě překročení přípustné rychlosti (takovým systémem je v případě ATO systém ETCS a výsledkem je tedy ATO over ETCS). Zavedení systému ATO over ETCS proto nebude mít žádný negativní dopad na bezpečnost železničního provozu. (6)

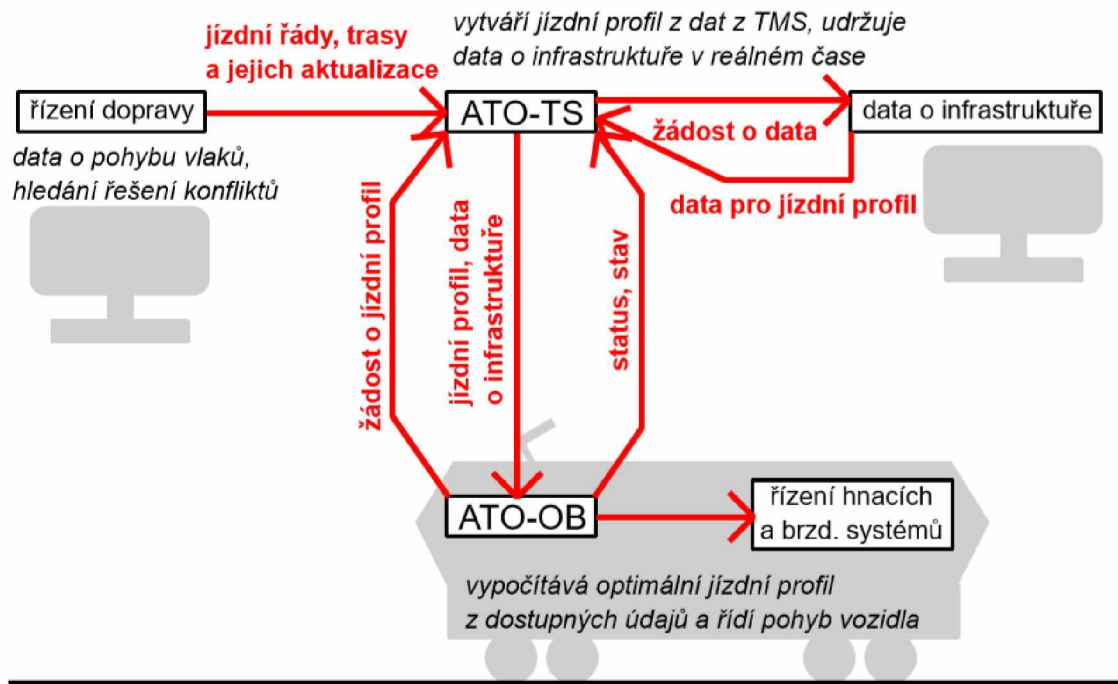
Obrázek č. 9 znázorňuje architekturu systému ATO over ETCS, jenž je vyvíjen kromě AŽD Praha i společnostmi Siemens a STADLER. Na obrázku je naznačena komunikace mezi jednotlivými částmi systému – tj. traťovou a palubní částí. Traťová část je navázána na systém TMS, odkud shromažďuje potřebné informace o infrastruktuře a jízdních řádech. Palubní část je propojena před řídicí jednotku vozidla s palubní částí systému ETCS. Způsob propojení mezi jednotlivými komponenty stanovují tzv. subsety, což jsou standardizované předpisy, jak by mělo vypadat rozhraní mezi těmito částmi.



Obrázek 9 Architektura ATO over ETCS

Zdroj: autor s využitím (4, 6)

Architekturu systému z funkčního hlediska lze vidět na obrázku č. 10. Na obrázku lze opět vidět traťovou i palubní část systému ATO. Traťová část sbírá potřebná data pro vytvoření jízdního profilu (jízdni řády, data o infrastruktuře). Palubní část si o tento profil zažádá a traťová část jí ho přes síť GSM-R poskytne. Na základě vypočteného Optimálního jízdního profilu může palubní část systému ATO zasahovat do hnacích a brzdných systémů vozidla.



Obrázek 10 Architektura ATO z funkčního hlediska

Zdroj: autor s využitím (6)

1.2.3 Zavádění systému

Některé systémy automatizace již byly na mnohých místech použity. Jedná se zejména o trasy metra či jiné segregované systémy. Co se týče automatického metra, s ním se lze setkat například v Barceloně, Dubaji, Helsinkách, Kodani, Lausanne, Norimberku, Pekingu, Šanghaji nebo Istanbulu. (8)

Prvním komerčním využitím systému ATO over ETCS na železnici je projekt Thameslink, kdy v průběhu roku 2018 došlo k zahájení tohoto systému na severojižní trase přes srdce Londýna. Je zde tak možný provoz až 24 vlaků za hodinu v každém směru. (6)

V České republice může být příkladem ATO systém Automatického vedení vlaku (dále jen AVV), který vyvinula společnost AŽD Praha. Schopnosti systému AVV jsou následující:

- navedení vlaku na požadovanou rychlost, případně udržení této rychlosti s přesností na 1 km/h,
- cílové brzdění do určeného místa, přičemž lze zvolit brzdění do nulové i nenulové rychlosti,
- řízení podle jízdního řádu, tj. schopnost jízdy, aby vlak do následující stanice nebo zastávky přijel včas (je-li to možné) s přesností dojezdu 10 s a minimální spotřebou energie. (2)

Jelikož je AVV v prostředí české železnice v komerčním provozu již od roku 2000, tak lze říci, že tato mnoholetá zkušenost s automatizací provozu je velkou výhodou pro české vývojáře. (2)

Společnost AŽD Praha, která subsystémy ATO-TS i ATO-OB vyvíjí na základě specifikací vzniklých činnostmi v UNISIG, bude jejich funkční vlastnosti a výhody v roce 2019 demonstrovat na zkušební trati Čížkovice – Obrnice. (5)

Rozvoj systému ATO (resp. ATO over ETCS) se dá předpokládat s větším zaváděním systému ETCS, jako důsledek požadavků na interoperabilitu a zvýšený počet přepravených osob nebo nákladu, případně nutnost lepšího využití infrastruktury. (6)

1.2.4 Shrnutí

Je předpoklad, že systémy ATO budou do budoucna na železnici žádané, a to hlavně z důvodů zvyšování komfortu vlakové obsluhy, zkvalitnění dodržování jízdního řádu, snížení spotřeby trakční energie a lepšího využívání propustnosti tratí. Pozitivní skutečnost pro zavádění ATO systémů je i předurčení železnice k automatizaci díky vedení kolejí.

Za nespornou výhodu systému ATO lze považovat plynulejší jízdu vlaků díky předvídatelným jízdním dobám, případně úpravě stylu jízdy (eliminace brzdění a rozjezdů), s tím souvisí i snižování hluku a zvyšování komfortu cestujících. Dalšími výhodami jsou větší stabilita jízdního řádu, zvýšení využívání kapacity infrastruktury a energetická úspora. Při plné automatizaci dojde i ke snížení nákladů na zaměstnance.

Za slabou stránku ATO lze považovat cenu za pořízení tohoto systému, ať za traťovou, tak palubní část. Možná eliminace nákladů na pořízení palubních jednotek se nabízí s nákupem nových vozidel, již vybavených tímto systémem. Odpadnou tak náklady na dodatečné vybavení vozidla. Jako jistou výhodou lze brát i skutečnost, že ATO má pro svou činnost přidružen další systém, který hlídá bezpečnost (např. právě ETCS) – systémy mohou být vyvíjeny a používány nezávisle na sobě. Výhoda v podobě úspory zaměstnanců se obrací v nevýhodu z pohledu obsluhy vozidla (konkrétně nástupu cestujících) a načasování zavření dveří a pokračování v jízdě. S plnou automatizací provozu také souvisí možné problémy s výpadky a poruchami systému, případně kybernetickými útoky.

Nabízí se otázka propojení ATO systémů se systémem ETCS. Toto propojení je téměř nutností, a to zejména z důvodu zajištění bezpečnosti. Lze uvažovat i propojení ATO s jiným národním systémem (vlakovým zabezpečovačem), ovšem z důvodu postupného sjednocování a zavádění systému ETCS v mnoha evropských státech, je zásadní právě propojení ATO a ETCS.

Jako hlavní důvod propojení s funkcí ASVC se nabízí předvídatelnost postavení vlakové cesty a s tím spojené přizpůsobení stylu jízdy konkrétního vlaku a eliminace brzdění a následných rozjezdů a vytváření bezkonfliktního grafikonu.

1.3 Funkce ASVC

Tato podkapitola se zabývá analýzou funkce Automatického stavění vlakových cest. Tato funkce byla vytvořena za účelem automatizace řízení železničního provozu na dané trati (případně úseku trati nebo naopak celé oblasti), ovšem s přihlédnutím na vhodnost nasazení této funkce v konkrétních případech. Cílem při nasazení této funkce do ostrého provozu je usnadnění práce řídicích dopravních zaměstnanců, tzn. snížení rutinní práce výpravčích a traťových dispečerů při výkonu služby.

1.3.1 Základní principy ASVC

Funkce ASVC je součástí GTN na vybraných tratích vybavených dálkovým ovládním zabezpečovacího zařízení. Slouží k zajištění plynulé železniční dopravy a ke zvýšení produktivity práce v oblasti řízení provozu. (9)

Je nutné, aby dopravní zaměstnanci vnímali ASVC jako pomocníka, jehož úlohou je odlehčit je od rutinních úkonů, kterými je např. stavění vlakových cest nebo změny traťových souhlasů. Funkce ASVC by neměla být spojována s personální úsporou, slouží zejména pro snížení stresové zátěže a pro zvýšení kvality řízení dopravy. (10)

Funkce ASVC je indikována několika způsoby:

- obslužné prvky a indikace ASVC v GTN, konkrétně v části GTN-Klient,
 - indikace ASVC v jednotném obslužném pracovišti (dále jen JOP),
 - povely automatické volby funkcí, které má stavědlo vykonat (dále jen AVF).
- (11)

Všechny dopravní v řízeném úseku tratě ASVC musí být předány na dálkový provoz. V případě, že není udělen traťový souhlas pro daný směr, kde má být postavena vlaková cesta, vyšle se AVF (tj. povel přenášený z GTN přes speciální zadávací počítač do zabezpečovacího zařízení) žádosti o udělení traťového souhlasu. Funkce ASVC nevykonává úkony, které by vedly k možnému ohrožení provozu dopravy, tzn. všechny povely (AVF), které v JOP vyžadují od traťového dispečera zadání kontrolní sekvence „asdf“ nebo stisknutí tlačítka „enter“. ASVC generuje do technologických počítačů povely AVF pro postavení vlakové cesty, žádosti o udělení traťového souhlasu, předběžné uzavření přejezdu a předvídaného odjezdu. Funkce ASVC je automaticky vypnutá u vlaků s předem avizovanou mimořádností. Dopravní zaměstnanec však může funkci ASVC na vlaku manuálně zapnout. (11)

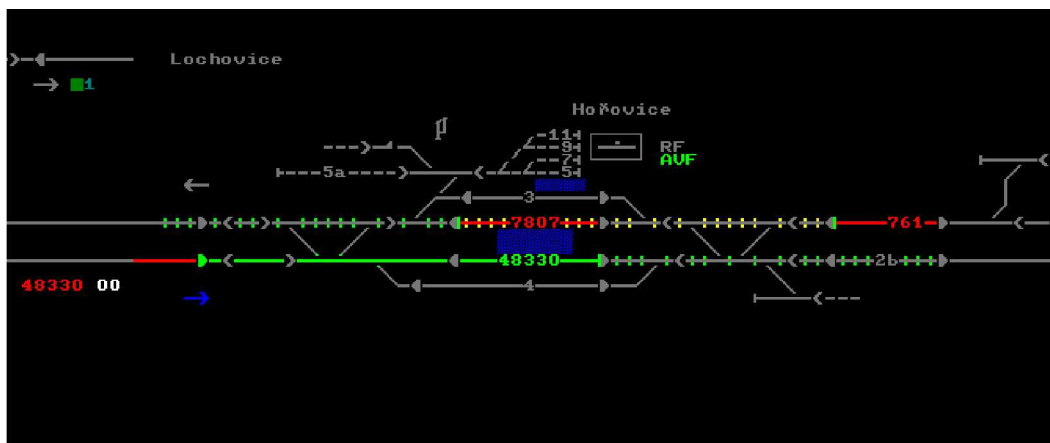
Výpadek činnosti funkce ASVC nemá přímý vliv na jízdu vlaku, již rozestavěné vlakové cesty (dále jen VC) se dostaví. Nadále přebírá veškerou obsluhu JOP dopravní zaměstnanec. Obsluha zabezpečovacího zařízení dopravním zaměstnancem prostřednictvím JOP má vždy větší prioritu než AVF vygenerované od ASVC, jinými slovy ASVC se vždy přizpůsobuje změnám, které dopravní zaměstnanec učiní. Zároveň vždy dopravní zaměstnanec může obsluhovat zabezpečovací zařízení v JOP manuální obsluhou bez ohledu na to, je-li funkce ASVC v činnosti. Funkce ASVC slouží k usnadnění práce stavění vlakových cest, ovšem zatím není schopna zajišťovat například dodržování přípojů nebo řešit dopravní konflikty. To lze však zajistit prostřednictvím tzv. dispozičních kritérií. Dispoziční kritéria jsou podmínky, které jsou manuálně zadávány dopravním zaměstnancem v provozní aplikaci GTN a ASVC se poté podle nich řídí. Lze tak například zajistit, že ASVC postaví vlakovou cestu pro vlak až po dojetí jiného vlaku, případně zajistit čekání na vjezd či odjezd jiného vlaku. (11)

