

Soutěž o Cenu děkana fakulty dopravní ČVUT



Téma práce

Nejmodernější zabezpečovací zařízení v železniční dopravě

Filip Hrůza
Gymnázium, Praha 4, Postupická
Postupická 3150, Praha 4, 14100

Obsah:

- Předmluva k práci
1. Úvod
 2. Staniční zabezpečovací zařízení (SZZ)
 - 2.1 Zabezpečovací zařízení III. kategorie
 - 2.1.1 Reléová zabezpečovací zařízení
 - 2.1.2 Elektronické zabezpečovací zařízení
 3. Trat'ová zabezpečovací zařízení (TZZ)
 - 3.1 Zabezpečovací zařízení III. kategorie
 - 3.1.1 Automatické hradlo
 - 3.1.2 Automatický blok
 4. Vlaková zabezpečovací zařízení (VZZ)
 - 4.1 Bodová zabezpečovací zařízení
 - 4.2 Liniová zabezpečovací zařízení
 - 4.2.1 Vlakový zabezpečovací systém LS
 - 4.2.2 Vlakový zabezpečovací systém MIREL
 - 4.2.3 Vlakový zabezpečovací systém ETCS
 5. Závěr
 6. Seznam použitých zkratek
 7. Zdroje

Předmluva k práci

Tato práce se věnuje nejmodernějším typům zabezpečovacích zařízení, a to především z toho hlediska, kde je zabezpečovací zařízení umístěno a na jaké technologii pracuje. Hlavní pozornost je věnována vlakovým zabezpečovacím zařízením, zejména systému ETCS. Pro lepší vizuální představu o zařízeních, která jsou popisována v textu, je práce doplněna fotografiemi. Téma této práce jsem si vybral proto, že se zajímám o železniční dopravu a o zabezpečovací systémy používané na našich kolejích.

1. Úvod

Zabezpečovací technika se rozvíjí stejnou dobou jako železniční doprava samotná. Myslím si, že se železnice stala kolébkou mnoha technologií. Od rozvoje parního stroje, který našel velké uplatnění právě na železnici, po různé druhy sdělovacích a zabezpečovacích technologií. Již od počátku bylo nutné zajistit bezpečnost v železniční dopravě a minimalizovat tak možnost vzniku mimořádných situací. Vývoj postupoval od čistě mechanických druhů zabezpečovacích zařízení přes elektromechanické, reléové, až po, v dnešní době aktuální, elektronické druhy těchto zařízení. V dnešní době již vývoj nových technologií předběhl rozvoj samotné železnice. Proto se dnes hlavně používají technologie, které jsou, nebo dokonce už dříve byly, použité v jiných oblastech civilní sféry. Například komunikační systém GSM-R nebo elektronická stavědla, která pracují pod operačním systémem Windows XP.

Do kategorie zabezpečovacích zařízení spadají také například traťová zabezpečovací zařízení, která zajišťují provoz mezi jednotlivými stanicemi (dopravnami) po bezpečnostní stránce, přejezdová zabezpečovací zařízení, která se starají o bezpečné zavření a otevření železničního přejezdu a dokážou do jisté míry reagovat i na vzniklou mimořádnou situaci, a mnoho dalších. V dnešní době je kladen velký důraz na co nejbezpečnější jízdu samotného vlaku. Cílem je také co nejvíce minimalizovat možnost selhání člověka. Proto na české železnici najdeme různé druhy vlakových zabezpečovacích zařízení, například LVZ-Z, AVV aj. Ovšem existuje zde velká snaha o sjednocení různých národních systémů řízení dopravy. Ať už se jedná o vytvoření jednotného komunikačního standardu (GSM-R), synchronizaci různých druhů zabezpečovacích zařízení nebo právě o sjednocení různých druhů národních vlakových zabezpečovacích zařízení (ETCS). Tomuto systému se také práce dále věnuje. Všechny vyjmenované části spadají do projektu **ERTMS**.

2. Staniční zabezpečovací zařízení (SZZ)

Staniční zabezpečovací zařízení zajišťují zabezpečení provozu v rámci jednotlivých stanic. Dělíme je do několika kategorií podle bezpečnostních kritérií. Podle příslušné kategorie mají návaznost na traťové zabezpečovací zařízení. Tato práce se věnuje III. kategorii zabezpečovacích zařízení.

2.1 Zabezpečovací zařízení III. kategorie

Zabezpečovací zařízení III. kategorie se vyznačují nejvyšší bezpečností a nejmenší závislostí na člověku po technologické stránce. Výpravčí (nebo jiný pověřený zaměstnanec) zadává pouze vlakovou cestu, případně manuálně na řídicím pultu mění polohu jednotlivých výměn. Zabezpečovací zařízení si již elektronicky hlídá vzájemné vazby a postavení výměn a ovlivňující se vlakové a posunové cesty. Toto zařízení je určeno pro tratě s rychlostí vyšší než 100 km.h⁻¹. Návěstní znak na návěstidle je závislý na postavení výměn. Nejvýznamnější součástí většiny těchto zařízení jsou logické vazby, které jsou realizovány pomocí **reléových** obvodů.

2.1.1 Reléová zabezpečovací zařízení

Reléová zabezpečovací zařízení (RZZ) jsou vhodná pro použití v malých i velkých stanicích. Celý obvod stanice je řízen z jednoho místa a výměny jsou ovládány dálkově. Reléová zařízení můžeme rozdělit podle následujících kritérií:

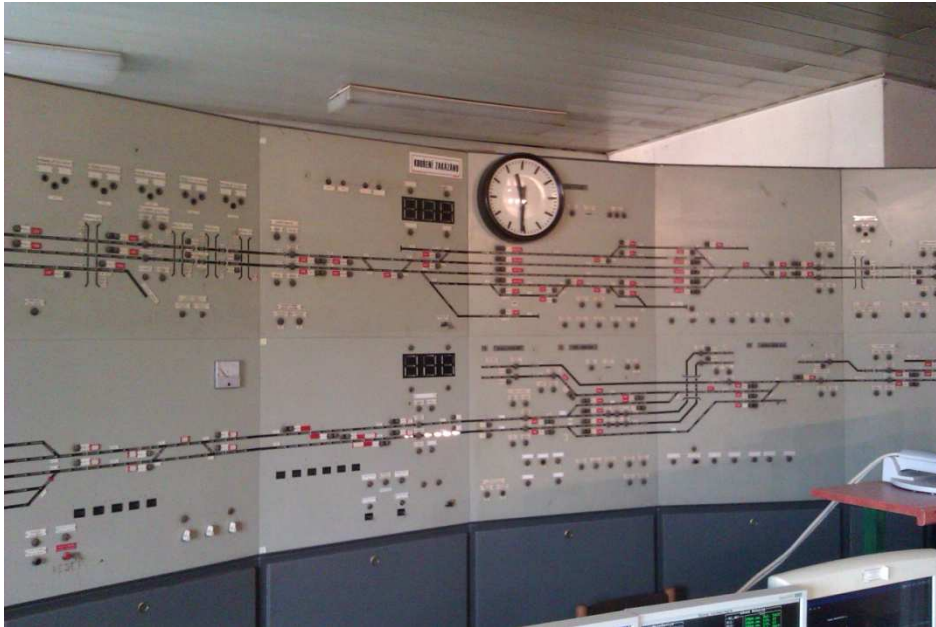
- RZZ **individuální**, jehož výměny jsou přestavovány jednotlivě a před začátkem stavby vlakové cesty je nutné jednotlivě přestavit všechny výměny do požadované polohy. Teprve po jejich přestavení je možné stavět vlakovou cestu.
- RZZ **cestové**, kde se zadává pouze začátek a konec vlakové cesty a všechny výměny se v průběhu stavění vlakové cesty automaticky přestaví do požadované polohy a tím dojde k postavení vlakové cesty.

