

JIHOČESKÁ UNIVERZITA v ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
fakulta pedagogická
katedra fyziky

Bakalářská práce

Počítačové řízení železničního provozu

Vedoucí práce: Ing. Michal Šerý
Vypracoval: David Viktora
Studijní obor: Měřicí a výpočetní technika

České Budějovice, 2009

Anotace

Cílem této práce je popsat v základních rysech možnosti automatizovaného řízení železničního provozu za využití klasických automatických prvků a s pomocí výpočetní techniky. Součástí práce je popis základních typů zabezpečovacích zařízení elektronických a reléových, prostředků detekce kolejových vozidel na trati a v objektu železniční stanice, způsoby přenosu a využití informace o poloze železničního vozidla jak autonomním automatickým systémem místního řízení provozu, tak sofistikovaným zabezpečovacím zařízením. V závěru práce bude provedeno posouzení závažnosti selhání zabezpečovacího zařízení na železniční provoz a způsoby odstranění příčiny tohoto selhání.

Annotation

The aim of this study is to describe in the basic terms main possible ways of implementation of an automated train control system using classic automated components and an information technology equipment. Included in this work there is a description of basic types of electronic and relay safety systems, railroad vehicle detection systems for rail tracks in the open land and tracks in the areas of railway stations, types of transport and utilization of information by an autonomous local automated control system and a sophisticated station control system . The closure of this work will be dedicated to judging an effect of a train control system failure on a railroad transportation and ways of removing of the source of this failure.

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci „Počítačové řízení železničního provozu“ vypracoval samostatně pod odborným vedením pana Ing. Michala Šerého, pouze s použitím pramenů a literatury, uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. V platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích.

V Českých Budějovicích dne 21.1.2009

.....

David Viktora

Obsah

PODĚKOVÁNÍ	4
1 ÚVOD.....	5
2 DEFINICE POUŽÍVANÝCH POJMŮ	7
3 STRUČNĚ O HISTORII VÝVOJE ZABEZPEČOVACÍCH ZAŘÍZENÍ	10
4 ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ OBECNĚ.....	12
4.1 ROZDĚLENÍ ZABEZPEČOVACÍCH ZAŘÍZENÍ DLE OBLASTÍ.....	13
4.1.1 <i>Staniční zabezpečovací zařízení (SZZ)</i>	13
4.1.2 <i>Traťové zabezpečovací zařízení (TZZ)</i>	13
4.1.3 <i>Přejezdová zabezpečovací zařízení (PZZ)</i>	14
4.1.4 <i>Vlaková zabezpečovací zařízení (VZZ)</i>	14
4.1.5 <i>Zabezpečení a automatizace spádovišť</i>	15
4.2 ROZDĚLENÍ ZABEZPEČOVACÍCH ZAŘÍZENÍ PODLE ZPŮSOBU REALIZACE.....	15
4.3 ZÁVĚROVÁ TABULKA.....	16
4.4 PŘENOS INFORMACE O POLOZE VOZIDLA DO ZZ	19
4.4.1 <i>Bodové prostředky</i>	20
4.4.1.1 <i>Počítač náprav Frauscher AMC</i>	20
4.4.2 <i>Liniové prostředky (kolejové obvody)</i>	27
4.4.2.1 <i>Dva základní typy kolejových obvodů a jejich funkce</i>	27
4.4.2.2 <i>Vedení zpětných elektrických proudů v kolejových obvodech - shrnutí</i>	30
5 RELÉ JAKO ZÁKLADNÍ STAVEBNÍ KÁMEN ZABEZPEČOVACÍCH ZAŘÍZENÍ	32
6 RELÉOVÝ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM AŽD 71	35
6.1 ZÁKLADNÍ SCHÉMA SYSTÉMU AŽD 71.....	36
6.2 DĚLENÍ RELÉOVÝCH ZZ.....	36
6.3 POPIS OVLÁDÁNÍ RZZ.....	37
6.4 PŘEHLED A VÝZNAM KONTROLNÍCH SVĚTEL NA PANELU RZZ	38
7 ELEKTRONICKÝ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM ESA 11	40
7.1 OBECNÉ INFORMACE O SYSTÉMU ESA 11.....	41
7.2 BLOKOVÉ SCHÉMA SYSTÉMU ESA 11.....	43
7.3 ZADÁVACÍ ÚROVEŇ	45
7.4 VÝKONOVÁ ÚROVEŇ.....	48
7.5 RELÉOVÉ ROZHRANÍ	49
7.6 ROZHRANÍ VLAKOVÉHO ZABEZPEČOVAČE	50
7.7 VENKOVNÍ PRVKY ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ	50
8 NÁSLEDKY SELHÁNÍ ZZ	51
8.1 NEHODA V ŽST. ČERČANY, 14.7.2007	51
8.2 NEHODA V ŽST. MORAVANY, 19.5.2008	53
9 ZÁVĚR	55
10 LITERATURA A ZDROJE INFORMACÍ	56
11 OBRAZOVÁ PŘÍLOHA.....	57

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem těm, kteří měli podstatný vliv na to, že jsem vůbec začal studovat. Byli to především moji rodiče, kteří mi drželi palce a trpěli se mnou, když jsem měl těžké zkouškové období. Širší rodina a mí dlouholetí přátelé mi drželi palce a já jsem rád, že jsem je nemusel zklamat.

Rád bych také poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Šerému, jehož trpělivosti a porozumění vděčím za to, že jsem se dostal tak daleko.

1 Úvod

Železniční doprava se během minulých staletí stala neodmyslitelnou součástí lidského podnikání na celé planetě. Koleje protínají hustě osídlené oblasti a pouště, propojují celé kontinenty a koleje je dokonce možné nalézt ve velehorách (železnice Peking – Lhasa v Číně, trasovaná přes Himálaje v průměrné nadmořské výšce 4 000 m.n.m.) nebo vedou po mořském dně či pod ním (tunel pod úžinou La Manche nebo tunely vysokorychlostního systému Shinkansen mezi japonskými ostrovy Honšú – Kjúšú). Železnice je schopná přepravit nejvyšší množství nákladu či osob za jednotku energie ve srovnání s ostatními druhy pozemní a letecké dopravy. Pojem „železnice“ už dávno nezahrnuje jen turistické atrakce v podobě romantické parní lokálky, poklidně pufající údolím Sázavy, ale stále častěji životně důležité nákladní a osobní superexpresy, zajišťující téměř okamžité a životně důležité spojení mezi průmyslovými a rezidentními centry států a kontinentů.

Železniční doprava prošla bouřlivým vývojem zejména v 19. a 20. století ruku v ruce s prudkým rozvojem techniky, během nichž se z primitivního transportního prostředku, poháněného lidskou a později zvířecí silou, přeměnila v moderní dopravní technologii, využívající nejnovějších poznatků zejména ve strojírenství, stavebnictví, metalurgii a elektronice za podpory aplikovaných teorií z oblasti automatizace a kybernetiky. Aplikace všech těchto poznatků a výsledků výzkumu se nevyhnula ani navazující dopravně-technické infrastruktuře, jejímž hlavním úkolem je zajistit co nejbezpečnější a nejefektivnější řízení provozu železniční infrastruktury a nedílných podpůrných technických systémů.

Tato bakalářská práce si klade za úkol přehledně shrnout příklady přenosu současných teorií automatizace provozu v oblasti železniční dopravy do praxe. Automatizace, věda o teorii informace a možnostech automatizace řízení procesů, je velice důležitou součástí návrhu takových praktických aplikací; moderní elektronika a zejména výpočetní technika pak tvoří základní stavební kámen realizace současných a budoucích rozsáhlých systémů řízení a zabezpečení železničního provozu na moderních železničních strukturách – dálkovým řízením lokomotiv počínaje přes bezobslužné ovládání výhybek a návěstidel na vlakové cestě řízením hlášení o odjezdech vlaků pro cestující na nádražích konče. To se netýká jen národních železnic; stále častěji dochází k propojování řídicích systémů mezi sousedícími

státy, aby tak bylo možné zjednodušit mezinárodní provoz vlakových souprav a snížit tak administrativní i technické náklady.

Podrobný popis všech řídicích a ovládacích systémů, používaných na železnici u nás a v zahraničí, jakož i principů všech elektrotechnických a elektronických prvků, nasazených na tratích a stanicích za účelem zajištění co nejvyšší míry automatizace a zabezpečení provozu, by byl příliš rozsáhlý a dalece by překročil rozsah této práce. Proto se omezím pouze na základní popis těchto systémů a jeho částí, které tvoří zabezpečovací systém a zmíním se o zajímavých technických prostředcích, které mají s výstavbou zabezpečovacího systému souvislost.

2 Definice používaných pojmů

Železniční dráha – je stavebně konstrukční celek, sloužící k provozování železniční dopravy. Tento celek zahrnuje jak trať samotnou, tak související infrastrukturu (budovy, mosty, komunikační prostředky atd.).

Železniční svršek – jedna ze dvou základních částí železniční nebo jiné kolejové trati. Tvoří jízdní dráhu, která vozidlo nese a vede. Součástí svršku jsou kolejnice, výhybky, upevňovací prvky, pražce (tyto části tvoří dohromady koleje) a kolejové lože. Svršek leží na pláni tělesa železničního spodku.

Železniční spodek - je druhá část železniční nebo jiné kolejové trati, jejímž úkolem je nesení železničního svršku. Základním prvkem železničního spodku je zemní těleso, často doplněné konstrukční vrstvou ze štěrku. Přidání geotextilie nebo jiného geosyntetického materiálu do násypu nebo mezi zemní těleso a konstrukční vrstvu může podstatně zvýšit stabilitu celého železničního spodku. Může být také použito zpevnění konstrukční vrstvy cementovou nebo vápennou stabilizací. Železniční spodek zahrnuje prvky jako násypy, zemní zářezy, propustky, kanalizační vpusty, opěrné a zárubní zdi, ale také mosty, tunely a estakády. Pláň tělesa železničního spodku tvoří hranici mezi železničním svrškem a spodkem.

Pláň tělesa železničního spodku – tvoří hranici mezi železničním spodkem a svrškem. Z konstrukčního hlediska je to planina, na které je položen kolejový rošt a kolejový štěrk.

Kolejové lože – je tvořeno zpravidla drceným štěrkem a jeho úkolem je tlumit působení dynamických sil na kolejový rošt při průjezdu soupravy a udržovat neměnnou geometrickou polohu trati.

Návěstidlo – informační prvek, který předává informaci o stavu dopravní cesty za tímto prvkem a reguluje rychlost nebo způsob jízdy vozidel na trati. Signál je předáván vždy opticky: světelnými (barva a blikání světla) nebo mechanickými (polohou ramena či ramen)

návěstmi. Součástí modernějších typů návěstidel je vysílač, který přenáší jeho stav pomocí kolejového obvodu na stanoviště strojvedoucího.

Rozchod kolejnic – normou stanovená vzdálenost mezi dvěma kolejnicemi železniční tratě. Rozchod má původ v anglické délkové míře (stopa – foot [ft]) a liší se podle typu dopravy, zatížení, požadovaných dopravních rychlostí a podmínek krajiny, pro které byla trať vybudována. V našich podmínkách se lze nejčastěji setkat s rozchodem 1524mm (5 ft), 1435 mm (4,7 ft) a 760 mm (2,5 ft).

Železniční přejezd – je úroňové křížení pozemní komunikace se železniční, vždy označené příslušnou dopravní značkou a mnohdy doplněný optickým nebo mechanickým zabezpečovací zařízením, bránícím vjezdu na přejezd v době těsně před a během průjezdu vlaku (výstražná světla, závory). Prostor přejezdu je součástí železniční trati, nikoliv silniční komunikace.

Železniční zabezpečovací zařízení – představuje sadu technických prostředků a vazeb mezi nimi, zvyšující bezpečnost železničního provozu zejména kontrolou, případně plným nahrazením činnosti lidských článků při řízení železniční dopravy.

Vlaková nebo posunovací cesta – soubor vjezdových, staničních a výjezdových návěstidel, kolejí a výhybek, jejichž logickým nastavením dojde k vytvoření souvislé bezpečné dopravní cesty pro blížící se vlak, případně vlak při posunu v obvodu stanice.

Závěr vlakové cesty – potvrzení správnosti nastavení vlakové cesty zabezpečovacím zařízením a její mechanické nebo elektromechanické uzamčení tak, aby nebylo nadále možné s vlakovou cestou manipulovat do doby, než po ni přejezd vlak, případně pokud není zrušena příkazem s vyšší prioritou

Poloautomatický blok – traťové zabezpečovací zařízení, spadající dle norem do druhé kategorie. Zabezpečuje jízdy vlaků po stejné koleji za sebou (pomocí odhlášek za předchozím vlakem) nebo protijedoucích vlaků (vydáváním traťového souhlasu). Následující vlak může vjet do traťového úseku pouze tehdy, přijde-li odhláška za předchozím vlakem, tj. že

předchozí vlak vyjel z úseku a ten je volný. Odhlášení předchozího vlaku je zajištěno automaticky, projetím vlakové soupravy konkrétním místem traťového úseku (např. projetím hradla nebo vjezdem do stanice). Systém traťových souhlasů dovoluje vypravit vlaky proti sobě, přičemž vypravit vlak může pouze ta stanice, která je držitelem traťového souhlasu. Má-li být vypraven vlak v opačném směru (tedy proti platnému souhlasu), pak je traťový souhlas předán do protější stanice. Předání souhlasu ale lze uskutečnit pouze v návaznosti na polohu vlaků, určených pomocí technických prostředků na trati (hradla). Oproti telefonickému předávání vlaků (kdy obsazenost úseků kontrolují lidé) má poloautomatický blok výhodu v tom, že řízení vlaku je už realizováno v součinnosti s technickými a na lidech nezávislými prostředky. Z důvodu zvýšení propustnosti trati je možné trať rozdělit na traťové oddíly, na jejichž hranicích se nalézají hradla s oddílovými návěstidly.

Automatický blok – traťové zabezpečovací zařízení třetí kategorie, vzniklé vylepšením funkce poloautomatického bloku. Automatický blok funguje ve dvou režimech – režim blokové podmínky a úplné blokové podmínky. Blokovou podmínkou se rozumí stav, kdy vlak vjede do traťového oddílu, na příslušném oddílovém návěstidle se rozsvítí návěšť Stůj (červená) a svítí tak dlouho, dokud vlak z tohoto úseku nevyjede. Následující vlak musí zastavit před návěstidlem v poloze Stůj, ale strojvedoucí může pokračovat do obsazeného úseku, ale pouze takovou rychlostí danou rozhledovými podmínkami, aby dokázal vlak zastavit před překážkou. Úplná bloková podmínka pak vyžaduje, aby vlak vyjel z jednoho úseku a obsadil úsek následující, jinak návěstidlo předchozího oddílu zůstává v poloze Stůj. Pokud vlak opustí traťový oddíl a nevjede do následujícího, lze předpokládat, že nastala nějaká mimořádná událost (např. vykolejení soupravy a falešnému uvolnění úseku) a následující vlak je tak varován. Systém umožňuje také předávání traťového souhlasu pro protisměrné vlaky podobným způsobem, jako u poloautomatického bloku, i když zde musí být splněny další podmínky (všechna návěstidla ve směru vlaku jsou v poloze Volno, automatický blok funguje v režimu úplné blokové podmínky atd.).

