

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Integrace přejezdových zařízení do systému ETCS L2

Bc. Josef VINTR

Diplomová práce
2009

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Josef VINTR**

Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**

Studijní obor: **Dopravní infrastruktura-Elektrotechnická zařízení
v dopravě**

Název tématu: **Integrace přejezdových zařízení do systému ETCS L2**

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

- a) Popis principů činnosti přejezdových zařízení typu PZS AŽD 71, PZZ-EA, Eleksa
- b) Analýza možností chování vozidla pod dohledem ETCS L2 při přibližování k přejezdu a jízdě přes něj
- c) Návrh možností integrace přejezdového zařízení do systému ETCS L2
- d) Možnosti řešení vyrovnávání přibližovací doby

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Firemní podklady k přejezdovým zařízením uvedených typů

ERTMS/ETCS - Class 1 - System Requirements Specification, subset 026, issue 2.3.0 d. UIC, Unisig 2008

ERTMS/ETCS - Class 1 - Euroradio FIS, subset 037, issue 2.2.5. UIC, Unisig 2003

Milan Kunhart: Systémový návrh aplikace ERTMS/ETCS L2 v ČR, habilitační práce, Univerzita Pardubice 2005

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Milan Kunhart, CSc.
AŽD Praha

Datum zadání diplomové práce: **4. prosince 2008**

Termín odevzdání diplomové práce: **25. května 2009**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



prof. Ing. Vladimír Schejbal, CSc.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 17. února 2009

Prohlašuji:

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.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 25. 05. 2009

Bc. Josef Vintř

ANOTACE

Tato práce se zabývá možnostmi integrace přejezdových zabezpečovacích zařízení do systému ETCS L2.

První část popisuje principy činnosti přejezdových zabezpečovacích zařízení typu AŽD 71, PZZ-EA, ELEKSA 93. Dále jsou popsány základní principy systému ETCS L2. V následující části jsou řešeny možnosti využití stavových indikací ze současných přejezdových zařízení v systému ETCS a využití informací z ETCS k ovládní přejezdových zařízení s optimalizací doby uzavření přejezdu pro různé rychlosti vlaků. V závěrečné části je navržen konkrétní způsob možného ovládní automatických přejezdových zařízení systémem ETCS v úrovni 2.

KLÍČOVÁ SLOVA

železniční přejezdy; vlaky; zabezpečovací zařízení; ETCS; RBC

TITLE

Incorporation of level crossing equipment into system ETCS L2

ANNOTATION

This publication undertakes possibility of incorporation of level crossing equipment into system ETCS L2.

First part describes principles of working of level crossing equipment of these systems: AŽD 71, PZZ-EA, ELEKSA 93. The characterization of ETCS system level 2 follows. A possible usage of functional information of existing level crossing equipment to the ETCS system and the usage of ETCS informations to the level crossing equipment control with optimisation of time of crossing enclosure for different train rates are introduced in the following part.

A factual proposal of control of varning on level crossing from ETCS system in level 2 is introduced in the last part of the publication.

KEYWORDS

levels crossing; trains; interlocking; ETCS; RBC

OBSAH

Anotace.....	5
Úvod.....	8
1 Popis principů činnosti přejezdových zařízení.....	9
1.1 Požadavky na světelná přejezdová zabezpečovací zařízení.....	9
1.1.1 Signály pro uživatele pozemní komunikace.....	9
1.1.2 Základní činnost PZS.....	9
1.1.3 Požadavky na ovládání.....	10
1.1.4 Požadavky na funkci a bezpečnost.....	11
1.1.5 Požadavky na kontrolu a dohled funkčních a provozních stavů.....	11
1.2 Přejezdové zabezpečovací zařízení typu AŽD 71.....	12
1.2.1 Panel koleje.....	13
1.2.2 Ústřední panel.....	14
1.2.3 Panel světel.....	16
1.2.4 Panel závor.....	16
1.2.5 Ovládání a kontrola bílých světel výstražníků.....	17
1.2.6 Ovládání zvonců výstražníků.....	17
1.2.7 Indikační obvody.....	17
1.2.8 Napájecí obvod.....	18
1.2.9 Zařízení PZZ-RE.....	18
1.3 Přejezdové zabezpečovací zařízení typu PZZ-EA.....	19
1.3.1 Technické řešení zařízení PZZ-EA.....	20
1.3.2 Ovládání PZZ-EA.....	21
1.3.3 Ovládání světel výstražníků.....	21
1.3.4 Ovládání závor.....	22
1.3.5 Dálkové ovládání a kontrola PZS.....	22
1.3.6 Napájení systému.....	23
1.4 Přejezdové zabezpečovací zařízení typu ELEKSA 93.....	24
1.4.1 Technické řešení zařízení ELEKSA 93.....	25
1.4.2 Ovládací prvky.....	27
1.4.3 Pozitivní signál.....	27
1.4.4 Výstraha.....	27
1.4.5 Ovládání světel výstražníků.....	27
1.4.6 Ovládání zvukové výstrahy.....	28
1.4.7 Ovládání závor.....	28
1.4.8 Napájení systému.....	29
1.4.9 Dálkové ovládání a kontrola PZS.....	30
1.5 Porovnání jednotlivých typů PZS.....	30
1.5.1 Systém AŽD 71.....	30
1.5.2 Systém PZZ-EA.....	30
1.5.3 Systém ELEKSA 93.....	31

2	Systém ETCS.....	32
2.1	Všeobecně.....	32
2.2	Systém ETCS L2.....	34
2.3	ETCS ve vztahu k PZS.....	35
3	Analýza možností chování vozidla pod dohledem ETCS L2 při přibližování k přejezdu a jízdě přes něj	37
3.1	Jízda vlaku.....	37
3.2	Nezavěšený postrk.....	38
3.3	Posun.....	39
3.4	Jízda podle rozhledu.....	39
3.5	Jízda podle strojvedoucího.....	39
4	Návrh možností integrace přejezdového zařízení do systému ETCS L2.....	40
4.1	Poruchy PZ.....	40
4.2	Ovládání výstrahy.....	43
4.2.1	PZ využívá cizí kolejové prvky pro ovládání výstrahy.....	43
4.2.2	PZ má vlastní kolejové prvky pro ovládání výstrahy.....	44
4.3	Vyhodnocení možnosti ukončení výstrahy.....	45
4.4	Posun.....	46
4.5	Nezavěšený postrk.....	46
5	Možnosti řešení vyrovnávání přibližovací doby.....	47
5.1	Důvody vyrovnávání přibližovací doby.....	47
5.1.1	Rozdílné rychlosti vlaků.....	47
5.1.2	Dočasná omezení.....	47
5.1.3	Zastávky.....	48
5.2	Akcelerace vlaku.....	48
5.3	Úpravy PZ.....	50
5.4	Dostupné informace o vozidle vybaveném palubní částí ETCS.....	51
5.5	Ovládání výstrahy z RBC	52
5.6	Výpočet odložení výstrahy.....	53
5.6.1	Výpočet se skokovou změnou rychlosti.....	53
5.6.2	Výpočet s respektováním akcelerace vlaku.....	54
5.6.3	Zastávka osobní přepravy v přibližovacím úseku.....	55
5.6.4	Jízdy následných vlaků.....	56
	Závěr.....	57
	Seznam použité literatury.....	58
	Seznam tabulek.....	59
	Seznam obrázků.....	60
	Seznam zkratk.....	61
	Seznam symbolů.....	62

ÚVOD

Sjednocování Evropy proniklo i do oblasti železniční zabezpečovací techniky. Pro volný pohyb železničních vozidel v celé síti Evropské Unie vznikl projekt ERTMS/ETCS (European Rail Traffic Management system / European Train Control System). Nejprve jako projekt jednotného vlakového zabezpečovače (ETCS), který byl následně rozšířen o systém řízení provozu na evropských tratích (ERTMS). Smyslem projektu ERTMS/ETCS je tedy nahradit rozličné národní systémy vlakových zabezpečovačů jednotným systémem pro celou Evropu.

Vznikem nového způsobu řešení zabezpečení jízd vlaků nastala možnost řešit dlouhodobý nepříznivý stav na železničních přejezdech. Jedná se zejména o nerespektování světelného výstražného znamení. Řidiči pod vidinou dlouhého stání před uzavřeným přejezdem riskují a snaží se projet přejezdem ještě v době, kdy už je dávana výstraha. Statistiky ukazují, že přejezdová zabezpečovací zařízení jsou velmi spolehlivá, přesto většina nehod byla právě na železničních přejezdech zabezpečených přejezdovým zařízením, i když v drtivé většině případů je odpovědnost na straně účastníků silničního provozu. Podle evidence Drážní inspekce vzniklo v loňském roce 54 % ze všech nehod na železničních přejezdech právě na přejezdech zabezpečených přejezdovým zařízením [14].

Tato diplomová práce řeší možnost začlenění přejezdových zařízení do systému ERTMS/ETCS. Systém ERTMS/ETCS umožňuje, aby do něho byly zaneseny všechny charakteristické údaje o jednotlivých přejezdových zabezpečovacích zařízeních, především funkční a provozní stavy. Systém ERTMS/ETCS obsahuje řadu informací o trati a pohybujících se železničních vozidlech, které lze využít k ovládní výstrahy na přejezdech s možností optimalizace doby jejich uzavření.

Na závěr této práce je navrženo konkrétní řešení způsobu ovládní výstrahy na přejezdech v systému ETCS L2.

1 POPIS PRINCIPŮ ČINNOSTI PŘEJEZDOVÝCH ZAŘÍZENÍ

1.1 Požadavky na světelná přejezdová zabezpečovací zařízení

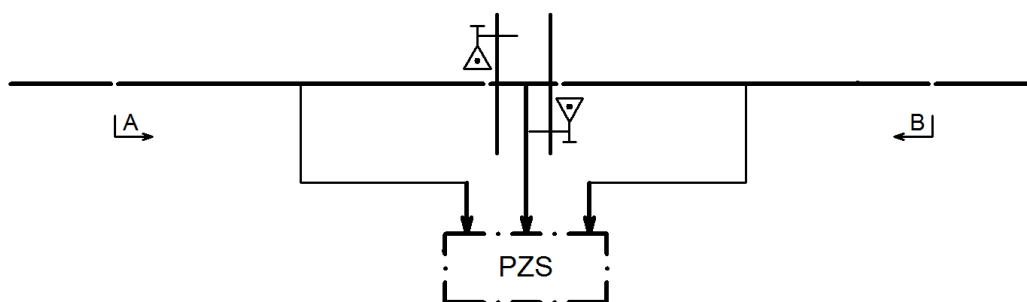
1.1.1 Signály pro uživatele pozemní komunikace

Světelné přejezdové zabezpečovací zařízení (PZS) varuje uživatele pozemní komunikace před blížícím se vlakem výstražným signálem. Před přejezdem jsou ze strany silniční komunikace umístěny výstražníky, ze kterých je dávana světelná (červená světla) a zvuková výstraha. Po uplynutí předem stanovené doby doplňuje tyto výstrahy ještě mechanická výstraha, pokud je zřízena.

O tom, že se k přejezdu neblíží vlak nebo, že v obvodu přejezdu není železniční vozidlo, které by mohlo ohrozit provoz na přejezdu, informuje PZS uživatele pozemní komunikace pozitivním signálem (bílé světlo).

Pokud není dáván pozitivní ani výstražný signál, je pro účastníky silniční komunikace signalizován varovný signál, tzn. nesvítí žádné ze světel, není dáván zvukový signál a břevna závor (pokud jsou zřízena) jsou v horní koncové poloze. PZS je ve stavu, kdy neposkytuje uživateli pozemní komunikace informaci, zda se k přejezdu blíží nebo neblíží železniční vozidlo, které by jej mohlo ohrozit.

PZS musí být vybaveno přejezdníky pro informování strojvedoucího o stavu PZS, jestliže jsou k jeho ovládání využity spolehlivé bodové prostředky nebo pokud nemá PZS kontrolní prvky v obsazené dopravně.



Obr. 1.1 Tříúsekové ovládání PZS

1.1.2 Základní činnost PZS

Funkce PZS vychází z tříúsekového ovládání (obr. 1.1). Vstupem vlaku do přibližovacího úseku se začne měřit doba zpoždění výstrahy (pokud je odložení výstrahy vyžadováno). Po uplynutí doby zpoždění výstrahy zapne PZS výstrahu.

Vlak projede prostorem přejezdu a postupně obsadí a uvolní anulační úsek, uvolní přibližovací a obsadí vzdalovací úsek. PZS přejde do stavu anulace: přejezd je otevřen, na výstražnicích nesvítí žádné světlo. Měří se doba anulace. Vlak projíždí vzdalovací úsek. Po jeho uvolnění přechází PZS do základního stavu.

V případě, že nelze průběžně kontrolovat i směr jízdy vlaku (převážná většina případů), musí PZS po dobu anulačního stavu signalizovat varovný signál. Doba trvání anulace musí být měřena, protože informace o obsazení vzdalovacího úseku může být způsobena nejen vlakem, ale i poruchou kolejového obvodu. Pokud k této poruše dojde ve vzdalovacím úseku tehdy, když je obsazen vlakem odjíždějícím od přejezdu, zůstalo by po dobu trvání poruchy PZS v anulaci. Vlak opačného směru pak vstoupí do anulovaného úseku a přijede na přejezd bez výstrahy. Této nebezpečné směrové pasti se předchází zmíněnou kontrolou doby anulace, která nedovolí PZS ustrnout ve stavu anulace. Po předem zvolené době je opět zapnuta výstraha.

Pro každý typ výstražného světelného zařízení má stanovení podmínek, za kterých je možné výstrahu anulovat, zásadní význam. Anulační stav nemá obdobu v žádném jiném druhu zabezpečovacího zařízení. Na jeho správném zajištění závisí bezpečnost dopravy na přejezdu. Podle něj lze soudit na kvalitu a bezpečnou a spolehlivou funkci zařízení.

1.1.3 Požadavky na ovládání

Norma ČSN 34 2650 dělí PZS do tří kategorií podle způsobu ovládání. PZS 1. kategorie je ovládáno ručně, ovládacími prvky umístěnými na místě odkud je vidět na železniční přejezd. U PZS 2. kategorie se již předpokládá automatické ovládání, ale jsou použity ovládací prvky, které musí vyhodnotit ovlivnění železničním vozidlem alespoň spolehlivě. Nejvyšší, 3. kategorie PZS, je ovládáno automaticky ovládacími prvky, které bezpečně vyhodnocují nepřítomnost železničního vozidla v daném úseku. PZS má umožňovat výluky ovládacích prvků např. při kolejových výlukách, kdy kolejové mechanismy pracují v ovládacím úseku nebo je ovládací prvek v poruše.

Automatické ovládání je odvozeno od ovládacích prvků závislých na jízdě železničního vozidla, nebo od povolení k jízdě návazným zabezpečovacím zařízení. U každého PZS musí být umožněno ukončit nežádoucí výstrahu

způsobenou např. poruchou ovládacích prvků závislých na jízdě železničního vozidla uplynutím mezní výstražné doby nebo zásahem obsluhujícího zaměstnance ruční obsluhou.

1.1.4 Požadavky na funkci a bezpečnost

Základní vlastnost každého přejezdového zabezpečovacího zařízení je, že musí varovat uživatele pozemní komunikace předepsaným způsobem, zřetelně a včas, že se k přejezdu blíží železniční vozidlo, jemuž musí dát uživatel pozemní komunikace přednost v jízdě. V současné době se od světelného přejezdového zabezpečovacího zařízení také požaduje, aby po splnění stanovených podmínek informovalo uživatele pozemní komunikace o tom, že se k přejezdu železniční vozidlo neblíží.

Přejezdové zabezpečovací zařízení zajišťuje bezpečnost dopravy v místě styku dopravy železniční a silniční. Řadí se mezi železniční zabezpečovací zařízení, a musí se tedy od něho vyžadovat stejně bezpečná funkce jako od zabezpečovacích zařízení ostatních. Jelikož je přejezdové zabezpečovací zařízení současně i zařízením samočinně pracujícím, které úplně nebo z velké části vylučuje z ovládání lidský činitel, je nutné dbát i na spolehlivost jeho funkce. To se musí projevit nejen ve volbě logických prvků, zprostředkujících potřebné závislosti, ale hlavně v jejich logických vazbách. Míra bezpečnosti navrženého zapojení musí být ověřena bezpečnostním rozbořem.

Při výskytu některých méně závažných poruch musí zapojení a výběr vhodných funkčních jednotek se zálohou zajistit další normální činnost PZS. V zapojení a v následující indikaci se musí rozlišit tyto poruchy od poruch, které znamenají znemožnění nebo vážné omezení jeho činnosti. Poruchy, jejichž výskyt se na činnosti PZS neprojeví vůbec nebo jen v bezpečnějším smyslu nazýváme poruchy I. stupně (nouzový stav). Ostatní poruchy, nazývané poruchy II. stupně (poruchový stav), jsou provozu na železničním přejezdu nebezpečné.