Reléové zabezpečovací zařízení má tři hlavní technologické části:

- **Volicí skupina** – tato část zabezpečovacího zařízení přijímá informace, které předává dopravní pracovník pomocí ovládacího stolu nebo pomocí ovládací skříně.
- **Prováděcí skupina** – tento prvek ovládá všechny prvky v kolejišti a indikuje jejich aktuální stav.
- **Napájecí skupina** – zabezpečuje napájení všech částí reléového zabezpečovacího zařízení a všech prvků v kolejišti

Ovládání reléového zařízení je v zásadě jednoduché. Existují dva základní typy ovládání. Jedním z nich je zadávání vlakové cesty přímo na desce pomocí tlačítek pro stavění vlakové cesty nebo pomocí číslicové volby. První způsob je vhodný pro použití v menších stanicích s menším provozem, kde není rozměr desky natolik velký, aby dopravní pracovník nezvládal obsluhu celé stanice. Naopak reléové zabezpečovací zařízení s číslicovou volbou se používá hlavně ve velkých stanicích, kde je řízená oblast rozsáhlá a provoz velmi intenzivní. Dopravní pracovník používá ke stavění vlakových cest ovládací skříňku číslicové volby, kde zadává **trojmístné** kódy, které nahrazují jednotlivá tlačítka, která by jinak byla umístěna přímo na desce. Řízená oblast je rozdělena do dvou částí - pravé a levé. Musí docházet k přepínání těchto částí, aby mohlo dojít k jednoznačné identifikaci jednotlivých částí řízení stanice a cesta mohla být postavena.

Reléové zabezpečovací zařízení umožnilo uvedení prvních dálkově řízených úseků na našem území. První dálkově řízený úsek byl mezi stanicemi Plzeň (mimo) – Cheb (mimo). K zprovoznění pracoviště pro dálkové řízení provozu v tomto úseku došlo v roce 1967.



Obr. 1: Panel RZZ s číslicovou volbou - dálková obsluha uceleného traťového úseku (Praha – Holešovice, dnes již nepoužívané); Foto: autor

2.1.2 Elektronické zabezpečovací zařízení

Jedná se o nejmodernější typ zabezpečovacího zařízení, které na českých kolejích nalezneme. Toto zařízení je plně řízeno pomocí počítače a umožňuje řídicímu personálu vysoký komfort při řízení dopravy. Zadávání vlakové cesty probíhá v grafickém rozhraní počítače pomocí myši. Na monitoru řídicí pracovník vidí pohyb všech drážních vozidel, které v řízeném úseku jsou, ale také obsazení všech dopravních kolejí v daném úseku. Všechny prvky (návěstidla, výhybky, aj.) jsou ovládány z **jednotného obslužného pracoviště** (JOP). Tímto způsobem se řídí jak malé, tak i mnoho velkých stanic na našem území (například stanice Praha Hlavní nádraží, Praha – Libeň, Kolín, Břeclav aj.), ale také celé traťové úseky o rozsahu několika stanic ve velké délce (například úseky České Budějovice – Horní Dvořiště, Břeclav – Přerov – Ostrava-Svinov, aj.). Přenos informací o poloze vlaku na dopravních kolejích probíhá pomocí kolejových obvodů nebo pomocí čítače náprav a je přenášen do indikační části JOP. Elektronické zabezpečovací zařízení umí spolupracovat s většinou starších typů zabezpečovacího zařízení, například s elektromechanickým zabezpečovacím zařízením (jako tomu bylo nějaký čas ve stanici Praha hlavní nádraží).

JOP je tvořeno pěti základními technologickými částmi:

- Zadávací
- Indikační
- Registrační
- Kontrolní
- Pro nouzovou obsluhu

Zadávací část

Tato část systému JOP tvoří grafickou uživatelskou část určenou pro práci pracovníka, který obsluhuje příslušný úsek tratě či stanice. Pracovník má k dispozici monitor s reliéfem kolejí, klávesnici a myš. V grafickém rozhraní staví pomocí myši vlakové a posunové cesty

v rámci řízeného úseku, může nouzově uzavírat a otevírat železniční přejezdy, ovládat všechny výhybky a výkolejky v daném úseku. Funkci myši může nahradit klávesnice.

Indikační část

V této části JOP kontroluje pracovník prostřednictvím monitoru pohyb všech drážních vozidel v daném úseku, stav výměn a návěstidel, stav vlakových a posunových cest aj. Platí pravidlo, že na jednoho pracovníka by nemělo připadnout více než pět monitorů nebo oblast s více než 200 výhybkami. Také se zde zobrazuje stav všech přejezdových zabezpečovacích zařízení v daném úseku a vypisují se zde všechna důležitá data související se stavem zabezpečovacího zařízení.

Registrační část

Tato část slouží například k evidenci kroků obsluhy zabezpečovacího zařízení, k vedení elektronického dopravního deníku a zaznamenávají se zde všechny poruchy a mimořádné události, které nastaly. Všechna tato data jsou ukládána a musí být minimálně jeden rok archivována.

Kontrolní část

Tato část nesouvisí přímo se zabezpečením provozu. Slouží pouze k evidenci zaměstnanců a k jejich kontrole (zda mají příslušná oprávnění aj.)

Část pro nouzovou obsluhu

Tato část se používá při nouzových situacích (například výpadek zabezpečovacího zařízení). Řízení samotného provozu pak probíhá pomocí pultu nouzové obsluhy, odkud lze ovládat výhybky a návěstidla v nouzovém režimu.