Kolejový obvod – izolovaný souvislý traťový úsek, základní stavební kámen automatických zabezpečovacích zařízení. Kolejový obvod má mnoho funkcí, tou hlavní je umožnit detekci kolejového vozidla, pohybující se v daném úseku.

3 Stručně o historii vývoje zabezpečovacích zařízení

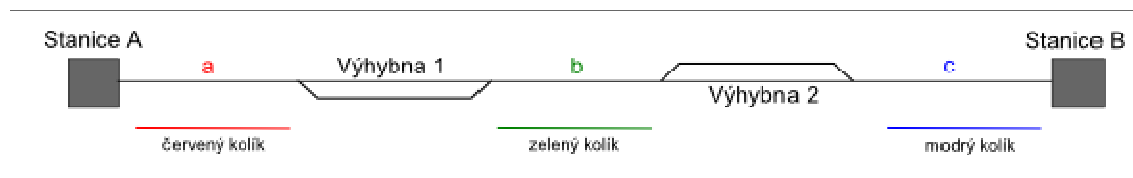
V úplných začátcích rozvoje železniční dopravy byly přepravní rychlosti i hmotnosti jednotlivých vozů nízké. Zdrojem tažné síly byl obvykle člověk nebo spřežení hospodářských zvířat. V případě výskytu překážky na trati bylo možné vůz prakticky okamžitě zastavit. Setkaly-li se dva vozy jedoucí po stejné trati naproti sobě, stačilo, aby jeden z vozů sjel z vyhrazené cesty a objel druhý vůz (obvykle prováděl objížděcí manévr ten vůz, který sjížděl z klesání, případně byl lehčí). Dopravní cesta byla tehdy tvořena udusanou vozovou cestou s rovnoběžnými kamennými deskami, ve kterých byly drážky (Řecko a Římská říše, cca 600 př.n.l.). Kola vozů byla těmito drážkami vedena; vůz tak bylo možné nejen lépe řídit a transportovat větší náklad ve srovnání s tehdejší konvenční dopravou nákladů, ale vůz mohl v případě potřeby kdykoliv trať bez následků opustit [1].

Stoupající přepravní rychlost a hmotnost vozů a jejich souprav znamenala na straně jedné zvýšení rychlosti a kapacity přepravy, ale na straně druhé stoupala závažnost následků a výše škod při případných nehodách. Bylo tudíž nutné zavést nějaká pravidla, která by konkrétním způsobem definovala jednoznačné podmínky bezpečného provozu na dotčených tratích. Od samého začátku byl limitujícím faktorem bezpečnosti provozu na tratích lidský prvek. To nebylo možné brát na lehkou váhu a logicky sílily snahy omezit nebo vyloučit možnost selhání zaměstnanců, řídících provoz na svěřeném úseku tratě, a minimalizovat tak riziko vzniku nehody. Tratě už nespojovaly jen dvě místa, vzdálená od sebe prakticky na dohled, ale jejich délka a nepřehlednost se zvyšovala úměrně s členitostí krajiny, v níž byly položeny; tehdejší brzdné systémy primitivních vlaků byly účinné jen málo a zábrzdná vzdálenost souprav byla obrovská, což v případě kritických situací mívalo tragické následky.

Nejprimitivnějším zabezpečovacím zařízením bylo zavedení jízdního řádu a míst křižování. Vlaky musely dodržovat časy odjezdů, případně nesměly vyjet z bodu křižování s protijedoucím vlakem, dokud vlak z protisměru nedorazil. Nevýhodou ale bylo, že jakékoliv zdržení na trati, způsobené poruchou nebo vnějšími vlivy, se přenášelo na všechny následující spoje a celková časová ztráta pak narůstala.

Dalším příkladem takového zabezpečovacího systému je řízení provozu žezlovým systémem (viz obr. 3-1). Byl velice primitivní, přesto v tehdejších podmínkách na převážně

jednokolejných tratích celkem účinný (viz obr. 3-1). Dodnes je využíván například pro řízení výletních tramvají ve městě Bad Schandau, Německo.



3-1: Zabezpečení trati žezlovým systémem

Strojvedoucí obdržel barevný kolík čili žezlo, který opravňoval ke vjezdu do úseku, jehož barva nebo číslo bylo shodná s barvou či číslem kolíku. Bez něj do úseku vjet nesměl, pokud k tomu nedostal příkaz od odpovědné osoby. Během křižování souprav ve výhybnách si strojvedoucí protijedoucích vlaků vyměnili kolíky pro příslušné úseky. Nevýhody tohoto systému jsou zjevné: velice nízká propustnost trati z důvodu čekání vlaků na protijedoucí spoje ve výhybnách, v daném okamžiku směl být na úseku mezi výhybnami pouze jeden vlak a jeho porucha znamenala obvykle mnohahodinové zastavení provozu na postiženém úseku.

Zvýšení propustnosti tratě přinesly až dvou- a vícekolejné tratě; kromě toho zvyšující se nároky na kapacitu znamenaly stavbu rozsáhlých nádražních kolejišť. Srážky vlaků přímo u nádražních nástupišť s mnoha mrtvými a vysokými škodami na nákladech (tehdejší konstrukce vagonů a lokomotiv rozhodně nebrala v úvahu pasivní a aktivní bezpečnost cestujících i nákladu), jejichž příčinou bylo chybné postavení vlakové cesty přijíždějícímu vlaku do kolizního směru na kolej obsazenou jiným vlakem nebo nemožnost informovat strojvedoucího o překážce na koleji před vlakem nebo stavu vlakové cesty, si vynutily vývoj a nasazení mnohem sofistikovanějších zabezpečovacích a řídicích systémů. Poprvé se zde objevila dálkově ovládaná návěstidla, která srozumitelným způsobem a včas předávala informaci strojvedoucím o stavu následujícího traťového úseku; traťový telefon a telegraf propojil odlehle hlídačské domky na trati se stanicí či mezilehlé stanice, což umožnilo mnohem lépe sledovat polohy vlaků na trati a probíhalo neustálé zdokonalování technických prostředků, umožňujících nouzové zastavení vlaku na trati nebo v obvodu stanice. Zároveň se zde začínaly stále výrazněji uplatňovat principy moderní automatizace a kybernetiky, jejichž cílem bylo zvýšit bezpečnost provozu na stále komplikovanější železniční infrastruktuře a snížit riziko selhání lidského faktoru.

4 Zabezpečovací zařízení obecně

Zabezpečovací zařízení (dále jen ZZ) mají nezastupitelnou úlohu v moderní železniční dopravě. Cestující si při jízdě vlakem ani neuvědomuje, jaká zařízení a systémy zajišťují jeho bezpečné cestování. Zabezpečovací zařízení musí bezchybně udržet správnou polohu pojížděných a odvratných výhybek v nastavené vlakové cestě a jistit jejich pevnou polohu během průjezdu vlaků; musí hlídat a zabezpečit, aby se do jízdni cesty nedostalo žádné jiné vozidlo; nesmí dovolit nastavení kolizních dopravních cest; musí zvyšovat komfort a jednoduchost obsluhy ZZ a v co největší možné míře snížit riziko selhání lidského faktoru při obsluze ZZ [2].

Protože ZZ řídí provoz na tratích v reálném čase, lze jej také považovat za systém řízení technologických procesů v reálném čase. Z hlediska automatizace můžeme kupříkladu kolejiště staničního obvodu vidět jako uzavřenou regulovanou soustavu, kde vstupy a výstupy představují vlaky vjíždějící a vyjíždějící ze stanice a kde poruchy jsou představovány vlivy jako např. poruchy vlaků v obvodu stanice, nefunkčním dálkovým ovládním výhybek či návěstidel apod. a z toho vyplývající nutnost regulačního zásahu ZZ v podobě varování obsluhy, nabídnutí možnosti sestavení alternativní vlakové cesty, zastavení provozu na postiženém úseku atd. Regulovanou veličinou z pohledu takové soustavy je plynulost dopravy; čím větší a komplikovanější staniční obvod, tím komplikovanější jsou regulační pravidla, definovaná závěrovou tabulkou a realizovaná ZZ (viz závěrová tabulka dále v textu).

Proces řízení a rozhodování ZZ je také považován za bezpečnostně kritický. Chyba v řízení či selhání ZZ může vést k závažným následkům v podobě havárie vlaku či poškození traťového svršku; je proto nutné nějakým způsobem zajistit, aby ZZ mělo vždy aktuální a spolehlivé informace z provozu nezávisle na počasí nebo typu použitých prvků. Je rovněž nutné co nejvíce omezit možnost chybného rozhodnutí ZZ na základě selhání některého z prvků, dodávajících ZZ informace z provozu. Obrovský důraz je tedy kladen nejen na správnost funkce ZZ v normálním provozním stavu, ale také na tzv. bezpečnost při poruše, tj. že nesmí dojít ke kritické situaci při poruše ZZ či některé z jeho funkcí či prvků. To se řeší například konstrukcí a nasazením speciálních relé, jejichž kotva při poruše napětí odpadne díky gravitaci, případně návěstidlo se při poruše nebo ztrátě spojení se ZZ samo přestaví do polohy Stůj. Takovéto prvky označujeme jako prvky s vnitřní bezpečností [5], [6].

4.1 Rozdělení zabezpečovacích zařízení dle oblastí

Zabezpečovací zařízení lze rozdělit do několika skupin podle toho, v jaké oblasti působí. Rozlišujeme následující typy [2]:

- staniční zabezpečovací zařízení (SZZ)
- traťová zabezpečovací zařízení (TZZ)
- přejezdová zabezpečovací zařízení (PZZ)
- vlaková zabezpečovací zařízení (VZ)
- zabezpečení a automatizace spádovišť

4.1.1 Staniční zabezpečovací zařízení (SZZ)

Staniční zabezpečovací zařízení působí v obvodu stanice, jinak řečeno dopravní. Dělí se do tří kategorií, daných normou (toto rozdělení platí pro všechny druhy zabezpečovacích zařízení):

- 1. kategorie (hlavní návěstidla nejsou závislá na poloze pojížděných i odvratných výhybek a nejsou vyloučeny současně zakázané vlakové cesty, sem spadají zejména první typy mechanických ZZ, dnes se nepoužívají)
- 2. kategorie (hlavní návěstidla jsou závislá na poloze pojížděných i odvratných výhybek a jsou vyloučeny současně zakázané jízdní cesty, sem lze zahrnout klíčové ZZ se závislostním pravítkem, modernější bubnové ZZ a elektromechanické či reléové ZZ)
- 3. kategorie (hlavní i seřaďovací návěstidla jsou závislá na poloze všech výhybek a na volnosti jízdní cesty a jsou vyloučeny všechny současně zakázané jízdní cesty; sem lze zahrnout všechny elektronické ZZ)

4.1.2 Traťové zabezpečovací zařízení (TZZ)

Traťové zabezpečovací zařízení má za úkol řídit a zabezpečit provoz na širé trati. Musí zamezit jízdě dvou vlaků po stejné koleji naproti sobě (vydáváním traťového souhlasu), ale

musí umět snížit intervaly mezi vlaky, jedoucími po stejné koleji za sebou a dosáhnout tak zvýšení propustnosti tratě. To se realizuje budováním traťových úseků, vybavených poloautomatickým nebo automatickým blokem. Lze je opět dělit do několika kategorií podle stupně zabezpečení jízdy vlaků, které konkrétně v České republice definuje předpis D2 Českých drah. Jsou to:

- 1. kategorie (jízda vlaků mezi jednotlivými dopravami je řízena telefonickým dorozumíváním)
- 2. kategorie (jízda vlaků mezi dopravami je řízena poloautomatickým blokem)
- 3. kategorie (jízda vlaků mezi dopravami je řízena automatickým hradlem nebo blokem)

Kromě toho je možná jízda dle rozhledových poměrů, kterou lze povolit jen za určitých okolností a jsou-li splněny přísné podmínky, umožňující bezpečné provedení takové jízdy (jízda na poloautomatickém nebo automatickém bloku nebo jízda na přivolávací návěst) [2].

4.1.3 Přejezdová zabezpečovací zařízení (PZZ)

Toto zařízení zabezpečuje provoz na úrovňovém křížení pozemní komunikace se železnicí. Lze jej dělit do mnoha kategorií (např. dle ovládání – místně, dálkově či kombinované ovládání). Základní dělení je ale podle způsobu předávání výstrahy účastníkům silniční dopravy – mechanické (závory), opticko-akustické (blikající červená světla a cinkání výstražného zvonku) nebo kombinace obojího (např. závory s výstražným zvonce). Aktivaci PZZ provádí buď obsluha přímo na místě (ovládání závor klikou) nebo dálkově (stiskem tlačítka), nebo se tak děje automaticky (např. vjetím vlaku na kolejový obvod, ovládajícího činnost PZZ či pokynem staničního ZZ).

4.1.4 Vlaková zabezpečovací zařízení (VZZ)

Vlakové zabezpečovací zařízení pomáhá strojvedoucímu vyhodnocovat situaci před vlakem tím, že přímo na jeho stanoviště předává stav nejbližšího návěstidla, nebo usnadňuje

řízení vlaku (automatické vedení vlaku – AVV nebo ARR – automatické řízení rychlosti) a v neposlední řadě automaticky zastavuje vlak v případě indispozice strojvedoucího (kontrola bdělosti strojvedoucího). Přenášení informace o stavu tratě se děje v zásadě třemi způsoby: bodovým přenosem (na určitých místech na trati jsou umístěny komunikační body), liniovým přenosem (přenos probíhá kontinuálně po celém úseku trati, např. přenos kódované informace o stavu návěstidel do lokomotivy) a kombinací obou způsobů.

4.1.5 Zabezpečení a automatizace spádovišť

Spádoviště je speciální seřaďovací kolejiště, kde se sestavují ucelené nákladní vlaky, tvořené několika seřaďovacími kolejovými větvemi, svážným pahrbkem, odkud se spouštějí jednotlivé vagony do spádoviště a kolejovou váhou / brzdou. Zabezpečovací zařízení spádoviště automatizuje a zabezpečuje provoz na kolejišti tak, aby se minimalizoval vliv lidského faktoru. Zařízení dokáže rozpoznat místo určení vagonu, ovládá výhybky spádoviště tak, aby se tvořily ucelené soupravy bez zásahu člověka a zároveň kontroluje váhu vozů a ovládá průjezd vagonů kolejovou brzdou tak, aby vůz najel na konec své soupravy požadovanou rychlostí.