1.1.5 Požadavky na kontrolu a dohled funkčních a provozních stavů

Přejezdy jsou obvykle vzdáleny od stanic nebo jiných obsazených dopraven tak, že dopravní zaměstnanci nemohou mít na činnost výstražných světelných zařízení přímý dohled. To klade velké nároky nejen na spolehlivost zařízení, ale vyžaduje i neustálé informování dopravních zaměstnanců o jeho stavu. PZS musí vyhodnocovat svou správnou činnost a poruchy systému převést bezpečnějším

směrem. Informace o poruše pak musí být přenesena až do obsazené dopravy, pověřené kontrolou PZS.

PZS musí poskytovat následující informace:

- a) zda je schopno dávat výstrahu, a to vždy (strojvedoucímu nebo obsluhujícímu zaměstnanci);
- b) zda je ve výstraze, nebo přijalo povel ke spuštění výstrahy a tuto odkládá v případě, že včasné spuštění výstrahy není bezpečně zajištěno použitými ovládacími prvky závislými na jízdě železničního vozidla (strojvedoucímu);
- c) zda je ve výstraze v případě, že je ovládáno ručně (obsluhujícímu zaměstnanci);
- d) zda je ve výstraze v případě, že zařízení umožňuje trvání nadměrné výstrahy (obsluhujícímu zaměstnanci pro provedení opatření ke zrušení bezdůvodné výstrahy);
- e) diagnostické, je-li to technicky možné (udržujícímu zaměstnanci buď přímo, nebo prostřednictvím obsluhujícího zaměstnance).

1.2 Přejezdové zabezpečovací zařízení typu AŽD 71

Přejezdové zabezpečovací zařízení AŽD 71 vyvinul podnik Automatizace železniční dopravy v sedmdesátých letech. Při vývoji PZS byla snaha rozdělit zapojení obvodů do ucelených funkčních jednotek tak, aby jejich složením bylo možno vytvořit potřebné závislosti pro jakýkoli konkrétní přejezd. Ve splnění tohoto požadavku spočívá podstata univerzality zapojení výstražného světelného zařízení typu AŽD 71.

Činnost PZS lze rozdělit do čtyř skupin s těmito funkcemi:

- zprostředkování závislostí z koleje,
- zprostředkování ústředních závislostí, kontrolní obvody a indikace,
- ovládání červených světel a zvonců,
- ovládání závorových břevien.

Uvedené rozdělení činnosti je vyjádřeno i odpovídajícím rozdělením obvodů do panelů PZS typu AŽD 71.

1.2.1 Panel koleje

Pro každou kolej vedoucí přes přejezd je zřízen samostatný panel koleje. Zapojení vychází z tříúsekového ovládní (obr 1.1). Z každé koleje je PZS ovlivňováno dvěma kolejovými relé přibližovacích úseků AJ a BJ. Relé mohou být zapojena jako přímé opakovače základních kolejových relé přibližovacích úseků nebo jako výsledné závislostní relé. Podle směru jízdy vlaku je vždy jedno kolejovým relé přibližovacího úseku a druhé kolejovým relé vzdalovacího úseku.

Směr jízdy vlaku, vzhledem k přejezdu, je dán obsazením přibližovacího úseku. K zachycení směru jízdy slouží obvod směrových relé (AS, BS), který je pro každou kolej přejezdu samostatný.

Polohu vlaku v obsazeném přibližovacím úseku nelze sledovat, a proto je nutné zajistit vyhodnocení průjezdu vlaku prostorem přejezdu (místem křížení). K tomu účelu se zřizuje anulační úsek v prostoru přejezdu nebo v jeho bezprostřední blízkosti. Úsek slouží k vyhodnocení průjezdu železničního vozidla prostorem přejezdu v součinnosti s přibližovacím a vzdalovacím úsekem.

Jestliže zůstane zachován správný sled obsazování a uvolňování jednotlivých kolejových úseků přejde PZS pro příslušnou kolej do anulace. Ke zrušení stavu anulace dojde po uvolnění vzdalovacího úseku nebo taky opětovným obsazením přibližovacího úseku (např, jízdou následného vlaku).

Anulace je umožněna jen při současném splnění těchto podmínek:

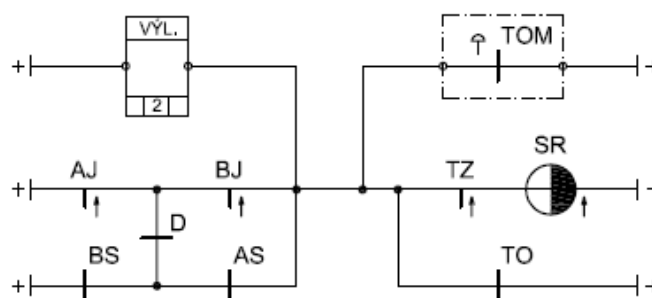
- byla vyvolána výstraha vstupem vlaku do přibližovacího úseku,
- došlo k obsazení vzdalovacího úseku při současném uvolnění přibližovacího úseku,
- byl správně vyhodnocen průjezd vlaku prostorem přejezdu,
- správně pracuje zařízení pro měření doby anulace a doba nebyla překročena.

Pokud anulace trvá déle než je nastavený čas je anulace ukončena a obnoví se výstraha. Tento stav potrvá až do vyhodnocení volnosti vzdalovacího úseku.

Pro vyřazení závislosti na kolejových obvodech jedné koleje (např. při výluce koleje, rekonstrukci výstroje kolejových obvodů apod.) slouží výluková zásuvka. Vyjmutím zástrčky z výlukové zásuvky PROVOZ dochází k blokování svícení bílého světla a zasunutím zástrčky do výlukové zásuvky VÝLUKA dojde k vyloučení závislosti ovládacích prvků příslušné koleje. Pro každou kolej je zřízena samostatná výluková zásuvka.

1.2.2 Ústřední panel

Výstražné světelné zařízení typu AŽD 71 má jeden ústřední panel. Pro zapínání výstrahy a ostatní činnosti výstražného světelného zařízení je rozhodující spouštěcí obvod s výsledným spouštěcím relé SR. V základním stavu je relé SR buzeno. Spouštěcí relé SR je ovládáno z panelů kolejí v závislosti na stavu nouzového ovládání. Obvod spouštěcího relé SR v základní poloze je na obr. 1.2.



Obr. 1.2 Obvod spouštěcího relé SR

Pro nouzovou obsluhu přejezdového zařízení slouží tlačítka na přejezdovém zařízení a na kolejové desce nejbližšího obsluhovaného stanoviště. Tlačítka mají své výsledné relé TZ (uzavření) a TO (nouzové otevření). Relé uzavření TZ ztratí buzení obsluhou tlačítka a přeruší obvod spouštěcího relé SR, které zapíná výstrahu. Stlačením tlačítka nouzového otevření se vybudí relé TO a jeho kontakt uzavírá obvod buzení spouštěcího relé SR.

Výstraha na PZS je dávana kmitavým svícením červených světél výstražníků a zvukem zvonců. Kmitavé napájení zajišťuje reléový kmitač. Kmitač tvoří relé K1 a K2 jejichž správnou rychlost kmitání zajišťují RC členy. Správnou činnost reléového kmitače vyhodnocuje kondenzátorový dekodér.

Správná činnost výstražného světelného zařízení musí být kontrolována. Kontrolu zajišťuje zvláštní kontrolní obvod s výsledným kontrolním relé KZ. Odpad kotvy relé KZ znamená poruchu, při které by mohla být ohrožena bezpečnost silničních uživatelů (porucha II. stupně). Kontrolní obvod relé KZ se mění podle jednotlivých fází činnosti PZS: základní stav, výstražný stav, zvedání závor, anulace, výluka ovládacích prvků a nouzové ruční ovládání. U PZS se závorami je správná činnost stabilizátoru napětí (pro tepelné relé) kontrolována tím, že relé KZ je napájeno přímo kontrolním napětím ze stabilizátoru. V obvodu je zařazen rovněž vlastní kontakt relé KZ, který zajišťuje nevratnost poruchy II. stupně. Po odstranění závady je nutno uvést relé KZ do základního stavu tlačítkem přímo na zařízení.

Podchycení co největšího počtu jednotlivých poruch do kontrolních obvodů je dáno možnostmi zapojení výstražného světelného zařízení typu AŽD 71.

Mezi poruchy I. stupně patří:

- a) přerušení jednoho nebo více vláken červených světel tak, že na výstražníku svítí obě nebo alespoň jedno červené světlo,
- b) neotevření přejezdu závorovými břevny, jestliže pomine důvod pro jeho uzavření,
- c) nepřichycení závorových břeven v horní poloze (mezipoloha),
- d) přerušení vlákna žárovky bílého světla.

Během trvání výstrahy se za poruchu II. stupně považuje:

- a) zhasnutí obou červených světel výstražníku,
- b) porucha kmitání,
- c) přerušení nebo zkrat vinutí tepelných relé.

Mimo dobu trvání výstrahy se za poruchu II. stupně považuje:

- a) falešné hlášení o rozsvícení jednoho nebo více červených světel výstražníku,
- b) falešné hlášení o činnosti kmitače,

- c) odpad kotev kolejových relé přibližovacích úseků bez uvedení výstražného, světelného zařízení do výstrahy, kdy zařízení není v anulaci,
- d) provedení anulace, jestliže pro ni nebyly splněny výše uvedené podmínky,
- e) přechod obvodu pro anulaci po skončení anulace do jiného stavu než základního.

1.2.3 Panel světel

Tento panel kontroluje správnou činnost kmitacích relé a dohlíží svícení červených světel výstražníků proudovými relé.

Každý výstražník má vždy dvě červená světla osazená dvouvláknovými žárovkami. Pro každý výstražník je zřízeno jedno relé pro dohled hlavních vláken a druhé relé pro kontrolu náhradních vláken žárovek červených světel. Vlákná obou žárovek se střídavě žhaví přepínáním relé kmitače K2.

V případě vyhodnocení poruchy svícení hlavního vlákna žárovky připojí dohlížecí relé paralelně k hlavním vláknům náhradní vlákna. PZS vyhodnotí poruchu I. stupně (nouzový stav).

1.2.4 Panel závor

V základní poloze jsou břevna držena v horní koncové poloze přídržným magnetem PM pomocí západky na kotvě magnetu, která zapadá do rohatky na ose pohonného motoru.

Po zahájení výstrahy je měřena předzváněcí doba. Závorová břevna se uvolní po odměření času přerušením obvodu vinutí přídržné kotvy magnetu PM. Po uvolnění se břevno vlivem gravitace sklopí a dohlížecí relé vyhodnotí uzavření přejezdu.

Po přechodu PZS do anulace je zapnut proud do motorů pohonů závor a přídržných magnetů PM. Po dosažení horní koncové polohy závory je napájení motoru pohonu rozepnuto vlastním kontaktem pohonu závor.

Pokud je výstražné světelné zařízení doplněno více páry pohonů, provádí se z důvodu rovnoměrnějšího zatížení zdrojů postupné zvedání břeven.

K měření předzváněcí doby je použit časový soubor složený z tepelných časových elementů napájených stabilizovaným napětím s kontrolou odběru proudu topných vláken.

1.2.5 Ovládání a kontrola bílých světel výstražníků

Výstražník přejezdového zařízení je nutno kromě červených světel vybavit ve stanovených případech i světlem bílým. Předepsané podmínky pro svícení bílého světla kontroluje relé SP. Kmitání světel zajišťuje tyristorový kmitač TK. Je trvale napájen z 230 V AC. U zařízení AŽD 71 je dohlíženo i svícení bílého světla, které je opět vybaveno dvouvláknovými žárovkami. Porucha svícení bílého světla je vyhodnocena jako porucha I. stupně.

1.2.6 Ovládání zvonců výstražníků

Každý výstražník přejezdového zařízení je vybaven zvoncem k dávání akustické výstrahy. Zvonce se zapínají současně s červenými světly. Ve stanovených případech mohou být odpojovány po sklopení závorových břeven. V tomto případě se zařadí do obvodu doteky pohonů břeven. Při zvedání břeven je zvuková výstraha vypnuta. Činnost zvukové výstrahy není zařízením kontrolována.

1.2.7 Indikační obvody

Výstražné světelné zařízení AŽD 71 je vybaveno obvody pro přenos indikací na obsazené stanoviště. Na stanovišti jsou umístěny pomocné relé Z, Ž, 1B, 2B a 3B přes jejichž kontakty jsou zapojeny indikační žárovky. Pro tyto pomocné relé byly používány relé II. bezpečnostní třídy.

Je možné přenášet pohotovostní, poruchové a provozní stavy v tomto rozsahu:

- a) pohotovostní stav, indikován vybuzeným relé Z, klidné svícení zelené žárovky,
- b) porucha I. stupně, indikována vybuzením relé Ž, klidné svícení žluté žárovky,
- c) porucha II. stupně, indikována ztrátou buzení relé Z i Ž, klidné svícení červené žárovky,
- d) výstražné světelné zařízení neovlivněno, indikováno nevybuzeným relé 1B, nesvítí první bílá žárovka,

- e) výstraha, indikována přerušovaným buzením relé 1B, přerušované svícení první bílé žárovky,
- f) uzavření přejezdu, indikováno trvalým buzením relé 1B, klidné svícení první bílé žárovky,
- g) anulace neprobíhá, indikováno nevybuzeným relé 2B, nesvítí druhá bílá žárovka,
- h) anulace probíhá, indikováno přerušovaným buzením relé 2B, kmitavé svícení druhé bílé žárovky,
- i) doba anulace překročena, indikováno trvalým vybuzením relé 2B, klidné svícení druhé bílé žárovky,
- j) činnost měniče, indikováno trvalým vybuzením relé 3B, klidné svícení třetí bílé žárovky.

Kromě světelné indikace zazní při vzniku poruchy I. nebo II. stupně akustický signál. Tento signál je vypínatelný. Pominutí poruchy je indikováno opět taky akustickým signálem.

1.2.8 Napájecí obvod

Přítomnost napájecího napětí 230 V/50 Hz je kontrolována poruchovým relé PR. Pokud je přítomno napájecí napětí z rozvodné sítě nebo z měniče, je relé PR trvale vybuzeno. Odpad relé indikuje poruchu II. stupně.

Výstražné světelné zařízení AŽD 71 je vybaveno baterií 24 V (30 V), která má vyvedený střed pro připojení výstražníků se žárovkami na 12 V. Zařízení AŽD 71 byly postupně dovybaveny dohledem napětí reléové baterie. Při poklesu napětí baterie pod stanovenou mez je vyhodnocena porucha II. stupně.

1.2.9 Zařízení PZZ-RE

Postupným nahrazováním méně spolehlivých prvků elektronickými systémy vzniklo přejezdové zabezpečovací zařízení typu PZZ-RE, které vychází ze zapojení výstražného světelného zařízení typu AŽD 71.

Světelné přejezdové zabezpečovací zařízení typu PZZ-RE je reléové zařízení, sestavené z relé I. skupiny bezpečnosti funkce a s elektronickými subsystemy.

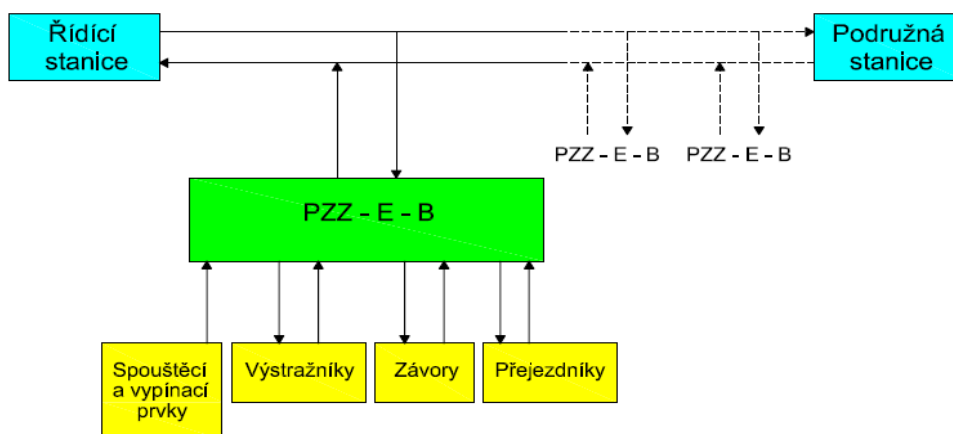
Logické funkce PZZ-RE jsou tvořeny reléovými obvody jako u PZS typu AŽD 71. Měření času méně spolehlivými tepelnými elementy a mechanickými časovači, ale taky realizace delších časových zpoždění pomocí RC článků, je nahrazeno elektronickými časovými jednotkami.

Dále byl nahrazen reléový kmitač a napájení žárovek návěstních svítlen subsystémem elektronického ovládání světel (EOS). K zařízení PZZ-RE lze připojit maximálně 12 výstražníků (s nebo bez pozitivní signalizace). Počet připojených závorových pohonů, kolejí a přejezdníků není omezen.

Důležitou inovací PZS typu AŽD 71 je nahrazení relé II. bezpečnostní třídy v indikačních obvodech za relé I. bezpečnostní třídy a připojení každého relé samostatným dvoudrátovým zapojením.

1.3 Přejezdové zabezpečovací zařízení typu PZZ-EA

Mezi nejmodernější přejezdová zabezpečovací zařízení patří elektronické zabezpečovací zařízení typu PZZ-EA, kterým jsou zabezpečovány přejezdy hlavně na železničních koridorech. Toto zařízení vyvinula firma AŽD Praha s. r. o. Zjednodušené blokové schéma je na obr. 1.3.