ASVC staví vlakové cesty vždy na předem dané staniční a traťové koleje, které jsou dostupné z dat jízdního řádu. Čísla plánovaných kolejí, ať už staničních, ale i traťových, jsou před jízdou vlaku dostupná v okně Záznam o vlaku a zároveň jsou i vidět v reliéfu kolejiště v okně Grafické editace kolejí (dále jen GEK), kde lze zároveň přetažením změnit plánovanou kolej. (11)

1.3.2 Generování AVF

Okamžik, kdy se vyšle AVF, závisí výhradně na aktuální časové poloze vlaku v GTN. Není-li jízda vlaku nijak omezena (myšleno například jiným vlakem), začne se 2 minuty před vysláním AVF plánovaná vlaková cesta zeleně rámovat v reliéfu JOP. Jelikož se jedná jen o zamýšlenou cestu, kterou má ASVC v plánu postavit, může dopravní zaměstnanec bez problémů změnit v okně GEK plánovanou kolej nebo i vlakovou cestu postavit manuálně z JOP dříve, než ASVC. Není-li možné vlakovou cestu z dopravních důvodů automaticky postavit, ASVC vyčkává do doby realizovatelnosti. Pokud již uběhla 1 minuta od času domnělého vyslání AVF pro vlakovou cestu, změní se rámování ze zeleného na žluté. Pomine-li toto omezení, je pak vlaková cesta ihned automaticky postavena. Pokud se nepodaří postavit ASVC vlakovou cestu, například z důvodu poruchy prvku zabezpečovacího zařízení, rámování se změní na červené a objeví se okno Upozornění ASVC. (11)

Rámování je zobrazeno na obrázku č. 11. Ve stanici Hořovice lze vidět zeleně rámované plánované vlakové cesty pro vlaky 7807 a 48330 a žlutě rámovanou vlakovou cestu pro vlak 761, pro který je cesta plánována na obsazenou staniční kolej číslo 1.



Obrázek 11 Rámování ASVC v JOP

Zdroj: autor

Časový rozvrh vysílání AVF je následující:

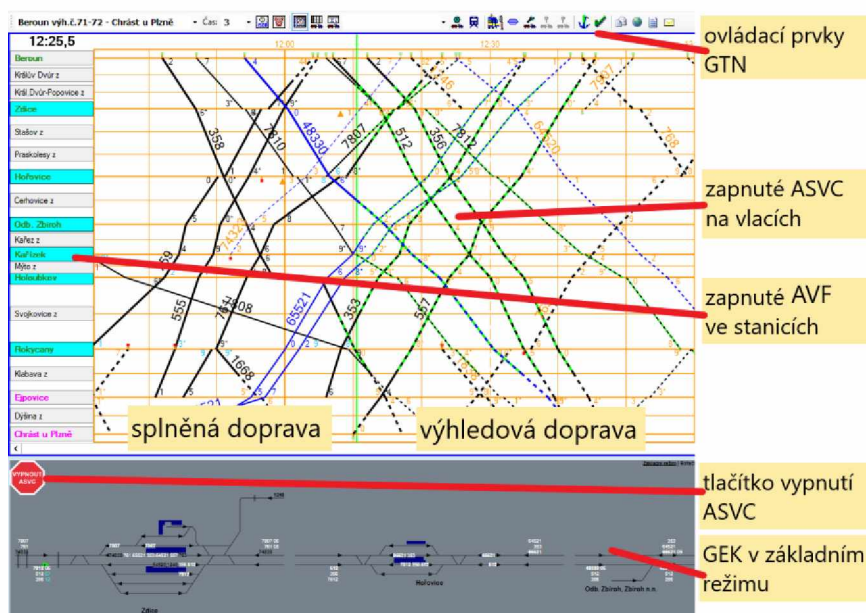
- pro stojící vlak – (zahrnuje odjezdové vlakové cesty u vlaků s pobytem a vlaky výchozí) 4 minuty před jízdou vlaku se v reliéfu JOP začne zeleně rámovat plánovaná vlaková cesta a 2 minuty před jízdou se vyšle AVF pro vlakovou cestu, přičemž během stavění se vlakové cesty v JOP stále rámuji,
- pro jedoucí vlak – (zahrnuje odjezdové vlakové cesty u vlaků bez pobytu a všechny vjezdové vlakové cesty) 7 minut před jízdou vlaku se v reliéfu JOP začne zeleně rámovat plánovaná vlaková cesta a 5 minut před jízdou se vyšle AVF pro vlakovou cestu, přičemž během stavění se cesty v JOP stále rámuji. (11)

Další vlastností ASVC je vkládání příkazu Předběžného uzavření přejezdu (dále jen PUP). Tato možnost spočívá v tom, že přejezd zůstane automaticky uzavřen po projetí prvního vlaku v důsledku automaticky vyslaného AVF pro PUP, má-li ASVC v plánu stavět vlakovou cestu přes tento přejezd do 2 minut. V JOP se tato možnost zobrazí zeleným čtverečkem na příslušném přejezdu. (11)

1.3.3 Aktivita ASVC

ASVC může zapnout (případně vypnout) dopravní zaměstnanec v jednotlivých dopravních bodech v řízené oblasti. Nouzově jej lze vypnout ve všech stanicích v řízené oblasti přes tlačítko „Vypnout ASVC“ v GEK. Předpokladem pro fungování ASVC je, že v daném dopravním bodě (např. v železniční stanici) je ASVC vůbec nakonfigurováno, v JOP je zapnutá funkce AVF v dopravních bodech, v GTN je v příslušném okně zapnuto ASVC ve vybraném dopravním bodě a rovněž je ASVC zapnuto na příslušném vlaku. V Listu grafikonu vlakové dopravy (dále jen GVD) v GTN je zapnutí funkce AVF indikováno tyrkysovým podbarvením názvu dopravního bodu a zapnuté ASVC zeleným podbarvením neprojeté části trasy vlaku. (11)

Na obrázku č. 12 lze vidět aktivitu ASVC v GTN. Zobrazeno je zapnuté ASVC na vlacích i ve stanicích, GEK v základním režimu a tlačítko vypnutí ASVC.



Obrázek 12 Aktivita ASVC v GTN

Zdroj: autor

1.3.4 Grafická editace kolejí

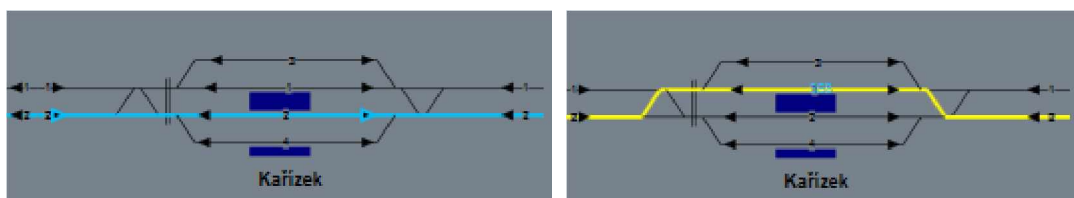
GEK je okno v GTN, které slouží k indikaci a editaci plánovaných vlakových cest. Indikuje, na kterou kolej bude ASVC stavět vlakovou cestu. Dokud se nevyšle AVF pro postavení vlakové cesty, tak lze v GEK měnit plánované staniční i traťové koleje. V základním režimu jsou v reliéfu zobrazeny všechny vlaky v řízené oblasti, které se v ní již

přímo nacházejí anebo budou nacházet v horizontu příštích 20 minut. V tzv. editačním režimu je zobrazen pouze jeden konkrétní vybraný vlak a jeho plánované cesty v řízené oblasti, které je možné upravovat. V levém horním rohu okna GEK se nachází červené tlačítko „Vypnout ASVC“, které slouží k vypnutí ASVC v celé řízené oblasti. (11)

V základním režimu jsou vyobrazena čísla všech vlaků v řízené oblasti u kolejí, na které je v plánu stavět vlakové cesty. Po najetí kurzoru myši na číslo vlaku se zobrazí okno s informacemi o vlaku (číslo vlaku, délka v metrech, hmotnost v tunách, maximální rychlost v $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ a plánovaný čas odjezdu z koleje). Při výběru konkrétního vlaku lze měnit jeho trasu přetažením aktuální trasy na jinou požadovanou staniční nebo traťovou kolej. Je-li na vlaku přiděleno absolutní stůj, má návěstidlo v reliéfu červený obrys. U dispozičního stůj je tento obrys žlutý. Přes GEK lze také vyvolat okno dispozičních kritérií nebo zapnout či vypnout ASVC na konkrétním vlaku. (11)

Plánované vlakové cesty vlaku jsou v editačním režimu GEK zobrazovány tyrkysovou barvou. V průběhu editace koleje se barva změní na žlutou a v případě, že vlaková cesta obsahuje chybnou kolej nebo není zajištěna návaznost plánovaných vlakových cest, se plánované vlakové cesty vykreslují červeně. V tomto případě nebude ASVC stavět vlakové cesty na červeně zobrazovaném úseku (ani se nezačne v JOP rámovat). Trasu vlaku také nelze změnit, pokud se na koleji již nachází editovaný vlak, již bylo vysláno AVF k postavení vlakové cesty, na kolej nevede dle závěrové tabulky vlaková cesta nebo by dle jízdního řádu vlaku nešlo dosáhnout následujícího dopravního bodu. (11)

Na obrázku č. 13 lze v levé části vidět GEK s plánovanou cestou konkrétního vlaku ve stanici Kařízek (tyrkysová barva) a v pravé části zobrazení v průběhu editace koleje ve stanici Kařízek z koleje číslo 2 na kolej číslo 1 (žlutá barva).



Obrázek 13 Grafická editace kolejí

Zdroj: autor

1.3.5 Dispoziční kritéria

Dispoziční kritéria (dále jen DIK) jsou nástrojem pro plánování dopravy či odstraňování dopravních konfliktů. ASVC postaví vlakovou cestu až ve chvíli, kdy byla splněna podmínka nastavená v DIK. DIK lze zadat konkrétnímu vlaku v konkrétní stanici a pro konkrétní kolej na vlakové cesty vjezdové i odjezdové v případě, že je ASVC zapnuto i vypnuto. Je-li vypnuto a vlakové cesty staví přímou volbou dopravní zaměstnanec v JOP, DIK může být nastaveno, ale nemá další vliv na stavění vlakových cest, protože ASVC vlakové cesty v tomto případě nestaví. Dochází pouze k úpravě výhledové dopravy v Listu GVD. Jednotlivá DIK lze kombinovat a lze jich tak jednomu vlaku přidělit i více. DIK lze nastavit uvnitř okna List GVD po výběru příslušného vlaku a dopravního bodu, případně lze tak učinit i přes GEK. V GTN je pak nastavený DIK indikován na listu grafikonu. (11)

Následuje tabulka č. 1 s výčtem jednotlivých dispozičních kritérií.