4.2 Rozdělení zabezpečovacích zařízení podle způsobu realizace

To ale není vše, protože ZZ lze dále dělit do skupin podle způsobu jejich realizace. Hranice mezi jednotlivými systémy se v některých případech stírají. Typy jsou následující:

- mechanická
- elektromechanická
- elektrodynamická (obr. 2)
- elektrická (obr. 3)
- elektronická

4.3 Závěrová tabulka

Při návrhu zabezpečovacího zařízení je nutné přesně definovat všechny možné kombinace nastavení všech výhybek, výkolejek a návěstidel v obvodu stanice a z nich vybrat tzv. zakázané cesty, tedy ty kombinace, které by mohly vést ke vzniku nebezpečných situací. Shrnou-li se tyto informace do jediného přehledu, získáme tak závěrovou tabulku, na jejímž základě pak lze vybudovat řídicí logiku ZZ a definovat kritické stavy, jejichž vznik ZZ nesmí dovolit nebo nastanou-li, ZZ musí zajistit, aby jejich vliv na bezpečnost dopravy byl co nejvíce minimalizován. Tyto tabulky se dříve vytvářely ručně, dnes jsou závěrové tabulky generované přímo systémem pro konstrukci topologie kolejišť. Takový softwarový systém má k dispozici všechny potřebné informace (topologii kolejiště, umístění výhybek, návěstidel a přejezdových ZZ), díky čemuž je závěrová tabulka v případě změn projektu stanice automaticky neustále aktualizována.

U starších mechanických systémů byla závěrová tabulka jejich nedílnou součástí a signalista nebo výpravčí, který toto zabezpečovací zařízení obsluhoval, byl povinen při stavění vlakové cesty a jejím závěru se držet právě závěrové tabulky.

Závěrová tabulka (viz obr. 4-3), je tvořena následující dokumentací:

- kompletní schematický nákres stanice včetně všech návěstidel a jejich barevných signálů
- seznam všech vlakových nebo posunovacích cest, které je možné v dané stanici realizovat (s ohledem na dopravní požadavky)
- seznam všech zakázaných vlakových cest

U každého záznamu, popisujícího realizovatelnou vlakovou cestu, je uvedeno:

- Polohy všech výhybek a výkolejek
- Rozsvícené návěstní znaky na návěstidlech (jeden nebo více světelných signálů), případně poloha ramen mechanických návěstidel
- Aktivace přejezdových ZZ v obvodu stanice
- Polohy traťových klíčů tam, kde SZZ přechází v traťové ZZ

Z těchto informací je pak možné sestavit tabulku, obsahující seznam všech zakázaných kombinací vlakových cest typu je-li požadována a nastavena vlaková cesta A, nesmí být možné postavit vlakové cesty D, E a I nebo je-li návěstidlo 3a a 8b v poruše, musí být návěstidla V1 a V2 v poloze Stůj.

ZZ pak provádí kontrolu, zda nedošlo k postavení zakázané cesty, například mechanicky pomocí závislostních pravítek (soubor speciálních kovových lišt se stavítky, používaných u mechanických ZZ, jejichž vzájemné polohy umožnily použití pouze povolených kombinací nastavení příslušných pák nebo otočných ovladačů) nebo elektronicky (odpovídá-li nastavená vlaková cesta závěrovou tabulkou povolenému vzoru a není-li vlaková cesta nebo její část obsazena jiným vlakem, pak řídicí počítač pomocí dálkově ovládaných servomotorů či stavědel sestaví požadovanou cestu).

4.4 Přenos informace o poloze vozidla do ZZ

Aby mohlo ZZ správně vyhodnotit situaci, je nutné mu předat informace jak o nastavení výhybek, tak o obsazenosti jednotlivých kolejí v obvodu ZZ. Zpočátku neexistovala automatická zpětná vazba z terénu do ZZ; zařízení jen umožňovalo obsluhu pasívním způsobem postavit vlakovou cestu podle podmínek definovaných závěrovou tabulkou a konečnou kontrolu, zda není kolej obsazená, musel provést vždy člověk. Že tu byl prostor pro rutinérství a lidský omyl, bylo nabíledni. Automaty se v této oblasti stále výrazněji prosazují zejména od druhé poloviny 20. století, kdy s vynálezem polovodičů a zejména tranzistoru nastává nevídaně prudký rozvoj elektronických systémů, umožňujících implementaci kontrolních procesů, jejichž realizace mechanickou nebo reléovou cestou by do té doby byla příliš komplikovaná nebo drahá. Elektronika samozřejmě má potenciál naprosto změnit zažitě technologické postupy i v železniční dopravě a tak se i děje. Původní elektromechanické systémy ale nejsou zavrhovány, naopak, díky některým vlastnostem mechanických prvků – typicky reléových – jsou tyto stále využívány pro ovládání koncových silových zařízení, například servomotorů výhybkových přestavníků, snímání stavu koncových dorazů na výhybkách nebo spínání nejrůznějších elektrických okruhů tam, kde je nutné zajistit bezpečnost provozu při poruše. Ovšem řídicím a rozhodovacím elementem se staly nyní počítače. Příkladem takového řídicího ZZ je systém ESA11, vyráběný firmou Automatizace železniční dopravy a.s., jehož uspořádání a funkci si rozebereme dále v textu.

V některých starých filmech pro pamětníky bylo možné zahlédnout paní hradlařku. To byl domeček u trati, před domečkem se nalézalo oddílové návěstidlo, tehdy zhusta mechanické závorové, v normované vzdálenosti před tímto návěstidlem proti směru vlaku se nacházela předvěst „Výstraha“, v domečku byl stoleček, na něm drážní telefon a za stolečkem paní s červeným praporkem. Před odjezdem vlaku ze stanice zavolal výpravčí této paní hradlaře a informoval ji, že v tu a tu dobu kolem jejího hradla projede vlak. Paní potvrdila příjem vlakové přihlášky, nastavila návěstidlo do polohy Volno, případně stáhla závory, pokud měla na starosti přejezd, předala informaci o blížícím se vlaku na následující hradlo nebo stanici ve směru jízdy vlaku a čekala, až vlak dorazí. Jakmile vlak projel kolem jejího domečku, paní hradlařka postavila návěstidlo na Stůj a předvěst na signál Výstraha, zapsala čas průjezdu a číslo vlaku do provozní knihy, zvedla závory na přejezdu, ohlásila telefonicky průjezd vlaku následujícímu hradlu nebo stanici a do výpravní stanice ohlásila, že

vlak kolem ní projel. Tímto způsobem se sledovala jízda vlaku. V dnešní době toto sledování vlaku zajišťují automatické prvky, které mohou fungovat zcela nezávisle na ZZ, případně mohou dále předávat informaci o svém stavu. Tyto prostředky pro zjištění obsazenosti konkrétního úseku dělíme na bodové a liniové [2].

Při konstrukci kolejových obvodů a přenosu informací do ZZ se ve velké míře uplatňují zásady sdělovací a automatizační techniky.

4.4.1 Bodové prostředky

Typickým představitelem těchto prostředků jsou počítače náprav (PN). Z názvu vyplývá, že jsou to prostředky, umístěné na začátku a na konci sledovaného úseku trati, které registrují počet náprav, jež projely nad jejich snímacím čidlem. Logika je jednoduchá: kolik náprav vjelo do úseku, tolik náprav z něj opět musí vyjet [4].

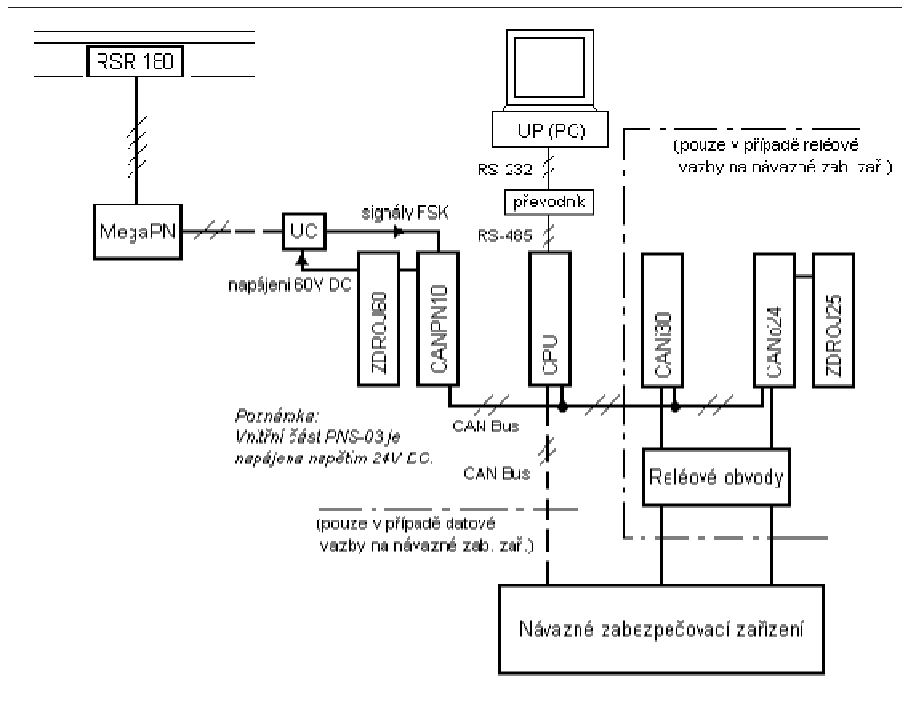
Výhodou počítače náprav je jednak možnost detekce obsazenosti konkrétního kolejového úseku, jednak také možnost určení směru jízdy vlaku. Nevýhodou ale je to, že počítač náprav neumožňuje přenesení stavu návěstidel na vlakový zabezpečovač v lokomotivě.

4.4.1.1 Počítač náprav Frauscher AMC

Obecný popis



4411-1: Pohled na počítač náprav a přípojovací krabici



4411-2: Blokové schéma počítače náprav

Popis schématu (viz obr. 4411-2):

RSR-180: snímač průjezdu kola počítače náprav

Mega-PN: napáječ snímače RSR 180, jeho úkolem je snímat spojitý analogový signál na jeho výstupech a podle jeho napěťové úrovně vysílat analogové signály s odpovídajícími frekvencemi směrem k vyhodnocovací jednotce. Převodník obsahuje dvě funkčně nezávislé části (systémy **A** a **B**). Pro každý systém snímače se generuje vlastní dvojice frekvencí „volno / obsazeno“. Pokud nastane porucha systému snímače nebo systému převodníku, nevysílá se žádná frekvence.

UC: napájecí zdroj snímače

CANPN10: komunikační interface

CPU: procesor vyhodnocovací jednotky

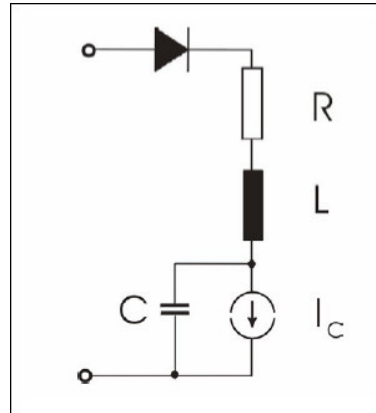
PC: počítač obsluhy

Ze schématu je patrné, že zařízení lze dále připojit na elektronické ZZ a tím dále větvit řídicí logiku zabezpečovacího systému.

Popis funkce čidla po stránce elektrické



4411-3: Vzhled čidla RSR180

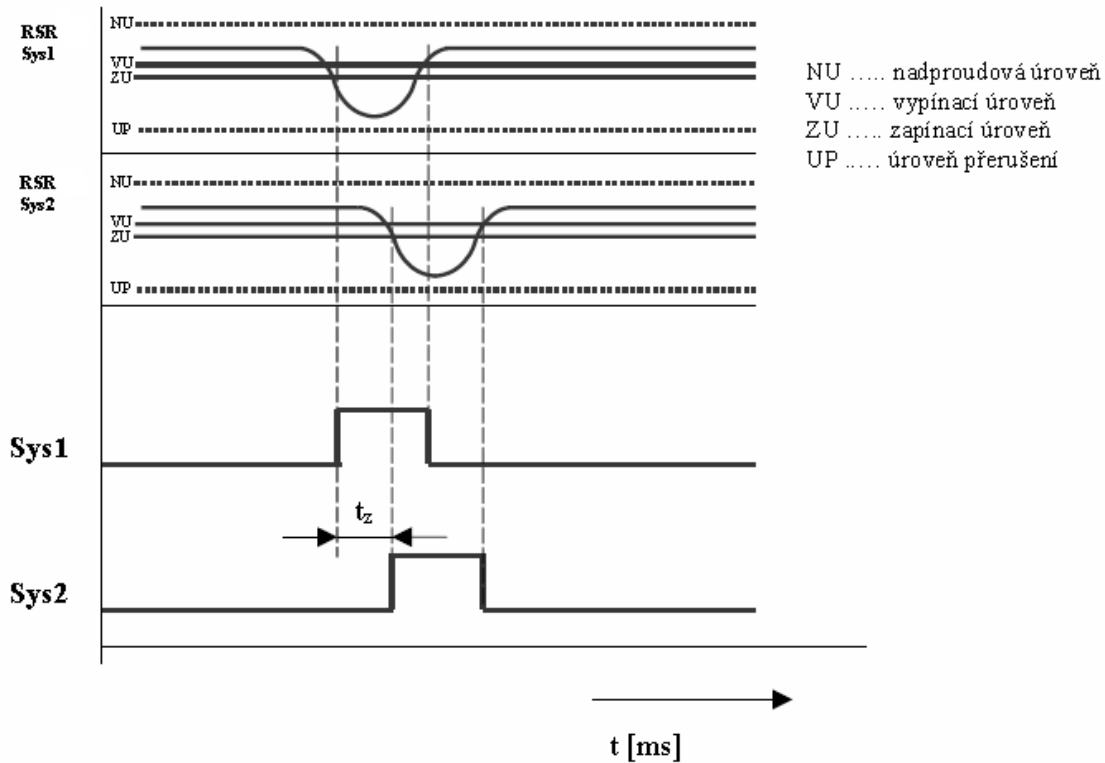


4411-4: Náhradní el. schéma čidla RSR180

Čidlo je složené ze dvou samostatných RLC obvodů, umístěných podél kolejnice a vzdálených od sebe 120 mm, přičemž systém rozpoznává směr jízdy podle toho, který obvod byl ovlivněn jako první. Oba obvody jsou rezonanční, přičemž $f_1 \neq f_2$ a průjezdem kola nad ním jsou obvody rozladěny. Senzor je možné považovat za proudový zdroj, jehož schéma je na obr. Obvod je nastaven tak, že v klidovém stavu jím protéká proud (cca 3,5 – 5 mA). Průjezd kola způsobí výchylku, kterou zachycuje obr. 4411-5.

V okamžiku průjezdu kola nad obvodem dojde ke snížení hodnoty proudu, protékajícího obvodem. Jakmile se kolo vzdálí, vrátí se hodnota proudu zpět na původní úroveň. Elektronika počítače tento pokles vyhodnotí jako impuls (viz signály **Sys1** a **Sys2** v obr. 4411-5). Protože jsou oba obvody od sebe vzdálené 120 mm, je mezi oběma impulzy časové zpoždění T_z . Časový posun T_z lze vyjádřit vzorcem $t_z = \frac{432}{v} [ms]$, kde T_z je doba zpoždění mezi impulzy v ms a v rychlost průjezdu kola nad čidlem v km/h.