Díky JOP může být ovládána řada zabezpečovacích zařízení, které pracují buď na reléovém, nebo čistě elektronickém principu. Mezi ně patří následující systémy:

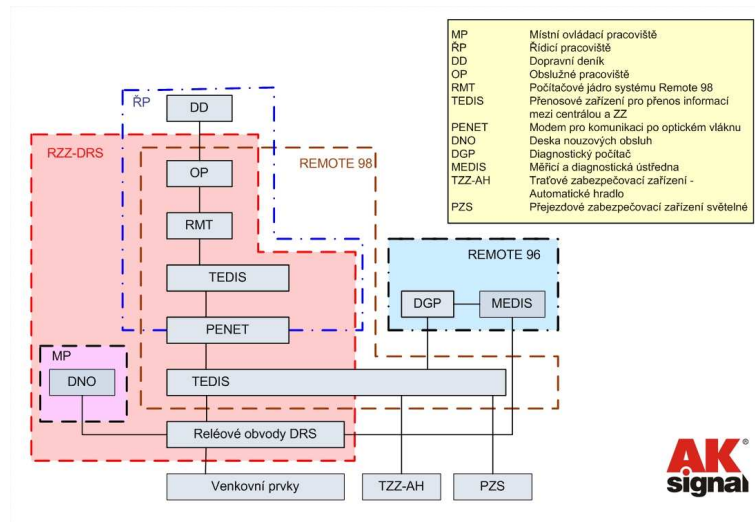
- REMOTE 98 (a diagnostický systém REMOTE 96)
- Elektronické stavědlo K-2002
- Elektronické stavědlo SZZ-ETB
- Elektronické stavědlo ESA 11

REMOTE 98

Jedná se o jeden ze starších typů elektronického zabezpečovacího zařízení, které se na české železnici používá. Tento systém je velmi variabilní a lze do něj zapojit řadu jiných typů zabezpečovacích zařízení. Celý systém tvoří řada technologických počítačů, které jsou vzájemně propojené a tvoří jeden funkční celek. Logické vazby jsou řešeny pomocí reléových obvodů. Funkční prvky jsou umístěné na následujících místech:

- Reléový sál
- Přejezd
- Skříň autobloku
- Centrální stanice

Tyto prvky spolu vzájemně komunikují pomocí dvou nezávislých datových linek, které zabezpečují bezpečný přenos dat. Vše je řízeno z centrálního počítače, který pracuje pod operačním systémem Windows NT a na procesoru Intel Pentium a Intel Pentium Pro. Datová kapacita linek umožňuje řídit přibližně 100 výhybek v dané oblasti. Tento systém není vhodný pro řízení větších oblastí, proto se na tratích s více výhybkami a dopravními kolejemi používají modernější elektronické zabezpečovací systémy.



Obr. 2: Blokové schéma systému Remote 98; Zdroj: <http://www.aksignal.cz/ridici-system-remote-98.html>

Elektronické stavědlo K-2002

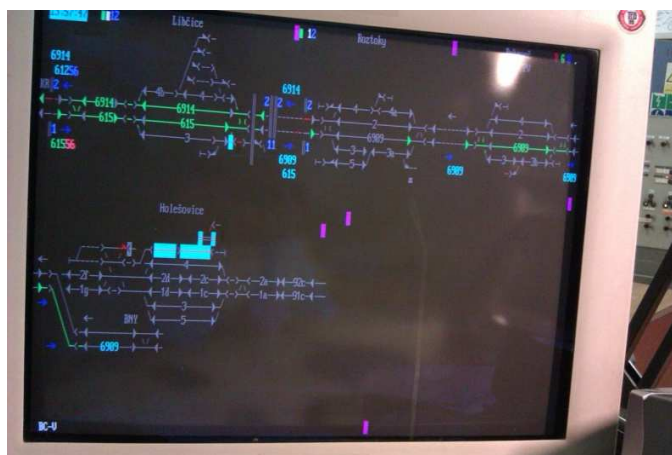
Jedná se o první typ čistě elektronického stavědla, který byl na české železnici nasazen. K jeho zprovoznění došlo 21. 12. 1996 v železniční stanici Slatiňany (*trať 238*). Tento, nebo jemu příbuzný typ, byl nasazen v 15 stanicích v České republice, takže není příliš rozšířen. Jeho výhodou je nízká pořizovací cena. Nevýhodou je pak to, že pomocí tohoto typu stavědla lze obsluhovat pouze 50 výhybek, takže je spíše vhodný pro menší nebo střední stanice, ovšem nikoliv na dálkově řízené úseky.

Elektronické stavědlo SZZ-ETB

SZZ-ETB je poloelektronické stavědlo, jehož vnitřní zařízení má část počítačovou a reléovou. Díky tomu je možné zabezpečit neomezeně velkou řízenou oblast bez závislosti na traťové rychlosti. K většímu rozšíření tohoto systému došlo při rekonstrukci I. tranzitního koridoru, kde do všech stanic v úseku Praha-Běchovice až Velim byl instalován právě tento typ elektronického stavědla. Tento systém umožňuje funkci přenosu čísla vlaku a je kompatibilní s moderním systémem ETCS na úrovni Level 1 a Level 2. Jeho výhodou je také kompatibilita s GTN, která umožňuje automatické vedení dopravní dokumentace. Ovšem největší výhodou je možnost zapojení systému do DOZ AŽD (dálkové ovládání zabezpečovacího zařízení) a nízké náklady na údržbu zabezpečovacího zařízení.



Obr. 3: Reléová část SZZ-ETB; Zdroj: http://www.azd.cz/uploads/pics/AZD_A02-03.jpg



Obr. 4: Grafické rozhraní zadávací části SZZ-ETB; Foto: autor

Elektronické stavědlo ESA 11

Jedná se o nejnovější typ zabezpečovacího zařízení, který u nás nalezneme. Nahrazuje svého předchůdce - systém SZZ-ETB, se kterým je plně kompatibilní. ESA 11 se skládá z několika funkčních úrovní a to:

- Řídící
- Zadávací
- Dálková
- Výkonná
- Reléové rozhraní k venkovním prvkům a k jiným reléovým zabezpečovacím zařízením
- Rozhraní k vlakovému zabezpečovači

Řídící úroveň

Jedná se o hlavní technologickou část celého systému. Jde o jeho nejdůležitější část, kde se zpracovávají data ze všech prvků systému. Je tvořena čtyřmi technologickými počítači (TPC1 až TPC4) kategorie PC Pentium 150 MHz propojenými v síti LAN. Programové vybavení obsahuje tzv. úroveň ETB (převzatou ze SZZ-ETB) a úroveň ESA (nová část programu, jež vykonává funkce, které u SZZ-ETB zajišťovala reléová logická část). TPC1 a TPC3 a pracují pod operačním systémem MS-DOS, program je psán v jazyku C++ Borland. TPC2 a TPC4 jsou v provozu vybaveny OS WIN NT. Program je psán jinou skupinou programátorů v jazyku C++ Microsoft. Koncepce bezpečnosti je založena na dvojnásobném zpracování dat ve dvou počítačových větvích podle dvou různých a nezávislých programů a na neustálé komparaci aktuálních dat mezi oběma aktivními TPC se zajištěným přechodem do bezpečného stavu při neshodách.^[1]

Zadávací úroveň

Tato část je určena pro samotné řízení provozu, kde výpravčí (či jiná pověřená osoba) vidí reliéf kolejíště a pomocí myši zadává v grafickém rozhraní vlakovou cestu. K dispozici má celkem čtyři monitory, kde vidí stav vlakových cest a technologická data. Tyto monitory jsou zapojeny k zadávacímu počítači, který je připojen pomocí LAN k počítači řídicímu.