Tabulka 1 Dispoziční kritéria

dispoziční kritérium	název kritéria	možnosti
DIK 201	čekání na vjezd	vjezdové vlakové cesty
		odjezdové vlakové cesty
DIK 202	čekání na odjezd	vjezdové vlakové cesty
		odjezdové vlakové cesty
DIK 301	čekání do požadovaného času	„příjezd nejdříve po“
		„pobyt nejméně do“
DIK 302	čekání na dojezd	odjezdové vlakové cesty
DIK 303	staniční dispozice	vjezdová, cestová a odjezdová návěstidla
DIK 304	nesouhlas s jízdou vlaku	indikace
DIK 305	úkony na vlaku	indikace

Zdroj: autor s využitím (11)

Čekání na vjezd vlaku

Tento nástroj nese označení DIK 201 a lze jej použít pro všechny odjezdové i vjezdové vlakové cesty. U vjezdové cesty je princip takový, že v okamžiku, kdy vlak, na jehož vjezd se čeká, mine vjezdové návěstidlo, začne ASVC zeleně rámovat v JOP vlakovou cestu čekajícímu vlaku a vyšle AVF pro vlakovou cestu. Čeká-li se na vjezd vlaku ze stejného směru, začne ASVC rámovat vlakovou cestu čekajícímu vlaku po minutí vjezdového návěstidla vlakem, na který se čeká, ovšem AVF pro vlakovou cestu se vyšle až po uvolnění posledního konfliktního prvku v kolejišti (např. výhybky nebo kolejového úseku). U odjezdové cesty je princip podobný – po minutí vjezdového návěstidla začne ASVC rámovat čekajícímu vlaku

odjezdovou vlakovou cestu a AVF pro vlakovou cestu vyše po uvolnění všech konfliktních prvků v kolejišti. (11)

Čekání na odjezd vlaku

Tento nástroj nese označení DIK 202 a lze jej použít na vjezdové i odjezdové vlakové cesty. Princip je takový, že v okamžiku, kdy čelo vlaku, na jehož odjezd se čeká, mine odjezdové návěstidlo, začne ASVC zeleně rámovat v JOP cestu čekajícímu vlaku a po uvolnění všech konfliktních prvků v kolejišti (např. výhybek nebo kolejových úseků) vyše AVF pro postavení vlakové cesty. (11)

Čekání do požadovaného času

Tento nástroj nese označení DIK 301 a slouží pro konkrétní nastavení času výhledového odjezdu nebo příjezdu dopravním zaměstnancem, přičemž jízdní doba vlaku z předešlého dopravního bodu, případně pobyt vlaku se dynamicky mění, a to podle aktuální polohy vlaku. (11)

Čekání na dojezd

Tento nástroj nese označení DIK 302 a lze jej použít při vyčkávání na přípojný vlak osobní dopravy. Tomu je možné nastavit čekání až na 5 vlaků, a to v rozmezí 1 až 15 minut po zohlednění přestupní doby. Přípojnému vlaku se začne v běžném případě stavět vlaková cesta 1 minutu před časem ukončení přestupní doby. (11)

Staniční dispozice

Tento nástroj nese označení DIK 303 a může mít dvě podoby, a sice absolutní stůj a dispoziční stůj. (11)

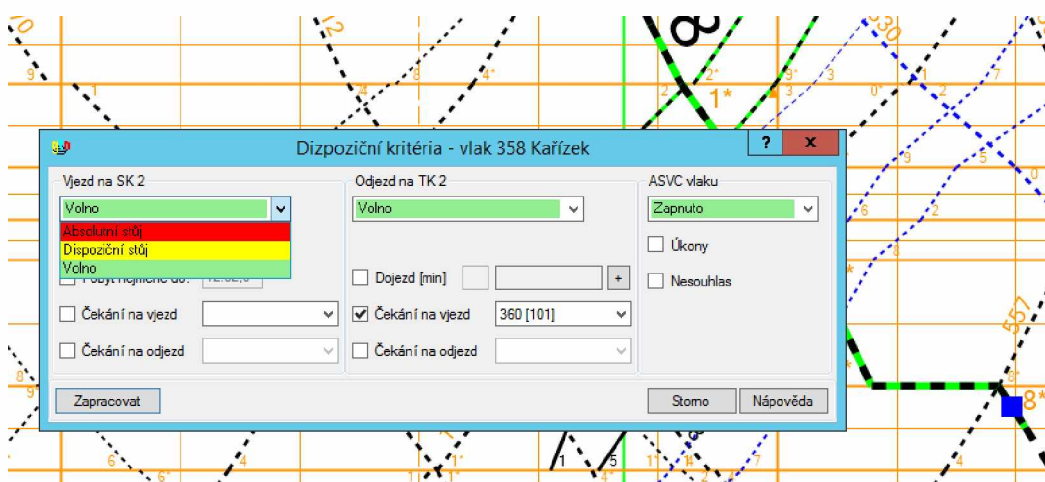
- Absolutní stůj slouží pro zastavení vlaku na blíže neurčenou dobu. Dopravnímu zaměstnanci je indikována skutečnost, že je pro vlak nastaveno absolutní stůj a ASVC dále nestaví ani nerámuje plánované vlakové cesty v JOP. Je-li nastaveno absolutní stůj na vjezdu do stanice, je výhledový čas příjezdu držen 5 min před aktuálním časem. Stane-li se tak u odjezdu ze stanice, je tento čas na odjezdu držen 40 – 45 minut. (11)

- Dispoziční stůj slouží rovněž pro zastavení na blíže neurčenou dobu. Dopravnímu zaměstnanci je indikována skutečnost, že je pro vlak nastaveno dispoziční stůj (navíc v okamžiku 5 minut před plánovaným vjezdem nebo 3 minuty před plánovaným odjezdem se zobrazí Upozornění ASVC o skutečnosti nastavení dispozičního stůj) a ASVC dále nastaví ani nerámuje plánované vlakové cesty v JOP. Nastavené dispoziční stůj na příjezdu nebo odjezdu prodlužuje jízdní dobu, resp. pobyt a výhledový čas příjezdu o 5 min před aktuálním časem. (11)

Nesouhlas s jízdou vlaku z ISOŘ a úkony na trase

Tyto nástroje nesou označení DIK 304 a DIK 305 a jsou nastavovány předhláškou z Informačního systému operativního řízení (dále jen ISOŘ). Automaticky se tak v GTN nastaví ve stanovených případech absolutní stůj (pro vlaky nákladní dopravy na odjezdovém nebo cestovém návěstidle staniční koleje obvyklé pro pobyt) nebo dispoziční stůj (pro vlaky osobní dopravy na odjezdovém nebo cestovém návěstidle staniční koleje obvyklé pro pobyt). (11)

Okno dispozičních kritérií lze vidět na obrázku č. 14. Jedná se o zadání výše popsanych dispozičních kritérií pro vlak 358 ve stanici Kařízek. Pro tento vlak bylo již dříve nastaveno jiné dispoziční kritérium ve stanici Rokycany, které zobrazuje modrý čtverec v Listu GVD.



Obrázek 14 Okno Dispoziční kritéria

Zdroj: autor

1.3.6 Shrnutí

V roce 2015 a 2016 bylo provozně ověřováno Automatické stavění vlakových cest na trati Liberec – Tanvald/Josefův Důl a částečně také Lysá nad Labem – Milovice. Systém se ale potýkal s nepřesnostmi a závadami a postupně ztrácel důvěru a tak byl po deseti měsících tento ověřovací provoz ukončen. (10)

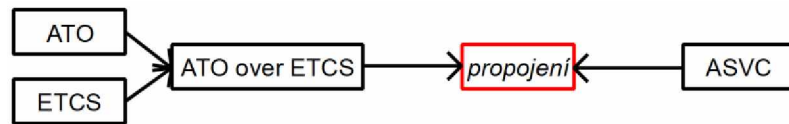
Funkce ASVC je vyvíjena společností AŽD Praha s.r.o. V červenci 2018 byla funkce nasazena na trati č. 170 v úseku Beroun – Rokycany do ověřovacího provozu a v dubnu roku 2019 také na trati č. 122 v úseku Praha-Smíchov severní nástupiště – Praha-Zličín, dosud s pozitivním ohlasem. Mnozí dopravní zaměstnanci se však zprvu k této funkci stavili spíše odmítavě, ale postupem času si na ni zvykají a zkouší ji. Je nutné tuto funkci brát jako pomocníka, který ulehčí od rutinní práce a posoudit vhodnost jejího zapnutí podle aktuální provozní situace, konkrétního dopravního bodu nebo dalších okolností. Práce dopravního zaměstnance a přímá obsluha přes JOP má stále přednost a větší prioritu před ASVC, které se práci zaměstnance přizpůsobuje. Časem může dojít k rozšíření nasazení ASVC na další tratě, které jsou k tomu vhodné, například na trať č. 113 Čížkovice – Obrnice (coby testovací trať společnosti AŽD Praha, s.r.o.) nebo na trať č. 183 v úseku Klatovy – Železná Ruda-Alžbětín. S rozvojem a nasazováním dalších systémů je nutné pomýšlet i na funkční propojení těchto systémů, aby mohla funkce ASVC bezproblémově fungovat.

Největším přínosem funkce ASVC je eliminace rutinní práce zaměstnanců, zejména stavění vlakových cest na průjezd stanicemi nebo vlakových cest, které jsou pro daný vlak vždy stejné (např. končící vlak jedoucí pokaždé na stejnou kusou kolej). Zaměstnanci se tak mohou soustředit na ostatní situace, které vyžadují větší pozornost. Je však potřeba přistupovat k funkci ASVC jako k pomocníkovi. Současným hlavním nedostatkem funkce ASVC je, že neumí sama řešit konfliktní situace (křížování, předjíždění, čekání na přípoj při zpoždění vlaku apod.). Toto lze předem ošetřit ručním zadáním DIK.

Na tratích, kde je nasazena funkce ASVC a zároveň provozován systém ATO, resp. ATO over ETCS je vhodné pomýšlet na vzájemné propojení a využít tak jejich největší pozitiva. Předvídatelnost jízdních dob spolu s možností ovládní hnacího a brzdového ústrojí hnacího vozidla a včasným postavením vlakové cesty může mít za následek ještě větší stabilitu jízdního řádu, lepší využití kapacity a zvýšení komfortu cestujících, ale i zaměstnanců (zejména strojvedoucích a výpravčích).

1.4 Zhodnocení analýzy

Tato podkapitola se zabývá zhodnocením, proč je vhodné propojit systém ATO over ETCS s ASVC tak, jak je znázorněno na jednoduchém schématu na obrázku č. 15.



Obrázek 15 Schéma propojení ATO over ETCS a ASVC

Zdroj: autor

Následně je provedena SWOT analýza, aby bylo poukázáno na silné a slabé stránky tohoto možného propojení a také jaké jsou příležitosti a hrozby:

- S (silné stránky) – oba systémy i funkce ASVC mají perspektivu do budoucna a je předpoklad jejich dalšího rozšíření (i v souvislosti s interoperabilitou); eliminace rutinní práce zaměstnanců, zajištění včasného postavení vlakové cesty, úprava stylu jízdy a eliminace brzdění a rozjezdů, zvýšení komfortu cestujících i zaměstnanců, celková optimalizace dopravy,
- W (slabé stránky) – propojení systémů a funkce ASVC jen tam, kde jsou všechny nasazeny, vyšší cena při zavádění, dlouhý čas zavádění systémů, jejich rozšiřování a aplikování propojení s ASVC, nutná funkčnost všech částí a nezastupitelnost jednoho systému druhým,
- O (příležitosti) – šance pro posílení důležitosti funkce ASVC, nové funkční vlastnosti ASVC, impuls pro další rozšíření jednotlivých systémů i navrhovaného propojení,
- T (hrozby) – odmítavý přístup zaměstnanců zvyklých na zavedené postupy, možná poruchovost, nenasazení systémů a funkce ASVC na dostatečném počtu tratí tak, aby mohlo být propojení plošně využito, zhýčkanost dopravních zaměstnanců vedoucí k neznalosti postupů při výpadku nebo mimořádné události.

Propojení by mělo využít silné stránky a příležitosti tak, aby bylo co nejvíce přínosné a dokázaly se v něm promítnout výhody jednotlivých částí v největší možné míře. Tak lze dosáhnout požadovaného chování propojení a docílit pozitivních výsledků v reálném provozu.

2 NÁVRH PROPOJENÍ

Tato kapitola se zabývá konkrétním návrhem propojení systému ATO over ETCS s funkcí automatického stavění vlakových se zaměřením na fungování celého systému jako celku a na vazby mezi jednotlivými částmi systému.