Obr. 1.3 Blokové schéma systému PZZ-EA

Logické funkce jsou řešeny softwarově, který běží na jednom řídicím počítači PZZ-E-B. Řídicí počítač systému PZZ-E-B sekvenčně zpracovává dvojnásobnou vstupní informaci v přímém a inverzním tvaru dvěma nezávislými programovými bloky (přímou a inverzní větví programu) podle bezpečnostního principu 2 ze 2.

1.3.1 Technické řešení zařízení PZZ-EA

Základem systému PZZ-EA je řídicí počítač PZZ-E-B založený na MCS SAB80C537. Řídicí počítač je HW jednokanálový s dvoukanalově řešeným SW. Jedná se o redundantní systém na jehož výstupy jsou přes komparátory napojena relé I. bezpečnostní třídy a 6 bezpečných výstupních informací do řídicí stanice (ŘS).

K řídicímu počítači přejezdu lze připojit:

- 6 krát 8 bezpečných vstupů přes desky VK0 až VK5 pro snímání stavu ovládacích relé, dohlédacích relé, výstupního relé z časového souboru, kontrolního relé napájení, provozních tlačítek, vazebních relé apod.,
- 3 krát 16 vstupů přes desky VV0 až VV2 pro dohled (fotometrický i napěťový) svícení světel výstražníků,
- 3 krát 2 relé I. skupiny bezpečnostní funkce přes komparátory KP0 až KP2,
- 2 krát 8 vstupů a 2 krát 8 výstupů přes dvě desky IFEOS pro dohled frekvence kmitače EOS, testování a dohled úrovně napětí baterie,
- 3 krát 16 výstupů přes desky PV0 až PV2 pro přepínání hlavních a náhradních vláken světel výstražníků,
- modem (pro hovorové nebo pro nadhovorové pásmo) pro přenos indikací o stavu přejezdu a pro přenos povelů ovládání přejezdu.

Relé I. skupiny bezpečnosti funkce jsou zapojena na místě spouštěcího relé výstrahy SR, spouštěcího relé pozitivního signálu SP, spouštěcího relé závorových pohonů TP1, TP2, návěštního relé přejezdníků NR, relé místního otevření TO, relé vypnutí výstrahy KCR a kolejových a vazebních relé k jiným reléovým zabezpečovacím zařízením.

Software PZZ-EA vychází z tříúsekového modelu přejezdu (obr. 1.1). Pokud je některý úsek rozdělen na více úseků nebo je PZS spouštěno povelom z navazujícího zabezpečovacího zařízení, je proveden přepoččet na tříúsekový model. Stavová proměnná každého úseku může nabývat hodnoty, která odpovídá jednomu ze tří přípustných stavů: volný, obsazený, uvolněný.

Časové funkce přejezdu jsou řešeny SW čítači. Měření času je bezpečné.

1.3.2 Ovládání PZZ-EA

Jako zapínací a vypínací prvky lze u PZZ-EA použít libovolný schválený a zavedený liniový nebo bodový spouštěcí prvek.

Vstupní informace přejezdu se odvozuje od přepínacího kontaktu (relé, tlačítka, výluková tlačítka) nebo od elektronické náhrady kontaktu. Takto vytvořená vstupní informace je přivedena na vstup počítače v přímé a inverzní hodnotě, které jsou postupně nezávisle zpracovány přímou a inverzní větví programu. Výstup těchto větví je porovnáván hardwarovým komparátorem. Podle výsledků porovnání se nastaví výstupy (relé I. bezpečnostní třídy). Nesoulad větví programu je hlášen jako chyba komparace. Při této chybě nastane ztráta buzení výstupních relé a přejezdové zařízení spustí výstrahu.

Mimo spouštění a vypínání výstrahy odvozeného od přítomnosti kolejového vozidla, lze přejezdové zabezpečovací zařízení ovládat ručně:

- a) místně, ovládacími prvky skříňky místního ovládání (místní uzavření, místní nouzové otevření),
- b) dálkově, povely z řídicí stanice (dálkové uzavření, dálkové nouzové otevření).

1.3.3 Ovládání světel výstražníků

Správná činnost červených světel výstražníku je kontrolována, pouze pokud je přejezd ve výstraze. Správná funkce je dohlížena dvěma nezávislými kanály - optickým čidlem ve svítilně výstražníku a snímáním proudu žárovkou. Pokud je detekováno nesvícení žárovky, je u této žárovky provedeno připnutí náhradního vlákna. Připnutí náhradního vlákna je provedeno dvěma relé. Jedno relé je ovládáno přímou větví a druhé inverzní větví programu. Obě větve programu tak mají možnost při detekci nesvícení zajistit připnutí náhradního vlákna. Vzhledem k tomu, že použitá relé nejsou první bezpečnostní třídy, zůstává hlavní vlákno v činnosti a není kontakty těchto relé odpojováno. Po detekci nesvícení hlavního vlákna je hlášen poruchový kód (porucha I. stupně). Chybový kód zůstane zobrazen na displeji počítače PZZ-E-B a na ŘS, ale jinak se tento stav neregistruje - při výstraze spuštěné dalším vlakem se zapíná opět pouze hlavní vlákno a vlákna záložní se připínají na základě nesvícení. Pokud došlo k připnutí v důsledku falešné detekce nesvícení, je přejezd uveden do

základního stavu následujícím vlakem a poruchový kód zůstane uložen pouze v archívu.

Ke spínání obvodu červených a bílých světel výstražníků a elektromagnetů zvonců výstražníků slouží jednotka EOS. U PZZ-EA zajišťuje jednotka EOS kontrolu frekvence přerušovaného svitu žárovek a dohled napětí baterie, ze kterého se bezpečně odvozuje zajištění minimální svítivosti žárovek. Při poruše EOS je zajištěno svícení červených světel výstražníků, na každém výstražníku alespoň jedno nepřerušované (pokud má přejezd dávat výstrahu).

1.3.4 Ovládání závor

PZZ-EA pro činnost závorových pohonů poskytuje povely k uzavření a k otevření závor. Povel k uzavření závor vydá PZZ-EA po uplynutí předzváněcí doby měřené SW. Závory se uzavírají vždy současně. Povel k otevření závor a ukončení výstrahy vydá PZZ-EA po splnění všech podmínek k přechodu do stavu anulačního nebo základního. PZZ-EA vydává společný povel k otevření všech závor. Postupný chod závor se odvozuje od společného povelu projektovou úpravou navazujících obvodů. Světelná výstraha se ukončuje na všech výstražnících současně až po otevření všech závor. Při spuštění následné výstrahy během zvedání závorových břeven dojde u závor s nuceným chodem k zastavení pohybu pohonu závor na dobu reverzace (2 s) a po jejím uplynutí dojde k opětovnému spuštění závor. Pokud některá ze závor dosáhla při zvedání už horní koncové polohy, dojde k opětovnému spuštění závor až po uplynutí předzváněcí doby.

PZZ-EA s verzí SW 2.43 oproti SW 2.38 navíc umožňuje kontrolu celistvosti břeven a ukončení činnosti mechanické výstrahy při detekci podpětí baterie. Pokud jsou závory otevřeny, nedojde při spuštění výstrahy k jejich sklopení. Uzavřené závory se po ukončení výstrahy zvednou a při další výstraze se nesklopí.

1.3.5 Dálkové ovládání a kontrola PZS

K přenosu informací a k dálkovému ovládání slouží přenosové zařízení vyvinuté pro PZZ-EA. Základem přenosového systému je řídicí stanice (ŘS). Je to další počítač PZZ-E-B, který se používá k bezpečnému přenosu a zobrazení informací z přejezdových zabezpečovacích zařízení PZZ-EA a k bezpečnému zadávání povelů a přenosu povelů do přílehlých PZZ-EA. Řídicí stanice může plnit funkci kontrolní a ovládací skříňky v dopravně.

Přenosový systém zvládne propojení buď ŘS a až 8 PZZ-EA nebo ŘS a tzv. podružné stanice (PDS) s až 7 PZZ-EA. Podružná stanice se od ŘS liší hardwarově (PDS nemá plnou výstavbu zásuvných jednotek), ale především softwarově. PDS umožňuje pouze omezený počet bezpečných povelů a indikací (6 + 6). Z hlediska hierarchie v systému je PDS na úrovni přejezdového zabezpečovacího zařízení. Všechny povely i indikace jdou z PDS na ŘS a ta zajistí jejich předání na příslušné přejezdové zabezpečovací zařízení.

ŘS (PDS) s datovou komunikační vazbou umožňuje připojení systému PZZ-EA do sítě PENET staničních zabezpečovacích systémů SZZ-ETB a SZZ ESA 11. Datová vazba ŘS slouží k bezpečnému předávání indikací od jednotlivých PZZ-EA pro uvedené typy SZZ. Datová vazba PDS slouží k bezpečnému předávání indikací od PZZ-EA pro SZZ v sousední dopravně.

Bezpečné informace přenášené v systému PZZ-EA:

- z ŘS do každého PZZ-EA je možné přenášet max. 6 povelů,
- od každého PZZ-EA do ŘS je možné přenášet max. 6 indikací,
- z ŘS do PDS v sousední dopravně je možné přenášet max. 6 indikací,
- z PDS v sousední dopravně do ŘS je možné přenášet max. 6 povelů.

Při přerušení komunikace PZZ-EA s ŘS je zajištěn přechod přenášených informací do bezpečnějšího stavu.

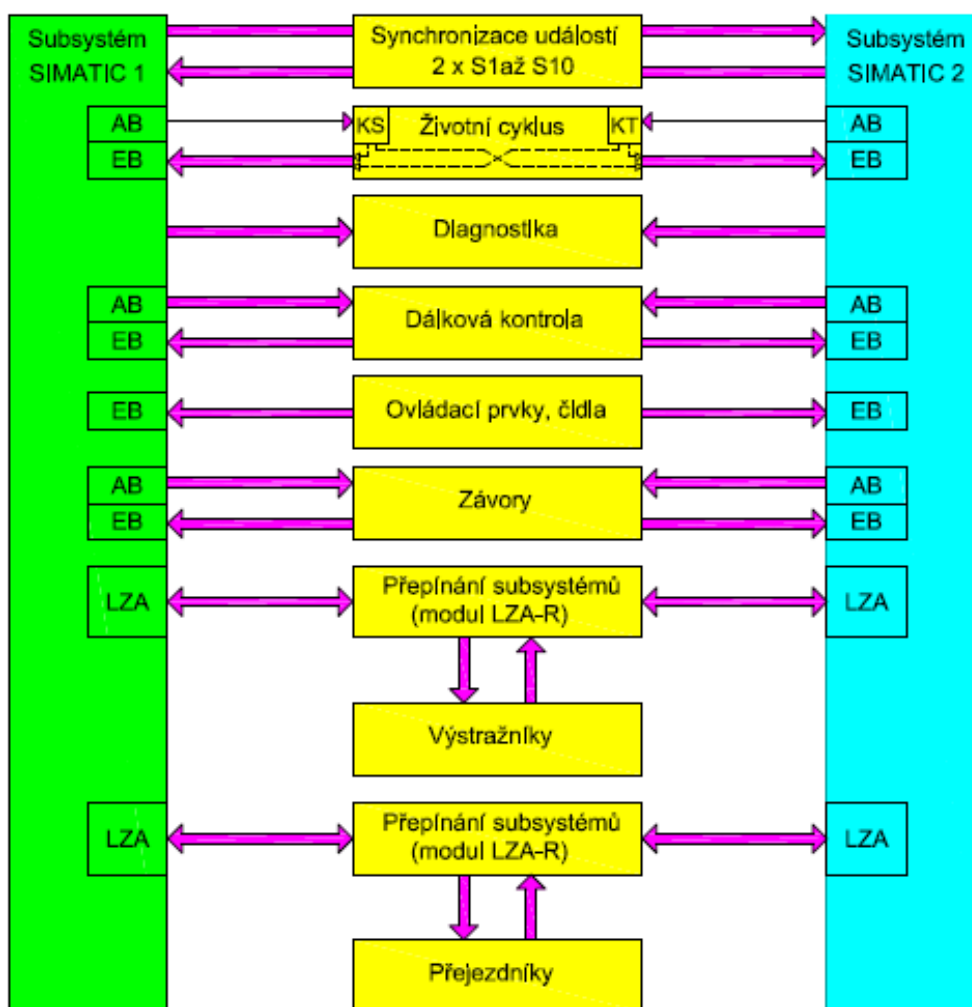
1.3.6 Napájení systému

PZZ-EA je konstruováno pro napájení z jednofázové nebo třífázové sítě 230 V/50 Hz (dle typu nabíječe). Po výpadku sítě je signalizována porucha I. stupně. Přes automatický nabíječ je nabíjena akumulátorová baterie 24 V. Napájecí napětí baterie je monitorováno bezpečným způsobem počítačem PZZ-E-B a při poklesu pod nastavenou mez (vyšší než napětí odpovídající úplnému vybití) je hlášena porucha II. stupně. Pro ochranu baterie proti zničení při poklesu baterie pod stanovenou mez je možné PZZ-EA automaticky vypnout z činnosti při splnění podmínek podle [5].

1.4 Přejezdové zabezpečovací zařízení typu ELEKSA 93

Elektronické přejezdové zařízení ELEKSA 93 firmy Siemens původně určené pro německé (rakouské) železnice bylo koncipováno pro spolupráci s bodovými ovládacími prvky. Pro použití na českých železnicích umí PZS ELEKSA 93 spolupracovat i s liniovými ovládacími prvky (kolejové obvody).

Je použit zdvojený počítačový systém na bázi SIMATIC S5. Odděleně zpracované výsledky jsou průběžně porovnávány s výsledky druhého systému a v případě shody nastaví oba systémy shodně své výstupy (struktura 2 ze 2). Principiální schéma PZS ELEKSA 93 je na obr. 1.4.



Obr. 1.4 Principiální schéma systému ELEKSA 93

Základní systém ELEKSA 93 je dimenzován pro: 2 koleje, 4 pohony závor a 12 výstražníků. Pro rozdílné konfigurace je možno systém rychle přizpůsobit konkrétním požadavkům parametrizací softwaru.

Jako zapínací prvky lze použít: kolová čidla, počítače náprav, kolejové obvody a taky vozidlová čidla (smyčky). Vypínacími prvky mohou být: vozidlová čidla, počítače náprav, kolejové obvody, izolované úseky a kolové čidlo.

Mimo automatického ovládání umožňuje zařízení i místní a dálkové ruční ovládání.

1.4.1 Technické řešení zařízení ELEKSA 93

Světelné přejezdové zabezpečovací zařízení ELEKSA 93 je řešeno zdvojením systému (subsystém SIMATIC 1 a subsystém SIMATIC 2). Každý z rovnocenných systémů se skládá z jednoho centrálního procesorového modulu CPU a tří druhů modulů osazených v potřebném počtu. Všechny moduly jsou na společné sběrnici se svým CPU. Digitální vstupní modul EB má osm vstupů. Digitální výstupní modul AB poskytuje osm výstupních signálů. Ovládací modul výstražníku LZA slouží k napájení a dohledu světel výstražníků. Všechny datové vstupy jsou připojeny paralelně na oba hardwarově i softwarově shodné subsystémy. Software v každé větvi kontroluje 10 signálních vedení protějšního subsystému.

Koncepce bezpečnosti spočívá v tříúrovňovém modelu:

- 1) RAM-Check: Kontrolují se hlavní paměti počítačů na chybná bitová místa.
- 2) Porovnávání stavu: Partnerské subsystémy se kontrolují během časového okna na stejné výsledky. Dále se u výstupů, které poskytují kontaktní rozhraní provádí komparace výstupu obou systémů vhodným zapojením kontaktního rozhraní.
- 3) Životní takt: Kontrolují se funkce vlastního dílčího systému a funkce partnerského systému.

Vyskytne-li se v jedné ze tří úrovní zabezpečení chyba, přejde systém ihned do bezpečného stavu (nouzové výstrahy). Nouzová výstraha znamená, že zařízení poskytuje účastníkům provozu na pozemních komunikacích výstražný signál. Pokud je to z povahy vzniklé poruchy možné, zůstávají závory v horní koncové poloze.

Oba subsystémy pracují zcela samostatně s identickým uživatelským SW (STEP-5). Aby bylo bezpečně zajištěno, že oba subsystémy pracují současně, je prostřednictvím deseti párů propojovacích vedení zajištěna synchronizace událostí. Tímto propojením, které je vedeno ze subsystému 1 na subsystém 2 a opačně,

sdělují subsystémy svému protějšku svůj samostatně zpracovaný aktuální stav. Protější subsystém tento stav přijme a čeká, zdali dojde v průběhu 1,5 s k témuž výsledku.

Přenášeny jsou následující stavy (události):

S1 - povel k zapnutí/vypnutí výstražného stavu

S2 - zapnutí bílých světel na výstražnících

S3 - zapnutí červených světel na výstražnících

S4 - aktivace přejezdníku, PZS uzavřeno

S5 - PZS uzavřeno/neuzavřeno

S6 - porucha

S7 - kontrolní cyklus relé KS/KT

S8 - nouzové uzavření (automatické zapnutí výstrahy)

S9 - chyba

S10 - alespoň jedna žárovka v pořádku na každém z výstražníků

Pokud dojde k vyhodnocení události, na kterou je nutno reagovat bezpečnějším směrem, tj. uvedením přejezdového zařízení do výstrahy (např. vlak ovlivnil kolové čidlo), je bezpečnější stav nastaven nezávisle na protějším subsystému. Je-li událost vyhodnocena jen jedním subsystémem nebo přijde-li hlášení od druhého subsystému pozdě, je PZS nouzově uvedeno do výstrahy.