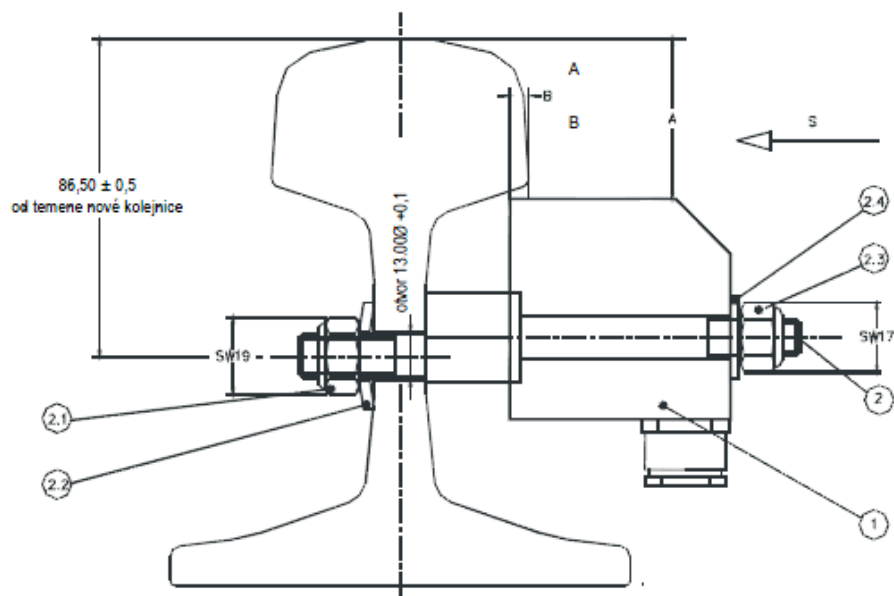
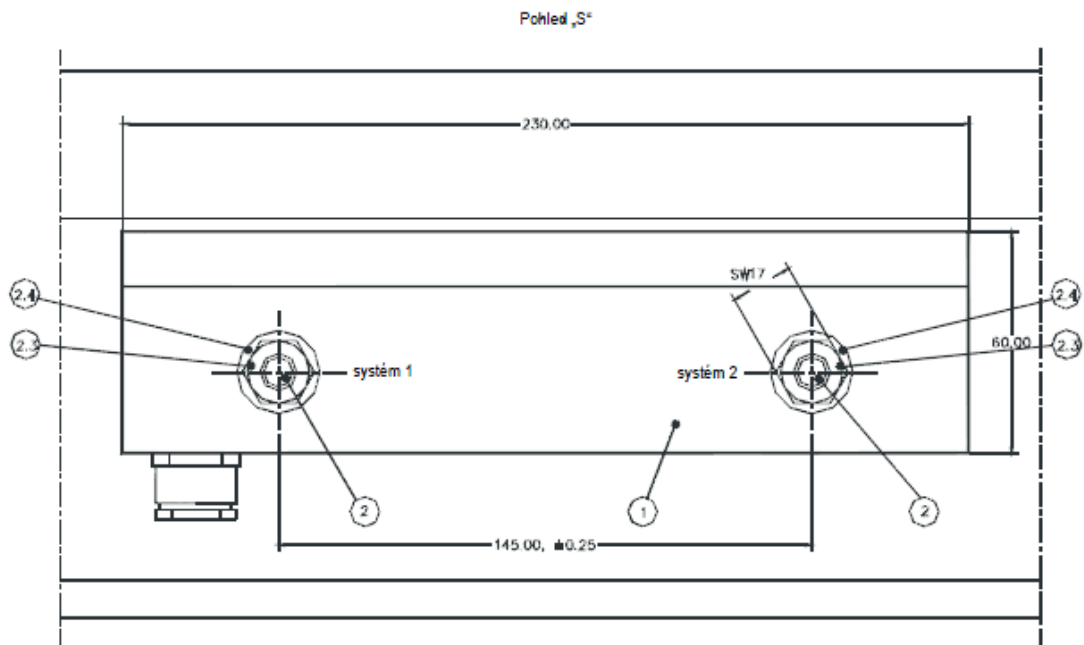
Do elektromagnetického pole snímače zasahuje i kolejnice. Dojde-li k odpadnutí snímače od kolejnice, dojde k trvalému rozladění obvodů, což je indikováno jako porucha. Na velikost proudu mají vliv průjezd kola nad čidlem, vzdálenost čidla od kolejnice (včetně upevňovacími přípravky) a vnitřní nastavení systému.



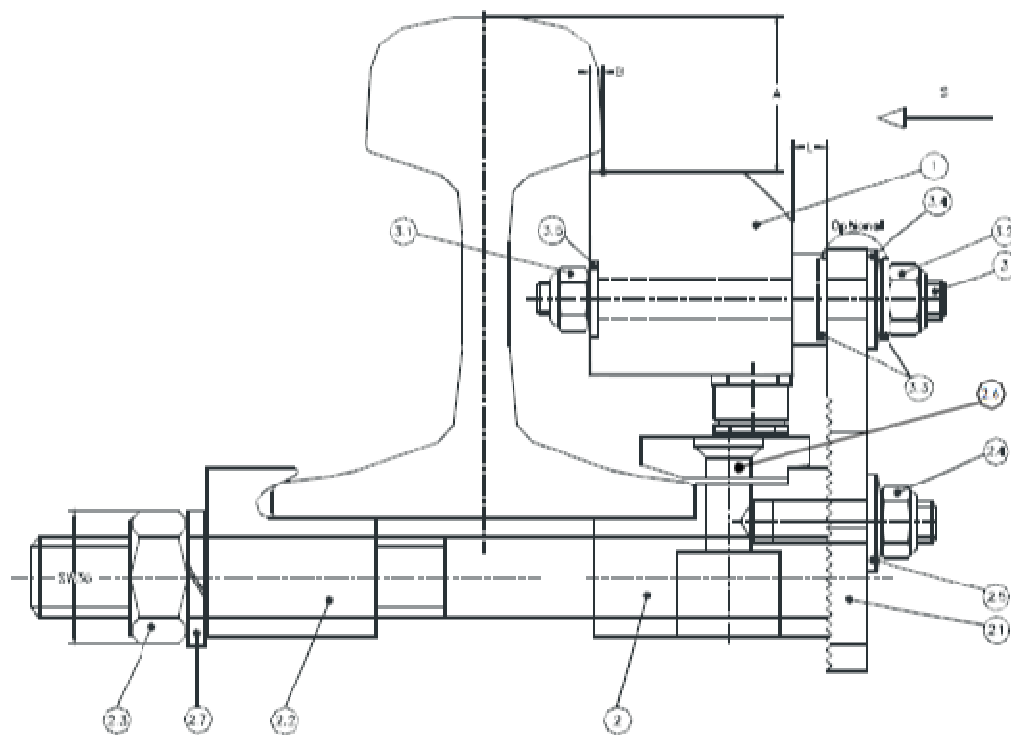
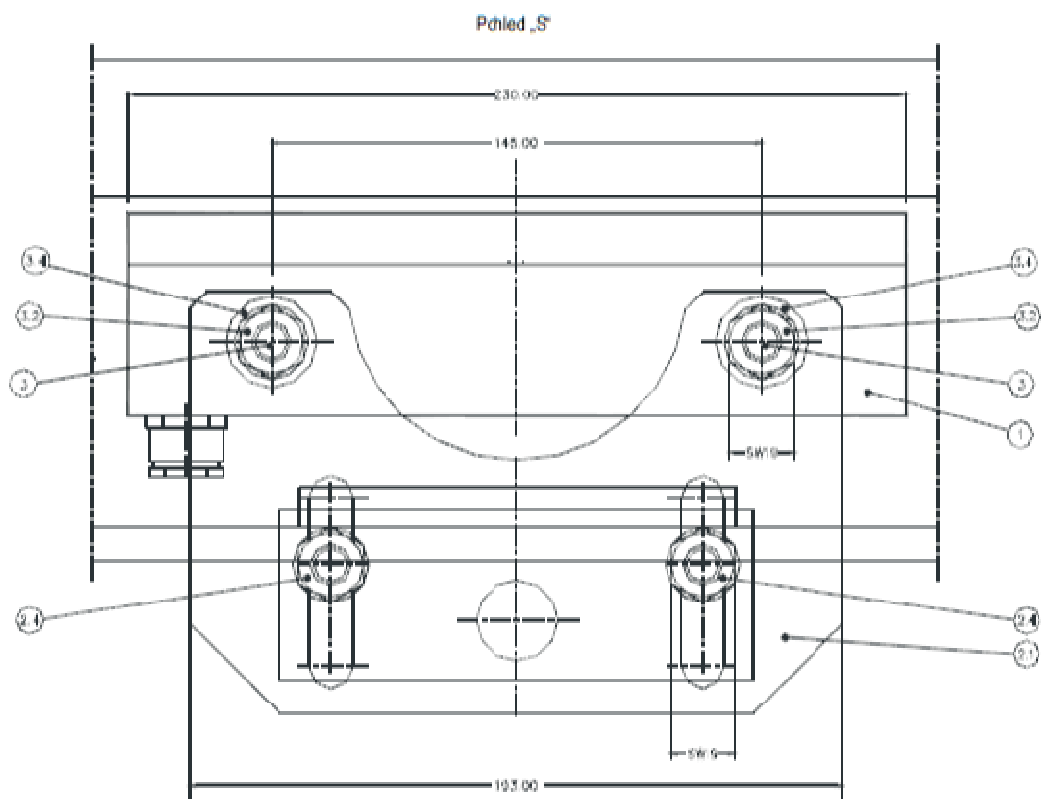
4411-5: Výchylka proudu v závislosti na průjezdu kola

Popis čidla po stránce mechanické

Oba obvody jsou umístěné ve společném pouzdře, přičemž snímací elektronika čidla je zalitá ve zvláštní ochranné kapsli. Pouzdro se umísťuje k vnitřní straně kolejnice a je konstruováno tak, aby jeho montáž ke kolejnici byla co nejjednodušší a umožňovala zvolit montážní postup podle momentálního tvaru či umístění kolejiva. Při montáži je nutné dodržet přesné vzdálenosti od kolejnice či od temena kolejnice, stanovené výrobcem čidla. Obrázky 4411-6 a 4411-7 níže zobrazují dva možné způsoby uchycení čidla na kolejnici.



4411-6: Montážní výkres umístění čidla RSR180 ke kolejnici – stojana kolejnice



4411-7: Montážní výkres umístění čidla RSR180 ke kolejnici – upevňovací souprava

Popis vyhodnocovací části počítače náprav



4411-8: Vyhodnocovací deska počítače náprav



4411-9: Počítač náprav AMC

Signál z čidla je přiveden do vyhodnocovací desky (viz obr. 4411-8), která disponuje mimo jiné zesilovačem signálu a analogově-digitální převodník. Tady je signál zpracován – pokles proudu pod nastavenou úroveň je brán jako průjezd kola nad čidlem. Podle pořadí impulsů je určen směr jízdy kola a počítač podle zapojení v jednom směru počet náprav přičítá a v druhém směru odečítá. Pokud je výpočet roven nule, pak je úsek považován za uvolněný.

Na obr. 4411-9 je vyobrazený počítač v základní konfiguraci pro dva počítací body. Nicméně tento typ počítače umožňuje obsluhu až 15 počítacích bodů v jednom úseku (tedy například sledování jednoho menšího kolejiště před staniční budovou).

Toto řešení má své výhody a nevýhody. Tou hlavní nevýhodou je fakt, že počítač náprav neumožňuje přenášet na lokomotivu stav návěstidel a nedokáže detekovat případné nasazení vozidla na koleje mezi jednotlivými snímacími body. Výhodou tohoto řešení je cena, rychlost montáže a přesnost indikace počtu náprav, čehož lze využívat pro budování samostatně se rozhodujících řídicích celků ZZ.

4.4.2 Liniové prostředky (kolejové obvody)

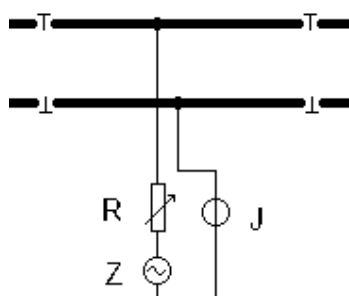
Liniový prostředek neboli kolejový obvod představuje souvislý kolejový úsek, jehož délka je zároveň vyhodnocovanou oblastí. Detekce přítomnosti vozidel probíhá na elektrické bázi. Kromě toho liniové kolejové obvody umožňují přenos stavu návěstidel (ale i dalších informací) na lokomotivu, takže strojvedoucí má přehled o stavu dopravní cesty dlouho dopředu [11].

4.4.2.1 Dva základní typy kolejových obvodů a jejich funkce

Kolejové obvody jsou rozděleny dle zapojení na sériové (viz obr. 4421-1) a paralelní (viz obr. 4421-2). Každý kolejový obvod je složen z kolejového vedení a výstroje, připojené k tomuto vedení. Kolejové vedení je úsekem železničního svršku, kde kolejnice představují jednotlivé vodiče a pražce spolu s kolejovým šterkem jsou izolanty. Kolejnice obvykle mívají délku 15 – 25 metrů a jsou spojené buď spojkami, nebo svárem. Ovšem z elektrického hlediska je styk mezi sousedícími kolejnicemi značně problematický, proto se doplňuje vodivými propojkami. Na stycích kolejnic, které tvoří hranice kolejového obvodu, je použita izolující kolejová spojka, která od sebe elektricky odděluje sousedící kolejové úseky. Vlak, který vjede do oblasti kolejového obvodu, propojí oba pásy kolejnic elektricky vodivými nápravami, čímž dojde ke změně elektrických poměrů v celém kolejovém obvodu. Protože styk kolo-kolejnice může mít značně vysoký odpor vzhledem k ostatním odporům v kolejovém obvodu, nelze hovořit o zkratování kolejového obvodu, ale spíše o jeho šuntování. Součástí kolejového obvodu tvoří zdroj elektrického proudu, nastavitelný odpor R a relé s vnitřní bezpečností J (při přerušení napájení relé rozezne vlivem gravitace). Sériový a paralelní kolejový obvod má své určení v konstrukci dopravní cesty, protože každý typ je vhodný pro odlišné nasazení.

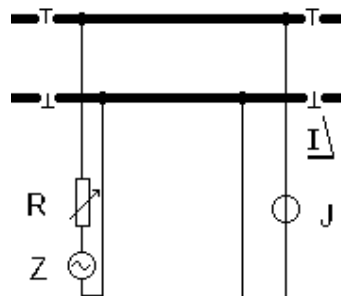
Proud, protékající sériovým kolejovým obvodem v klidovém stavu, je velice nízký (jde jen o svodový proud, protékající mezi kolejnicemi a zemí) a nedokáže přitáhnout kotvu řídicího relé. Jakmile do úseku vjede vlak, jeho nápravy vytvoří vodivý most, resp. šunt, mezi oběma kolejnicemi, proud v obvodu vzroste, v důsledku čehož dojde k přitažení kotvy relé ke

kontaktu a relé sepne. Jakmile vlak úsek opustí, poklesne hodnota elektrického proudu na výchozí úroveň, kotva relé vlivem gravitace odpadne a relé se rozepne.