2.1 Identifikace systému

Jelikož je návrh propojení koncipován jako systém, je dále řešen pomocí nástrojů systémové analýzy. Je nutné tento systém popsat, určit rozlišovací hladinu, dále určit jednotlivé prvky a vazby systému a definovat cílové chování.

Popis systému

Navrhovaný systém lze popsat jako systém funkčního propojení ATO over ETCS s funkcí automatického stavění vlakových cest (dále jen AoE+ASVC, tj. pracovní název systému). Podrobněji jej lze popsat jako systém vzájemného ovlivňování jednotlivých částí systému, ať už ATO, ETCS, ASVC či jiných dalších částí, a to za účelem dosažení požadovaných přínosů a výhod uvedených částí, které se promítnou do plynulejší jízdy konkrétních vlaků, stability jízdního řádu i do propustnosti daného traťového úseku.

Stanovení rozlišovací hladiny

Rozlišovací hladina, tj. podrobnost zkoumání, byla stanovena na úroveň hlavních částí jednotlivých systémů, které mají v rámci svých systémů a následně i navrhovaném systému AoE+ASVC důležitý význam a jsou zásadní pro jeho správné fungování a dosažení cílového chování.

Určení prvků a jejich funkcí

V systému AoE+ASVC je určeno následujících 12 prvků a 2 prvky podstatného okolí. Každému prvku je přiřazena konkrétní funkce v rámci systému.

- (1) KANGO KMEN – modul systému KANGO, který poskytuje veškerá potřebná data o infrastruktuře pro ATO-TS,
- (2) ATO-TS – traťová část systému ATO, která shromažďuje data o infrastruktuře (z KANGO-KMEN), z kterých vytváří Segment profile, a data

o vlacích (z GTN) a vytváří Journey profile pro ATO-OB (pro komunikaci mezi ATO-TS a ATO-OB slouží rádiová síť GSM-R),

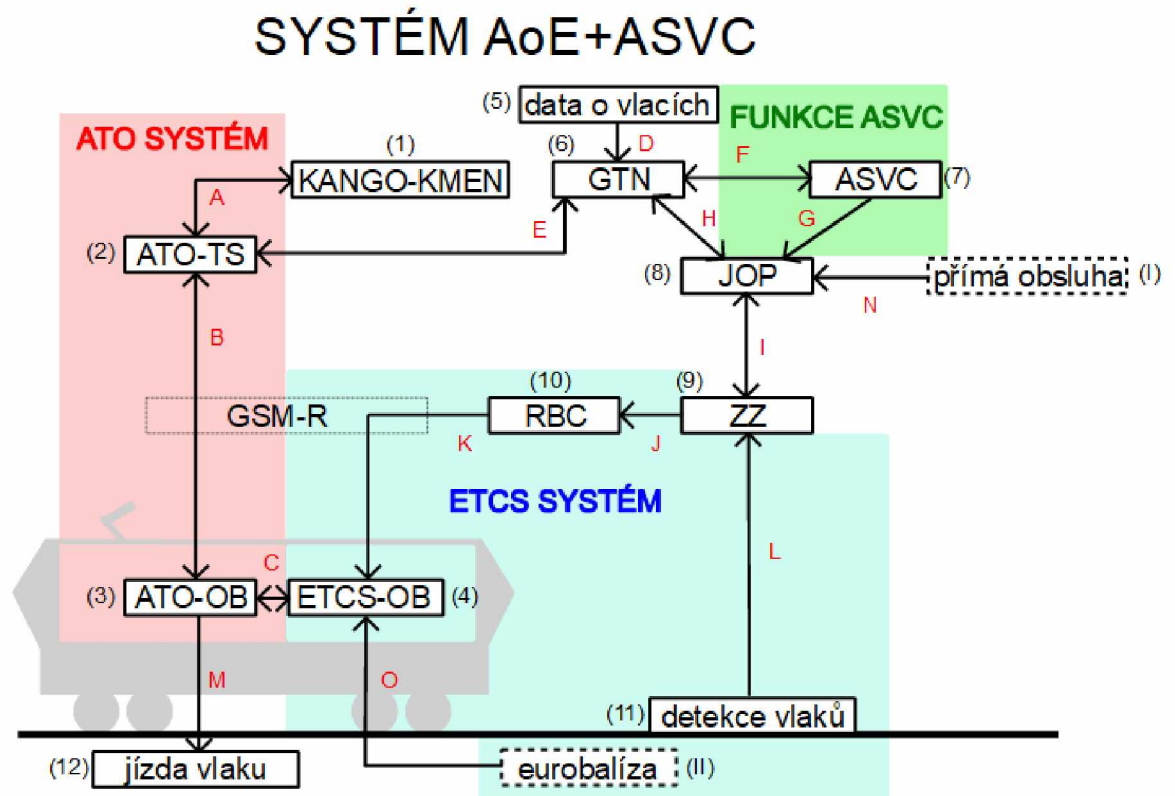
- (3) ATO-OB – palubní část systému ATO, která vypočítává Optimální jízdní profil z dat od ATO-TS, zasahuje do řídicích a brzdných systémů hnacího vozidla a je pod dohledem systému ATP, který zde reprezentuje ETCS-OB,
- (4) ETCS-OB – vypočítává dynamický rychlostní profil z informací poskytnutých RBC (traťové rychlosti, stoupání, klesání, omezení, místo zastavení, oprávnění k jízdě apod., pro komunikaci mezi ETCS-OB a RBC slouží rádiová síť GSM-R), přijímá neproměnné informace z eurobalíz a kontroluje aktuální rychlost vlaku řízenou ATO-OB,
- (5) Data o vlacích – informace, jízdní řády, složení vlaků, data ze systémů KANGO VLAKE, ISOŘ a Kapacita dráhy (dále jen KADR) pro GTN,
- (6) GTN – shromažďuje data z prvku (5), zobrazuje trasy vlaků a jejich aktualizace, indikuje činnost ASVC,
- (7) ASVC – pomocí speciálního zadávacího počítače vysílá povely AVF k postavení VC do zabezpečovacího zařízení (dále jen ZZ) ve stanovených časech, indikuje svou činnost v GTN,
- (8) JOP – indikuje činnost zabezpečovacího zařízení, pohyb vlaků a činnost ASVC,
- (9) ZZ – veškerá činnost zabezpečení jízd vlaků (staniční, traťové i přejezdové zabezpečovací zařízení), předává potřebné informace do RBC, přijímá informace o pohybu vlaků (detekce) a pokyny k činnosti z JOP,
- (10) RBC – vytváří zprávu o povolení k jízdě z informací od ZZ přes GSM-R do ETCS-OB,
- (11) Detekce vlaku – informace o pohybu vlaků předávaná dále do ZZ,
- (12) Jízda vlaku – koncový prvek, úprava stylu jízdy k dosažení přínosů je výsledný důsledek chování systému.

Prvkům okolí se z hlediska funkčnosti systému funkce nepřisuzují, mají ovšem významné vazby na systém. Prvky okolí jsou určeny dva:

- (I) Přímá obsluha
- (II) Eurobalíza

Určení vazeb

V systému AoE+ASVC je určeno 15 vazeb (A-O). Některé vazby jsou obousměrné, některé jen jednosměrné, a to z důvodu vzájemného ovlivňování či předávání informací. Prvky a vazby mezi prvky lze vidět na následujícím obrázku č. 16, kde se nachází orientovaný graf znázorňující systém AoE+ASVC. Tentýž obrázek je uveden ve větším měřítku v přílohách (Příloha A). Parametry vazeb jsou řešeny v navazující části práce.



Obrázek 16 Orientovaný graf systému AoE+ASVC

zdroj: autor

Parametrizace vazeb

Následně je určena parametrizace vazeb systému. První možnost zpracování je z pohledu jednotlivých prvků, kdy jsou každému z prvků přiřazeny sousední prvky a dále požadované a nabízené parametry. Druhý pohled je přímo z pohledu vazeb systému. Je určeno označení jednotlivých vazeb, parametry vazeb a krajní prvky vazeb. Obousměrné vazby jsou rozepsány do dvou řádků, aby byl správně určen každý směr zvlášť. Z důvodu větší přehlednosti u složitějších systémů byla vybrána druhá možnost zpracování parametrizace z pohledu vazeb. Znázorňuje ji následující tabulka č. 2.

Tabulka 2 Parametrizace vazeb systému AoE+ASVC

vazba	označení, obsah vazby	prvky	
		předch.	násl.
A	poskytnutí dat o infrastruktuře	1	2
	žádost o data o infrastruktuře	2	1
B	poskytnutí Segment a Journey profile přes síť GSM-R	2	3
	poskytnutí zprávy (tzv. Status report) přes síť GSM-R	3	2
C	činnost ATO na vozidle – podnět k dohledu ETCS	3	4
	dohled ETCS nad jízdou vlaku, informace z eurobalíz	4	3
D	poskytnutí dat o vlacích (ISOR, KANGO VLAK, KADR)	5	6
E	žádost o data o vlacích, předání Status reportu	2	6
	poskytnutí dat o vlacích	6	2
F	aktualizace polohy vlaku, změna času postavení VC ASVC	6	7
	indikace činnosti ASVC v Listu GVD v GTN	7	6
G	indikace činnosti ASVC v JOP (tečkování, stavění VC...)	7	8
H	data o vlacích	6	8
	informace o pohybu vlaků	8	6
I	pokyn k činnosti ZZ	8	9
	informace o pohybu vlaků	9	8
J	informace ze ZZ do RBC	9	10
K	poskytnutí MA a informací ze ZZ přes síť GSM-R	10	4
L	informace o pohybu vlaků	11	9
M	činnost ATO – zásah do hnacích a brzdných systémů	3	12
N	obsluha JOP dopravním zaměstnancem	I	8
O	poskytnutí informací z eurobalíz	II	4

zdroj: autor

Určení cílového chování

Cílové chování systému AoE+ASVC lze určit jako úpravu stylu jízdy vlaku tak, aby byly využity přínosy a výhody všech jeho částí (ATO, ETCS a ASVC).

Podrobněji lze chování systému popsat v následujících krocích:

- ATO-TS sbírá data o infrastruktuře od KANGO-KMEN, ze kterých je vytvořen Segment profile a data o vlacích od GTN, aby následně vytvořený Journey profile poslal přes GSM-R na palubní jednotku ATO-OB, která z těchto dat vytvoří Optimální jízdní profil a může ovládat hnací a brzdné systémy vozidla,
- GTN získává informace o vlacích z prvku data o vlacích, jenž v sobě zahrnuje např. KANGO-VLAK, ISOŘ, KADR a sousední provozní aplikace,
- ke GTN je přidružena funkce ASVC, která dle předem stanovených časů automaticky staví vlakové cesty a svou činnost indikuje v GTN a v JOP,
- jízdou vlaků dochází k detekci jejich polohy, která je přenášena přes ZZ do JOP i GTN a následně i do ASVC (zde může docházet k úpravám časů postavení vlakových cest),
- ze ZZ získává RBC informace k vytvoření zprávy povolení k jízdě, kterou vyšle přes GSM-R do palubní jednotky ETCS-OB (systém ETCS zde poté slouží jako kontrolní systém aktuální rychlosti a polohy vlaku),
- z podstatného okolí může ovlivňovat fungování systému přímá obsluha ZZ přes JOP ještě předtím, než jej obslouží samo ASVC (poté opět může dojít k aktualizaci polohy trasy vlaku v GTN a tím pádem i k času postavení vlakových cest v dalších dopravních bodech), dalším prvkem podstatného okolí je eurobalíza, prostřednictvím které jsou předávány neproměnné informace (např. informace o poloze) na palubní jednotku ETCS-OB,
- koncovým prvkem tohoto systému a výsledným chováním je úprava stylu jízdy vlaku po zpracování všech předchozích kroků a tím pádem výběru vhodného řešení, které je přizpůsobeno aktuální dopravní situaci.

2.2 Úprava systému

Navržený systém AoE+ASVC bude následně upraven tak, aby byly postupně vidět všechny podstatné kroky k dosažení cílového chování od počátečního prvku po koncový prvek. Upravený systém bude vycházet z výše popsaného systému AoE+ASVC a zaměří se na chování a postupný průchod tímto systémem. Jelikož se bude jednat o průchod systémem od počátečního prvku po koncový prvek, budou všechny vazby jednosměrné a nebude moci

dojít k zacyklení. V tomto systému bude možné dále provádět i další náležitosti týkající se systémové analýzy, ovšem tato práce se omezí jen na popis prvků, vazeb a cílového chování.