U všech vstupů se provádí kontrola valence vstupů. Všechny přiváděné vstupy jsou ve formě přepínacích kontaktů (jeden vstup aktivní, druhý pasivní). Při nesouladu vstupů (oba pasivní, nebo oba aktivní) se daný povel převede bezpečnějším směrem. Všeobecně platí, že vstupy vyvolávací výstrahu se při poruše valence chovají jako by daný povel přišel, tzn. vyvolají výstrahu. Vstupy vypínající výstrahu se při poruše valence vyhodnotí jako by daný povel nepřišel, tzn. povel se neuskuteční nebo přeruší. Reakce na povel podle výše uvedených zásad nastává ihned, hlášení poruchy valence až po uplynutí 3 s.

Oba subsystémy mají nezávislé bezpečnostní obvody, které jsou cyklicky (v nastavitelném cyklu 10 – 999 s) testovány. Znamená to, že oba subsystémy ovládají cyklicky své příslušné kontrolní relé KS (KT). Přítah a odpad obou relé je zpětně kontrolován oběma subsystémy.

1.4.2 Ovládací prvky

Smyčka vozidlového čidla se připojuje prostřednictvím speciálního modulu AFS. K připojení kolového čidla AzF Frauscher RSR 180 (122) slouží modul RSAR. Výstupní kontakty relé kolejových obvodů se připojují na vstupní moduly EB.

Obsazením kolejového obvodu na dobu delší než 3 s dojde ke spuštění výstrahy. Výstraha je taky spuštěna pokud dojde v intervalu kratším než 10 s k ovlivnění kolejového obvodu opakovaně i na dobu kratší než 3 s. Tímto jsou eliminovány krátkodobé propady kolejových relé např. při přepínání náhradního napájení kolejových obvodů. U PZS ELEKSA 93 je rovněž provedeno opatření proti ztrátě šuntu kolejového obvodu (10 s).

1.4.3 Pozitivní signál

Povel k zapnutí bílého světla musí každý subsystém vyhodnotit samostatně (S2 = log. 1) a teprve porovnáním signálů S2 protějšky s kladným výsledkem může být povel vykonán.

1.4.4 Výstraha

Každý subsystém je opatřen nezávisle na svém protějšku vlastním výstupem pro ovládání výstražného stavu. Každý povel k vyvolání výstrahy je protějšku sdělen prostřednictvím signálního vedení (S1). Při zaznamenání podnětu k vyvolání výstražného stavu je tolerováno oběma subsystémy zpoždění 1,5 s. Při ukončování výstražného stavu je tento čas prodloužen na 6 s. V této době ovšem zůstává PZS ve výstražném stavu. Nedojde-li po uplynutí této doby ke shodnému výsledku v obou subsystémech, je PZS nouzově uvedeno do výstrahy, která může být ukončena jen manuálním zásahem obsluhy.

Každý subsystém musí samostatně vyhodnotit povel ke zrušení výstražného stavu a teprve po vzájemné kontrole na shodný výsledek dojde k vypnutí výstrahy.

1.4.5 Ovládání světel výstražníků

Modul ovládání výstražníku (LZA) je schopen ovládat max. čtyři dvouvláknové žárovky a kontrolovat přerušení a zkrat vláken žárovek. Kontrola přerušení vlákna a zkratu je periodicky prováděna taktéž u zhaslé žárovky.

Moduly LZA jsou připojeny na sběrníkový systém. S CPU komunikuje prostřednictvím pevného protokolu. Protokoly jsou navzájem vyměňovány také tehdy, když

nedochází k žádné změně stavu, aby LZA modul mohl zjistit, zda CPU ještě pracuje (a též naopak). Zjistí-li modul LZA výpadek CPU, automaticky sám zapíná na výstražnících červená světla.

Každý subsystém má vlastní modul LZA pro ovládání červených světel výstražníků. Výstražníky jsou ovládány střídavě z modulu LZA jednoho a při další výstraze z druhého subsystému. Obdobně je řešeno ovládání bílých světel výstražníků pomocí modulu LZA.

Výstražné světelné zařízení ELEKSA 93 kontroluje vlákna červených světel nejen při výstraze, ale i kdy není dáována výstraha (za studena). Pokud není výstraha, je kontrolováno hlavní vlákno v intervalu max. 90 s. Pokud zařízení vyhodnotí poruchu hlavního vlákna signalizuje PZS nouzový stav a dále kontroluje náhradní vlákno opět ve stejném intervalu. Po vyhodnocení poruchy i náhradního vlákna indikuje PZS poruchový stav i za studena. Kontrola je prováděna vyhodnocením proudového impulsu jak na přerušení, tak na zkrat.

1.4.6 Ovládání zvukové výstrahy

Zvonce výstražníků jsou spouštěny paralelně zapojenými kontakty dvou relé reléového modulu. Každé relé je ovládáno z jednoho subsystému prostřednictvím modulů EB. Pro elektromechanické zvony je použit kmitavý signál k ovládání výstupních relé. Trvalým signálem je buzeno výstupním relé při použití externího kmitače nebo pro elektronické zvony.

U elektromechanických zvonů hlídá PZS ELEKSA 93 celistvost okruhu vynutí cívek zvonců do série zapojeným proudovým relé. Zvonce jsou zapojovány paralelně, proto je vyhodnocena porucha I. stupně až přerušením obvodu všech zvonců.

1.4.7 Ovládání závor

Zařízení ELEKSA 93 je schopno spolupráce s libovolným závorovým pohonem s nuceným i gravitačním sklápěním. Pro řízení pohybu závor slouží standardní výstupní modul AB, na který jsou připojeny výkonové stykače. Vyhodnocování koncových poloh závorových břevna je prováděno přes vstupní modul EB.

CPU odměří předzváněcí dobu a vydá povel pro spuštění závor. Povel je převeden přes stykače na nucený pohon závor nebo je využit k odpojení přídržného magnetu břevna u pohonů s gravitačním sklápěním.

PZS ELEKSA 93 kontroluje činnost závor a hlásí poruchu I. stupně pokud:

- a) doba sklápění závory nebo zvedání závory překročí dobu 10 s,
- b) nedojde k opuštění horní koncové polohy závor od povelu do 5 s,
- c) opustí některá závora dolní koncovou polohu v době uzavření závor (pozvednutí závory),
- d) dojde ke ztrátě celistvosti břevna závory (na tratích s traťovou rychlostí do 120 km/h),
- e) opustí některá závora horní koncovou polohu bez povelu ke sklápění 3 krát během 30 s (v tomto případě dojde taky ke spuštění výstrahy).

Signalizace těchto poruch trvá vždy až do doby, kdy je následnou jízdou vlaku potvrzeno, že činnost mechanické výstrahy je úplná a správná.

Nedosáhne-li jedno z břevnen koncové polohy do 10 s po vydání povelu ke zvednutí (např. úmyslné přidržení závory v dolní poloze), přeruší se zvedání tohoto břevna závory na 20 s a následně se pokus o zvednutí břevna opakuje. Pokud ani nyní nedojde k dosažení horní koncové polohy, zůstává závora v dolní poloze (jen ta porouchaná). Světelná výstraha zůstává aktivní na všech výstražnicích až do doby dosažení horní koncové polohy všech závorových břevnen. Pro další pokus o zvednutí břevnen je možno použít tlačítka pro nouzové otevření přejezdu místní nebo dálkové. Dojde-li nyní k dosažení horní koncové polohy, ukončí PZS výstrahu. V případě vzniku nouzové výstrahy (např. výpadkem jednoho subsystému) zůstanou břevna závor v té koncové poloze, ve které se nacházely před vznikem nouzové výstrahy.

Všechny výše uvedené časy jsou parametrizovatelné a podle předpisů výrobců závor nebo požadavků provozovatele mohou být upraveny.

1.4.8 Napájení systému

Napájení zařízení je zajišťováno z akumulátorové baterie 24 V. Napětí baterie hlídá podpěťové relé. Odpad tohoto relé vyvolá poruchu II. stupně. Každý subsystém je napájen z vlastního DC/DC měniče, jejichž výstupní napětí jsou kontrolována samostatnými podpěťovými relé. Odpad některého z podpěťových relé vyvolá vypnutí příslušného subsystému a přechod PZS do nouzové výstrahy.

Při poklesu napětí baterie pod kritickou mez je možno přejezdové zařízení odpojit od napájení. Toto odpojení se však může uskutečnit pouze při splnění podmínek podle [5].

1.4.9 Dálkové ovládání a kontrola PZS

Pro bezpečné dálkové ovládání lze u PZS ELEKSA 93 použít sériové dvoudrátové spojení s bezpečným SIFAS-protokolem nebo paralelní reléové rozhraní s antivalenčním přenosem hlášení a povelů.

Podle stavu a funkce zařízení je možno přenášet do místa obsluhy tyto informace: bezporuchový (pohotovostní) stav, nouzový stav (porucha I. stupně), poruchový stav (porucha II. stupně), výstrahu, bezanulační a bezvýlukový stav.

1.5 Porovnání jednotlivých typů PZS

Všechny výše jmenované systémy PZS splňují podmínky pro provoz na železničních tratích v ČR. Výjimkou je nejstarší zapojení systému AŽD 71, které splňovalo ustanovení zákonných předpisů s platností v době svého vzniku. Systém AŽD 71 ve verzi PZZ-RE je již koncipován na stávající předpisy. Základní vlastnosti jednotlivých systémů PZS jsou shrnuty v tabulce č. 1.1.

1.5.1 Systém AŽD 71

Systém AŽD 71 potažmo PZZ-RE realizuje logické schéma reléově. Jsou použity relé I. bezpečnostní třídy v zapojení, kdy nevybuzené relé zaujímá bezpečnější stav. Tímto zapojením je dosaženo největší bezpečnosti. Elektronické prvky použité u PZZ-RE jsou navenek řešeny jako prvky s vlastní bezpečností.

Výhodou systému AŽD 71 je jednoduchost zapojení. Rozdělením zapojení obvodů do ucelených funkčních panelů spočívá podstata univerzality zapojení PZS typu AŽD 71. Nahrazením méně spolehlivých prvků elektronickými jednotkami vznikl jednoduchý a spolehlivý systém PZS pro nenáročné aplikace.

1.5.2 Systém PZZ-EA

PZZ-EA se od ostatních systémů liší v tom, že má fotometrický dohled světel výstražníků. Nespornou výhodou systému PZZ-EA je jeho přenosový systém pro kontrolu a dálkové ovládání. Dá se říct, že všechny PZZ-EA v jednom mezistaničním

úseku lze napojit na jedno dvoudrátové vedení. Všechny provozní a funkční stavy lze přenést po jednom vedení do obou sousedních dopraven.

Tab. 1.1 Přehled vlastností jednotlivých systémů PZS

Systém	AŽD 71 (PZZ-RE)	PZZ-EA	ELEKSA 93
Logika	reléová	SW	SW
Počet výstražníků	neomezeně (12)	8 s bílým světlem 12 bez bílého světla	12
Počet závor	neomezeně	8	4
Bodové ovládací prvky	ne	ano	ano
Liniové ovládací prvky	ano	ano	ano
Dohled světel za studena	ne	pouze na místě	ano
Fotometrický dohled světel	ne	ano	ne
Dohled zvukové výstrahy	ne	pouze u elektronického zvonu pokud má kontrolní výstup	ano (u elektronického zvonu pokud má výstup)
Dohled celistvosti břevna	nepřímo	ano	nepřímo
Odpojení chodu závor při poklesu napětí baterie	ne	ano	ano
Měření předzváněcí doby	tepelné relé (elektronicky)	SW	SW
Měření doby anulace	mechanický časovač (elektronicky)	SW	SW
Měření odložení výstrahy	RC člen (elektronicky)	SW	SW
Diagnostika	externí	integrovaná	integrovaná

1.5.3 Systém ELEKSA 93

Mezi výhody systému ELEKSA 93 patří kontrola žárovek za studena. Tato metoda umožňuje detekovat poruchu předtím, než vznikne potřeba vadnou žárovku použít a účinně tak napomáhá zkrátit dobu, po kterou přejezdové zařízení není v bezporuchovém stavu. Jako důležitý bezpečnostní prvek lze označit tuto kontrolu v případě, kdy dojde ke zkratu na žárovce, přerušení kabelu napájecího výstražník, k rozbití návěštní svítilny výstražníku a tím i žárovky nebo dokonce k uražení celého výstražníku autem. V tomto případě je na rozdíl od ostatních uvedených systémů hlášen poruchový stav dříve než při spuštění výstrahy blížícím se vlakem.

2 SYSTÉM ETCS

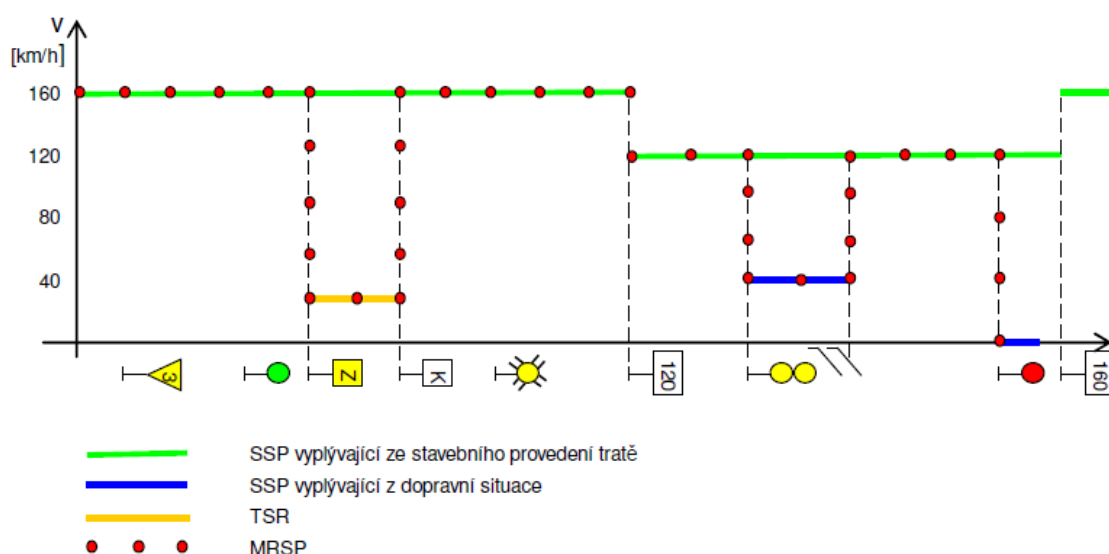
2.1 Všeobecně

Evropský vlakový zabezpečovací systém ETCS (European Train Control System) je založen na vzájemné komunikaci mezi traťovou a mobilní částí systému a předávání dat potřebných ke stanovení bezpečné rychlosti a směru pohybu vlaku, v závislosti na jeho přesné poloze na trati. Poloha na trati je určena v tzv. balízově orientovaných souřadnicích.

Balíza je elektronické zařízení, které je v okamžiku, kdy nad ním přejíždí vozidlo, vybuzeo elektromagnetickým polem, které k tomu účelu vozidlo trvale generuje, a vyšle zpět na vozidlo telegram, jehož význam je buď v balíze pevně naprogramován (neproměnná balíza) nebo může být modifikován v závislosti na podnětu z traťové části zařízení (proměnná balíza).

Komunikace mezi jednotlivými systémy probíhá pomocí zpráv, které obsahují přesně definované pakety [2].

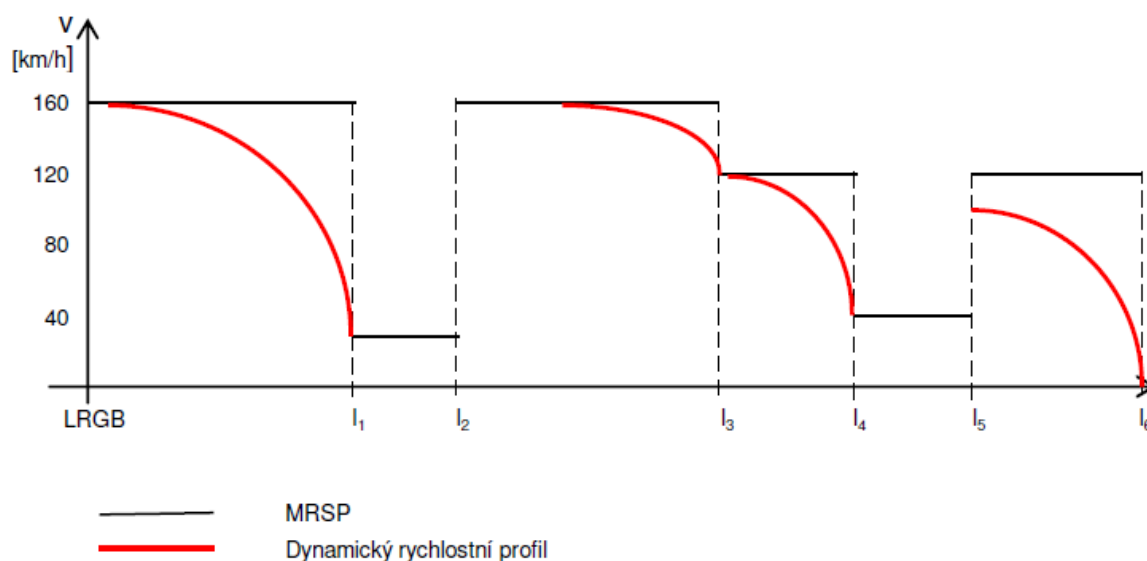
Základním pravidlem systému ETCS je, že pohyb je povolen pouze vozidlu, které disponuje platným oprávněním k jízdě MA (Movement Authority). Toto MA je přenášeno z tratě na vozidlo a obsahuje hlavní statické rychlostní profily SSP (Static Speed Profile) a sklonový profil trati GP (Gradient Profile).