¹ Tato část převzata z http://spz.logout.cz/zabezpec/esa_11.html

Dálková úroveň

Jedná se o část systému, která umožňuje dálkovou komunikaci mezi jednotlivými řídicími a zadávacími počítači. Přenos je prováděn pomocí technologie WAN. Dochází k přetransformování LAN na WAN následované přenosem dat pomocí existujících přenosových technologií.

Výkonná úroveň

Jedná se o nejnižší úroveň elektronického stavědla. Tato část kontroluje logickou správnost prováděných úkonů. Přijímá všechny datové signály z řídicího počítače a po příslušné kontrole je provádí a předává dále. Prováděcí počítač je osazen osmibitovým procesorem (DALLAS 80C320, 24 MHz), pamětmi (EPROM 32 kB, RAM 32 kB) a „černou skříňkou“ (8 kB). Prováděcí počítače PPa jednotlivých panelů PPP jsou zapojeny v jedné síti spolu s TPC1 a TPC3 (PPb v druhé síti spolu s TPC2 a TPC4). Programy do PPa a PPb jsou napsány v **Assembleru** dvěma nezávislými skupinami programátorů. Koncepce bezpečnosti PPP je založena na dvojnásobném nezávislém zpracování dat ve dvou počítačích s různým softwarem a na neustálých komparacích dat mezi PPa a PPb. Koncepce bezpečnosti komunikace mezi TPC a PPP je založena na dvojnásobné komunikaci po dvou fyzicky různých vedeních a na zabezpečení telegramů cyklickým kódem s generujícím polynomem 16. stupně.^[2]

Reléové rozhraní k venkovním prvkům a jiným reléovým zabezpečovacím zařízením

Tato část zajišťuje propojení technologické části pomocí výstupů PPP, které nalezneme ve výkonné části. Nahrazuje složité reléové závislostní obvody. Pomocí této části dochází ke spínání jednotlivých obvodů v kolejišti, a také dochází ke spínání dohledového relé, které indikuje stav venkovních zařízení.

Rozhraní k vlakovému zabezpečovači

Tato část je důležitá pro komunikaci s příslušným vlakovým zabezpečovačem. Systém vyhodnocuje, který úsek trati má být kódován, a vybírá příslušný návěstní kód pro správné zobrazení na **návěstním opakovači**. Tato část také umožňuje plné napojení na systém ETCS a je kompatibilní se systémem automatického vedení vlaku (AVV). Systémy ETCS a AVV jsou nyní hlavně využívány na I. tranzitním koridoru.

Největší brzdou rozvoje elektronických zabezpečovacích zařízení je finanční náročnost instalace těchto zařízení a také nutnost společně s instalací zařízení rekonstruovat (alespoň částečně) kolejovou cestu, která musí být plně kompatibilní s tímto zařízením (rekonstrukce kolejových obvodů aj.). Proto dochází k instalaci těchto zařízení velmi pomalu.

² Tato část převzata z http://spz.logout.cz/zabezpec/esa_11.html

3. Traťová zabezpečovací zařízení (TZZ)

Traťové zabezpečovací zařízení zajišťuje vhodné podmínky pro provoz vlaků v mezistaničních úsecích (na širé trati). Jeho úkolem je hlídat volnost traťového mezistaničního úseku (traťového oddílu) a zabránit střetu protijedoucích vlaků. Traťová zabezpečovací zařízení rozdělujeme podobně jako staniční zabezpečovací zařízení do tří kategorií. Stejně jako u staničních zabezpečovacích zařízení se věnují III. kategorii traťových zabezpečovacích zařízení.

3.1 Zabezpečovací zařízení III. kategorie

Jedná se o kategorii s nejvyšší mírou bezpečnosti mezi zabezpečovacími zařízeními. Zařízení v této kategorii pracují automaticky nebo mohou být dálkově ovládána. Mezi tato zařízení patří:

- Automatické hradlo
- Automatický blok

3.1.1 Automatické hradlo

Jedná se o zařízení, které pracuje zcela automaticky. Automatické hradlo může být rozděleno na maximálně dva traťové oddíly. Tyto dva oddíly odděluje automaticky fungující oddílové návěstidlo. Před rozsvícením návěsti dovolující jízdu (mimo PN) na odjezdovém návěstidle je kontrolováno, zda je volný traťový oddíl a je udělen traťový souhlas. Informace o pohybu vlaku jsou předávány pomocí kolejových obvodů, nebo pomocí čítače náprav. Většinou se automatické hradlo zřizuje na jednokolejných tratích s menším provozem, kde není vhodné použít automatický blok vzhledem k jeho pořizovacím nákladům a menší hustotě provozu.




Obr. 5: Panel k ovládání AH; Foto: autor



Obr. 6: Traťový klíč; Foto: autor

3.1.2 Automatický blok

Automatický blok se ve většině případů používá na dvou a více kolejných tratích s větší hustotou provozu, ovšem nalezneme ho i na některých jednokolejných tratích. Narozdíl od automatického hradla může být mezistaniční úsek rozdělen na více traťových oddílů. Jeho činnost je zcela automatická. Návěst **stůj** není na oddílovém návěstidle absolutní, ale pouze permissivní. Strojvedoucí musí před oddílovým návěstidlem, na kterém je návěst stůj, zastavit a pokud nevidí v dalším traťovém oddílu žádné další drážní vozidlo, může ihned pokračovat do obsazeného oddílu. Rychlost musí přizpůsobit podmínkám tratě - musí být schopný zastavit před případnou překážkou. Oddílová návěstidla jsou na sobě závislá a poslední oddílové návěstidlo před vjezdovým návěstidlem slouží také jako předzvěst vjezdovému návěstidlu. Poslední oddílové návěstidlo je označeno symbolem . Automatický blok rozdělujeme na dva druhy:

- Trojznaký automatický blok
- Čtyřznaký automatický blok

A dále jej dělíme na:

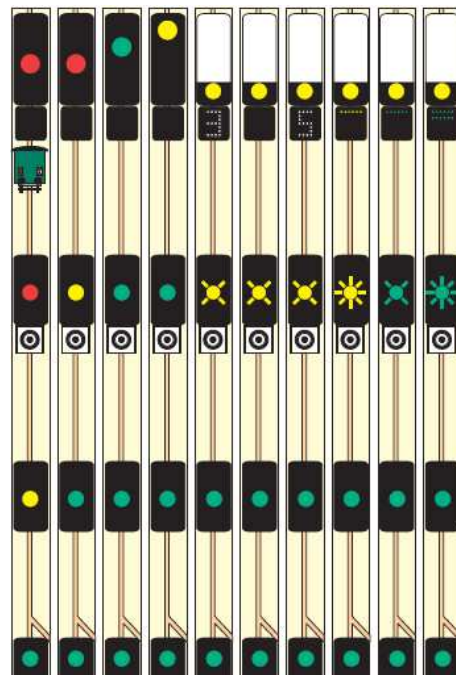
- Jednosměrný automatický blok
- Obousměrný automatický blok

Trojznaký automatický blok

Minimální délka traťového oddílu musí být při použití trojznakého návěstidla 1000 metrů a musí být dodržena podmínka, že návěstidlo musí být viditelné na minimálně 200 metrů. Na trojznakém návěstidle automatického bloku nalezneme tři základní návěstní znaky - červenou, žlutou a zelenou.