Popis systému a stanovení rozlišovací hladiny zůstává stejný, jako v případě základního systému AoE+ASVC. Upravený systém nese pracovní označení AoE+ASVC-2.

Určení prvků a jejich funkcí

V systému AoE+ASVC-2 je určeno 16 prvků, přičemž každému z nich je přiřazena konkrétní funkce v rámci systému.

- (1) jízda vlaku 1 – počáteční prvek systému; skutečnost, že některý vlak má možnost využít navržený systém,
- (2) detekce vlaku – informace o pohybu vlaků, která je dále předávána do ZZ,
- (3) ZZ – veškerá činnost zabezpečení jízd vlaků (staniční, traťové i přejezdové zabezpečovací zařízení); přijímá informace o pohybu vlaků,
- (4) indikace v JOP – zobrazování pohybu vlaků a činnosti ZZ v reliéfu kolejiště dané řízené oblasti,
- (5) indikace v GTN – zobrazování tras vlaků v Listu GVD,
- (6) ATO-TS – traťová část systému ATO, která shromažďuje data o infrastruktuře (z KANGO-KMEN) a vytváří Segment profile a data o vlacích (z GTN) a vytváří Journey profile pro ATO-OB (pro komunikaci mezi ATO-TS a ATO-OB slouží rádiová síť GSM-R),
- (7) ATO-OB – palubní část systému ATO, která vypočítává Optimální jízdní profil z dat od ATO-TS,
- (8) čas ASVC – aktualizace času postavení vlakové cesty po změně polohy vlaku,
- (9) nastavení DIK – možnost nastavení dispozičních kritérií pro konkrétní dopravní situace,
- (10) indikace v GTN – zobrazení aktualizovaných tras vlaků,
- (11) ATO-TS – totéž, co prvek (6),
- (12) ATO-OB – totéž, co prvek (7),
- (13) porovnání – aktualizace Optimálního jízdního profilu (při zapnutém ASVC bude přínosnější Optimální jízdní profil od části systému s prvkem čas ASVC,

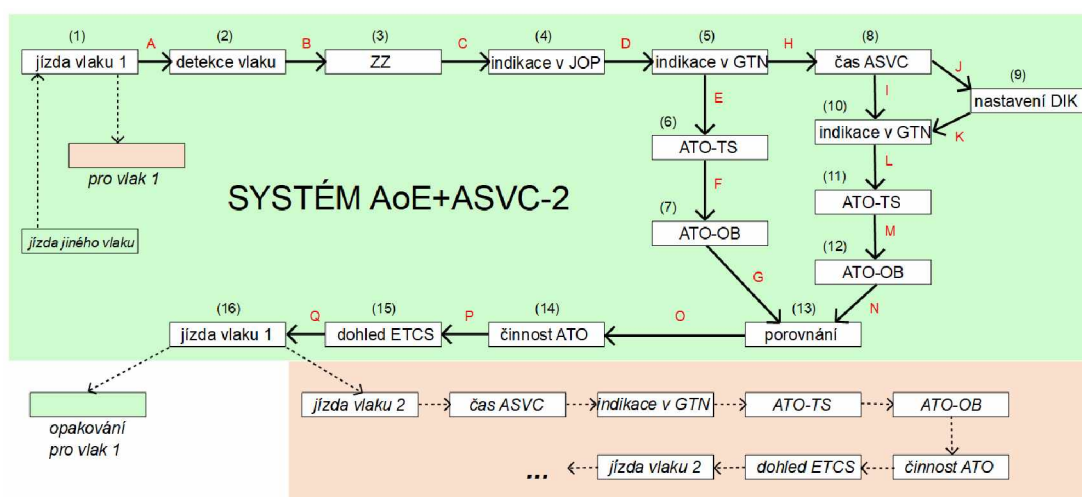
paralelní cesta nabízí Optimální jízdní profil bez výhod znalosti času postavení vlakových cest, tj. v případě vypnutého nebo nenasazeného ASVC),

- (14) činnost ATO – zasahuje do řídicích a brzdných systémů hnacího vozidla dle upraveného Optimálního jízdního profilu,
- (15) dohled ETCS – systém ATP; provádí dohled dle údajů o aktuální poloze a rychlosti vlaku, předávání informací z eurobalíz,
- (16) jízda vlaku 1 – výsledný upravený styl jízdy vlaku, koncový prvek systému.

Určení vazeb

V systému AoE+ASVC-2 je určeno 17 vazeb (A-Q). Všechny vazby jsou jednosměrné, a to z důvodu průchodu tímto systémem od počátečního po koncový prvek. Prvky a vazby mezi prvky lze vidět na následujícím obrázku č. 17, kde se nachází orientovaný graf znázorňující systém AoE+ASVC-2. Obrázek je rovněž uveden ve větším měřítku i v přílohách práce (Příloha B). Parametry vazeb jsou řešeny v navazující části práce.

Důležitá část systému je zeleně podbarvená. Jedná se o systém, kde jsou znázorněny jednotlivé kroky k dosažení upraveného stylu jízdy vlaku. V růžovém poli se nachází vazba na jízdu dalšího vlaku, k čemuž může dojít při zadání DIK anebo i samotným chováním ASVC, bude-li umět řešit konflikty jízd vlaků. Následně je i znázorněno, že celý systém se může dále opakovat v dalším dopravním bodě. Jednotlivé části systému na sebe mohou analogicky navazovat (resp. i předcházet) tak, jak je naznačeno ve schématu.



Obrázek 17 Orientovaný graf systému AoE+ASVC-2

zdroj: autor

Parametrizace vazeb

Následně je určena parametrizace vazeb systému AoE+ASVC-2, kterou znázorňuje následující tabulka č. 3.

Tabulka 3 Parametrizace vazeb systému AoE+ASVC-2

vazba	označení	prvky	
		předch.	násl.
A	obsazování a uvolňování kolejových úseků jízdou vlaku	1	2
B	informace o pohybu vlaků	2	3
C	informace o pohybu vlaků	3	4
D	informace o pohybu vlaků	4	5
E	data o vlacích pro vytvoření Segment a Journey profile	5	6
F	data pro vytvoření OJP (přes GSM-R)	6	7
G	OJP k porovnání	7	13
H	aktualizace polohy vlaku a času postavení VC ASVC	5	8
I	aktualizace polohy vlaku v Listu GVD v GTN	8	10
J	možnost zadání dispozičních kritérií	8	9
K	zpracování DIK a jejich zobrazení v Listu GVD v GTN	9	10
L	data o vlacích pro vytvoření Segment a Journey profile	10	11
M	data pro vytvoření OJP (přes GSM-R)	11	12
N	OJP k porovnání	12	13
O	výběr příznivějšího OJP pro danou situaci	13	14
P	činnost ATO – podnět k dohledu ETCS	14	15
Q	upravený styl jízdy vlaku	15	16

Zdroj: autor

Určení cílového chování

Cílové chování systému AoE+ASVC-2 lze určit podobně jako v případě předchozího navrženého systému AoE+ASVC, tj. úprava stylu jízdy vlaku tak, aby byly využity přínosy a výhody všech jeho částí (ATO, ETCS a ASVC).

Podrobněji lze chování systému popsat v následujících krocích:

- jízdou konkrétního vlaku dochází k detekci jeho polohy, která je přenášena přes ZZ do JOP (kde je indikován pohyb vlaku i činnost ZZ),
- informace o poloze vlaku je dále přenesena do GTN, kde se aktualizuje jeho trasa v Listu GVD,
- jedna cesta systému nyní vede rovnou z GTN do ATO-TS (přenos informací o vlaku), kde je vytvořen Segment a Journey profile, jenž je dále odeslán do ATO-OB, kde je vytvořen Optimální jízdní profil,

- druhá cesta vede přes ASVC (zde může docházet k úpravám časů postavení vlakových cest po aktualizaci polohy vlaku) a možnost nastavení DIK opět do GTN, kde jsou změny zaznamenány úpravou trasy vlaku; dále je cesta totožná, jako v předchozím kroku,
- následně dochází k porovnání obou OJP a výběru toho přínosnějšího pro danou dopravní situaci (se zapnutým ASVC bude tento OJP výhodnější z důvodu znalosti času postavení vlakových cest a celkově lepší předvídatelnosti situace),
- dále dochází už k samotné činnosti ATO na vlaku (zásahu do hnacích a brzdných systémů vozidla), dohledu ETCS a tím pádem upravenému stylu jízdy vlaku, který je přizpůsoben aktuální dopravní situaci a využívá výhody všech dílčích částí systému.

2.3 Shrnutí

První z navržených systémů – systém AoE+ASVC – zobrazuje propojení všech dílčích systémů, a to ATO, ETCS a funkce ASVC. Jeho prvky tvoří jednotlivé části dílčích systémů, které jsou podstatné pro celkovou funkčnost. V tomto systému je patrná komunikace mezi jednotlivými prvky a celková provázanost. Aby však bylo lépe pochopeno chování systému, byl navržen druhý systém – AoE+ASVC-2. Tento systém demonstruje průchod systémem od počátečního prvku po koncový prvek, čímž je popsána funkčnost a celková myšlenka propojení ATO, ETCS a ASVC.

Cílovým chováním systémů je dosažení upraveného stylu jízdy vlaku na základě všech předchozích kroků – přes detekci vlaku, indikaci v JOP a GTN, úpravu času postavení vlakové cesty ASVC, případně zadání DIK až po vygenerování Segment a Journey profile a Optimálního jízdního profilu a za dohledu ETCS dosáhnutí činností ATO požadovaného stylu jízdy.

Očekávané přínosy navrženého propojení řeší navazující kapitola č. 3.

3 ZHODNOCENÍ PŘÍNOSŮ

Tato kapitola se věnuje očekávaným přínosům, které plynou z funkčního propojení systému ATO over ETCS s funkcí ASVC. Nejprve jsou zmíněny přínosy obecně, tj. přínosy, které do propojení přinášejí jednotlivé dílčí části. Následně je na konkrétní dopravní situaci demonstrován kladný vliv propojení na propustnost traťového úseku a také časová a energetická úspora. V této práci jsou přínosy zpracovávány zjednodušenou teoretickou formou, a to z důvodu, že navržené systémy AoE+ASVC a AoE+ASVC-2 prozatím nejsou v reálu funkční a nelze ověřit tyto přínosy v ostrém provozu. Toto zpracování očekávaných přínosů může dále sloužit k dalšímu rozvoji samotného propojení a také jako podnět k dalšímu podrobnějšímu zkoumání přínosů navrženého propojení.

3.1 Obecné přínosy propojení

Za obecné výhody propojení systému ATO over ETCS s funkcí ASVC lze považovat ty výhody a přínosy, které plynou z dílčích částí tohoto propojení. Jsou to zejména:

- sjednocení a nahrazení stávajících národních zabezpečovacích systémů jedním společným a tím možnost provozovat vlaky v interoperabilním prostředí (ETCS),
- zajištění bezpečnosti provozu pomocí dohledu systému ATP (ETCS),
- plynulejší, předvídatelnější a aktuální dopravní situaci přizpůsobená jízda vlaku, eliminace zbytečných rozjezdů a brzdění a s tím související snížení hluku, energetické úspory a zvýšení komfortu cestujících (ATO),
- zlepšení stability jízdního řádu a využívání kapacity infrastruktury (ATO),
- časové úspory související s úpravou stylu jízdy i s eliminací reakční doby strojvedoucích (ATO),
- eliminace rutinní práce dopravních zaměstnanců řídících provoz na železnici a jejich reakční doby při stavění VC (ASVC),
- předvídatelnost stavění VC (ASVC).