Obr. 2.1 Statické rychlostní profily [1]

Statický rychlostní profil (obr. 2.1) je závislost rychlosti na vzdálenosti definovaná určením bodů (skokové) změny rychlosti. Existuje několik typů statických rychlostních profilů. Jedním z nich je v čase neproměnný profil vycházející ze stavebního provedení tratě. Jiný druh statického rychlostního profilu respektuje vývoj dopravní situace, tj. určuje možnosti jízdy v závislosti na postavených jízdnicích cestách a na rychlostech, jimiž tyto cesty lze projíždět. Rychlostní profily mohou existovat ve více variantách pro různé kategorie vlaků (např. vozidla s naklápěnými skříněmi mají v obloucích povolenu vyšší rychlost jízdy než klasické soupravy). Jinou kategorií statického rychlostního profilu je SSP vytvořený na základě dočasných omezení rychlosti TSR (Temporary Speed Restriction), které může být uživatelsky zadáváno na libovolné místo tratě.

Sklonový profil tratě je závislost velikosti sklonu na vzdálenosti definovaná body změny sklonu.



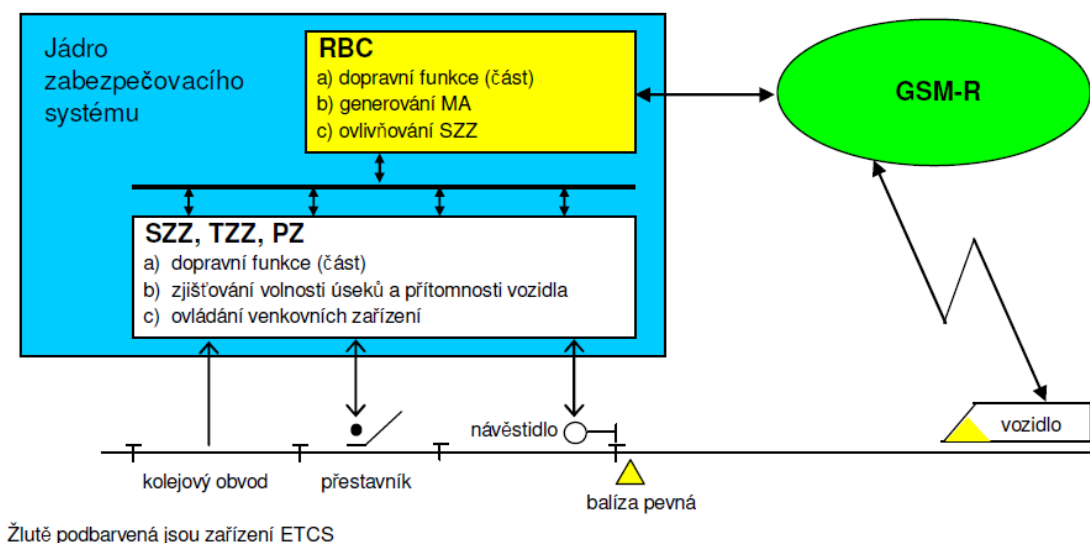
Obr. 2.2 Dynamický rychlostní profil [1]

Vozidlová část systému ETCS z přijatých informací generuje nejprve tzv. nejvíce omezující statický rychlostní profil MRSP (Most Restrictive Speed Profile), do jeho konstrukce zahrnuje i omezení vyplývající z konstrukčních vlastností hnacího vozidla a vlaku. V dalším kroku generuje tzv. dynamický rychlostní profil DSP (Dynamic Speed Profile) s přihlédnutím k brzdícím vlastnostem vlaku a ke sklonovému profilu (obr. 2.2). Dynamický rychlostní profil přímo určuje pro každou polohu vlaku nejvyšší rychlost, kterou se smí pohybovat, aby byla garance, že nepřekročí v žádném okamžiku své jízdy mezní parametry. Vzdálenosti v SSP i v DSP jsou odměřovány

vždy od poslední platné balízové skupiny LRGB (Last Relevant Group of Balises). Vozidlová část ETCS tedy trvale kontroluje vztah aktuální rychlosti vlaku a maximální rychlosti povolené dynamickým rychlostním profilem. Prostřednictvím MMI (Man Machine Interface) informuje strojvedoucího nejen o nejvyšší dovolené rychlosti a aktuální rychlosti vlaku, ale i o povážlivém přibližování se k mezním parametrům jízdy a o dalších okolnostech. Při překročení mezních parametrů jízdy zasáhne podle zvolené možnosti nouzovým nebo provozním brzděním.

Pro systém ETCS bylo definováno několik základních aplikačních úrovní, jež se liší hlavně vybavením traťové části zařízení a způsobem přenosu informací na vozidlo. Vozidla by (ideálně) měla být vybavena univerzálně a jednotně, aby byla schopna interoperabilního chování na kterékoli vybavené trati. V ČR byla pro hlavní tratě zvolena aplikační úroveň 2.

2.2 Systém ETCS L2



Obr. 2.3 Blokové schéma ETCS L2 [1]

Tato aplikační úroveň vyžaduje pokrytí tratě signálem mobilní sítě GSM-R, která slouží jako prostředek pro liniový obousměrný přenos informací mezi traťovou a mobilní částí systému. K vlastnímu zabezpečení provozu na trati slouží stávající zabezpečovací zařízení. Časově proměnné informace o postavené vlakové cestě se z jednotlivých stavědel a traťových zařízení předávají do radioblokové ústředny RBC (Radio Blok Centre), která na jejich základě uděluje a prostřednictvím rádia přenáší povolení k jízdě pro jednotlivé vlaky (obr. 2.3). Neproměnné informace s popisem

trati lze přenášet jak pomocí rádia, tak prostřednictvím balíz. Balízy zde slouží hlavně jako referenční body k orientaci vozidla v železniční síti a k upřesnění údajů vozidlového odometru. Jádrem zabezpečovacího systému je tvořeno spojením RBC s existujícími staničními, traťovými a přejezdovými zabezpečovacími zařízeními. Systém ETCS se zabezpečovacím systémem spolupracuje, může jej v jeho funkcích i ovlivňovat. RBC vypočítává zprávy pro vozidla na základě neproměnných údajů o trati soustředěných v mapě tratě a proměnných údajů, které odečítá ze stacionárních zabezpečovacích zařízení. RBC a vozidlo vedou obousměrný dialog, jehož důsledkem je přenos všech potřebných dat o MA na vozidlo a přenos informací o poloze vlaku do RBC.

Přenos informací mezi zabezpečovacím zařízením a RBC je často jednosměrný, ale může být i obousměrný. Tím se otevírá velká možnost informovat stacionární zabezpečovací zařízení o vlastnostech vlaku a v závislosti na nich modifikovat jeho chování. (Např. zahajovat výstrahu na přejezdovém zařízení v závislosti na rychlosti jízdy vlaku.)

Existence RBC jakožto inteligentní jednotky, která má zpravidla větší množství informací o jízdě vlaků než stavědlo a z větší oblasti než jakou ovládá stavědlo, umožňuje přirozeným způsobem převést část odpovědností za zabezpečení jízdní cesty a za řízení provozu ze stacionárního zabezpečovacího zařízení na RBC.

2.3 ETCS ve vztahu k PZS

V systému ETCS může být využíváno až 255 řídicích paketů [2]. Zatím nebyly definovány všechny. Konkrétně pro přejezdová zabezpečovací zařízení byl definován paket č. 88. Tento paket lze využívat při poruše PZ pro stanovení omezení rychlosti průjezdu přejezdem nebo při nutnosti zastavit vlak před přejezdem. Příkaz k omezení rychlosti nebo zastavení nemůže být vozidlovou částí ETCS odmítnut a je uplatňován v SSP. Paket č. 88 je popsán v tab. 2.1 (délka jednotlivých proměnných je v bitech). Přenášet ho lze všemi přenosovými prostředky (rádiem, balízou, smyčkou).

Ve vztahu k přejezdu lze využít i další pakety, které nejsou k tomu přímo určeny (např. TSR, MA apod.).

Tab. 2.1 Paket č. 88: Přejezdové informace

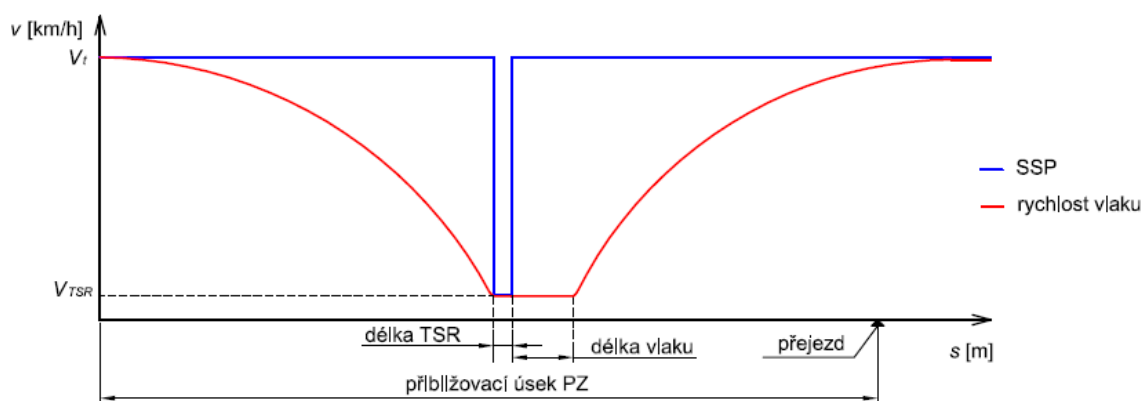
Popis	Přejezdové informace		
Přenosový prostředek	Všechny		
Obsah	<i>Proměnná</i>	<i>Délka</i>	<i>Poznámky</i>
	NID_PACKET	8	Identifikační číslo paketu
	Q_DIR	2	Směr vysílání dat
	L_PACKET	13	Délka paketu
	Q_SCALE	2	Délkové měřítko (10 cm, 1 m, 10 m)
	NID_LX	8	Identifikační číslo přejezdu
	D_LX	15	Vzdálenost k začátku přejezdu
	L_LX	15	Délka přejezdu (šířka komunikace)
	Q_LXSTATUS	1	Signalizuje zda je přejezd zabezpečený PZ
	V_LX	7	Only if Q_LXSTATUS = 1 Rychlost, kterou lze projet přejezd (např. pokud je PZ v poruše)
Q_STOPLX	1	Only if Q_LXSTATUS = 1 Signalizuje zda je nutno zastavit před přejezdem (např. překážka na přejezdu)	
L_STOPLX	15	Only if Q_STOPLX = 1 Délka úseku pro zastavení před začátkem přejezdu	

3 ANALÝZA MOŽNOSTÍ CHOVÁNÍ VOZIDLA POD DOHLEDEM ETCS L2 PŘI PŘIBLIŽOVÁNÍ K PŘEJEZDU A JÍZDĚ PŘES NĚJ

3.1 Jízda vlaku

V úrovni 2 jsou v kolejišti klasické prvky pro závislost PZ na jízdě vlaku. Pro jízdy železničních vozidel pod dohledem ETCS L2 lze pro spouštění výstrahy na PZ využít stávajících spouštěcích bodů nebo ke spouštění výstrahy využít systém ETCS a spouštět výstrahu prostřednictvím RBC. Využití stávajícího způsobu by nepřineslo se zavedením systému ETCS žádné vylepšení ve vztahu k silničnímu provozu na železničních přejezdech, ale ani by nebyla potřeba provádět úpravy stávajících PZ.

Stávající přibližovací úseky jsou realizovány na nejvyšší traťovou rychlost a mohou počítat s trvalým omezením rychlosti v oblasti přejezdu tam, kde se nepředpokládají budoucí stavební úpravy kolejiště, pro zvýšení rychlosti, z důvodu nevyhovujících geografických poměrů. Dočasná omezení rychlosti (TSR) v přibližovacích úsecích přejezdů nejsou brána v úvahu (obr. 4.1). Proto při dočasném omezení traťové rychlosti v přibližovacích úsecích přejezdů je délka výstrahy zbytečně prodlužována. Výstraha je nadměrně prodlužována i v případě, kdy vlak zastavuje na zastávce nebo ve stanici, které se nachází v přibližovacích úsecích přejezdu. Vzhledem k dlouhým přibližovacím úsekům kolem 2000 m zastavují vlaky před některými přejezdy dokonce dvakrát (ve stanici a následně zastávce). Toto je jedena z oblastí pro řešení spolupráce mezi systémy ETCS a PZ.



Obr. 3.1 TSR v přibližovacím úseku PZ

Další oblastí spolupráce PZ se systémem ETCS je přenášet na železniční vozidlo poruchy PZ. Jedoucí vlak nebude muset zastavovat v předchozí dopravně pro vyzvednutí rozkazu o pomalé jízdě (rozkaz Op) a omezení rychlosti bude předáno na

vozidlo z RBC. Již v současné době na tratích dálkově řízených nemusí strojvedoucí zastavovat pro převzetí rozkazu Op a o poruše PZ je zpraven traťovým radiovým systémem. V systému ETCS může být promítnuta porucha PZ do jízdy vozidla téměř okamžitě a bez spolupráce dopravních zaměstnanců.

Pro ukončení výstrahy na přejezdu je nutno vyhodnotit, že celý vlak projel přejezdem. V ETCS úrovni 2 je vyhodnocení průjezdu vlaku přejezdem prováděno samotným PZ prostřednictvím prvků v kolejišti. Zde lze využít systém ETCS k rozhodnutí zda má po průjezdu vlaku přejezdem dojít k ukončení výstrahy nebo zda ponechat výstrahu zapnutou, protože další vlak je již tak blízko, že mezi otevřením přejezdu a jeho následným uzavřením by nebyla dodržena národními předpisy stanovená předepsaná doba.

Po průjezdu vlaku přejezdem přejde PZ do anulačního stavu. Výstraha je ukončena, ale pro účastníky silničního provozu dává PZ varovný signál (na výstražnících nesvítí žádné světlo). Tím se omezuje rychlost jízdy silničních vozidel k překonání železničního přejezdu. Protože v systému ETCS je znám směr jízdy vlaku, mohlo by PZ již po průjezdu vlaku přejezdem dávat pozitivní signál. Tím by nedocházelo na železničním přejezdu k omezování silničního provozu.

3.2 Nezavěšený postrk

Nezavěšený postrk tlačí vlak na určitou vzdálenost. Tento mód volí strojvedoucí na pokyn dopravního zaměstnance. Rádiem nebo z příslušné hlavní balízy dostává údaj o rychlosti sunutí a vzdálenost sunutí. Po volbě módu může hnací vozidlo ujet určitou vzdálenost (národní hodnota), v níž musí dostat informaci o povolení jízdy nezavěšeného postrku nebo bude zastaven. Při přibližování se ke konci dovolené vzdálenosti, počítá vozidlová část brzdovou křivku, aby sunoucí lokomotiva nepřejela povolenou hranici. Povolení k zpětné jízdě vydává RBC a návrat se děje pod plným dohledem ETCS.

Při jízdě nezavěšeného postrku může dojít k několika případům ve vztahu k přejezdům:

- a) jízda je ukončena mimo ovládací obvody PZ
- b) jízda je ukončena v přibližovacím úseku ovládací PZ
- c) jízda je ukončena ve vzdalovacím úseku ovládací PZ

3.3 Posun

Posun musí být prováděn v určeném módu a strojvedoucí je za pohyb vozidla během posunu zodpovědný. Mohou, ale nemusí být přenášeny údaje o trati, případné údaje o vlaku nejsou brány v úvahu. Oblast posunu může být stanovena pevně nebo dočasně. Pevná oblast je chráněna speciálními balízami, zabraňujícími opuštění oblasti, dočasná oblast může být vytvořena prostřednictvím RBC. Rychlost je dohlížena podle národně stanovené hodnoty. Mód je v úrovni 2 aktivován RBC.

3.4 Jízda podle rozhledu

Tento mód je použit v případě, kdy se vlak má plánovaně pohybovat v úseku obsazeném již jiným vlakem, resp. v případě, kdy se vlak má spojit s jiným vlakem. Povolení k přechodu do tohoto módu dostane vozidlové zařízení z RBC nebo balízy. Přechod musí potvrdit strojvedoucí, jinak dojde k samočinnému zabrzdění. Zařízení dohlíží na jízdu v souladu s přijatým rychlostním profilem a navíc hlídá maximální rychlost, povolenou pro použití tohoto módu národními předpisy.