Funkce: Pokud vlak vjede do traťového oddílu, na návěstidle se před tímto oddílem se zobrazí návěst „Stůj“. Po opuštění traťového oddílu se na návěstidle změní návěst stůj na návěst „Výstraha“ Po opuštění druhého oddílu se před prvním oddílem zobrazí na návěstidle návěst „Volno“.

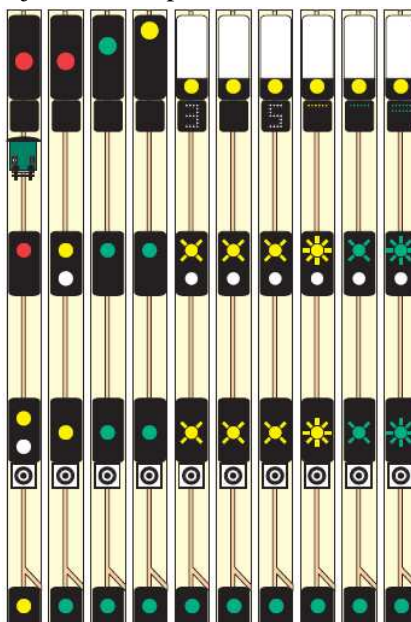
Názorné fungování trojznakého automatického bloku



Čtyřznaký automatický blok

Princip fungování čtyřznakého automatického bloku je podobný jako u bloku trojznakého. Rozdíl je ve vzdálenosti mezi jednotlivými oddílovými návěstidly a počtu návěstních znaků na návěstidle. Vzdálenost oddílových návěstidel je kratší, než je zábrzdňá vzdálenost, ale minimální vzdálenost nesmí být kratší než 500 metrů. Na návěstidle nalezneme čtyři návěstní znaky - červenou, žlutou, zelenou a bílou. Kvůli nedostatečné vzdálenosti zde funguje zobrazování opakovacích návěstí - opakují návěst na předchozím návěstidle, která je doplněna o návěst bílé barvy.

Názorné fungování čtyřznakého automatického bloku



Jednosměrný automatický blok

Oddílová návěstidla jsou umístěna pouze pro jeden směr vždy čelem k jedoucímu vlaku, který jede po správné koleji. Pokud jede vlak proti směru, který je pro jízdu v daném mezistaničním úseku standardní, jedná se o **jízdu po nesprávné koleji**. Poté musí být jízda provedena tak, jako by trať nebyla vybavena automatickým blokem.

Obousměrný automatický blok

V mezistaničních úsecích s obousměrným automatickým blokem je dovolena jízda vlaku proti správnému směru. Návěsti z oddílových návěstidel jsou přenášeny na návěstní opakovač a jízda vlaku probíhá stejně jako by jel po standardní traťové koleji pro daný směr. Návěsti, které jsou proti směru jízdy vlaku u obousměrného automatického bloku, jsou automaticky zhasnuty. K zhasnutí oddílových návěstidel dochází podle směru uděleného traťového souhlasu.

4. Vlaková zabezpečovací zařízení (VZZ)

Vlaková zabezpečovací zařízení tvoří velmi důležitou a nepostradatelnou část zabezpečovacích zařízení. Kontrolují jednání strojvedoucího a novější typy vyhodnocují také brzdnu křivku tak, že automaticky počítají nutnou intenzitu brzdění vzhledem ke vzdálenosti, která je k dalšímu návěstidlu. Pokud je na dalším návěstidlu návěstní znak omezující jízdu (výstraha, stůj), přenášejí pak návěst na dalším návěstidle na návěstní opakovač, který je umístěn na hnacím vozidle (případně řídicím voze). K přenosu dochází na tratích, které takzvaně „kódují“ (o kódování se zmíním dále). Vlaková zabezpečovací zařízení se skládají z traťové a mobilní části a dělíme je na dva druhy:

- Bodová
- Liniová

Podrobněji se tato část práce věnuje liniovým zabezpečovacím zařízením.

4.1 Bodová zabezpečovací zařízení

Bodová zabezpečovací zařízení nezaručují takovou bezpečnost jako zařízení liniová. K přenosu návěstního znaku ke strojvedoucímu dochází pouze v místě, kde je umístěn přenosný bod. Návěst je tedy přenesena v určitém bodu tratě a do příštího přenosného bodu je neměnná, což neumožňuje reagovat strojvedoucímu na náhlou změnu návěstního znaku, který by se u liniového zabezpečovacího zařízení ihned změnil. Tento typ zabezpečovacího zařízení se na české železnici nepoužívá, nalezneme ho pouze v pražském metru v podobě **jízdní zarážky**. Bodová zabezpečovací zařízení se používají hlavně v zahraničí (Německo, Rakousko, Švýcarsko, Francie aj.).

4.2 Liniová zabezpečovací zařízení

Tento typ vlakových zabezpečovacích zařízení má v železniční dopravě největší uplatnění. Proti bodovým zabezpečovacím představují liniová zabezpečovací zařízení vyšší bezpečnostní úroveň a jsou lépe využitelná. Narozdíl od bodových zabezpečovacích zařízení dochází k přenosu návěstního znaku na návěstní opakovač bez ohledu na aktuální polohu vlaku před návěstidlem. Proto může strojvedoucí hnacího vozidla mnohem lépe reagovat na změnu návěstního znaku. Na české železniční síti nalezneme jediný typ prostého liniového zabezpečovacího zařízení nazývaný **LS**. Rozšířením vlakového zabezpečovacího zařízení LS, se kterým se můžeme na české železniční síti setkat, je systém **MIREL**, který je zejména využíván na železniční síti na Slovensku. Systém MIREL dokáže komunikovat se systémem LS, takže je použitelný i na české železniční síti. Nalezneme ho na mnoha hnacích vozidlech, a to jak českých, tak i slovenských.

4.2.1 Vlakový zabezpečovací systém LS

Vývoj prvního československého vlakového zabezpečovacího zařízení začal v 60. letech 20. století a tento systém byl postupně zaváděn na elektrifikované tratě. Vlakový zabezpečovací systém LS prošel postupným vývojem a nyní je užívána jeho poslední vývojová verze, která je označována jako LS 90. Tento systém je vzájemně propojen s **tlačítkem bdělosti**, které musí strojvedoucí hnaného

vozidla v daných intervalech obsluhovat. K dalšímu vývoji tohoto systému již nedochází, protože je v současnosti vyvíjen společný evropský vlakový zabezpečovací systém ETCS.