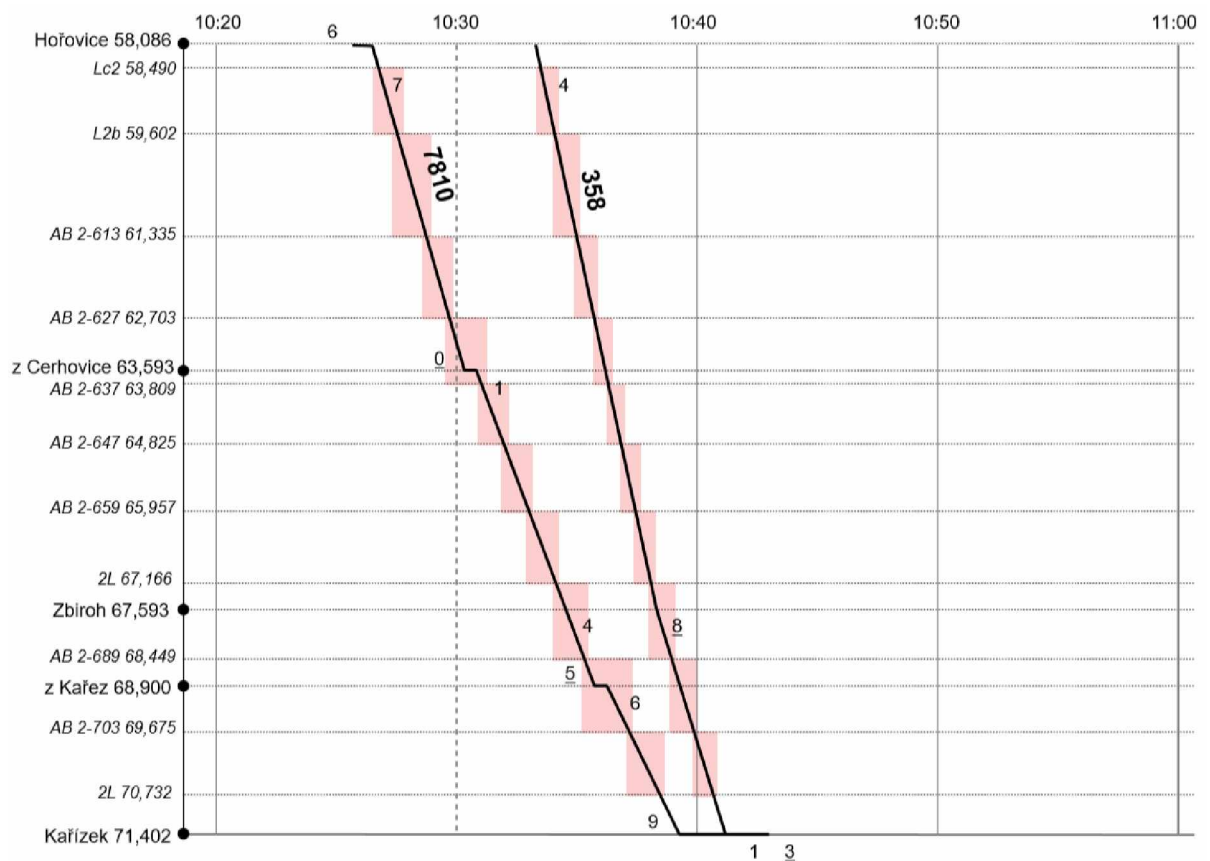
Při použití navrženého propojení lze předpokládat využití výše popsaných přínosů. Ověření přínosů v reálném provozu z důvodu neexistence propojení zatím není možné. Tato práce se dále teoreticky zabývá vlivem na propustnost, časovou úsporou a úsporou spotřeby trakční energie plynoucí z navrženého propojení.

3.2 Vliv na propustnost

Tato práce se věnuje vlivu navrženého propojení na propustnost tratě. Pro příklad byla vybrána trať č. 170 v úseku Hořovice – Kařízek.

Na následujícím obrázku č. 18 lze vidět konkrétní dopravní situaci, na které budou demonstrovány přínosy navrženého propojení. Pro tento příklad byly vybrány vlaky:

- Os 7810 Beroun (10:06) – Plzeň hl. n. (11:16),
 - složení vlaku: 363 + Bdmtee²⁸¹ + Bdmtee²⁷⁵ + Bfhpvee²⁹⁵,
 - maximální rychlost: 120 km·h⁻¹,
- Ex 358 Západní expres Praha hl. n. (09:45) – München Hauptbahnhof (15:16),
 - složení vlaku: 362 + Bmz + ABbmdz + Bdmpee²³³ + Bdmpee²³³ + Bmz²³⁵,
 - maximální rychlost: 140 km·h⁻¹. (12)

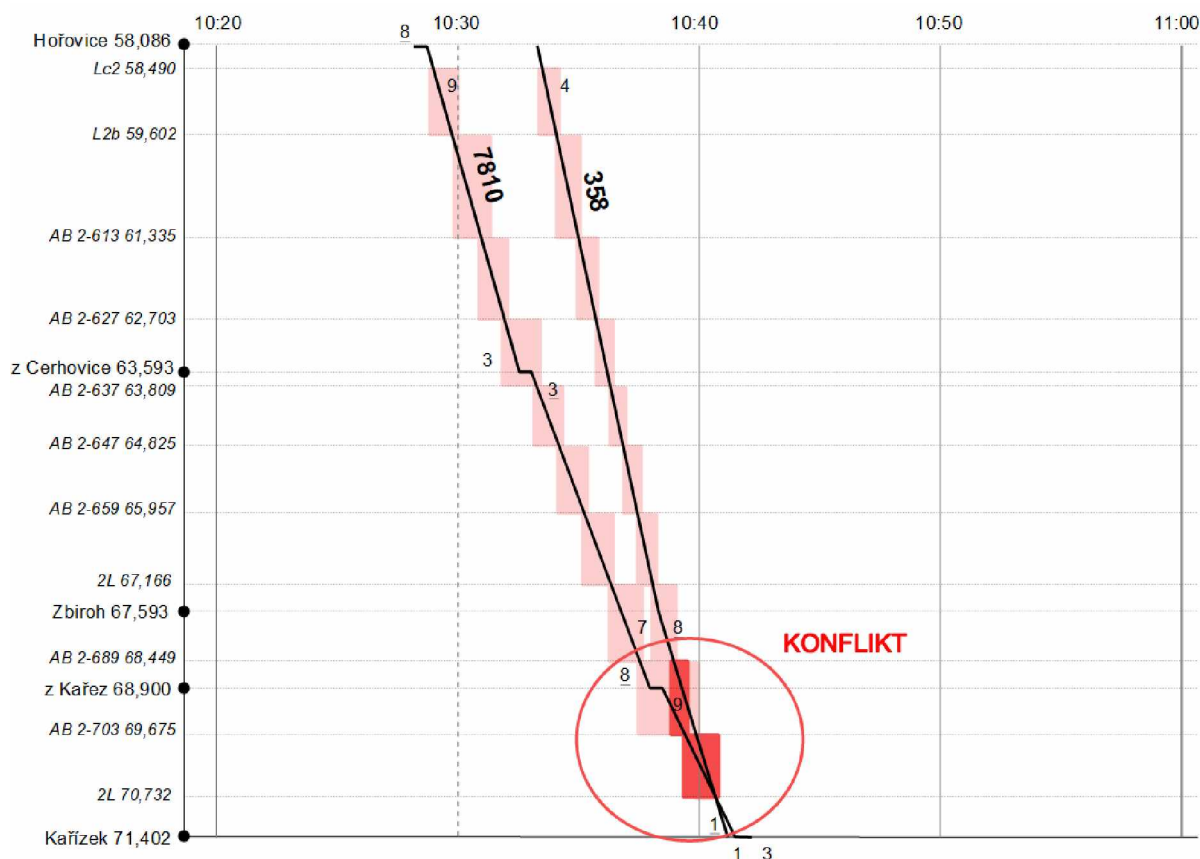


Obrázek 18 Vliv na propustnost - základní stav

Zdroj: autor

Situace znázorněná na obrázku č. 18 zobrazuje vybrané vlaky jedoucí dle jízdního řádu. Na svislé ose jsou zobrazeny kilometrické polohy hlavních návěstidel a oddílových návěstidel automatického bloku v daném směru a také kilometrické polohy dopraven a zastávek. V kilometru 66,300 dochází k přepočtu kilometrické polohy, která se v tomtéž místě rovná 66,800; proto jsou všechny kilometrické polohy následující po těchto hodnotách přepočítány, aby navazovaly na předešlou kilometráž. Růžově zvýrazněné plochy představují čas obsazení (nebo též časové okno vyhrazené pro jízdu vlaku) traťového oddílu, resp. staniční koleje, konkrétním vlakem. Ve stanici Kařízek jede vlak Os 7810 na 4. staniční kolej a vlak Ex 358 projíždí po 2. staniční koleji.

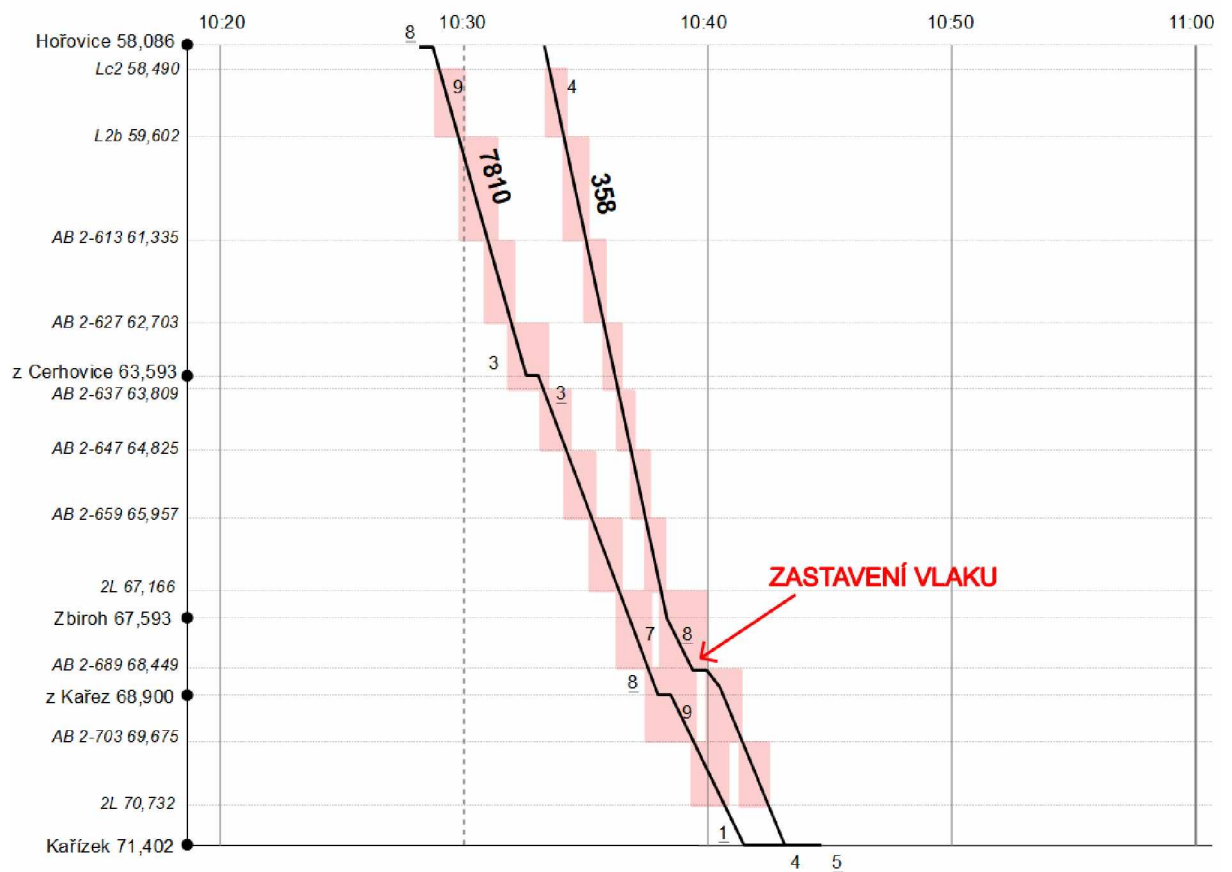
Na následujícím obrázku č. 19 lze vidět situaci vybraných vlaků, kdy první vlak Os 7810 má na příjezdu do stanice Kařízek 2,5 minuty zpoždění. Je patrné, že pokud by druhý vlak Ex 358 jel bez zpoždění, došlo by ke konfliktu tras vlaků v posledních dvou traťových oddílech před stanicí Kařízek.