3.5 Jízda podle strojvedoucího

Tento mód se použije při poruše palubní části ETCS. Podle národních pravidel (např. souhlas dispečera) přebírá zodpovědnost za jízdu strojvedoucí a zařízení nerespektuje chybějící povolení k jízdě. Ostatní platná rychlostní omezení zařízení nadále respektuje (je-li to možné dané druhem poruchy).

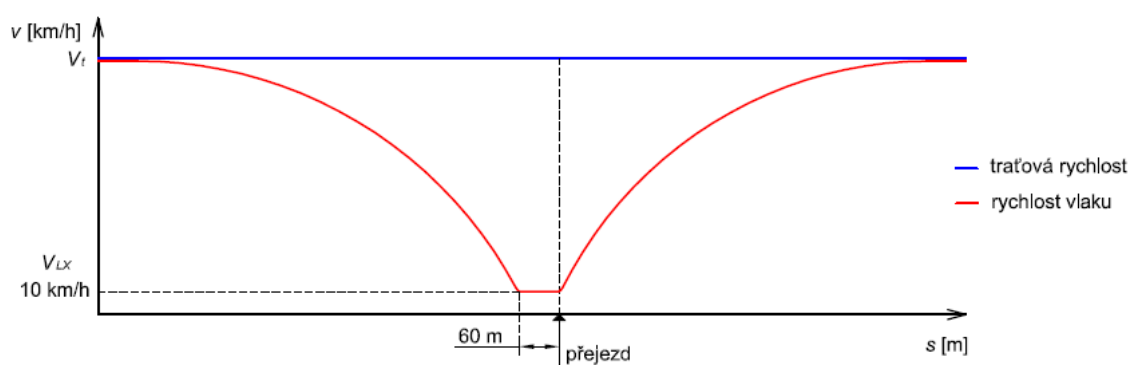
4 NÁVRH MOŽNOSTÍ INTEGRACE PŘEJEZDOVÉHO ZAŘÍZENÍ DO SYSTÉMU ETCS L2

V mé práci uvažuji s případem, kdy pro vlaky jedoucí pod plným dohledem ETCS nebudou platit návěsti stávajících světelných návěstidel. V jiných případech, popsaných v [1] nemá vazba ETCS na PZ opodstatnění a dá se říci, že je zbytečná. Proto většina popisovaných řešení bude vyhovovat nejen úrovni 2, ale i úrovni 3. V úrovni 3 bude nutno řešit odlišně vyhodnocení průjezdu vlaku přejezdem. U vlaků jedoucích pod dohledem ETCS počítám vždy s vyrovnáváním přibližovací doby.

Při přibližování železničního vozidla k přejezdu je nutno informovat strojvedoucího tohoto vozidla (vozidlovou část ETCS) zda je PZ schopno dávat výstrahu předepsaným způsobem. V případě, že je PZ v pořádku, nebude jízda vlaku nijak omezována. Výstraha na přejezdu bude spuštěna v dostatečném předstihu (vypočítaná přibližovací doba t_L) před příjezdem čela vlaku na přejezd. Výstrahu lze spouštět prvky v kolejišti nebo povelom z RBC.

4.1 Poruchy PZ

Porucha je nemožnost dávat včas a předepsaným způsobem signál pro účastníky silničního provozu o tom, že se k přejezdu blíží ohrožující drážní vozidlo. Poruchou je i nadměrná výstraha na přejezdu, kdy může dojít ke ztrátě důvěry k PZ a nastává nerespektování výstražného signálu silničními uživateli.



Obr. 4.1 Omezení rychlosti při poruše PZ

Stav PZ lze do rychlostního profilu promítnout v zásadě způsoby popsanými v [1], tedy změnou MA, podmíněným nouzovým brzděním, nepodmíněným nouzovým brzděním a dočasným omezením rychlosti TSR. Z popsaných způsobů není k tomuto účelu vhodná změna MA, protože ji vozidlo může odmítnout.

K omezení rychlosti přes přejezd s poruchou PZ bude využíván definovaný paket č. 88. V případech, kdy nebude možno využít tento paket, bude použito dočasné omezení rychlosti TSR. Parametry omezení jízdy u přejezdů s porouchaným PZ jsou stanoveny národními předpisy. V ČR platí, že ze vzdálenosti 60 m před úroňovým přejezdem až za přejezd bude dohlížena nejvyšší rychlost 10 km/h, omezení je vázáno k čelu vlaku (obr. 4.1).

Dle výše uvedených pravidel bude postupováno dojde-li k poruše PZ, kdy je vlak v dostatečné vzdálenosti od přejezdu nebo pokud je PZ v poruše již před udělováním oprávnění k jízdě. U některých typů PZ je regulérnost výstrahy, definovaná zákonem, vyhodnocena až při spuštění výstrahy. I když jsou PZ konstruovány tak, že mají pro důležité funkce záložní systémy (např. hlavní a náhradní vlákno v žárovce), může dojít k poškození např. výstražníku cizím zaviněním (nehodou, vandalismem apod.).

Dvě možné situace vyhodnocení poruchy až po zahájení výstrahy:

- a) železniční vozidlo stojí v blízkosti přejezdu a dostane oprávnění k jízdě až po spuštění výstrahy a uplynutí části přibližovací doby (dle tabulky přejezdu) – při detekci poruchy PZ bude vozidlu předáno spolu s oprávněním k jízdě taky omezení rychlosti průjezdu železničním přejezdem;
- b) železniční vozidlo se přibližuje k přejezdu a výstraha je vyvolána až jízdou tohoto vozidla - při detekci poruchy PZ bude na vozidlo přenesen nepodmíněný příkaz k nouzovému zastavení. Pro jiné řešení není dostatek časového prostoru.

Dalším případem je taková porucha PZ, při které je dávana výstraha s určitým omezením. V ČR je to např. neuzavření břeven závor v předepsaném čase nebo ztráta jejich celistvosti na tratích kde $v_t > 120$ km/h. Pokud nelze pro RBC odlišit tuto podmíněnou poruchu od ostatních poruch bude postupováno podle předchozích odstavců.

Opět dvě možné situace při detekci podmíněné poruchy PZ:

- a) železniční vozidlo stojí v těsné blízkosti před přejezdem a má dostat oprávnění k jízdě až po spuštění výstrahy a uzavření závor (dle tabulky přejezdu: $t_n > t_z + t_u$) – vozidlu bude předáno spolu s oprávněním k jízdě

omezení rychlosti přes přejezd. V ČR by to mohlo být omezení na rychlost 120 km/h pro úsek začínající 60 m před přejezdem a končící jak čelo vlaku mine přejezd. Omezení bude doplněno textovou zprávou o možné překážce na přejezdu. Tento případ nastává, když železniční vozidlo stojí v takové vzdálenosti od přejezdu, že strojvedoucí již může vidět situaci na přejezdu.

- b) železniční vozidlo se přibližuje k přejezdu a výstraha je vyvolána až jízdou tohoto vlaku – k uzavření závor dochází až po uplynutí předzváněcí doby (t_z) a doby potřebné na sklopení břevna závor (t_u). Z toho vychází, že čelu vlaku může při vyhodnocení poruchy zbývat k dosažení přejezdu 6 s (vyplývá z [5]). Když odečteme 2 s na zpoždění přenosu a reakci systému ETCS, je vlak jedoucí rychlostí 160 km/h vzdálen od přejezdu 178 m. Na tuto vzdálenost již může strojvedoucí pohledem zjistit, zda je na přejezdu překážka. Proto není nutno (ani není možno) tento typ poruchy přenést do rychlostního profilu vozidla, kterého se vznik poruchy bezprostředně dotýká, pouze bude na vozidlo přenesena textová zpráva, která bude upozorňovat na možnou překážku na přejezdu. U následujícího vlaku a pokud tato nepodmíněná porucha trvá, tak i u dalších vlaků bude na vozidlo přeneseno omezení traťové rychlosti pro průjezd přejezdem (v ČR by mohla být dohlížena maximální rychlost 120 km/h pro úsek začínající 60 m před přejezdem a končící jakmile čelo vlaku mine přejezd).

Nežádoucí výstrahu na přejezdu bude dohlížet RBC a RBC taky provede opatření pro jízdy železničních vozidel na přejezd omezením rychlosti průjezdu přejezdem. V případě, že nežádoucí výstraha je způsobena poruchou ovládacího prvku a zařízení může volnost úseku v poruše zjistit regulární funkcí jiného zabezpečovacího zařízení (např. národním TZZ), ukončí nežádoucí výstrahu RBC povelom pro výlukou ovládacího prvku nebo povelom DKNP, příp. povelom nouzového otevření.

V případě, že RBC bude mít informaci o stavu napájení PZ, bude při poruše napájení RBC odměřovat délku chodu PZ na nouzový zdroj (baterie) a po zadané době (dle projektu, příp. norem) omezí RBC jízdu přes přejezd snížením rychlosti.

Omezení jízdy z důvodu poruchy PZ bude vždy doplněno textovou zprávou o tom, že se jedná o poruchu PZ s udáním pozice přejezdu.

4.2 Ovládání výstrahy

Tabulka přejezdu obsahuje vypočítaný čas (přibližovací dobu t_L), po který musí probíhat na přejezdu výstraha než dosáhne čelo vlaku začátek přejezdu. Ve výpočtu tohoto času jsou již uplatněny trvalá omezení traťové rychlosti.

RBC dohlíží aktuální polohu, rychlost a směr jízdy vozidel v oblasti své působnosti (paket č. 0). Dále RBC zná dočasná traťová omezení. Tyto TSR zašle RBC na vlak a po potvrzení s nimi bude počítat při výpočtu zahájení (odložení) výstrahy. Neoptimálnější řešení by bylo, kdyby na dotaz od RBC vlak sdělil za jak dlouho přijede na danou pozici (přejezd).

Pokud RBC má informaci o maximální rychlosti vlaku, ale tato informace není bezpečná, zašle RBC na vlak TSR s rychlostí, která odpovídá maximální rychlosti vlaku a dále počítá s touto rychlostí pro přibližovací dobu. Pokud bude informace o maximální rychlosti vlaku chybná, pojedou rychlejší vlak omezenou rychlostí, ale předepsaná přibližovací doba bude zachována.

Stávající PZ využívají pro ovládání výstrahy kolejové prvky. ETCS L2 počítá s využitím stávajících prvků pro zjišťování volnosti jízdní cesty. Pro vozidla non-ETCS je nutnost využívat stávajících prvků v kolejišti pro zjišťování jejich místa pohybu.

Navrhují, aby pro železniční vozidla jedoucí pod plným dohledem ETCS byla výstraha spouštěna i ukončována výhradně RBC. Při částečném dohledu je ovládání výstrahy na přejezdu řešeno dle možností konkrétního módu.

4.2.1 PZ využívá cizí kolejové prvky pro ovládání výstrahy

Na tratích vybavených autoblokem nebo u přejezdů v blízkosti stanice, používá PZ k ovládání výstrahy prostředky závislé na jízdě vozidel, jež jsou součástí jiného zabezpečovacího zařízení (SZZ, TZZ). Výstraha bude spuštěna RBC na základě známé polohy vlaku (u vlaků non-ETCS obsazování příslušných kolejových úseků nebo ovlivnění zapínacího, resp. vypínacího prvku). RBC dává na PZ povel k ignorování obsazení spouštěcího kolejového úseku po dobu vypočítaného odložení výstrahy podle tabulky přejezdu a taky vypočítaného podle RBC na základě známého TSR v přibližovacím úseku. U vlaků ETCS lze do výpočtu zanést i jejich známou maximální možnou rychlost.

Podle kategorie nebo čísla vlaku by bylo možno rozlišit i zda vlak bude zastavovat v přibližovacím úseku (stanice, zastávka). Zastavující vozidla ETCS budou mít zkráceno MA do místa za zastávkou. V případě, že není možno konec MA vztáhnout k návěstidlu, je nutno zřídit neproměnné návěsti označující konec MA (samozřejmě zastávkové vlaky zastaví na zastávce). Je nutno stanovit umístění neproměnné návěsti konce MA v závislosti na vzdálenosti od přejezdu.

Obdobně platí pro vlaky odjíždějící ze stanice. Pro non-ETCS vlaky bude doba odložení návěstního znaku stanovena podle polohy návěstidla. Pro vlaky ETCS bude uplynutí části přibližovací doby vypočítáno podle skutečné polohy čela vlaku na staniční koleji. RBC vydá MA pro nákladní vlaky (pomaleji akcelerující vlaky) ihned s omezením MA po přejezd a následně aktualizuje MA za přejezd podle již proběhlé doby výstrahy. Tento postup je neekonomický pro rychle akcelerující vlaky. Pro tyto vlaky vydá RBC MA až po uplynutí vypočítané části přibližovací doby.

4.2.2 PZ má vlastní kolejové prvky pro ovládání výstrahy

Toto lze rozlišit na to, zda RBC má informaci o ovlivnění těchto kolejových prvků, či nikoli.

A) RBC má informaci o ovlivnění zapínacího prvku k ovládání výstrahy PZ:

V tomto případě bude ovládat výstrahu na přejezdu výhradně RBC jak pro vlaky ETCS tak i pro vlaky non-ETCS. U vlaků non-ETCS spustí (vypne) RBC výstrahu na základě informace o ovlivnění zapínacího (vypínacího) prvku. Je možno na základě znalostí RBC o TSR odložit výstrahu i pro vlaky non-ETCS. V tomto případě by bylo asi nutné zadat ručně do systému zda je vlak o dočasném omezení traťové rychlosti zpraven. U jednotlivých vlaků non-ETCS by bylo možno počítat i s jejich maximální rychlostí, pokud by byla do systému zadána bezpečně.

B) RBC nemá informaci o ovládacích prvcích PZ:

Pro vlaky non-ETCS bude výstraha na přejezdu ovládána výhradně PZ. Pokud má RBC informace o stavu PZ a má možnost ovládat výstrahu, bude pro vlaky ETCS výstraha ovládána RBC. V opačném případě bude výstraha i pro vlaky ETCS ovládána výhradně PZ. RBC nařídí strojvedoucímu vozidla ETCS řídit se návěstí přejezdníku.

C) K ovládní PZ jsou použity prvky pouze spolehlivé:

Tento případ se týká především přejezdů vybavených PZ 2. kategorie, kdy musí být PZ vybaveno přejezdníky a není nutno zřizovat dálkovou kontrolu ani dálkové ovládní. Informace o stavu PZ jsou předávány přímo strojvedoucímu prostřednictvím přejezdníků. Pro vlaky non-ETCS i ETCS bude výstraha na přejezdu ovládná výhradně PZ. RBC nařídí strojvedoucímu vozidla ETCS řídit se návěstí na přejezdníku. V případě, že by bylo dálkové ovládní PZ zřízeno, bylo by u vlaků ETCS možno z RBC spustit výstrahu na přejezdu podle známé polohy čela vlaku, ale nebylo by už možno tuto výstrahu ukončit, protože v ETCS L2 není z vlaku poskytována informace o jeho celistvosti.

Jak jsem uvedl, u vlaků jedoucích pod dohledem ETCS počítám vždy s vyrovnáváním přibližovací doby, proto ovládní výstrahy řeším v samostatné kapitole (kap. 5).

4.3 Vyhodnocení možnosti ukončení výstrahy

Pro ukončení výstrahy na přejezdu je nutno vyhodnotit, že celý vlak projel přejezdem. V ETCS L2 je vyhodnocení prováděno samotným PZ prostřednictvím prvků v kolejišti. V úrovni 3 bude vyhodnocení průjezdu vlaku přejezdem provádět RBC na základě hlášení polohy čela vlaku, známé délky vlaku a kontroly integrity vlaku.

Protože předpokládám, že pro železniční vozidla jedoucí pod dohledem ETCS L2 bude výstrahu spouštět RBC (kap. 5), bude RBC výstrahu i ukončovat na základě informace od PZ. RBC bude dohlížet, zda by mezi otevřením přejezdu a jeho následným uzavřením byla dodržena národními předpisy stanovená předepsaná doba a podle toho dá povel k otevření přejezdu.

Po průjezdu vlaku přejezdem přejde PZ do anulačního stavu. Protože v systému ETCS je znám směr jízdy vlaku, RBC povolí PZ spustit pozitivní signál.

Protože v úrovni 2 jsou v kolejišti prvky pro kontrolu volnosti úseků, může jejich poruchou zůstat PZ v anulačním stavu. Při poruše vzdalovacího úseku lze postupovat takto:

- a) Prvky pro kontrolu volnosti jsou rozdílné pro PZ a národní TZZ - v tomto případě lze vyhodnotit volnost úseku v poruše regulární činnosti národního

TZZ a anulační stav ukončit povelům z RBC. Následnou nežádoucí výstrahu ukončí RBC povelům pro výluky ovládacího prvku nebo povelům DKNP, příp. povelům nouzového otevření. Pro vlaky jedoucí pod dohledem ETCS by mohla být výstraha na přejezdu spuštěna zrušením uvedeného povelu, ale k ukončení výstrahy by mohlo dojít opět až vyhodnocením volnosti příslušného traťového úseku národním TZZ. Tím by docházelo k nadměrnému uzavření přejezdu. Proto nebude výstraha spouštěna a pro jízdy vlaků bude platit omezení jako při poruše PZ.