LS systém se skládá z **traťové** a **vlakové části**.

Traťová část

Traťovou část vlakového zabezpečovače LS tvoří na sobě nezávislé kolejové obvody s kodérem, který vysílá pod určitou frekvencí kód příslušného návěstního znaku. Kód je přenášen pomocí dvou na sobě nezávislých kolejnic. Kód o určité frekvenci postupuje kolejnicemi až k dvojkolí vozidla, kde je umístěna vlaková část zabezpečovače (viz dále). Základní frekvence, na které kodér vysílá, je na tratích se stejnosměrným napájecím systémem 50 Hz a u střídavého napájecího systému 75 Hz. Signál s danou frekvencí je pomocí kodéru modulován frekvencí:

- **0,9 Hz** pro červené světlo
- **1,8 Hz** pro žluté mezikruží
- **3,6 Hz** pro žluté světlo
- **5,4 Hz** pro zelené světlo

Kód o určité frekvenci je snímán pomocí **cívek**, které jsou umístěny v přední části hnacího vozidla. Po přijmutí kódu dojde ke zpracování a přenesení informace na návěstní opakovač, který je umístěn v kabině hnacího vozidla. V dnešní době je opatřeno kódováním přibližně 1500 km tratí v Česku a přibližně 550 km na Slovensku.

S tím, jestli trať takzvaně „kóduje“ nebo „nekóduje“, souvisí obsluha tlačítka bdělosti. Pokud jede hnací vozidlo po trati, kde není traťová část vlakového zabezpečovače, musí strojvedoucí hnacího vozidla stisknout tlačítko bdělosti každých 20 vteřin. Pokud nedojde ke stisknutí tlačítka bdělosti, dojde k akustickému upozornění strojvedoucího. Pokud ani potom není tlačítko stisknuto, dojde k samočinnému brzdění vlaku. U tratí, které „kódují“, je stisk tlačítka bdělosti vyžadován pouze, pokud je na následujícím návěstidle návěst zakazující jízdu „stůj“, nebo je na návěstním opakovači žluté mezikruží, které indikuje, že na následujícím návěstidle je návěst omezující jízdu vlaku.



Obr. 7: Návěstní opakovač; Foto: autor



Obr. 8: Snímač zařízení LS 90; Zdroj: www.cs.wikipedia.org.

4.2.2 Vlakový zabezpečovací systém MIREL

Jedná se o elektronické mikroprocesorové zařízení, které je schváleno pro použití do rychlosti 160 km.h⁻¹. Vlaková část komunikuje s traťovou částí systému LS. Narozdíl od systému LS dokáže systém MIREL kontrolovat rychlost vlaku a dokáže generovat brzdnu křivku v závislosti na dalším návěstním znaku. Systém počítá s délkou traťového oddílu 1000 metrů a na základě toho dochází ke generování brzdne křivky, která je závislá na parametrech vlaku (hmotnost, brzdna procenta, aj.). Pokud dojde k překročení brzdne křivky, dojde k samočinnému zastavení vlaku. Stejně jako u systému LS musí strojvedoucí obsluhovat tlačítko bdělosti. Systém pracuje v manuálním nebo automatickém režimu a má čtyři základní režimy:

- **Posun** – maximální rychlost vlaku je 40 km.h⁻¹. Při rychlosti nad 20 km.h⁻¹ musí být obsluhováno tlačítko bdělosti.
- **Provoz** – strojvedoucí musí zadat maximální povolenou rychlost vlaku. Pokud je přijatý kód nižší rychlosti, než je rychlost okamžitá, dojde ke generování brzdne křivky
- **Výluka** – používá se v situacích, kdy je mimo provoz traťová část zabezpečovače
- **Závěs** – používá se v situacích, kdy je hnací vozidlo na „postřku“ nebo v závěsu. Je kontrolována rychlost vlaku a směr jízdy.

Ani u tohoto systému se další vývoj nepředpokládá.

4.2.3 Vlakový zabezpečovací systém ETCS

Systém ETCS je v dnešní době nejperspektivnější a nejvíce se rozvíjející vlakový zabezpečovací systém. Jedná se o jednotný evropský systém, který má postupně nahrazovat nejednotné národní vlakové zabezpečovací systémy. Jeho hlavním přínosem má být celkové zrychlení, zefektivnění železniční dopravy a má také přispět k mnohem větší bezpečnosti na železničních tratích. Jeho praktické využití je například v tom, že nebude muset docházet k přepřahu hnacích vozidel právě kvůli nekompatibilnímu vlakovému zabezpečovacímu zařízení. Tento systém zajišťuje stejně jako ostatní vlakové zabezpečovače plynulý, ale hlavně bezpečný provoz na železnici. Jeho velkou výhodou je, že dokáže kontrolovat ještě několik dalších aspektů jízdy, které jiné systémy kontrolovat neumí. Mezi tyto aspekty například patří kontrola směru jízdy vlaku, kontrola rychlosti vlaku v daném úseku, kontrola délky traťového úseku a jiné. Jako u ostatních vlakových zabezpečovacích zařízení je i tento systém složen ze dvou částí - **traťové** a **vozidlové**. Systém ETCS je součástí ERTMS.

Traťová část je tvořena několika částmi:

- Eurobalíza
- Traťová elektronická jednotka LEU (Lineside Electronic Unit)
- Eurosmýčka (Euroloop)
- Radiobloková centrála RBC (Radio Block Centre)
- Doplňkový rádiový obvod (Radio in-fill unit)

Eurobalíza

Jedná se o základní prvek, který slouží pro přenos informací na vozidlo. Rozlišujeme dva druhy - pevnou a přepínatelnou. Eurobalízu nalezneme v ose kolejí, je napájena bezkontaktně, vždy při projetí vozidla. Eurobalíza nedokáže rozlišit směr jízdy vlaku, proto se umísťují vždy do skupin o minimálně dvou eurobalízách.



Obr. 9: Eurobalízy v ose kolejí; Zdroj: <https://www.facebook.com/AZDPraha>

Lineside Electronic Unit

Tento prvek slouží k přenosu informací ze staničního nebo traťového zabezpečovacího zařízení. Používá se pouze u přepínatelných balíz.

Euroloop

Tato část slouží k přenosu informací o aktuálním návěstním znaku na návěstidle, které je čelem k vlaku.

Radio Block Centre

Jedná se o elektronický systém, který zpracovává všechny příchozí informace z pevných částí zabezpečovacího zařízení a z ostatních informací, které systém obdrží. Tyto informace přijímá a vysílá pomocí sítě **GSM-R**. Také vysílá zprávy s oprávněním k jízdě vozidla.