Z-zdroj
R-nastavovací odpor
J-kolejové relé

4421-1: Sériový kolejový obvod



Z-zdroj
R-nastavovací odpor
J-kolejové relé
I-izolační vložky

4421-2: Paralelní kolejový obvod

Naproti tomu u paralelně zapojeného kolejového obvodu je princip funkce opačný. V klidovém stavu protéká obvodem elektrický proud I , který přitahuje gravitační kotvu relé J o odporu R a to zůstává sepnuté. V případě, že do úseku vjede vlak, pak nápravy vlaku vytvoří šunt o odporu $R_s < R_J$ a proud, protékající relé J se zmenší. To má za následek odpadnutí kotvy relé a jeho rozepnutí.

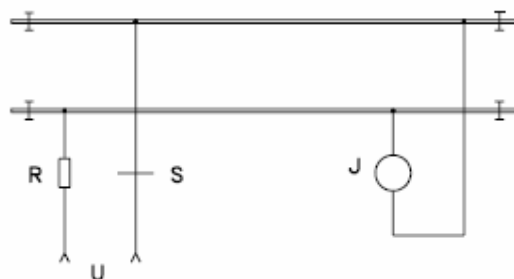
Kolejový obvod musí být navržen tak, aby i v případě jeho selhání nebyl úsek hlášen jako volný. Porucha kolejového obvodu může znamenat dopravní komplikaci, ale nedojde k ohrožení lidí ani majetku. Z tohoto hlediska lépe vyhovuje obvod paralelní a nasazuje se hlavně na mezistaniční úseky tratí. Kolejový obvod přitom poskytuje informaci neustále po dobu trvání stavu, který tuto informaci vyvolal a nezáleží na tom, jakým způsobem byla tato informace vyvolána – například najetím vlaku do úseku nebo nasazením jiného železničního vozidla (šlapací drezíny) na koleje v tomto úseku.

Na druhé straně, při vybavení vlakové cesty (a obdobně i při deaktivaci přejezdového zařízení) musí být zvolen vhodný okamžik, kdy k vybavení smí dojít. Předčasné zrušení závěru (tedy už sestavené vlakové cesty) může být příčinou nehody, protože důležité části vlakové cesty, např. výhybky, už nebudou chráněny vůči neoprávněné nebo mylné manipulaci v době, kdy se na nich ještě nachází vlak. Proto kolejový obvod k tomuto účelu použitý nesmí falešně hlásit příjezd vlaku, tj. že je kolejový úsek obsazen, tedy jeho konstrukce musí být taková, že ani při poruše nebude volná kolej hlášena jako obsazená. Bude-li naopak při

poruše obsazenou kolej hlásit jako volnou, nedojde k ohrožení bezpečnosti vlaku, ale po přejetí vlaku nebude možná manipulace s vlakovou cestou. Proto se pro účely zajištění vlakové cesty hodí kolejový obvod sériový a setkáme se s nimi zejména v obvodech stanic.

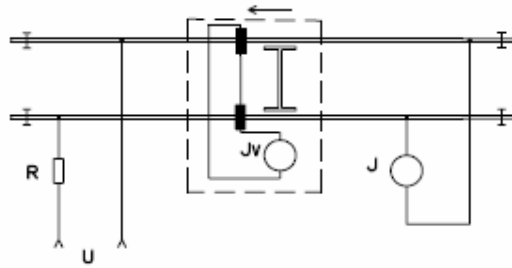
V případě, že se překrývají oblasti působení kolejových obvodů pro zjišťování volnosti úseku a kolejových obvodů pro vybavování vlakové cesty (modernější ZZ), používají se až tři řešení. První řešení spočívá ve využití navazujících paralelních kolejových obvodů a dvojicí nebo i trojicí obvodů určených pro zjišťování volnosti lze nahradit kolejový obvod, určený speciálně pro vybavení vlakové cesty. Je ovšem také možné konstruovat kolejový obvod, který bude na témže kolejovém vedení a při jednom napájení mít jeden výstup s vlastnostmi sériového obvodu a druhý výstup s vlastnostmi paralelního kolejového obvodu. Třetí řešení využívá možnosti superponovat druhý kolejový obvod na téže kolejové vedení při frekvenčním oddělení. Všechna tři řešení se také v praxi využívají.

Rozšíření paralelních obvodů představují impulsní paralelní kolejové obvody (viz obr. 4421-3). Napájení kolejového obvodu je rozšířeno o periodicky spínaný spínač **S**. Přijímač **J** indikuje volnost úseku kmitáním o frekvenci shodné s frekvencí spínače **S**. Jakýkoliv statický stav přijímače **J** indikuje obsazený úsek nebo poruchu.



Obr. 4421-3: Schéma impulsního paralelního kolejového obvodu

Nahradíme-li rytmicky kmitající spínač **S** vysílacím zařízením, můžeme tímto způsobem kódovat do kolejového obvodu informace, potřebné pro funkci vlakového zabezpečovače, například stav návěstidla v kolejovém úseku. Lokomotiva je v takovém případě vybavena indukčním přijímačem **Jv** (viz obr. 4421-4), umístěným před přední nápravou lokomotivy. Snímač se pohybuje směrem ke zdroji informace a jeho parametry musí být sladěné s parametry kolejového obvodu.



Obr. 4421-4: Schéma přijímače vlakového zabezpečovače na lokomotivě

Chceme-li přenést více informací, musíme signální proud kolejového obvodu vhodným způsobem upravit použitím v podstatě jakékoliv vhodné amplitudové, fázové nebo frekvenční modulace. Nosičem informace může být i prostá frekvence klíčování nebo složitější sériový kód. Informace může být do kolejového obvodu vysílána trvale nebo až po obsazení kolejového obvodu vlakem. Komunikační frekvence je u obvodů na širé trati **75 Hz**, u obvodů v oblasti stanice je komunikační frekvence **275 Hz**.

4.4.2.2 *Vedení zpětných elektrických proudů v kolejových obvodech - shrnutí*

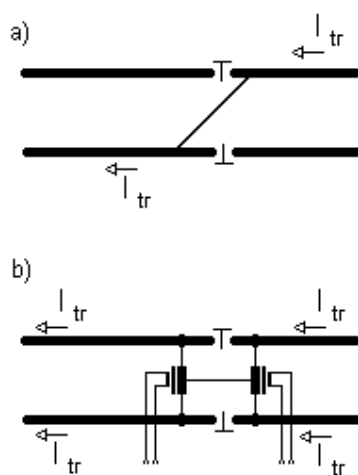
Moderní lokomotivy a jednotky, zejména na elektrifikovaných tratích, jsou zdrojem tzv. zpětných elektrických proudů. Zjednodušeně řečeno platí, že trolej tvoří fázi zdroje střídavého proudu (nebo jeden pól zdroje stejnosměrného), kolej pak tvoří nulový vodič střídavého zdroje proudu (nebo uzemnění u zdroje stejnosměrného) a mezi ně je vložen spotřebič v podobě lokomotivy. Proud pro pohon lokomotivy je odebírán z troleje a zpět ke zdroji se vrací kolejí. Na síti SŽDC se používají tři napájecí trakční soustavy: **25 kV 50Hz, 3 kV SS a 1.5 kV SS**.

Regulace výkonu moderních hnacích vozidel je elektronická (tyristorová nebo pomocí prvků IGBT, například) a pohon těchto vozidel stále častěji obstarávají asynchronní elektromotory. Tak či onak, regulace, případně asynchronní motor, je zdrojem silného rušení a vyšších harmonických, které mohou interferovat s komunikačními kmitočty kolejových obvodů a za jistých okolností negativně působit na jejich činnost.

Rovněž elektrické topné systémy využívají kolej jako druhý vodič pro napájení topnic ve vagónech. Na lokomotivě je umístěn topný alternátor s AC/DC měničem, poháněný buď hlavním motorgenerátorem, nebo vlastním spalovacím motorem, jehož výstup vede jednak

do elektrického topného kabelu, procházejícího vozy v soupravě, jednak přes vodivé nápravy lokomotivy do koleje. Napájecí okruh je uzavřen a topení může fungovat.

Jak už bylo uvedeno výše, každý kolejový obvod je od sousedních izolován. Přesto je nutné zajistit, aby zpětné proudy procházely bez omezení přes hranice kolejových obvodů. Konstrukčně se to řeší montáží spojek či transformátorů (viz obr. 4422-1). Vede-li se zpětný trakční nebo topný proud jen jednou kolejnicí, pak se jedná o jednopásový obvod (viz obr. 4422-1a). Na obr. 4422-1b je zobrazen princip dvoupásového kolejového obvodu (průtok trakčního proudu je vyznačen šipkami). Trakční proud teče kolejovým obvodem oběma kolejnicemi ve stejném směru od lokomotivy ke zdroji. Bude-li velikost trakčního proudu v obou kolejnicích stejná, budou se účinky se na obou půlkách kolejového vinutí stykového transformátoru **ST** kompenzovat a nebudou tak působit na sekundární vinutí, kam je připojena výstroj napájecího nebo reléového konce kolejového obvodu. Propojkami p mezi středy kolejových vinutí sousedících stykových transformátorů pak protéká celkový trakční proud do sousedního kolejového obvodu, kde se na tamním stykovém transformátoru opět rozděluje do obou kolejnic. Tento systém lze použít pro jakoukoliv trakční soustavu (stejnoseměrnou, střídavou). Kolejová vinutí a magnetické obvody stykových transformátorů musí být patřičně dimenzovány vzhledem k velkým hodnotám trakčního proudu.

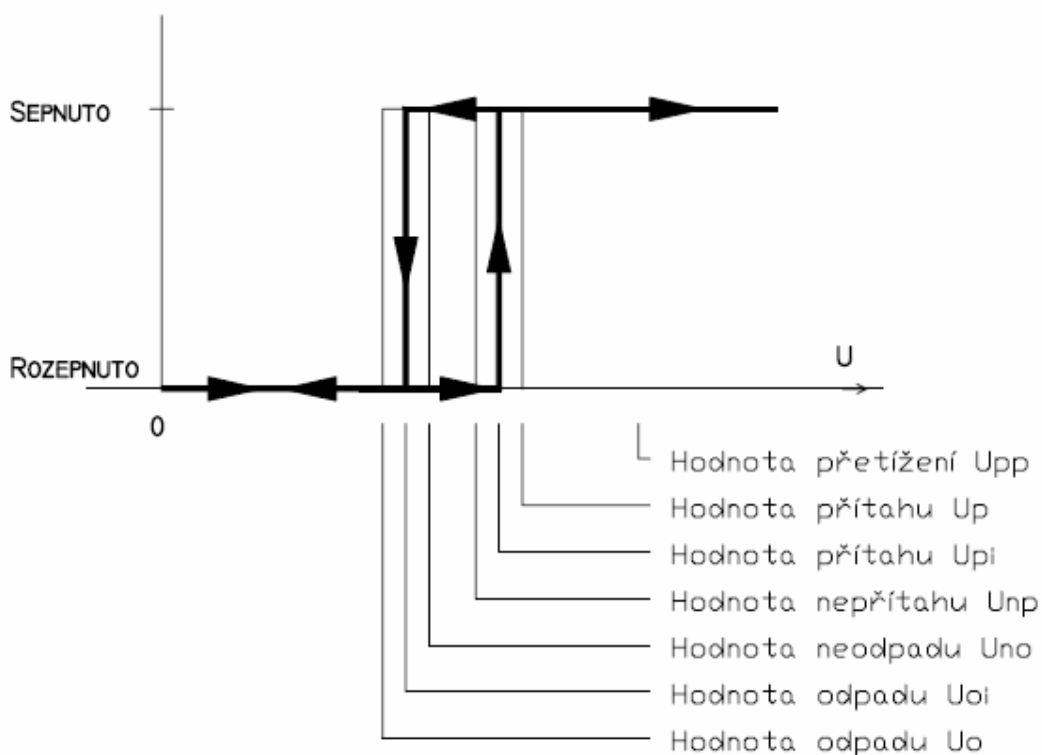


4422-1: Vedení zpětných proudů v kolejových obvodech; a) kosá spojka u jednopásových KO, b) oddělovací transformátory s propojenými středy vinutí u dvoupásových KO

pod projíždějícím vlakem. Jak už bylo zmíněno výše, musí relé protékat stálý elektrický proud, tedy relé musí být sepnuto, aby hlásilo volný úsek. Těmto podmínkám vyhovuje paralelní kolejový obvod (viz kapitola 4.4.2.1). Jakmile do tohoto obvodu vjede vlak, jeho nápravy s nižším odporem šuntují kolejový obvod a relé odpadne, tedy úsek je hlášen jako obsazený. Nastane-li porucha (například přerušeni napájení), relé opět odpadne, což sice znamená falešné hlášení obsazeného úseku, ale z hlediska bezpečnosti je to varování, že se na úseku něco děje a vlak má návěstidlem zakázán vjezd do porouchaného úseku, případně nelze do tohoto úseku postavit vlakovou cestu.

Kotva relé musí vždy odpadnout, dojde-li k přerušeni buzení relé. Proto je kotva konstruována tak, aby v takovém případě odpadla vlastní vahou. Taková relé mají speciální konstrukci (kontakty, u kterých je utlumeno jiskření při sepnutí, případně jejich spékání) a jsou velice robustní. Relé se podle provedení dělí do tří skupin:

- a) relé I. bezpečnostní třídy
- b) relé II. bezpečnostní třídy
- c) ostatní relé bez bezpečnostních podmínek



5-1: Spínací charakteristika relé

Všechna relé pro zabezpečovací techniku musí mít zaručené technické parametry, například minimální tlak v kontaktech, maximální přechodové odpory kontaktů, minimální velikost mezery mezi rozevřenými kontakty, dostatečnou životnost kontaktů, potřebný izolační odpor atd. Bezpečnostní relé musí mít navíc zaručený minimální poměr proudu odpadu a přitahu kotvy. Všechna kontaktní páry v relé musí být vzájemně mechanicky propojená tak, aby bylo zaručeno, že při sepnutí i jediného spínacího kontaktu jsou všechny rozpínací kontakty rozepnuty a naopak. Obrázek 5-1 ukazuje spínací charakteristiku neutrálního relé. Při zvyšování napětí na relé od nuly dojde při napětí U_{PI} k přitažení kotvy a sepnutí kontaktů. Napětí vyšší než U_P se považuje za přetížení relé. K odpadu kotvy a rozpojení kontaktů pak dojde při poklesu napětí pod hodnotu U_{OI} . Každé relé má tyto hodnoty mírně odlišné a je nutno s tím při jeho implementaci počítat [11].