- b) Prvky pro kontrolu volnosti jsou společné pro PZ i národní TZZ - v tomto případě je nutno zjistit volnost úseku v poruše dle národních předpisů. Informace o volnosti dotčeného úseku lze do RBC zadat ručně dopravním zaměstnancem a RBC provede opatření jako v předchozím odstavci.

4.4 Posun

V úrovni 2 bude posun zajišťován národním zabezpečovacím zařízením a RBC nebude zasahovat do ovládní PZ týkající se posunu.

4.5 Nezavěšený postrk

Jízdu nezavěšeného postrku řeší evropské TSI, kde jsou stanoveny i řídicí pakety. Při zpětné jízdě nezavěšeného postrku bude výstrahu na přejezdech ovládat RBC (kap. 5). Při ukončení jízdy nezavěšeného postrku ve vzdalovacím úseku přejezdu nejprve RBC ukončí na PZ anulaci a dohlídí délku výstrahy. Po odměření předepsané části přibližovací doby vydá RBC vozidlu MA pro jízdu zpět. Ukončování jízdy nezavěšeného postrku v přibližovacím úseku není vhodné, protože PZ a tím i RBC nemůže v úrovni 2 vyhodnotit průjezd celého vlaku přejezdem k ukončení výstrahy. Tímto vznikne po dobu pobytu nezavěšeného postrku v přibližovacím úseku přejezdu nadměrná nežádoucí výstraha.

5 MOŽNOSTI ŘEŠENÍ VYROVNÁVÁNÍ PŘIBLIŽOVACÍ DOBY

Já se budu věnovat variantě, kdy pro vlaky jedoucími pod dohledem ETCS bude výstrahu na přejezdu ovládat výhradně RBC. Vlaky nevybavené ETCS (non-ETCS) budou ovládat výstrahu národními prvky v kolejišti nebo bude výstrahu ovládat RBC na základě dostupných informací o obsazování a uvolňování kolejových úseků. Při postupném vybavování vozidel palubní částí ETCS bude (podle převažujícího vybavení ETCS) postupně omezována rychlost pro vlaky non-ETCS a budou zkracovány přibližovací úseky.

Podle mého názoru jsou ostatní možnosti nezajímavé a nepřináší z pohledu uživatelů silniční komunikace žádná vylepšení oproti stávajícímu stavu. Bezpečnost na přejezdech již není nutno (nelze) zvyšovat zlepšováním zabezpečovacího zařízení, protože drtivá většina nehod na železničních přejezdech je zaviněno účastníky silničního provozu.

Dále uvedené řešení ovládání výstrahy na přejezdech jsem volil i s ohledem na možné uplatnění v systému ETCS úrovně 3.

5.1 Důvody vyrovnávání přibližovací doby

5.1.1 Rozdílné rychlosti vlaků

U stávajících PZ je pevně dané místo spouštění výstrahy vypočítané pro nejrychleji jedoucí vlaky v daném úseku. Pro pomaleji jedoucí vlaky je pak délka výstrahy na přejezdu nadbytečně prodlužována. Např. pro dvoukolejný přejezd je přibližovací doba nejméně 45 s. Pak na trati kde $v_{tmax} = 160$ km/h je místo spouštění výstrahy 2000 m před přejezdem. Vlak jedoucí v_{tmax} dorazí na přejezd právě za 45 s, ale vlak jedoucí rychlostí 80 km/h dorazí na přejezd za 90 s a vlak jedoucí 60 km/h dokonce za 120 s. O rozdíl skutečné doby jízdy vlaku a vypočítané přibližovací doby je zbytečně prodlužována délka uzavření přejezdu a tím je omezován silniční provoz, což se hlavně projeví u nejvíce frekventovaných přejezdů (kombinace hustého silničního provozu s hustým železničním provozem).

5.1.2 Dočasná omezení

Dočasná omezení nejsou (ani nemohou být) do výpočtu délky přibližovacího úseku přejezdu zapracována vůbec. Přitom např. dvacetimetrový úsek s omezením

rychlosti na 10 km/h projede celý vlak o délce 100 m za 43,2 s a to je již téměř celá přibližovací doba. Další nezanedbatelné prodloužení výstrahy vznikne při brzdění vlaku na omezující rychlost a při následné akceleraci na maximální možnou rychlost.

5.1.3 Zastávky

Další nadměrná nežádoucí výstraha vzniká tím, že vlaky osobní přepravy zastavují v přibližovacích úsecích přejezdů na zastávkách pro nástup a výstup cestujících. To platí i pro stanice, kdy má zastavující vlak již postavenou odjezdovou jízdní cestu. Tady je problém v tom, že není předem známo jak dlouho budou cestující vystupovat a nastupovat. Tuto situaci většinou řeší (může řešit) výpravčí (dispečer), který stává odjezdovou cestu až po nastoupení cestujících s přihlédnutím ke zpoždění rozsvícení návěstního znaku na odjezdovém návěstidle kryjícím přejezd.

Na tomto místě bych chtěl naznačit, jak by se mohl snížit počet přejezdů s výše uvedeným problémem se zastavováním v přibližovacím úseku přejezdu. Délka přibližovacího úseku je přímo úměrná vyklizovací době, t. j. za jak dlouho opustí nejpomalejší a nejdelší vozidlo nebezpečné pásmo přejezdu. V ČR je normou [5] stanovena nejpomalejší rychlost pro silniční vozidla 5 km/h a jejich největší délka je stanovena na 22 m. Je otázkou, na kolika přejezdech se vyskytuje nejdelší vozidlo jedoucí nejpomalejší rychlostí. Domnívám se, že nejdelší vozidla jako kamiony jedou minimálně rychlostí 10 km/h. Rychlostí 5 km/h jedou především malotraktory, které zase nedosahují délek přes 10 m. Tyto stanovené hodnoty zřejmě vyplynuly z dlouhodobých poznatků. Přesto chci naznačit, že kdyby se nejpomalejší rychlost zvedla na 10 km/h, tak délka přibližovacího úseku by se zkrátila asi o čtvrtinu. To dělá na tratích s $v_{tmax} = 160$ km/h zkrácení asi o 500 m. Tímto opatřením by se mnoho zastávek a železničních stanic dostalo mimo přibližovací úseky přejezdů. U staničních zabezpečovacích zařízení by navíc odpadla nutnost řešit závislost na PZ.

5.2 Akcelerace vlaku

Při výpočtech lze respektovat dobu na rozjezd a brzdění vlaků těmito způsoby:

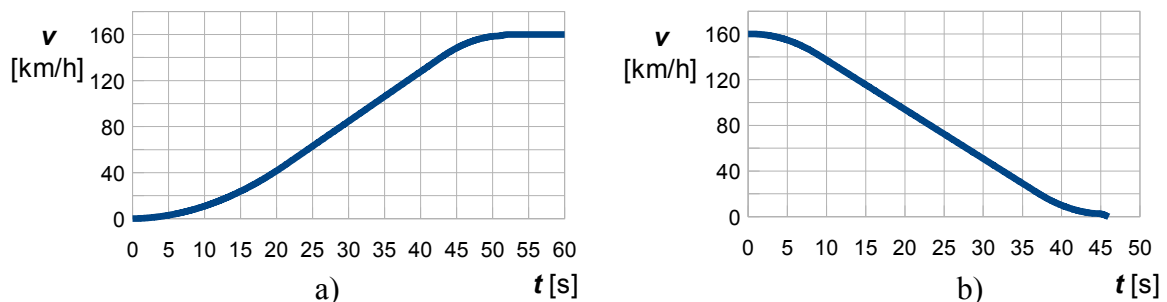
- a) řídit se limitními hodnotami, které jsou určeny fyzikálními vlastnostmi,
- b) rozlišovat podle kategorie vlaku (zajistit bezpečným způsobem),

- c) dotázat se vozidlové části ETCS, která provede výpočet a oznámí podle vlastností vlaku a traťových profilů za jak dlouho dorazí čelo vlaku k zájmovému místu.

Skutečný průběh jízdy vlaku je odvislý od mnoha faktorů, které nelze přesně dopředu určit. S limitními hodnotami lze uvažovat pro vlaky příměstské osobní dopravy. Na obr. 5.1 jsou takové možné limitní průběhy vyobrazeny. Maximální velikost zrychlení je dána hlavně adhézními vlastnostmi kolejové dopravy se zřetelem na pohodlí a bezpečnost cestujících, proto: $a_{max} = 1,2 \text{ m/s}^2$.

Aby nedocházelo u nákladních vlaků ke kmitům a rázům ve vlakové soupravě a v osobní dopravě k ohrožení bezpečnosti cestujících, je nutno při rozjezdu a brzdění zvyšovat zrychlení plynule. Dle [13] platí pro rozjezd:

$$\frac{da}{dt} = 0,055 \text{ m/s}^2 \text{ a pro brzdění: } \frac{da}{dt} = -0,14 \text{ m/s}^2 \text{ .}$$



Obr. 5.1 Limitní časový průběh: a) rozjezd; b) brzdění

Pokud jednotlivé druhy vlaku mají při různých a_{max} i různé cestovní rychlosti lze spočítat, že doba potřebná na rozjezd je téměř shodná (tab. 5.1).

Tab. 5.1 Porovnání dob potřebných na rozjezd

V_{max} [km/h]	a_{max} [m/s ²]	Doba rozjezdu [s]
160	1,2	52
120	0,8	52
100	0,6	53

Při brzdění je situace trochu odlišná. Protože brzdění se účastní všechny vozy zařazené ve vlaku, mohlo by teoreticky být a_{max} u všech druhů vlaků stejné. Ve skutečnosti však rozdíly v brzdění existují, především mezi vlaky nákladní dopravy a vlaky příměstské osobní dopravy, a závisí zejména na použitém brzdícím systému.

5.3 Úpravy PZ

Pro optimální využití systému ETCS ve vztahu k PZ je nutno provést úpravu stávajících PZ a nové PZ již konstruovat jako nedílnou součást ETCS.

U stávajících PZ jde především o úpravu předávaných informací do RBC a taky vytvoření nových ovládacích povelů z RBC na PZ. Z důvodu výskytu vozidel non-ETCS je nutno zachovat stávající informace o stavu PZS pro dopravní zaměstnance řídících pohyb železničních vozidel.

Nově navrhuji členit informace o funkčních a provozních stavech PZ takto:

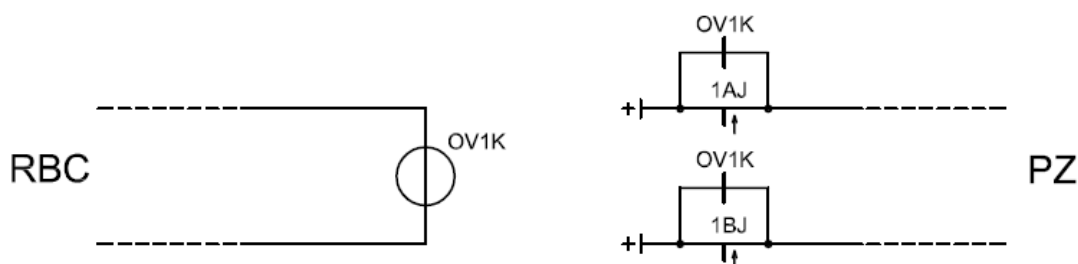
- 1) porucha I. stupně (není nutno v případě přenosu této informace na místo údržby)
- 2) porucha II. stupně (informace, zda je PZ schopno dávat výstrahu; při dostatku přenosových kanálů rozdělit na jednotlivé koleje a zpracovat bezvýlukový stav)
- 3) podmíněná porucha II. stupně
- 4) výstraha
- 5) přejezd uvolněn 1. kolej (vyhodnocení průjezdu přejezdem)
- 6) přejezd uvolněn 2. kolej
- 7) porucha napájení

Při nedostatku přenosových kanálů bude délku poruchy napájení (poruchu nabíjení baterií) dohlížet PZ a po stanovené době bude signalizovat poruchu II. stupně.

Povely:

- 1) uzavření
- 2) nouzové otevření
- 3) odkládání výstrahy 1. kolej (otevření přejezdu 1. kolej)
- 4) odkládání výstrahy 2. kolej (otevření přejezdu 2. kolej)
- 5) zastavení měření doby anulace 1. kolej nebo povolení pozitivního signálu
- 6) zastavení měření doby anulace 2. kolej

Dále bude na přejezdech zrušeno stávající odkládání výstrahy. Odložení výstrahy bude provádět výhradně RBC výše uvedenými povely, kdy na PZ dojde k přemostění informace o obsazení přibližovacího úseku příslušné koleje. U PZ kde jsou využívány kolejové prvky jiných zabezpečovacích zařízení a na PZ jsou přenášeny informace o jejich obsazování, by bylo možno zapracovat povely k odkládání výstrahy přímo ve stavědlové ústředně, kde je umístěna výstroj kolejového prvku. Tuto možnost nedoporučuji z důvodu zachování jednotnosti.



Obr. 5.2 Příklad řešení odkládání výstrahy

Aby mohly stávající typy PZ řádně vyhodnotit anulaci (možnost ukončení výstrahy) je nutno zachovat informaci o postupném obsazování a uvolňování ovládacích úseků. Proto bude informace o obsazení přibližovacího kolejového úseku přemostěna jen po dobu odkládání výstrahy. Vzhledem k počtu přenosových kanálů nebude muset být rozlišován směr a přibližovací úseky (AJ, BJ) z obou stran budou překlenuty současně (obr. 5.2).

Po vyhodnocení, že je nutno zahájit výstrahu, bude ukončen povel k odkládání výstrahy pro příslušnou kolej a bude taky vydán povel k uzavření přejezdu. Na základě informace z PZ o vyhodnocení průjezdu vlaku přejezdem (přechod do anulace) ukončí RBC vydávání povelu uzavření přejezdu.

Povel k odkládání výstrahy nemůže být vydán pro jízdu následného vlaku v případě, že PZ nevyhodnotilo průjezd předchozího vlaku přejezdem.

5.4 Dostupné informace o vozidle vybaveném palubní částí ETCS

Každému vedoucímu vozidlu je při vstupu do oblasti působnosti traťové části ETCS přiřazeno jedinečné číslo. Každý vlak vstupující do oblasti ETCS zasílá k RBC následující soubor vlakových dat (paket č. 11):

- a) kategorii vlaku (NC_TRAIN)

- b) délku vlaku (L_TRAIN)
- c) maximální rychlost vlaku (V_MAXTRAIN)
- d) parametry nákladu
- e) zatížení náprav
- f) druhy možné trakce
- g) zda je vlak vybaven tlako-vzduchovým brzdovým systémem
- h) seznam STM dostupných na vozidle
- i) počet náprav

Z těchto dostupných informací nás bude zajímat především maximální rychlost vlaku. Dále délka vlaku pro případ, kdy je v přibližovacím úseku omezena rychlost a omezení rychlosti platí pro celý vlak. Podle kategorie vlaku lze rozlišit další vlastnosti vlaku.

5.5 Ovládání výstrahy z RBC

Vyloučením ovládacího prvku PZ z RBC bude prováděno odkládání výstrahy. Odložení výstrahy bude vycházet ze známé maximální rychlosti jednotlivých vlaků. RBC nařídí vozidlům ETCS (paket č. 58), aby v úseku s přejezdy hlásily ve stanovených intervalech svou aktuální polohu. Ze známého SSP, maximální rychlosti vlaku a poslední nahlášené polohy vlaku vypočítává RBC dobu, za kterou dosáhne čelo jedoucího vlaku začátek přejezdu. O rozdíl času mezi stanovenou přibližovací dobou a dobou možného dojezdu čela vlaku k přejezdu odkládá RBC výstrahu na přejezdu pomocí povelu *Odkládání výstrahy n. kolej*.

Do výpočtu budou zanesena i známá omezení rychlosti. Maximální rychlost jízdy při přibližování k přejezdu je dána:

- 1) trvalými omezeními traťové rychlosti, vyplývající ze stavební konstrukce trati,
- 2) dočasnými omezeními traťové rychlosti, způsobenými omezenou sjízdností části úseku trati nebo poruchou předchozího PZ,
- 3) průjezdem výhybkami a jízdou na přivolávací návěst,
- 4) dojížděním předchozího vlaku.

Omezení podle bodu 1) jsou zahrnuta v SSR, omezení podle bodu 2) jsou přenášena správou o TSR nebo paketem č. 88 a omezení podle bodů 3) a 4) jsou zahrnuta do MA. Všechny uvedené druhy omezení příslušná RBC zná a může je využít při výpočtu doby nejkratšího možného příjezdu čela vlaku k začátku přejezdu.

5.6 Výpočet odložení výstrahy

Omezení traťové rychlosti jsou popsána začátkem, délkou úseku, maximální rychlostí průjezdu úsekem, označením zda omezení rychlosti platí pro celý vlak a případně, ke které kategorii vlaků se vztahuje.

5.6.1 Výpočet se skokovou změnou rychlosti

Ze známé vzdálenosti čela vlaku k začátku přejezdu (D_{LX}), známých vzdáleností k jednotlivým změnám rychlosti a délek úseků s omezenou traťovou rychlostí přiřadí RBC jednotlivým úsekům jejich maximální rychlost průjezdu.