Obrázek 19 Vliv na propustnost - konflikt tras vlaků

Zdroj: autor

Následuje obrázek č. 20 s vyobrazením situace, kdy první vlak Os 7810 jede se zpožděním (stejně, jako v předchozím případě) a druhý vlak odjíždí včas ze stanice Hořovice. Ve třetím traťovém oddíle před stanicí Kařízek vlak Ex 358 musí zastavit před návěstidlem automatického bloku z důvodu obsazení následujícího oddílu vlakem Os 7810. Po uvolnění oddílu tento vlak pokračuje dále. Vlak Ex 358 poté stanicí Kařízek projíždí s třímínutovým zpožděním. Při akceptování následného mezidobí ze stanice Kařízek dále do stanice Holoubkov pokračuje vlak Os 7810 se zpožděním 2 minut.

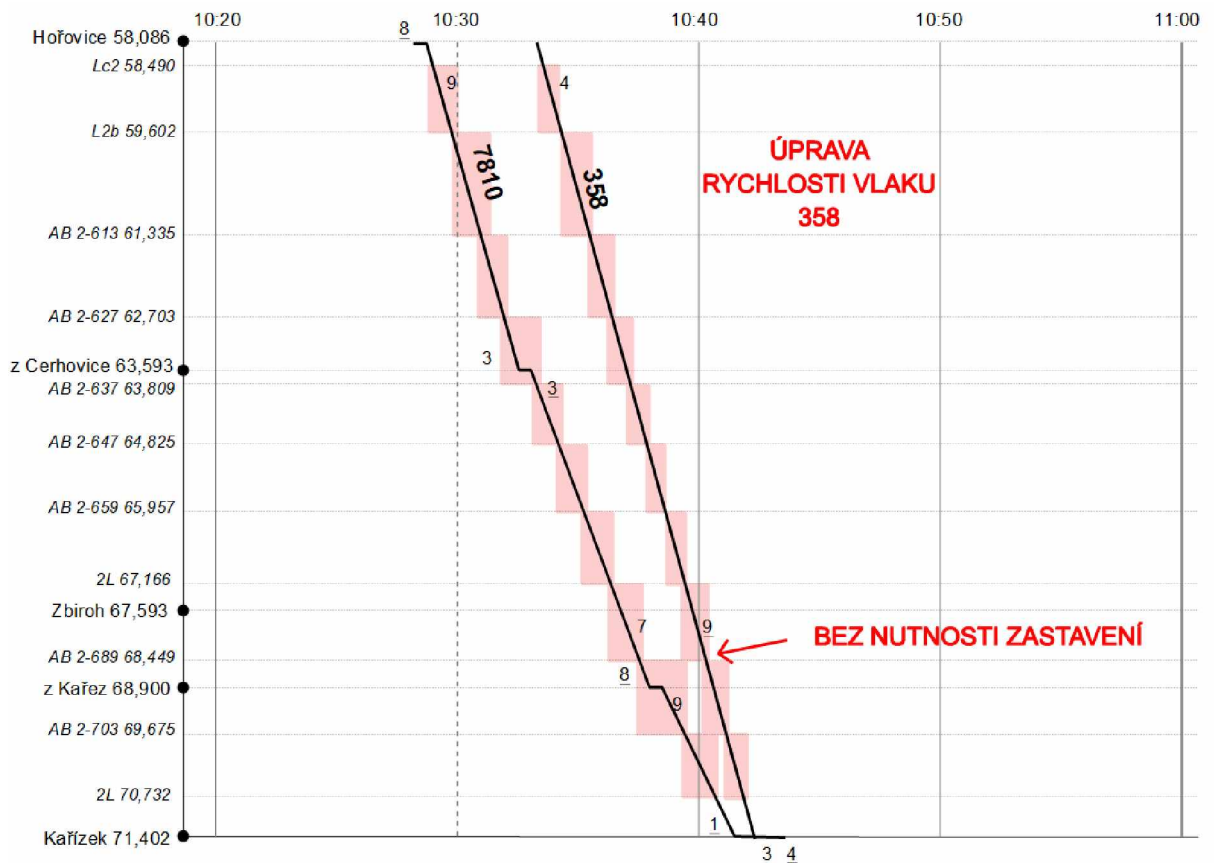


Obrázek 20 Vliv na propustnost - zastavení druhého vlaku

Zdroj: autor

Na obrázku č. 21 je znázorněna situace s vybranými vlaky, kdy je již aplikováno propojení dle navržených systémů AoE+ASVC a AoE+ASVC-2. Situaci lze popsat v následujících krocích:

- vlak 7810 odjíždí ze stanice Hořovice opožděn, v Listu GVD dojde k aktualizaci trasy vlaku a ASVC aktualizuje čas postavení následujících VC,
- vlak 358 projíždí stanicí Hořovice včas, čas postavení VC ASVC v následujících dopravních je upraven v závislosti na pohyb vlaku 7810,
- data se přes GTN dostávají na ATO-TS a dále ATO-OB, kde je vytvořen příslušný OJP pro vlak 358 (vlak je snížena rychlost a nedochází již k nutnosti zastavení vlaku z důvodu obsazení navazujícího traťového oddílu předchozím vlakem).



Obrázek 21 Vliv na propustnost - úprava rychlosti druhého vlaku

Zdroj: autor

V popsaném případě tedy nedochází ke zbytečnému zastavení vlaku 358 a jeho následnému rozjezdu. Úpravou rychlosti vlaku v dostatečném časovém předstihu (v tomto případě už při průjezdu stanicí Hořovice) zásahem systému ATO je možné této situaci předejít. Vlak č. 358 poté projíždí stanicí Kařízek se zpožděním 2 minuty a může pokračovat maximální rychlostí, není-li omezen některými dalšími okolnostmi (např. jízdou dalšího vlaku). Vlak č. 7810 pokračuje ze stanice Kařízek s minutovým zpožděním. Oproti předchozímu případu, kdy vlak č. 358 musel zastavit před obsazeným traťovým oddílem a následně se rozjíždět, došlo k eliminaci zpoždění o 1 minutu. Rovněž je patrný čas obsazení jednotlivých traťových oddílů před stanicí Kařízek vlakem č. 358, který se snížil oproti předchozímu případu. Tato skutečnost by mohla mít vliv na další vlaky v uvedeném úseku analogicky jako u vlaků 7810 a 358.

Předchozí modelové situace byly vytvořeny pro představu o tom, jaký vliv může mít nasazení navrženého propojení na propustnost traťového úseku. Toto zjednodušené zpracování může sloužit jako podnět k dalšímu zkoumání této problematiky a tím pádem i zpřesňování dosaženým přínosů.

3.3 Časová úspora

Tato část práce se zabývá časovou úsporou, která plyne z nasazení navrženého propojení. Zčásti byla časová úspora řešena i v kapitole 3.2, kdy bylo úpravou jízdy vlaku dosaženo eliminace zpoždění. V této části práce budou vypočteny jednotlivé časové složky, které mohou mít vliv na jízdní dobu vlaku a které z těchto složek mohou být eliminovány.

Pro výpočet jsou v úseku Hořovice – Kařízek uvažovány následující údaje:

- kilometrické polohy:
 - pro průjezd stanicí Hořovice – 58,086 km,
 - pro průjezd stanicí Kařízek – 71,402 km,
- traťová rychlost:
 - 130 km·h⁻¹ mezi km 58,086 – 67,119,
 - 120 km·h⁻¹ mezi km 67,119 – 68,166,
 - 130 km·h⁻¹ mezi km 68,166 – 71,402,
 - podle základní situace, kdy vlaky jedou bez zpoždění (obrázek č. 18), byla vypočtena u vlaku Ex 358 dle jízdní doby 7 min rychlost 114,14 km·h⁻¹, se kterou bude dále při výpočtech uvažováno,

- střední hodnoty zrychlení a zpomalení:
 - zrychlení $a = 0,35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$,
 - zpomalení $b = 0,50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$,
 - pro stoupání trati 10,2 ‰ mezi km 58,086 – 60,600 a 10,3 ‰ mezi km 60,600 – 70,730 je určeno $a = 0,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ a $b = 0,60 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$,
 - pro stoupání trati 7,9 ‰ mezi km 70,730 – 71,402 je určeno $a = 0,27 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ a $b = 0,58 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Následně budou vypočítány jízdní doby vlaků pro jednotlivé situace:

- A – vlak je nucen zastavit u oddílového návěstidla automatického bloku z důvodu obsazení následujícího oddílu jiným vlakem, není aplikováno navržené propojení AoE+ASVC (situace z obrázku č. 20),
- B – vlak je nucen zastavit u vjezdového návěstidla stanice Kařízek a po uvolnění příslušné koleje a postavení VC pokračuje dále, není aplikováno navržené propojení AoE+ASVC,
- C – vlaku je upravena rychlost vlaku činností ATO a vlak není nucen zastavit, je aplikováno navržené propojení AoE+ASVC (situace z obrázku č. 21).

Pro výpočet celkové jízdní doby T_{celk} budou použity časové složky základního vzorce 1, a sice:

$$T_{celk} = T_j + T_{brz} + T_{st} + T_{ab} + T_{rv} + T_{vc} + T_{rs} + T_{roz} \quad (1)$$

kde:

- T_{celk} = celková jízdní doba [min],
- T_j = čas jízdy vlaku konstantní rychlostí [min],
- T_{brz} = čas brzdění vlaku [min],
- T_{st} = čas stání vlaku na trati [min], počítán čistý čas prostoje bez složek T_{ab} , T_{rv} , T_{vc} a T_{rs} , které mohou probíhat zároveň se složkou T_{st} ,
- T_{ab} = čas rozsvícení návěstidla automatického bloku [min],
- T_{rv} = reakční doba výpravčího [min],
- T_{vc} = čas postavení VC [min], a to včetně času rozsvícení hlavního návěstidla,

- T_{rs} = reakční doba strojvedoucího [min],
- T_{roz} = čas rozjezdu vlaku [min],

přičemž jednotlivé časové složky budou použity dle potřeby pro konkrétní situace.

Situace A

Jízdní doba vlaku pro situaci A, kdy je vlak nucen zastavit před oddílovým návěstidlem automatického bloku v km 68,449 (obrázek 20), je řešena podle vzorce 2, který vychází ze základního vzorce 1.

$$T_{celk} = T_{j1} + T_{brz} + T_{st} + T_{ab} + T_{rs} + T_{roz} + T_{j2} \quad (2)$$

$$T_{j1} = \left(\frac{(68,449 - 0,838) - 58,086}{114,14} \cdot 60 \right) = 5,01 \text{ min}$$

$$T_{brz} = \left(\frac{114,14 \div 3,60}{0,60} \div 60 \right) = 0,88 \text{ min}$$

$$T_{st} = 1,00 \text{ min}$$

$$T_{ab} = 0,05 \text{ min}$$

$$T_{rs} = 0,20 \text{ min}$$

$$T_{roz} = \left(\frac{114,14 \div 3,60}{0,25} \div 60 \right) = 2,11 \text{ min}$$

$$T_{j2} = \left(\frac{71,402 - (68,449 + 2,010)}{114,14} \cdot 60 \right) = 0,50 \text{ min}$$

$$T_{celk} = 5,01 + 0,88 + 1,00 + 0,05 + 0,20 + 2,11 + 0,50 = 9,75 \text{ min} \cong \mathbf{10 \text{ min}}$$

Situace B

Jízdní doba vlaku pro situaci B, kdy je vlak nucen zastavit před vjezdovým návěstidlem stanice Kařízek, je řešena podle vzorce 3, který vychází ze základního vzorce 1.

$$T_{celk} = T_{j1} + T_{brz} + T_{st} + T_{rv} + T_{vc} + T_{rs} + T_{roz} \quad (3)$$

$$T_{j1} = \left(\frac{(70,732 - 0,838) - 58,086}{114,14} \cdot 60 \right) = 6,21 \text{ min}$$

$$T_{brz} = \left(\frac{114,14 \div 3,60}{0,60} \div 60 \right) = 0,88 \text{ min}$$

$$T_{st} = 1,00 \text{ min}$$

$$T_{rv} = 0,20 \text{ min}$$

$$T_{vc} = 0,13 \text{ min}$$

$$T_{rs} = 0,20 \text{ min}$$

$$T_{roz} = \left(\frac{68,50 \div 3,60}{0,27} \div 60 \right) = 1,17 \text{ min}$$

$$T_{celk} = 6,21 + 0,88 + 1,00 + 0,20 + 0,13 + 0,20 + 1,17 = 9,79 \text{ min} \cong \mathbf{10 \text{ min}}$$

V tomto případě je uvažována doba stavění vlakové cesty s předpokladem již uzavřeného přejezdu. V případě, že by přejezd uzavřen nebyl, by se složka stavění vlakové cesty prodloužila na 1 min a výpočet by byl následující:

$$T_{celk} = 6,21 + 0,88 + 1,00 + 0,20 + 1,00 + 0,20 + 1,17 = 10,66 \text{ min} \cong \mathbf{11 \text{ min}}$$

Situace C

Jízdní doba vlaku pro situaci C, kdy je vlaku upravena rychlost tak, že nedochází k nutnému zastavení (obrázek č. 21), je řešena podle vzorce 4, který vychází ze základního vzorce 1.

$$T_{celk} = T_j \quad (4)$$
$$T_{celk} = \frac{71,402 - 58,086}{100} \cdot 60 = 7,99 \text{ min} \cong \mathbf{8 \text{ min}}$$

3.4 Spotřeba trakční energie

Spotřeba energie pro vlak č. 358 byla v úseku Hořovice – Kařízek po konzultaci se specialistou SŽDC vyčíslena následovně:

- 285,8 kWh při průjezdu celým úsekem včetně stanic Hořovice a Kařízek,
- 346,0 kWh při jednom rozjezdu vlaku v daném úseku a průjezdu zbylé části úseku včetně stanic Hořovice a Kařízek.