U relé I. bezpečnostní třídy musí kotva při proudu menším, než proud odpadu, bezpečně odpašnout vlastní vahou (i při případném spečení kontaktů), proto je kotva doplněna ještě přídatným závažím. U relé II. třídy bezpečnosti je k tomuto účelu povoleno využít síly pružin. Ostatní relé, splňující pouze základní požadavky, lze použít pouze tam, kde nemohou mít vliv na bezpečnost dopravy. Při výskytu poruch nesmí dojít k ohrožení bezpečnosti dopravy na příslušném kolejovém úseku.

Poruchy, ohrožující dopravu, jsou tyto:

- falešné hlášení volnosti kolejového úseku nebo výhybkové výměny
- samovolné, nechtěné nebo předčasné přestavení výměny výhybky
- nesprávná indikace polohy výměn a stavu návěstidel
- nesprávná indikace traťového či jiného souhlasu

Existují další požadavky na zapojování obvodů v zabezpečovací technice. Například odpojením kteréhokoli zástrčkového prvku nesmí být došlo k ohrožení bezpečnosti. V obvodech, které mají vliv na bezpečnost dopravy, se musí používat pouze prvky 1. třídy bezpečnosti. Je-li požadováno nasazení relé II. třídy bezpečnosti, pak musí být konstrukčně ošetřena kontrola přitahu i odpadu kotvy další funkční částí zapojení obvodu. Indikátory a příkazové prvky, které sdělují informace z hlediska bezpečnosti dopravy povolující a důležité, musí být konstrukčně pojaty jako obvody napájené stálým proudem. Relé podpěrná (se dvěma kontaktními systémy, vázanými mechanickou vazbou) nesmí být použity jako

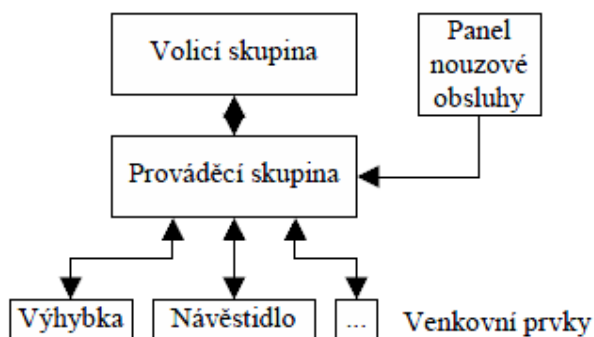
kontrolní obvody. Kapacita použitých komunikačních a napájecích kabelů se nesmí projevat na správné a bezpečné funkci zabezpečovacích zařízení. Závada na venkovním zařízení musí být neprodleně rozpoznána a indikována. Všechny obvody mezi zařízení v řídicí místnosti a díly v kolejišti (přestavníky, návěstidly apod.) musí být provedeny izolačně, bez uzemnění. Ztráta napětí v síti nebo krátkodobé přerušení napájení některého obvodu se nesmí projevit jako provozně příznivější stav (např. závěr postavené vlakové cesty apod.).

6 Reléový zabezpečovací systém AŽD 71

Reléová zabezpečovací zařízení přinesla značné zvýšení komfortu obsluhy a bezpečnosti provozu implementací pokročilé řídicí logiky, která pracovala na základě vyhodnocení informací z provozu. Jde o zařízení 2. kategorie. Zařízení má blokové provedení a všechny závislosti jsou řešeny elektricky. Kontrola obsazenosti kolejových úseků se provádí pomocí kolejových obvodů. Výměny výhybek a výkolejky je řešeno elektromotorickými přestavníky, ovládanými z centrálního řídicího pultu ZZ. Zařízení může mít více podřízených pultů, tzv. stavědel, pokud to vyžadují místní podmínky (např. rozsáhlé kolejiště). Mohou být používány i pomocná stavědla, umístěná přímo v kolejišti, zejména v případě rozsáhlých seřaďovacích nádraží. Systém AŽD 71 může fungovat autonomně, ale je také možné ho celkem snadno napojit na elektronické stavědlo s příslušným rozhraním pro reléové ZZ. Systém AŽD 71 se speciálními úpravami je používán pro řízení provozu pražského metra, ale funguje například i ve stanicích Zliv nebo Dívčice (trať 190 České Budějovice – Strakonice) [12].

Zabezpečovací zařízení je možné ovládat z ústředního stavědla, kde na řídicím stanovišti je umístěn řídicí stůl (v malých a středních stanicích) nebo ovládací stůl a kontrolní skříň, pokud by byl řídicí stůl příliš velký (velké stanice s komplikovanou sítí kolejí). Ovládací a indikační prvky jsou umístěny na panelu řídicího stolu. V případě velkých stanic jsou indikační prvky na samostatné nosné konstrukci, na řídicím panelu ovládacího stolu jsou pouze ovládací prvky. Ve skříni s pomocnými tlačítky jsou umístěny nouzové ovládací prvky (tlačítka pro nouzové přestavování výměn a pro nouzové uvolnění izolovaných úseků). Podle velikosti stanice a potřeb provozu může být ovládacích stanovišť více, přičemž je možné mezi nimi přepínat.

6.1 Základní schéma systému AŽD 71



61-1: Základní schéma reléového ZZ

Blok volící skupiny představuje řídicí a indikační panel. Zde obsluha zadává příkazy k sestavení vlakové cesty a kontroluje stav všech prvků v obvodu stanice, důležitých pro provoz. Prováděcí skupina je samotné reléové řídicí jádro zabezpečovacího zařízení, které obsahuje řídicí logiku a zabezpečuje samotnou interpretaci příkazů obsluhy do provozu. Tady se řídí a sledují přestavování výměn výhybek, ovládají se návěstidla, aktivují se přejezdová zabezpečovací zařízení na základě indikací stavů kolejových obvodů. Prováděcí skupina je umístěna v tzv. stavědlové ústředně. Panel nouzové obsluhy pak zajišťuje nouzové ovládání zabezpečovacího zařízení v případě mimořádných událostí (výpadek napájení hlavního ZZ apod.).

6.2 Dělení reléových ZZ

Reléová ZZ se dělí do několika skupin podle toho, jakým způsobem staví vlakovou cestu a způsobu volby cesty. Rozlišujeme následující základní skupiny:

- a) Podle přestavování výměn
 - Výměny přestavované jednotlivě, kdy je potřeba pomocí řadiče nastavit výhybky vjezdové i výjezdové jednu po druhé ve vlakové cestě do požadované polohy a pak stiskem tlačítka provést závěr vlakové cesty
 - Výměny přestavované skupinově, kde se výměny nastavují automaticky dle zvolené vlakové cesty

b) Podle způsobu volby cesty

- Dvoutlačítkový systém, kdy obsluha stiskne tlačítko na začátku a konci vlakové cesty na řídicím reliéfu kolejiště a všechny výměny se nastaví automaticky
- Číslicový systém, kdy každý prvek v kolejišti má přiřazený trojmístný číselný kód a postavení vlakové cesty pak probíhá zadáním čísla počátečního a koncového prvku vlakové cesty, případně ještě zadáním dalších číselných kódů variantních bodů, pokud je třeba upřesnit směr nebo vedení vlakové cesty

6.3 Popis ovládání RZZ

Obsluha staví vlakovou cestu tak, že na řídicím panelu s reliéfem kolejiště stiskne tlačítko počátku vlakové cesty, která obvykle začíná u vjezdového návěstidla a konce vlakové cesty, které je reprezentováno dalším tlačítkem. Zabezpečovací zařízení pak automaticky dle závěrové tabulky přestaví všechny výhybky ve vlakové cestě. Jakmile ZZ obdrží indikaci, že všechny výhybky byly přestaveny dle požadavku (řešeno koncovými reléovými spínači na výhybce, případně detektory polohy výměny), provede závěr vlakové cesty a nastaví vjezdové návěstidlo pro příjíždějící vlak na polohu Volno. Vlaková cesta se automaticky uvolňuje podle toho, jak jí vlak postupně projíždí.

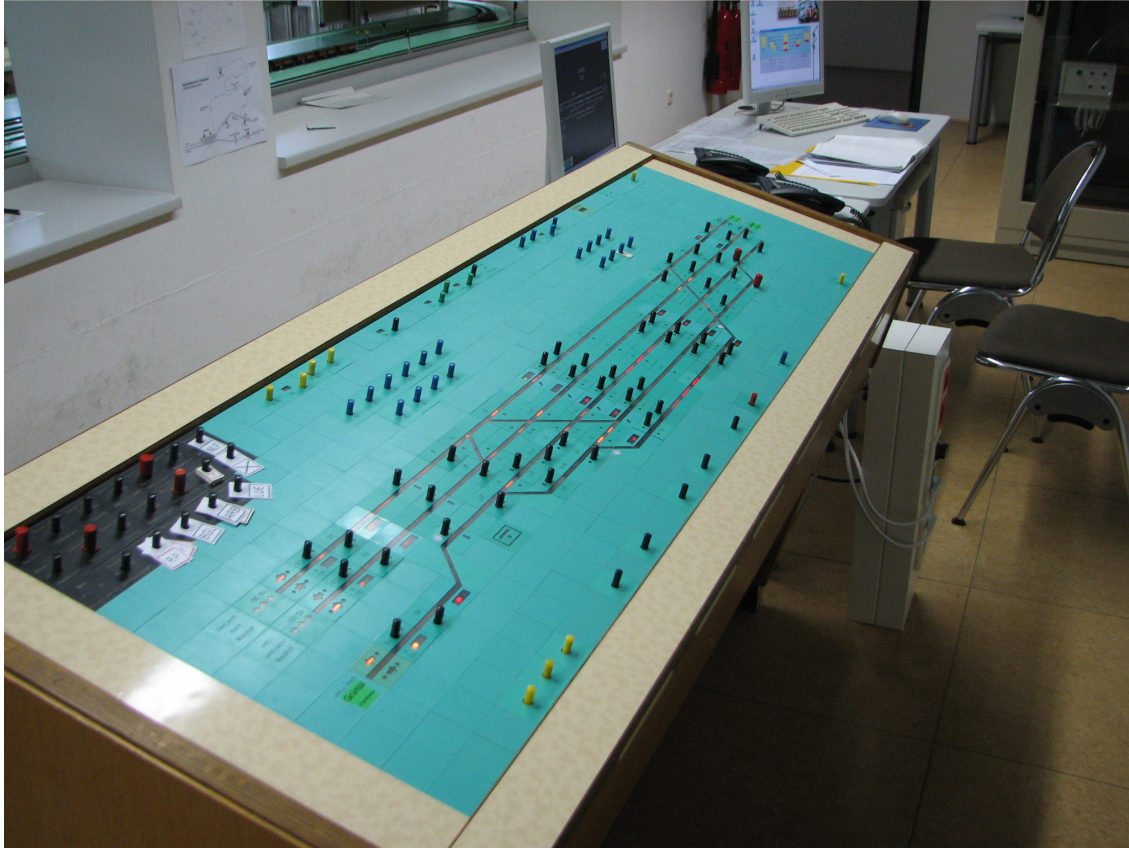
Jedná-li se o systém s výměnami přestavovanými jednotlivě, pak musí obsluha buď samostatnými třípolohovými přepínači, tzv. řadiči, pro každou výhybku ručně nastavit polohy všech výhybkových výměn v předpokládané vlakové cestě. Potom stiskne tlačítko závěru a pokud jsou indikátory všech výhybek v požadovaném stavu, dojde k závěru vlakové cesty a postavení vjezdového návěstidla do polohy Volno. Uvolnění vlakové cesty probíhá opět postupně podle průjezdu vlaku.

V případě číslicového ovládání RZZ obsluha ovládá ZZ shodně s dvoutlačítkovým systémem, jen s tím rozdílem, že zadává vlakovou cestu formou příkazů „od bodu č. 110 do bodu č. 120 přes body č. 115 a č. 117“. Zabezpečovací zařízení pak postaví vlakovou cestu dle zadaných příkazů.

Polohy všech výhybek a stavy kolejových úseků a návěstidel jsou vždy signalizovány na kontrolním panelu.

6.4 Přehled a význam kontrolních světel na panelu RZZ

Polohy všech výhybek a stavy kolejových úseků a návěstidel jsou vždy signalizovány na řídicím, resp. kontrolním panelu (viz obr. 64-1).



64-1: Ovládací panel reléového zabezpečovacího zařízení
(Technická univerzita v Drážďanech, dopravní laboratoř)

Indikace vjezdového návěstidla	Stav návěstidla
svítí stálé červené světlo	Svítí návěst Stůj (červené světlo)
svítí stálé žluté světlo	Svítí návěst Výstraha (horní žluté světlo)
svítí stálé zelené světlo	Svítí návěst Volno (zelené světlo)
svítí stálé zelené světlo v pruhu	Na návěstidle svítí některý rychlostní pruh
svítí přerušované bílé světlo	Svítí návěst Přivolávací návěst (blikající bílé světlo)
svítí přerušované zelené světlo	Nesvítí žádná návěst

Indikace předvěsti	Stav návěstidla
nesvítí žádné světlo	Svítí návěst Výstraha (žluté světlo)
svítí stálé zelené světlo	Svítí jiná návěst než Výstraha
svítí přerušované zelené světlo	Nesvítí žádná návěst

Indikace předvěsti	Stav návěstidla
nesvítí žádné světlo	Svítí návěst Výstraha (žluté světlo)
svítí stálé zelené světlo	Svítí jiná návěst než Výstraha
svítí přerušované zelené světlo	Nesvítí žádná návěst

indikace odjezdového (cestového) návěstidla	Stav návěstidla
nesvítí žádné světlo	Svítí návěst Stůj (červené světlo)
svítí stálé žluté světlo	Svítí návěst Výstraha (horní žluté světlo)
svítí stálé zelené světlo	Svítí návěst Volno (zelené světlo)
svítí přerušované zelené světlo	Nesvítí žádná návěst
svítí stálé bílé světlo	Svítí návěst Posun povolen (svítící bílé světlo)
svítí přerušované bílé světlo	Svítí návěst Přivolávací návěst (blikající bílé světlo)

Indikace seřadovacího návěstidla	Stav návěstidla
nesvítí žádné světlo	Svítí návěst Posun zakázán (modré světlo)
svítí stálé bílé světlo	Svítí návěst Posun povolen (bílé světlo)
svítí přerušované bílé světlo	Nesvítí žádná návěst

Pro každou výhybku (případně logickou dvojici) je zřízen řadič (třípolohový přepínač). V základní poloze řadiče je výhybka přestavována automaticky zabezpečovacím systémem dle navolené cesty. Zbývající dvě krajní polohy pak slouží pro přestavení výhybky do základní polohy nebo polohy k ní opačné. U každého řadiče pro přestavování výhybkových výměn trojice kontrolních žárovek: zelené světlo signalizuje základní polohu výhybky, žluté polohu opačnou a červená žárovka pak indikuje ztrátu kontroly nad polohou výhybky [12].