Pak úsek k přejezdu je rozdělen na jednotlivé úseky $L_{(i)}$ s rychlostmi $v_{(i)}$. Do výpočtu bude zapracována maximální rychlost vlaku ($V_{MAXTRAIN}$):

If $v_{(i)} > V_{MAXTRAIN}$ **Then**

$v_{(i)} = V_{MAXTRAIN}$

End If

Délky úseků je nutno upravit podle toho, zda omezení rychlosti platí pro celý vlak nebo jen pro čelo vlaku (Q_{FRONT}):

If $v_{(i)} < v_{(i+1)}$ **Then**

If $Q_{FRONT_{(i)}} = 0$ **Then**

$L_{(i)} = L_{(i)} + L_{TRAIN}$

$L_{(i+1)} = L_{(i+1)} - L_{TRAIN}$

End If

End If

Pak nejkratší doba příjezdu čela vlaku k začátku přejezdu je:

$$t_{LX} = 3,6 \cdot \sum_{i=1}^k \frac{L_{(i)}}{v_{(i)}} \quad , \quad [\text{s}; \text{m}, \text{km/h}]$$

a doba odložení výstrahy bude:

$$t_{zv} = t_{LX} - t_L - t_R \quad ,$$

kde t_R je doba zpoždění komunikace vlaku s RBC.

5.6.2 Výpočet s respektováním akcelerace vlaku

Při výpočtu doby příjezdu vlaku na přejezd lze přičíst i zdržení vlaku při brzdění a rozjezdu. Pak je nutno stanovit hodnoty zrychlení pro akceleraci (a_a) a brzdění (a_b). Hodnoty zrychlení budou stanoveny jednotné pro všechny vlaky nebo budou rozlišeny na více možných hodnot zrychlení podle identifikace kategorie vlaku ($a_{ka(n)}$, $a_{kb(n)}$). Protože hodnoty zrychlení jsou výrazně odlišné pro nákladní vlaky a vlaky příměstské osobní dopravy je vhodnější využít druhé možnosti. Tento rozdíl je trochu vykompenzován tím, že nákladní vlaky zrychlují na nižší maximální rychlost vlaku a tato nižší rychlost je ve výpočtu zohledněna.

Přídavnou dobu na rozjezd a brzdění t_a lze stanovit takto:

If $v_{(i)} < v_{(i+1)}$ **Then**

$$a_{(i)} = a_a$$

Else

$$a_{(i)} = a_b$$

End If

$$t_a = \frac{1}{3,6} \cdot \sum_{i=1}^{k-1} \frac{|v_{(i)} - v_{(i+1)}|}{|a_{(i)}|}, \quad [\text{s}; \text{km/h}, \text{m/s}^2].$$

Potom doba odložení výstrahy bude:

$$t_{zv} = t_{LX} + t_a - t_L - t_R.$$

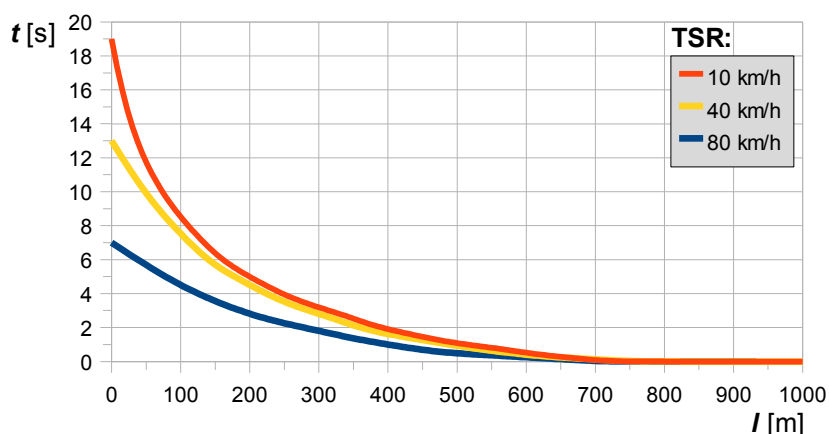
Dosud byl brán v úvahu pouze rychlostní profil před přejezdem. Navýšení délky výstrahy ovšem vznikne i pokud omezení rychlosti jízdy začíná až za přejezdem a vlak musí začít brzdit už před příjezdem k přejezdu. V tab. 5.2 je vypočítáno časové navýšení jízdní doby vlaků v případě, že traťová rychlost je omezena na 10 km/h. V posledním sloupci je právě čas navýšení délky výstrahy pro případ, kdy omezení rychlosti začíná na začátku přejezdu.

Tab. 5.2 Doby potřebné pro brzdění

Počáteční rychlost [km/h]	Rychlost omezení [km/h]	Zrychlení *) [m/s ²]	Délka brzdné dráhy [m]	Doba průjezdu bez omezení [s]	Doba brzdění [s]	Navýšení času [s]
160	10	-1,2	1044	24	43	19
120	10	-1,2	630	19	34	15
120	10	-0,8	809	24	44	20
100	10	-1,2	461	17	30	13
100	10	-0,6	715	26	46	20

*) maximální odrychlení v průběhu brzdění (obr. 5.1 b)

Já navrhuji, vzhledem ke komplikaci výpočtu, aby případ, kdy omezení rychlosti začíná až za přejezdem, nebylo do výpočtu zahrnuto. Dá se říct, že jsem v tabulce uvedl nejhorší variantu. Se vzdalováním začátku omezení rychlosti od přejezdu nebo se zvyšováním omezující rychlosti bude nežádoucí navýšení výstrahy zanedbatelnější (obr. 5.3). Na druhou stranu může strojvedoucí začít brzdit dříve (v tabulce jsou nejrychlejší možné průběhy brzdění) a tím dojde opět k prodloužení výstrahy. Ovšem tento případ již nelze podchytit vůbec nebo jen s velkými obtížemi.



Obr. 5.3 Navýšení výstrahy v závislosti na vzdálenosti začátku TSR za přejezdem

5.6.3 Zastávka osobní přepravy v přibližovacím úseku

Zastávka na širé trati bude brána jako dopravná s fiktivním odjezdovým návěstidlem. Zastávkovému vlaku bude MA uděleno pouze do stanoveného místa označeného návěstí konce oprávnění k jízdě (EOA), které leží za koncem nástupiště a je vzdáleno od přejezdu minimálně na prokluzovou vzdálenost (obr. 5.4). Každá konkrétní zastávka by mohla mít definovanou dobu odbavení cestujících nebo by byla stanovena jednotná doba (např. 30 s). RBC pak dohlíží nulovou rychlost vlaku a podle místa zastavení čela vlaku vydá oprávnění k další jízdě po uplynutí definované doby odbavení (t_s) a uplynutí části přibližovací doby (t_n).



Obr. 5.4 Umístění návěsti EOA

Po zastavení vlaku bude podle aktuálního místa zastavení vypočítána doba minimálního možného příjezdu vlaku na přejezd t_{LX} . Potřebná délka části přibližovací doby t_n bude vypočítána jako rozdíl mezi dobou t_{LX} a přibližovací dobou t_L danou tabulkou přejezdu: $t_n = t_L - t_{LX}$. V případě, že bude definována doba pro odbavení cestujících t_s , bude: $t_n = t_L - t_{LX} - t_s$. Po uplynutí vypočítané části přibližovací doby bude uděleno MA. Jestliže $t_n < 0$ s, tak MA k další jízdě bude uděleno ihned po zastavení vlaku na zastávce a na přejezdu bude odkládána výstraha dle výše popsaných pravidel.

Tam, kde nelze umístit návěst EOA mezi konec zastávky a začátek přejezdu, nebude vlaku zkracováno MA pouze pro jízdu na zastávku. Pro tuto situaci bude do SSP vloženo TSR: rychlost 10 km/h, konec úseku totožný s koncem nástupiště, délka úseku 10 m, platnost omezení pouze pro čelo vlaku. Tímto opatřením bude alespoň částečně zkrácena nadbytečná výstraha na přejezdu. (Platí pouze v případě, že je ve výpočtu uplatněno zrychlení pro brzdění a rozjezd vlaku.)

5.6.4 Jízdy následných vlaků

U následného vlaku je vypočítán čas dosažení přejezdu, ale výstraha nebude odkládána dokud PZ nevyhodnotí možnost ukončení výstrahy za předcházejícím vlakem. Po průjezdu předchozího vlaku přejezdem RBC odečte od možného času odložení výstrahy dobu na otevření závor (10 s) a pokud by byla doba otevření přejezdu kratší než povolená (7 s), nebude výstraha ukončována. Pokud následný vlak obsadil přibližovací úsek ještě před vyhodnocením průjezdu předchozího vlaku přejezdem, PZ již nemůže z technických důvodů přejít do anulace a umožnit otevření přejezdu. Výstraha bude ukončena až tímto následným vlakem.

Poznámka:

Všechny výpočty a simulace nerovnoměrného pohybu vlaků byly prováděny v programu Calc aplikace OpenOffice.org 3.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo přispět k vývoji systému ERTMS/ETCS stanovením způsobu integrace přejezdových zabezpečovacích zařízení do tohoto systému. Převážně jsem se věnoval systému ETCS v úrovni 2, přesto některá řešení jednotlivých problémů by mohla vyhovovat i systému ETCS v úrovni 3.

Úroveň 2 jsem si vybral z důvodu použití této úrovně na koridorových tratích v ČR. Hlavní problém u tohoto řešení vzniká ve smíšeném provozu vlaků pohybujících se pod dohledem a bez dohledu ETCS. U PZ je to zejména v ovládní výstrahy, kdy je nutno zachovat pro vlaky non-ETCS stávající způsob ovládní. Navrhl jsem způsob ovládní výstrahy s optimalizací doby uzavření přejezdu pro vlaky ETCS, a to při zachování stávajícího způsobu ovládní PZ. V některých případech (např. dočasné omezení traťové rychlosti) je možno uplatnit optimalizaci doby uzavření přejezdů i pro vlaky non-ETCS.

Myslím si, že navržený způsob integrace PZ do systému ETCS zlepší plynulost silničního provozu na železničních přejezdech se zachováním všech bezpečnostních aspektů PZ. Propojením systémů ETCS a PZ by mohlo vést i ke snížení počtu nebezpečných situací na přejezdu tím, že porucha PZ může být promítnuta do jízdy železničních vozidel téměř okamžitě. Nadměrná délka výstrahy, jak z důvodu rozdílných rychlostí jednotlivých vlaků nebo pro poruchu PZ, může být spoluprací obou systémů optimalizována na nejmenší možnou míru. To by vedlo k odstranění dlouhých čekacích dob u železničních přejezdů a řidiči silničních vozidel by přestali riskovat přejížděním přejezdů v době, kdy je již dáována výstraha, s vědomím, že nebudou před uzavřeným přejezdem dlouho stát.

Jak je známo, železniční přejezd byl, je a zatím asi zůstane nebezpečným místem. Snížení rizika by pomohlo důsledné dodržování zákonných předpisů, ale člověk je tvor omylný. Problém je nejspíš v tom, že možnost lidského selhání je omezována pouze ze strany železnice, nahrazováním lidského faktoru technikou, ale ze strany účastníka silničního provozu zůstává pouze na přístupu řidiče. Nestálo by za to zkonstruovat a vybavovat silniční vozidla taky nějakým přejezdovým zabezpečovacím zařízením, které by samovolně zastavilo jedoucí vozidlo před železničním přejezdem, ke kterému se blíží vlak?

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KUNHART, M.: *Systémový návrh aplikace ERTMS/ETCS L2 v ČR*. Habilitační práce, Univerzita Pardubice, 2005.
- [2] *ERTMS/ETCS – Class 1, System Requirement Specification, SUBSET-026-1 ÷ 8*. v. 3.0.0, UNISIG, 2008.
- [3] *ERTMS/ETCS – Class 1, Euroradio FIS, SUBSET-037*, v. 2.3.0, UNISIG, 2005.
- [4] CHUDÁČEK, V., JAKL, J., LOCHMAN, L.: *Vlakové zabezpečovací systémy*. Praha: ČD – VÚŽ, 1999. 67 s.
- [5] ČSN 34 2650: *Železniční zabezpečovací zařízení – Přejezdová zabezpečovací zařízení*. Praha: Český normalizační institut, 1998. 60 s.
- [6] VOLF, J., JAKL, J.: *Výstražná světelná zařízení typu AŽD 71*. 1. vyd., Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1975. 184 s. ISBN 31-002-75
- [7] Technický popis T 80 100: *Přejezdové zabezpečovací zařízení PZZ-EA*. AŽD Praha, s. r. o., 2000, revize 2007. 29 s.
- [8] Technický popis AŽD 455: *Přejezdové zabezpečovací zařízení PZZ-RE*. 1. vyd., AŽD Praha, s. r. o., 2004. 9 s.
- [9] Vědeckotechnický sborník ČD č. 5: *Zahraniční systémy přejezdových zabezpečovacích zařízení pro provoz u ČD*. Praha: 1998. 28 s.
- [10] *Příručka pro obsluhu a údržbu přejezdového zařízení ELEKSA 93 PZS km 35,293 Žst. Bystřice pod Hostýnem*. Přerov: SIGNALBAU a. s., 1999. 38 s. poč. př. 3.
- [11] Směrnice pro kontrolu provozní způsobilosti: *Přejezdové zabezpečovací zařízení ELEKSA 93*. Verze 1, 2004. 9 s.
- [12] Směrnice pro vyzkoušení: *Přejezdové zabezpečovací zařízení ELEKSA 93*. Verze 2, 2004. 20 s.
- [13] DRÁBEK, J.: *Dynamika a energetika elektrické trakce*. 1. vyd., Bratislava: ALFA, 1987. 192 s.
- [14] NEUSAR, Z.: *Statistika nehod na přejezdech v roce 2008*. Praha: Drážní inspekce, 2009. Dostupná z WWW: <<http://www.dicr.cz/statistika-nehod-na-prejezdech-v-roce-2008>>.

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1 Přehled vlastností jednotlivých systémů PZS.....	31
Tab. 2.1 Paket č. 88: Přejezdové informace.....	36
Tab. 5.1 Porovnání dob potřebných na rozjezd.....	49
Tab. 5.2 Doby potřebné pro brzdění.....	54

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Tříúsekové ovládání PZS.....	9
Obr. 1.2 Obvod spouštěcího relé SR	14
Obr. 1.3 Blokové schéma systému PZZ-EA.....	19
Obr. 1.4 Principiální schéma systému ELEKSA 93.....	24
Obr. 2.1 Statické rychlostní profily.....	32
Obr. 2.2 Dynamický rychlostní profil.....	33
Obr. 2.3 Blokové schéma ETCS L2.....	34
Obr. 3.1 TSR v přibližovacím úseku PZ.....	37
Obr. 4.1 Omezení rychlosti při poruše PZ.....	40
Obr. 5.1 Limitní časový průběh: a) rozjezd; b) brzdění.....	49
Obr. 5.2 Příklad řešení odkládání výstrahy.....	51
Obr. 5.3 Navýšení výstrahy v závislosti na vzdálenosti začátku TSR za přejezdem.....	55
Obr. 5.4 Umístění návěsti EOA.....	55

SEZNAM ZKRATEK

AB	digitální výstupní modul
CPU	centrální procesorový modul
DKNP	dopravní klid na přejezdu
DSP	dynamický rychlostní profil
EB	digitální vstupní modul
EOA	konec oprávnění k jízdě
EOS	elektronické ovládání světel
ERTMS	Evropský železniční řídicí systém
ETCS	Evropský vlakový zabezpečovací systém
GP	sklonový profil
L2	úroveň 2
LRGB	poslední platná balízová skupina
LZA	modul ovládání výstražníků
MA	oprávnění k jízdě
MRSP	nejvíce omezující statický rychlostní profil
PDS	podružná stanice
PZ	přejezdové zařízení
PZS	světelné přejezdové zabezpečovací zařízení
RBC	radiobloková centrála
ŘS	řídicí stanice
SSP	statický rychlostní profil
SZZ	staniční zabezpečovací zařízení
TSI	technické specifikace pro interoperabilitu
TSR	dočasné omezení rychlosti
TZZ	traťové zabezpečovací zařízení

SEZNAM SYMBOLŮ

a_a	zrychlení při rozjezdu
a_b	zrychlení při brzdění
$a_{(i)}$	zrychlení v i-tém úseku
a_{max}	maximální velikost zrychlení
$L_{(i)}$	délka i-tého úseku
t_a	doba potřebná na rozjezd nebo brzdění
t_L	přibližovací doba
t_{LX}	doba minimálního možného příjezdu vlaku na přejezd
t_n	doba, za kterou se po spuštění výstrahy smí dát povolení k jízdě
t_R	doba zpoždění komunikace vlaku s RBC
t_s	doba stání vlaku na zastávce
t_u	doba sklápění závor
t_z	předzváněcí doba
t_{zv}	doba odložení výstrahy
$V_{(i)}$	rychlost v i-tém úseku
V_{LX}	rychlost přes přejezd při poruše PZ
V_{tmax}	maximální traťová rychlost
D_{LX}	vzdálenosti čela vlaku k začátku přejezdu
L_{TRAIN}	délku vlaku
Q_{FRONT}	kvalifikátor, zda omezení rychlosti platí pro celý vlak
$V_{MAXTRAIN}$	maximální rychlost vlaku