Úpravou stylu jízdy vlaku tak, že nedojde ke zbytečnému zastavení a následnému rozjezdu lze dosáhnout úspory až 60,2 kWh, tj. 17,4 % pro daný úsek a konkrétní vlak.

Úspor spotřeby lze dosáhnout i rekuperací. Pro daný úsek byla úspora spotřeby rekuperací pro příklad vyčíslena pro střídavou elektrickou jednotku odpovídající parametrům stejnosměrné elektrické jednotky řady 471:

- 93,0 kWh bez rekuperace a 91,9 kWh s rekuperací (úspora 1,1 kWh, tj. 1,2 %) při průjezdu celým úsekem včetně stanic Hořovice a Kařízek,
- 111,0 kWh bez rekuperace a 97,0 kWh s rekuperací (úspora 14,0 kWh, tj. 12,6 %) při jednom rozjezdu vlaku v daném úseku a průjezdu zbylé části úseku včetně stanic Hořovice a Kařízek.

3.5 Shrnutí

Na konkrétní dopravní situaci byl poukázán vliv aplikování navrženého propojení AoE+ASVC, resp. AoE+ASVC-2 na propustnost traťových oddílů. Je-li vlak nucen zastavit a následně se rozjíždět, je traťový oddíl obsazen déle a snižuje se tak celkově propustnost

traťového úseku. Úpravou stylu jízdy vlaku pomocí navržených systémů lze dosáhnout příznivého vlivu na propustnost. Na druhou stranu vlak jedoucí nižší rychlostí prodlužuje dobu obsazení ostatních traťových oddílů, byť nepatrně.

V další části byly spočítány jízdní doby pro vlak č. 358 v konkrétních situacích:

- jízdní doba v základní situaci, kdy vlak jede včas – 7 min,
- jízdní doba, kdy je vlak nucen zastavit u oddílového návěstidla automatického bloku – 10 min,
- jízdní doba, kdy je vlak nucen zastavit u vjezdového návěstidla stanice Kařízek – 10 min (při započtení doby na uzavření přejezdu – 11 min),
- jízdní doba po aplikování navrženého systému – 8 min.

Dochází zejména k eliminaci časů na brzdění a rozjezd vlaku a dále reakčních dob dopravních zaměstnanců (strojvedoucích a dispečerů obsluhujících řízení dané tratě tím, že případný rozjezd vlaku i postavení vlakové cesty je provedeno automaticky) a časů stavění vlakových cest (vlakové cesty jsou postaveny v dostatečném předstihu).

Stručně byla nastíněna úspora spotřeby trakční energie, kdy po aplikování navrženého systému lze dosáhnout až 60,2 kWh, tj. 17,4 % pro vlak Ex 358 v úseku Hořovice – Kařízek.

ZÁVĚR

První kapitola této diplomové práce se věnovala analýze. Postupně byly popsány jednotlivé systémy, nejprve ETCS a dále ATO a poté funkce ASVC. U každé části byly nastíněny výhody a také možné přínosy, kterých by mohlo být dosaženo propojením. Jako hlavní důvod propojení s funkcí ASVC se nabízí předvídatelnost postavení vlakové cesty a s tím spojené přizpůsobení stylu jízdy konkrétního vlaku a eliminace brzdění a následných rozjezdů. SWOT analýzou byly identifikovány silné stránky (perspektiva do budoucna, eliminace rutinní práce, plynulejší styl jízdy, zvýšení komfortu cestujících i zaměstnanců), slabé stránky (vyšší cena pořízení a dlouhá doba zavádění), příležitosti (posílení důležitosti funkce ASVC, větší rozšíření systémů) a hrozby plynoucí z možného propojování systémů (chybovost, odmítavý přístup k zavádění, zhýčkanost dopravních zaměstnanců). Silné stránky a příležitosti byly hlavní podklady pro návrh propojení tak, aby bylo dosaženo přínosů v reálném provozu.

Ve druhé kapitole práce byl zpracován konkrétní návrh funkčního propojení systému ATO over ETCS a funkce ASVC pomocí nástrojů systémové analýzy. Systém byl popsán (systém funkčního propojení ATO over ETCS s funkcí automatického stavění vlakových cest, jemuž byl přiřazen pracovní název AoE+ASVC), určena rozlišovací hladina (úroveň hlavních částí dílčích systémů se zásadním vlivem na fungování), stejně jako jednotlivé prvky s jejich funkcemi (14 prvků, z toho 2 v podstatném okolí systému), vazby s parametry (15 vazeb mezi jednotlivými prvky) a cílové chování.

První z navržených systémů, nesoucí označení AoE+ASVC, byl zpracován jako obecný systém, zobrazující jednotlivé podstatné části a vzájemnou provázanost. Druhý systém, pod označením AoE+ASVC-2, byl navržen jako průchod systémem za účelem demonstrace jednotlivých kroků k dosažení cílového chování. V tomto systému bylo určeno 16 prvků a 17 vazeb. Cílovým chováním obou navržených systémů bylo dosáhnout upraveného stylu jízdy vlaku za pomoci předchozích kroků a využít tak výhody a přínosy všech dílčích částí systému.

Ve třetí kapitole byly zpracovány přínosy navrženého propojení. Nejprve byly zmíněny obecné přínosy propojení, zejména pak ty, které do propojení přinášejí jednotlivé dílčí systémy (zajištění bezpečnosti provozu pomocí ETCS, upravený styl jízdy vedoucí k lepší stabilitě jízdniho řádu a eliminaci zbytečných zastavení a rozjezdů pomocí ATO a předvídatelnost

stavění vlakových cest spolu s eliminací rutinní práce dopravních zaměstnanců pomocí funkce ASVC). Konkrétněji se práce zaměřila na vliv navrženého propojení na propustnost traťového úseku, kdy na konkrétní dopravní situaci (předjíždění osobního vlaku ve stanici Kařízek expresním vlakem) byl demonstrován kladný vliv propojení. S tím souvisí i časová úspora. Zjednodušenou formou zde byla prokázána časová úspora jízdy vlaku, a to také na konkrétních dopravních situacích. Jednalo se zejména o úsporu reakční doby strojvedoucího a výpravčího a dále času na brzdění a rozjezd vlaku (byla vypočtena úspora až 3 min). Úspora spotřeby trakční energie pro jízdu konkrétního vlaku (Ex358) v úseku Hořovice – Kařízek vyčíslena na 60,2 kWh, tj. 17,4 %.

Jednotlivé části navrhovaného propojení mají své výhody a přínosy. Předpokladem propojení systému ATO over ETCS a funkce ASVC je skloubit tyto největší přínosy a využít je v reálném provozu. Důsledkem bude včasné stavění vlakových cest, a také předvídatelnější a včasná reakce systému ATO over ETCS, který dokáže přizpůsobit styl jízdy tak, aby nemuselo docházet k nadbytečnému brzdění či dokonce zastavení a následnému rozjezdu. Toto vše bude mít za následek plynulejší jízdu (zvýšení komfortu cestujících), eliminaci rutinní práce (zvýšení komfortu dopravních zaměstnanců), lepší využívání propustnosti trati, zvýšení stability jízdního řádu i energetické a časové úspory.

Navržené systémy AoE+ASVC a AoE+ASVC-2 spolu se zhodnocením očekávaných přínosů mohou dále sloužit jako podklad pro další rozvoj systému ATO, funkce ASVC a samozřejmě i vývoj jejich propojení, které v současné době není zrealizováno. V této práci je uveden prvotní návrh možného propojení se zaměřením na jeho fungování a cílové chování. Pro aplikaci do reálného provozu dle navržených systémů bude nutné ještě vyvinout řešení konfliktů pro funkci ASVC, aby v rámci navrženého systému AoE+ASVC, resp. AoE+ASVC-2 byla schopna upravovat časy stavění vlakových cest v závislosti na jiných vlacích i bez použití DIK. Zároveň bude nutné provést ještě testování systému ATO v reálném provozu v českých podmínkách.

Oba navržené systémy by v budoucnu mohly být součástí nového systému pro tvorbu bezkonfliktního grafikonu s označením např. Automatic Deconflicter System (ADS), tedy Automatický dekonfliktní (bezkonfliktní) systém.

Cílem této diplomové práce bylo představit návrh propojení systému ATO over ETCS a funkce ASVC z funkčního hlediska, jakožto jednotný systém s konkrétními prvky a vazbami, a to včetně demonstrace fungování propojení na konkrétním příkladu a poukázání na jeho přínosy. Autor této diplomové práce navrhl na základě analýzy dva systémy zobrazující propojení systémů ATO, ETCS a funkce ASVC. Očekávané přínosy plynoucí z navrženého propojení byly demonstrovány na vybraných příkladech. Cíl této práce byl naplněn.

SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) PRESTI, Letizia, Lo a Salvatore SABINA. GNSS for rail transportation. *New York, NY: Springer Berlin Heidelberg*. 2018. ISBN 978-3-319-79083-1.
- (2) MICHÁLEK, Tomáš. *Technické aspekty interoperability kolejových vozidel*. 2017. ISBN 978-80-7560-048-6. Univerzita Pardubice.
- (3) KONOPÁČ, Tomáš. *SŽDC. ERTMS pro železnici v České republice*. Prezentace, výběrová přednáška – Univerzita Pardubice. 2018.
- (4) *ATO STADLER*. Propagační materiál – ATO0718d.
- (5) HEBERT, Alfréd, Vlastimil POLACH, Aleš LIESKOVSKÝ a Ivo MYSLIVEC. ATO over ETCS. *Reportér AŽD Praha*. 2018, **2018**(4), 42-45.
- (6) TASLER, Gerd a Volker KNOLLMANN. Einführung des hochautomatisieren Fahrens - auf dem Weg zum vollautomatischen Bahnbetrieb. *SIGNAL+DRAHT*. 2018, **2018**(6), 6-14.
- (7) HEBERT, Alfréd. AŽD Praha s.r.o. *ATO over ETCS*. Prezentace, Konference Ostružná. 2018
- (8) Pavel DRDLA. *Doc. Ing. Pavel Drdla, Ph.D.* [online]. [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <<http://drdla.wz.cz/psvod-sp.htm>>
- (9) TECHNICKÉ SPECIFIKACE systémů, zařízení a výrobků: Automatické stavění vlakových cest. In: DUDEK, Arnošt. *SŽDC* [online]. 2010 [cit. 2018-11-10]. Dostupné z: <<https://www.szdc.cz/documents/50004227/50157646/ts1-2010-z.pdf>>
- (10) POLACH, Vlastimil a Martin ŠTURMA. ASVC příležitost, zkušenost a další rozvoj. *Reportér AŽD Praha*. 2017, **2017**(4), 34-39.
- (11) *Interní materiály AŽD Praha*.
- (12) Pomůcky GVD 2018/2019. *Pomůcky GVD* [online]. [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <<http://gvd.cz/czx/>>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A Navržený systém AoE+ASVC	66
Příloha B Navržený systém AoE+ASVC-2	67

SYSTÉM AoE+ASVC