7 Elektronický zabezpečovací systém ESA 11



7-1: Dispečerské stanoviště zabezpečovacího systému ESA 11 v Českých BUDĚJOVICÍCH

Elektronické stavědlo obecně je prozatím nejvyšší úrovní zabezpečovacího systému, opírající se o moderní výpočetní techniku a nejnovější poznatky v oboru sdělovací techniky, automatizace a kybernetiky. Elektronické stavědlo obecně umožňuje obsluze interagovat s provozem na kolejišti pomocí grafického rozhraní jednotného vzhledu – JOP (jednotné obslužné pracoviště, obr. 7-1). Elektronický systém je velice variabilní a umožňuje nasazení široké škály funkcí, které neslouží jen k řízení provozu, ale například i k automatickému ovládání hlášení staničního rozhlasu na základě identifikace přijíždějícího vlaku. Dispečer předává stavědlu své příkazy klikáním myši; logika stavění vlakové cesty je shodná s reléovým ZZ s dvoutlačítkovým ovládáním. Dispečer klikne myší na počátek a konec požadované vlakové cesty a stavědlo samo se ve spolupráci s reléovým výkonným a indikačním systémem postará o vše ostatní. U elektronického stavědla je kladen velký důraz i na stav kolejových úseků; nelze postavit vlakovou cestu na obsazený kolejový úsek.

Počítačový systém umožňuje také předprogramování vlakových cest pro několik příštích vlaků. Takto naprogramované vlakové cesty jsou uloženy do zásobníku a sekvenčně se pak realizují v závislosti na průjezdech zmíněných vlaků. Všechny rozhodovací a řídicí prvky tohoto elektronického systému jsou několikanásobně jištěny a rozhodování probíhá formou dva ze dvou, nebo dva ze tří.

Na síti Českých drah existuje několik typů elektronických stavědel od různých firem. Firma AŽD a.s. dodává zabezpečovací systém ESA 11 nejen Českým drahám, resp. Správě železniční dopravní cesty, ale i zahraničním správcům kolejových cest. Protože se jedná o firmu s dlouholetou tradicí v oblasti zabezpečovacích systémů, budu se věnovat právě elektronickému stavědlu ESA 11 [12].

7.1 Obecné informace o systému ESA 11

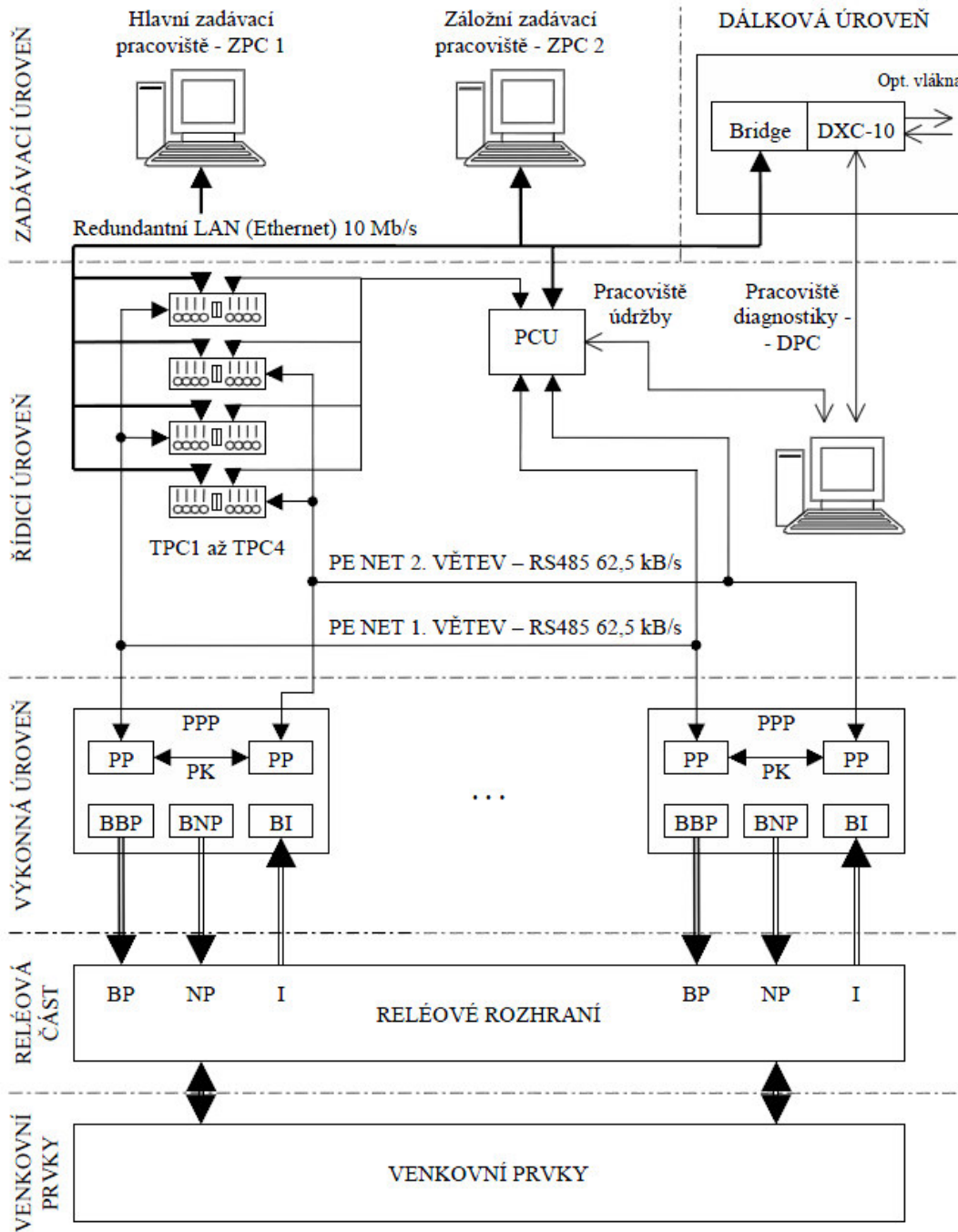
Elektronické stavědlo ESA 11 je staničním zabezpečovacím zařízením 3. kategorie podle TN 34 2620, komunikující s venkovními prvky pomocí reléového rozhraní. Počítačové jádro vykonává téměř všechny logické funkce stavědla. Relé zde fungují jako spolehlivé spínače žárovek v návěstidlech, motorů přestavníků, kolejových obvodů, pomocných stavědel, elektromagnetických zámků a dalším podřízeným reléovým zařízením. Stavědlo ESA 11 navazuje na typ stavědla SZZ-ETS a SZZ-ETB, který byl vyvinut dříve a uveden do ověřování v provozu v posledním desetiletí. ESA 11 má se stavědlem typu SZZ-ETB shodnou počítačovou část a také do značné míry část reléovou. Funkční vlastnosti stavědla ESA 11 odpovídají předpisům D1, D2 ČD, základním technickým požadavkům na jednotné obslužné pracoviště (JOP), základním technickým požadavkům na dálkové ovládání a další dokumentaci ČD. Stavědlo také plně respektuje existenci místních zvláštností železničních stanic ČD, jakými jsou například výhybky ve staničních kolejích, výhybky vybavené kolejovými obvody s nešuntující větví, jednoúsekové posunové cesty přes jediný kolejový obvod atd.

Jeden systém ESA 11 umožňuje ovládání kolejiště s až 250 výhybkami; to však je jen přibližný údaj, protože maximální počet výhybek pod kontrolou ZZ závisí například na konfiguraci kolejiště, počtu návěstěných rychlostních stupňů, počtu přejezdových ZZ v oblasti působení ZZ atd.). Ovládaná oblast ovšem nemusí mít nutně charakter jediné železniční stanice, ale může být rozšířena na více stanic, odboček, nákladišť atd. Kromě toho je stavědlo schopné zajistit i funkce traťového a přejezdového zabezpečovacího zařízení.

Staniční obvod s větším rozsahem lze zabezpečit pomocí dvou nebo více zařízení ESA 11, případně kombinacemi ESA 11 a SZZ-ETB, přičemž obsluha může být soustředěna díky dálkovému ovládní typu DOZ AŽD 1 do jediného obslužného místa, a to bez jakýchkoliv funkčních omezení. Systém ESA 11 podporuje díky schopnosti zobrazovat nejen polohu vlaků, ale i jejich identifikační čísla připojení k dálkovému ovládní DOZ AŽD 1 nebo přímé propojení s dalšími řídicími a informačními počítačovými systémy ČD, například s ISOŘ (Informační systém operativního řízení), CEVIS (Centrální vozový informační systém) atd. Tato propojení lze také uskutečnit prostřednictvím DOZ AŽD.

Počítačové jádro také disponuje pokročilou diagnostikou, která je nedílnou součástí každého systému ESA 11. Součástí diagnostiky je archív událostí a akcí obsluhy, pomocí kterého lze zpětně kontrolovat a analyzovat činnost zařízení i obsluhy. Archív také slouží k diagnostikám poruch a vyhledávání vadných částí systému. Tuto diagnostiku lze doplnit měřicí částí podle požadavků uživatele.

7.2 Blokové schéma systému ESA 11



72-1: Blokové schéma částí systému ESA 11
(AŽD a.s.)

Ze schématu je patrné, že systém se skládá z řídicí úrovně, zadávací úrovně, dálkové úrovně, výkonné úrovně, reléového rozhraní a rozhraní k vlakovému zabezpečovači. Součástí systému je i technická diagnostika a napájení systému a reléových prvků.

Po programové stránce je systém s ohledem na dosažení co nejvyšší odolnosti proti selhání řešen tak, že rozhodování a realizace řídicích pokynů je prováděna systémem dva ze dvou. Cituji:

„V programu lze odlišit část všeobecnou, zabývající se vlastními mechanismy činností, které probíhají v počítačové síti stavědla a v jednotlivých PC, část aplikační, popisující zásady činnosti stavědla u ČD, a část adresnou, mající přímý vztah ke konfiguraci kolejíště a s ním spojeným zabezpečovacím zařízením v konkrétní ovládané oblasti. V adresné části se využívá vhodné kombinace dvou základních principů vyhledávání prvků, jichž se týká zamýšlená operace, například stavění určité vlakové cesty. První princip je založen na vyhledávání podle tzv. stromu, tj. souboru, který popisuje konfiguraci venkovních prvků zabezpečovacího zařízení v kolejíšti a umožňuje pro každou zamýšlenou operaci vždy znovu před jejím zahájením vyhledat relevantní prvky. Druhý princip je založený na tabulce, v níž je pevně uveden výčet dotčených prvků pro každou možnou operaci.

Koncepce bezpečnosti je založena na dvojnásobném zpracování dat ve dvou počítačových větvích podle dvou různých a nezávislých programů a na neustálých komparacích aktuálních dat mezi oběma aktivními TPC se zajištěným přechodem do bezpečnějšího stavu při neshodách.“ Konec citace. Jinak řečeno – schůdnost každé operace stavědla je překontrolována dvěma různými způsoby a je provedena pouze tehdy, naleznou-li oba způsoby shodné řešení.

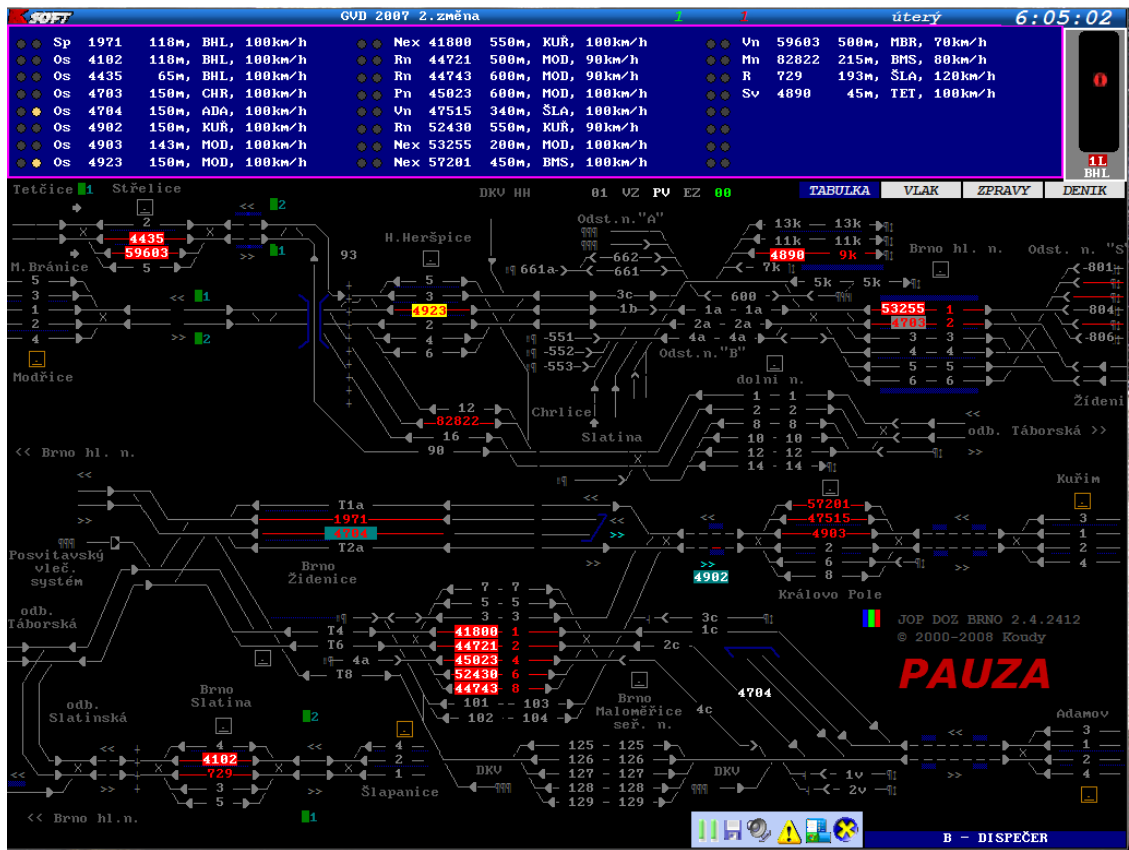
Konstrukce stavědla počítá s vysokou dosažitelností řídicích prvků, v našem případě technologických počítačů TPC 1 – 4. Vždy dva počítače jsou aktivní a dva pasivní. Aktivní počítače nejenže přijímají data ze sítě, do níž jsou napojeny, ale data do ní také vysílají. Zbývající dva počítače slouží jako záložní a data ze sítě jen přijímají, udržují si tedy neustále aktuální přehled o situaci. V případě výpadků jednoho nebo obou aktivních počítačů tyto okamžitě nahradí a převezmou řízení stavědla. Zálohovaná je i počítačová síť, spojující všechny počítače, včetně switche. PCU – počítač pracoviště obsluhy – slouží pro údržbu zařízení a lze z něj pomocí KEY/VGA hubu monitorovat libovolný z řídicích počítačů.

7.3 Zadávací úroveň

Zadávací úroveň je tvořena počítačovými pracovišti obsluhy a slouží ke styku obsluhy se zabezpečovacím zařízením. Pracoviště vyhovují standardu JOP. Aktivních obslužných pracovišť může být k jedné řídicí úrovni stavědla připojeno nanejvýš pět. Zadávací úroveň lze vidět na obrázku 7-1.