Radio in-fill unit

Jeho funkce je stejná jako u části Euroloop. Informuje tedy o návěstním znaku na dalším návěstidle.

Vozidlová část je tvořena několika částmi:

- Centrální počítač EVC (European Vital Computer)
- Záznamová jednotka JRU (Juridical Recording Unit)
- Zobrazovací jednotka MMI (Man Machine Interface)
- Přenosový modul balízy BTM (Balise Transmission Module)
- Odometrie

European Vital Computer

Jedná se o „centrální mozek“ celého systému. Tato část vyhodnocuje veškeré přijaté informace, které následně zpracovává. Hlídá rychlost vlaku, návěstní znak na následujícím

návěstidle a generuje brzdnu křivku. V závislosti na dodržení brzdne křivky může spustit samočinné brzdění.

Juridical Recording Unit

Tato část se dá nazvat „černou skříňkou“ hnacího vozidla. V této části se zaznamenávají a uchovávají všechny informace, které souvisejí s jízdou vlaku.

Man Machine Interface

Jedná se o grafické rozhraní, která slouží strojvedoucímu k zobrazení všech informací o jízdě vlaku (například rychlosti vlaku, režimu jízdy aj.)



Obr. 10: Uživatelské rozhraní MMI systému ETCS; Zdroj: <https://www.facebook.com/AZDPraha>

Balise Transmission Module

Jedná se o část, která slouží k napájení balíz a k příjmu informací, které balízy podávají. Trvale vysílá signál o frekvenci 27 MHz, která stačí k jejich napájení.

Odometrie

Jde o nezbytnou část systému ETCS. Tato část zjišťuje aktuální rychlosti vlaku pomocí tří na sobě nezávislých metod (například snímání otáček na nápravách doplněné o Dopplerovský radar a další).

Systém ETCS je rozdělen do šesti funkčních kategorií (takzvaných „Levelů“):

ETCS L0

Jedná se o nejjednodušší úroveň vlakového zabezpečovače ETCS. Pokud je na vozidle nainstalována mobilní část systému ETCS a vozidlo jede po trati bez vlakového zabezpečovače, hlídá mobilní zařízení pouze maximální zadanou rychlost vlaku. U této úrovně je vše závislé na lidském faktoru.

ETCS L STM

Jde o dokonalejší formu ETCS L0. Pokud je na vozidle nainstalována mobilní část systému ETCS a vozidlo jede po trati, která je vybavena národním vlakovým zabezpečovačem, přijímá mobilní část systému ETCS informace pomocí STM (*Specific Transmission Module*) národního vlakového zabezpečovače a následně je vyhodnocuje.

ETCS L1

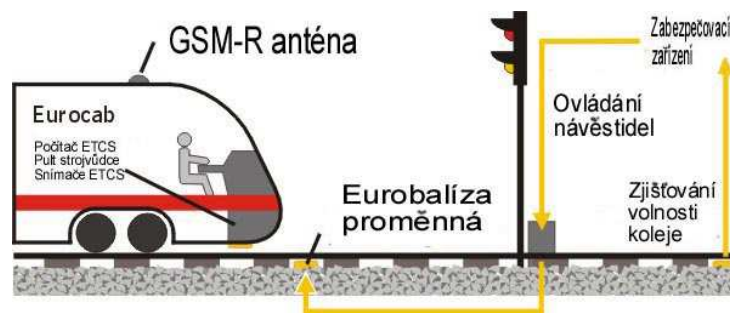
System ETCS na úrovni L1 pracuje pomocí přepínatelných balíz. Jeho fungování je velmi podobné bodovému přenosu informací s tím rozdílem, že jednotlivé balízy mezi sebou komunikují a vzájemně si předávají informace. Dochází tedy ke kontrole volnosti následujícího traťového úseku. K přenosu návěstního znaku se využívá traťová část systému ETCS Euroloop, která pracuje pouze s přepínatelnými balízami. Na této úrovni je hlídána rychlost vlaku právě pomocí vzájemné komunikace mezi balízami. Rychlost je u L1 omezena na 160 km.h⁻¹.

Trat'ové funkce:

- Určení povolení k jízdě v souladu s údaji od zabezpečovacích zařízení (stavědla,...)
- Přenos povolení k jízdě a popisu tratě na vlak

Palubní funkce:

- Příjem povolení k jízdě a popisu tratě vztahený k příslušné balíze
- Výpočet dynamického rychlostního profilu
- Porovnání aktuální rychlosti vlaku s povolenou rychlostí a příp. aplikace brzd
- Palubní signalizace pro strojvedoucího^[3]



Obr. 11: Funkční schéma systému ETCS L1; Zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Etcs_l1cs.jpg

ETCS L2

System na této úrovni pracuje pomocí pevných balíz a pomocí systému GSM-R. Dochází zde ke vzájemné komunikaci balíz doplněných o systém GSM-R. System automaticky vypočítává ujetou vzdálenost pomocí tří na sobě nezávislých měřičů a pomocí signálu GSM-R dostává informace o volnosti následujícího traťového úseku. Použití návěstí není pro tuto úroveň nutné, ovšem kontrola volnosti následujícího úseku je stále prováděna pomocí kolejových obvodů nebo pomocí čítačů náprav. Tento „level“ systému ETCS má největší uplatnění na nově vznikajících vysokorychlostních tratích (VRT) v Evropě i u nás.

System ETCS L2 je nyní na české železnici ve zkušebním provozu v úseku Poříčany – Kolín.

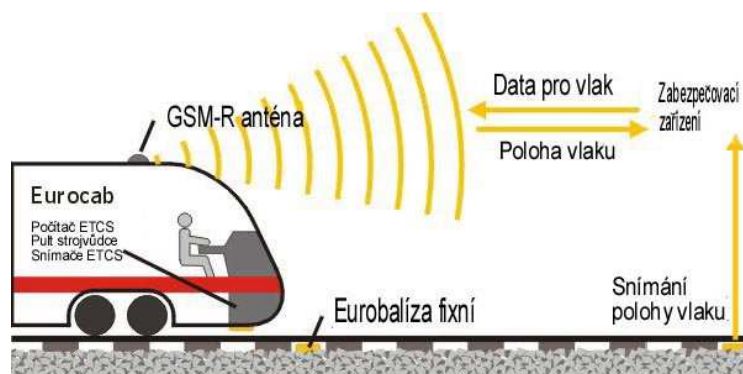
^[3] Převzato z <http://www.cd rail.cz/vts/CLANKY/vts28/2802.pdf>

Trat'ové funkce:

- Registrace každého vlaku vybaveného ETCS v radioblokové centrále - RBC
- Sledování polohy každého ETCS vlaku v RBC
- Určení povolení k jízdě v souladu s údaji od zabezpečovacího zařízení (stavědla,...) individuálně pro každý vlak
- Přenos povolení k jízdě na každý vlak individuálně

Palubní funkce:

- Vlak vysílá svou polohu vztahenou k balíze do RBC
- Výpočet dynamického rychlostního profilu
- Porovnání aktuální rychlosti vlaku s povolenou rychlostí a příp. aplikace brzd
- Palubní signalizace pro strojvedoucího [3]



Obr. 12: Funkční schéma systému ETCS L2; Zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Etcs_l2cs.jpg

ETCS L3

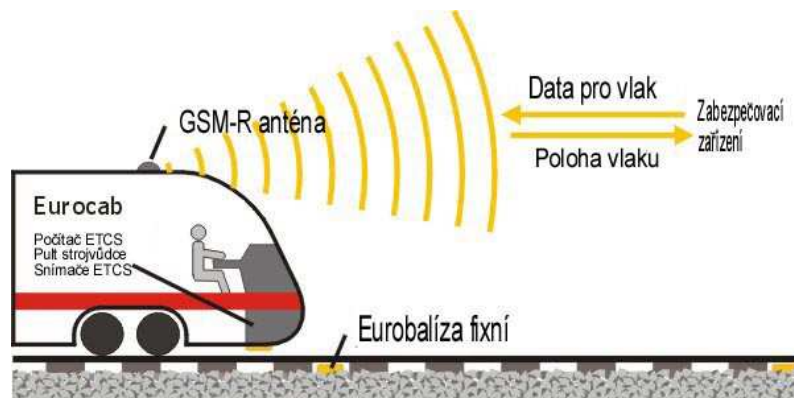
Jedná se o nejvyšší úroveň, díky které může v budoucnosti dojít k velkému navýšení propustnosti tratí. Tato úroveň pracuje s pohyblivými oddíly, což znamená, že si vlak „vytváří“ před sebou trat'ový oddíl v takové délce, jaká je zábrzdňá vzdálenost vzhledem k aktuální rychlosti a délce vlaku. Opět zde jsou instalovány fixní balízy a vlak se automaticky „registruje“ do RBC, která hlídá všechna kolejová vozidla v dané oblasti.

Trat'ové funkce:

- Registrace každého vlaku vybaveného ETCS v RBC
- Sledování polohy každého ETCS vlaku v RBC
- Závěr jízdny cesty a jeho rušení v závislosti na informacích od vlaků
- Určení povolení k jízdě v souladu s údaji od zabezpečovacích zařízení (stavědla,...) individuálně pro každý vlak
- Přenos povolení k jízdě na každý vlak individuálně

Palubní funkce:

- Vlak vysílá svou polohu vztahenou k balíze do RBC
- Vlak hlídá svojí celistvost a vysílá ji do RBC
- Výpočet dynamického rychlostního profilu
- Porovnání aktuální rychlosti vlaku s povolenou rychlostí a příp. aplikace brzd
- Palubní signalizace pro strojvedoucího [3]



Obr. 13: Funkční schéma systému ETCS L3; Zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Etcs_l3cs.jpg

ETCS LC

Tato úroveň se nyní nepoužívá a v současnosti je ve vývoji. Princip fungování je stejný jako u ETCS L3. Tato levnější varianta systému ETCS (Low Cost) by měla být v budoucnu instalována na vedlejší tratě s menším provozem, kdy by stačilo instalovat fixní balízy pouze do míst s kolejovým větvením. Zvažováno je také zapojení satelitního systému pro lokalizaci vlaku.

5. Závěr

Železniční doprava je v dnešní době, dle mého názoru méně využívaná než tomu bylo v dřívějších dobách (v porovnání s jinými způsoby přepravy), ale myslím si, že význam železniční dopravy vzhledem k jejím kapacitním možnostem bude opět postupně růst. Železnice nabízí bezpečnou a rychlou možnost přepravy a vzhledem k rozvoji zabezpečovací techniky se může její provoz ještě více zefektivnit. Nabízí ekologickou a rychlou alternativu k automobilové dopravě. Proto také dochází k postupnému budování tranzitních koridorů, vysokorychlostních tratí a k rekonstrukci stávající infrastruktury. Rozvoj zabezpečovací techniky je proto velmi důležitý. Rychlosti používané na tratích trvale rostou a s tím rostou také nároky na kvalitu zabezpečení. Myslím si, že rozvoj zabezpečovací techniky bude v následujících letech významným úkolem, které bude nutné pro železniční přepravu řešit.

6. Seznam použitých zkratk (které nejsou vysvětlené v textu)

ETCS - European Train Control System

GSM-R - Global System for Mobile Communications – Railway

LVZ-Z - Liniový vlakový zabezpečovač se žívkem

AVV – Automatické vedení vlaku

ERTMS - European Rail Traffic Management System

PN – Přivolávací návěst

WAN - Wide Area Network

LAN - Local Area Network

GTN - Graficko-technologická nastavba

7. Zdroje

Zdroje, odkud byly čerpány informace pro psaní práce:

http://cs.wikipedia.org/wiki/Jízdní_zarážka
http://cs.wikipedia.org/wiki/Vlakový_zabezpečovač
<http://cs.wikipedia.org/wiki/MIREL>
http://de.wikipedia.org/wiki/European_Train_Control_System
<http://www.volny.cz/mikulda/d1/>
http://spz.logout.cz/zabezpec/rem_prov.html
<http://spz.logout.cz/zabezpec/remote98.html>
http://spz.logout.cz/zabezpec/esa_11.html
<http://spz.logout.cz/zabezpec/szz-etb.html>
<http://www.azd.cz/produkty/systemy-pro-kolejovou-dopravu/produkty/stanicni-zabezpecovaci-zarizeni/szz-etb-stanicni-zabezpecovaci-zarizeni/>
http://www.azd.cz/fileadmin/user_upload/katalog-produktu/pdf/cs/Kat-list-A02.pdf
<http://www.azd.cz/produkty/systemy-pro-kolejovou-dopravu/produkty/stanicni-zabezpecovaci-zarizeni/esa-11-elektronicke-stanicni-zabezpecovaci-zarizeni/>
<http://www.starmon.cz/cs/produkty-k2002.html>
<http://www.aksignal.cz/ridici-system-remote-98.html>
<http://asocr.cz/dokumenty/2011/110216mapazel.pdf>
<http://projekt150.ha-vel.cz/node/129>
http://www.uic.org/download.php/publication/190_15E.pdf
<http://www.cd rail.cz/vts/CLANKY/vts28/2802.pdf>

Zdroje, odkud byly čerpány obrázky v této práci:

<http://projekt150.ha-vel.cz/node/129>
<http://www.aksignal.cz/ridici-system-remote-98.html>
http://www.azd.cz/uploads/pics/AZD_A02-03.jpg
<http://cs.wikipedia.org>
<https://www.facebook.com/AZDPraha?ref=ts>

a také byly použity vlastní fotografie autora

Děkuji p. Jiřímu Průšovi a p. Zdeňku Michlovi za technickou oponenturu mojí práce.