Zadávací pracoviště jsou organizována kolem zadávacího počítače ZPC, připojeného do počítačové sítě stavědla. K tomuto počítači jsou připojeny jeden až tři barevné grafické monitory, textový monitor, klávesnice, trackball a kontrolní vstup. ZPC je stejné kategorie jako TPC; jeho operačním systémem je MS DOS. Běžné povely jsou zadávány bez potřeby prokazování bezpečnosti, protože všechny bezpečnostní aspekty požadované činnosti stavědla zajistí jeho navazující části. Bezpečnost nouzových povelů je v souladu se ZTP na JOP zajištěna potvrzením povelu obsluhou po předchozím vypsání nesplněných podmínek pro požadovanou činnost. Dvojití zobrazení – grafické a textové - zajišťuje bezpečnost zobrazování. Výstup na monitory je střídavě přepínán z obou rozhodovacích větví TPC. I tady je dosaženo vysokého zabezpečení a dostupnosti pracovišť jejich zálohováním pomocí UPS a nutností provozu jednoho pracoviště navíc pro případ poruchy jiného pracoviště.

Počítačová pracoviště také umožňují sledovat a porovnávat grafikony indikovaných vlaků (obr. 73 – 2). Vzhled řídicího grafického rozhraní JOP lze vidět na obr. 73-1 [9] [18].



73-1: Obrazovka JOP řídicího pracoviště

7.4 Výkonová úroveň



74-1: Technologické počítače výkonové úrovně systému ESA 11
(AŽD a.s.)

Je to nejdůležitější část celého stavědla. Tato úroveň přijímá příkazy z úrovně zadávací, kontroluje je a pokud souhlasí i další podmínky, převádí je na výkonové signály pro další úrovně. K výstupu z této úrovně jsou připojena relé 1. bezpečnostní skupiny. Rozhodování o další činnosti probíhá ve dvou nezávislých větvích. Tato úroveň také načítá ze zabezpečených vstupů signály z provozu a odesílá je opět dvěma rozhodovacími větvemi na vyšší úrovně.

Srdcem výkonové úrovně jsou dvě nezávislé počítačové sítě, spojující prováděcí počítače, které ovládají jednotky vstupů a výstupů. Prováděcí úroveň je z hlediska konstrukce tvořena podobně, jako jsou sestaveny jiné průmyslové počítače, totiž jednotlivými panely prováděcích počítačů (PPP). PPP obsahují (kromě mechanických dílů, svorek pro připojení vodičů z reléové části a propojovacích kabelů) také zásuvné elektronické moduly, uspořádané do tří vrstev. V nejvyšší vrstvě jsou vždy vedle sebe uloženy dva prováděcí

počítače (PPa, PPb), zbývající nižší vrstvy jsou vyhrazeny pro jednotky bezpečných výstupů, normálních výstupů a jednotky bezpečných vstupů. Jejich osazení je určeno projektem. Jsou-li všechny vany obsazené, pak jeden PPP má k dispozici 24 bezpečných výstupů, 52 normálních výstupů a 120 bezpečných vstupů.

Prováděcí počítač je osmibitový, osazený procesorem DALLAS 80C320, 24MHz, operační paměť 32 kB, paměť EPROM 32 kB a černou skříňkou 8 kB. Prováděcí počítače PPa jsou zapojeny v jedné síti PENET spolu s TPC 1 a TPC3 a prováděcí počítače PPb jsou zapojeny v druhé síti PENET spolu s TPC2 a TPC4. Každá taková dvojice může být spojena maximálně s 10 PPP. K technologickým počítačům lze připojit nejvíce 8 dvojic počítačovou sítí. Počet PPP je tedy omezen na 80, případné větší kolejiště se zabezpečuje dvěma nebo více stavědly se společným ovládáním. Síť PENET (RS485) o rychlosti 62,5 kbit/s se speciálním komunikačním protokolem AŽD jsou realizovány metalickým vedením se čtyřmi vodiči.

Programy pro tyto technologické počítače jsou psány v assembleru dvěma nezávislými skupinami programátorů. Koncepte bezpečnosti je totiž založena na zpracování dat dvěma počítači s různými programy, na neustálém porovnávání dat mezi počítači PPa a PPb a na bezpečné HW komparaci výstupů z obou větví. Systémy nejsou zálohovány, takže dostupnosti se musí dosáhnout pečlivostí při výběru komponent a stavbě počítače.

7.5 Reléové rozhraní

K bezpečným výstupům PPP jsou připojena relé, které výstupní signály převádí na povely spínáním výkonových prvků v kolejišti. Dohlížecí relé jsou připojena na bezpečné vstupy PPP a slouží k indikaci stavů v kontrolovaném kolejišti. Pro informaci, běžné vjezdové návěstidlo má rozhraní sestavené z jedenácti relé. Je to pět povelových relé, pět dohlédacích relé a relé DS. Povelová relé jsou připojena přímo na bezpečné výstupy z PPP, protože počítačové jádro stavědla samo zajišťuje logické závislostní funkce pro změnu stavu návěstidla.

Reléové rozhraní přestavníku tvoří tři relé NM a dva stykače. Dohlédací část rozhraní je tvořena dvěma kontrolními relé (KP, KM) a povelovou část relé OV (svolení k přestavování) a dva stykače (SP, SM). Tyto stykače mohou být připojeny (a také jsou) k normálním výstupům PPP.

7.6 Rozhraní vlakového zabezpečovače

Stavědlový systém umožňuje vybrat konkrétní kolejový úsek, který má být kódován a pomocí relé v tomto obvodu pak nastaví typ informace, který má být přenesen. Tato část je připravena na propojení s jednotným řídicím a zabezpečovacím systémem ETCS (European Train Control System).

7.7 Venkovní prvky zabezpečovacího zařízení

Stavědlo ESA 11 bylo vyvíjeno primárně pro potřeby ČD a proto je také připravené pro propojení s prvky a systémy, které se u ČD používají. Je proto možné tímto ZZ ovládat i jiné typy ZZ, návěstidel, přejezdových ZZ apod. počítačové jádro s průmyslovými počítači umožňuje kooperaci prakticky s jakýmkoliv systémem, který dovolí připojení na vstupy a výstupy výkonového jádra, čehož se do budoucna využije při implementaci systému ETCS.

8 Následky selhání ZZ

Každý systém může bohužel také selhat. Příčiny selhání železničního zabezpečovacího systému ale mohou mít nedozírné následky v podobě vlakových havárií velkého rozsahu nebo ztrát na životech cestujících nebo zaměstnanců dopravce. V nedávné době se na síti Českých drah odehrála série větších či menších vlakových nehod, které měly jedno společné: zabezpečovací systém na dotčených nefungoval tak, jak měl. Na vedlejších tratích, kde je provoz ještě řízen telefonicky nebo mechanickými zabezpečovacími systémy a kde hlavní rozhodnutí spočívá na jednotlivých výpravních mezilehlých stanic, bylo příčinou havárie téměř vždy selhání lidského faktoru: strojvedoucí nerespektoval návěst Stůj a srazil se s protijedoucím vlakem nebo zabezpečovací systém, řízený člověkem, bez dokonalé zpětné vazby a vlivem selhání výkonového prvku špatně postavil vlakovou cestu a přijíždějící vlaková souprava vykolejila na špatně uzamčené výhybce, která se sama pod vlakem „podhodila“.

Ovšem i moderní zabezpečovací systém může fatálně selhat a zapříčinit tak nehodu vlaku. Příčinou selhání systému bývají občas naprosté malichernosti, které by se za jiných okolností nijak neprojevíly. Nicméně každá příčina nehody je analyzována výrobcem zabezpečovacího zařízení a následně přijato opatření organizační nebo technické, aby bylo možné napříště nehodě zabránit.

8.1 Nehoda v žst. Čerčany, 14.7.2007

Železniční stanice Čerčany leží na trati, spojující Prahu s Českými Budějovicemi (konkrétně na trati č. 221). V sobotu 14. června 2007 ráno se v obvodu této stanice srazil rychlík 633, jedoucí z Prahy do Českých Budějovic s odstavenou elektrickou jednotkou řady 451. Přestože strojvedoucí použil rychlobrzdu, setrvačnost soupravy natlačila vlak na jednotku. Na místě zůstal mrtvý strojvedoucí z jednotky, silně poškozená pantografová jednotka a trolejové vedení nad ní a poškozená lokomotiva rychlíku.

Ve stanici Čerčany v té době bylo elektromechanické zabezpečovací zařízení druhé kategorie. Za normálních okolností by toto zařízení nedovolilo postavit vlakovou cestu na obsazenou kolej, ani nastavit vjezdové návěstidlo do polohy Volno. Jenže tehdy nebyly normální okolnosti, protože Čerčany procházely (a stále prochází) rekonstrukcí v rámci výstavby IV. železničního koridoru a prvky zabezpečovacího zařízení na vjezdu do Čerčan

směrem od Prahy byly odpojeny. Z důvodu snesení pravé koleje jezdily vlaky po koleji levé, laicky řečeno „v protisměru“. Problém byl v tom, že zabezpečovací zařízení a konstrukce návěstidel nepočítala s tím, že by nějaký vlak přijel „z protisměru“, technickou hantýrkou řečeno „po nesprávné koleji“ a tudíž u koleje nebylo žádné vjezdové návěstidlo pro tento směr. Zabezpečovací systém proto nedokázal postavit vlakovou cestu z nesprávné koleje do správné a signalista musel toto omezení obejít tak, že vlakovou cestu postavil z opačného směru, tedy ze směru od Budějovic. Dále bylo nutné použít přivolávací návěst (blikající bílé světlo na návěstidle), která nařizuje strojvedoucímu dále jet podle rozhledových podmínek, maximálně však rychlostí 30 km/h, předpokládat na kolejích před sebou překážku nebo špatně přehozenou výhybku a že se má chovat jako zastávkový vlak, tedy ve stanici musí zastavit, pokud mu výpravčí nenařídí vysílačkou jinak.

Strojvedoucí tedy vjel do obvodu stanice na přivolávací návěst rychlostí 30 km/h a vjel na staniční kolej, obsazenou elektrickou jednotkou. To ale strojvedoucí rychlíku netušil, navíc v té době dostal od výpravčího vysílačkou hlášení, že na výjezdu ze stanice má volno a že to může rozjet. Hlášení výpravčího ale neodpovídalo platným řádům a povinností strojvedoucího bylo takového hlášení neuposlechnout. Protože Čerčany jsou situovány do pravotočivého do oblouku, strojvedoucí neviděl přes odstavené vagony na vedlejších kolejích před sebe a v okamžiku, kdy spatřil elektrickou jednotku, ukazoval rychloměr lokomotivy rychlost téměř 50 km/h. Strojvedoucí stačil pomocí rychlobrzdy soupravu zpomalit, nicméně nárazu se nevyhnul.

Hlavní část viny za nehodu nesou strojvedoucí rychlíku a výpravčí ze stanice Čerčany. Strojvedoucí z toho důvodu, že uposlechl nepředpisového hlášení, nedodržel tudíž jízdu podle podmínek přivolávací návěsti (správně měl jet takovou rychlostí, aby stihl zastavit před překážkou a zastavit vlak před staniční budovou); výpravčí naproti tomu porušil platné bezpečnostní předpisy tím, že postavil vlakovou cestu rychlíku na obsazenou kolej, aniž se přesvědčil, že kolej je skutečně volná.

Přestože ve stanici bylo zabezpečovací zařízení, které ve zbytku staničního obvodu fungovalo, z důvodu komplikovaných podmínek na vjezdu do stanice od Prahy převzal jeho řídicí funkci v tomto okamžiku člověk, který ale fatálně selhal. Částečně to bylo způsobeno i nevhodným umístěním návěstidel na vjezdu do stanice, protože nikdo nepředpokládal, že se bude někdy jezdit po nesprávné koleji od Prahy. Rekonstrukce stanice bude mimo jiné

znamenat modernizaci zabezpečovacího zařízení a zcela jinou konfiguraci návěstidel na obou stranách stanice, umožňující obousměrný provoz po obou příjezdových kolejích.



81-1: Železniční nehoda v Čerčanech
(www.zelpage.cz)

8.2 Nehoda v žst. Moravany, 19.5.2008

V obvodu železniční stanice Moravany na trati č. 010 Praha – Pardubice- Česká Třebová, vjela brzy ráno lokomotiva zezadu do stojícího osobního vlaku 5011, který se v té době zaplňoval cestujícími. Strojvedoucí lokomotivy srážku nepřežil, v osobním vlaku bylo zraněno lehce šest osob. Počasí bylo deštivé a pošmourné.

Stanice Moravany je zabezpečena elektronickým stavědlem ESA 11 a kolejové úseky jsou zabezpečeny kolejovými obvody. Rovněž návěstidla ve stanici jsou řízena systémem ESA 11. Podle svědků a rozboru záznamů černé skříňky lokomotivy, kam se ukládají i informace o návěstidlech, přijatých vlakovým zabezpečovačem, se zjistilo, že vjezdové návěstidlo bylo v poloze Volno, byť vlaková cesta pro lokomotivu byla postavena na obsazenou kolej. Rozborem záznamů systému ESA 11 bylo údajně zjištěno, že osobní vlak nebyl na koleji

vůbec detekován, proto systém ESA 11 vyhodnotil kolej jako volnou a nastavil další vlakovou cestu ze zásobníku právě pro přijíždějící lokomotivu.

Bylo provedeno šetření příčin vadné signalizace úseku. Zdá se, že příčinou byla porucha pískovače lokomotivy osobního vlaku, který zasypal pískem obě koleje po takové délce, že vrstva písku odizolovala celou soupravu vlaku, který přestal šuntovat kolejový obvod. Strojvedoucí musel použít pískovač, protože koleje byly mokré a kola prokluzovala. Pro systém ESA 11 se tedy kolej stala volnou a podle toho nastavila návěstidlo do polohy Volno.

Zatímco pro traťový zabezpečovací systém na úsecích volné trati platí v případě automatického bloku úplná bloková podmínka (vjezd do úseku je zakázán, pokud předchozí vlak po opuštění úseku okamžitě neobsadí sousedící úsek), pro staniční zabezpečovací systém to neplatí. Nikdo proto neřešil, že z kolejí najednou zmizel vlak, pro zabezpečovací systém to rovněž nebylo důležité. Výrobce se hájí tím, že systém ESA fungoval po technické stránce správně – což je pravda, byť na základě mylné informace kolejového obvodu. Společnost AŽD a.s. tento nedefinovaný stav prozatím řeší formou testování dalších podmínek, při jejichž souběhu lze předpokládat, že došlo k selhání vlakového šuntu, příchozí informace kolejového obvodu je mylná a je nutné vyhlásit poplach.



82-1: Nehoda lokomotivy v Moravanech
(www.zelpage.cz)

9 Závěr

Pokusil jsem se shrnout možnosti využití automatizace a výpočetní techniky v oblasti řízení a zabezpečené železničního provozu. Problematika je to značně široká, sahající od teorie přenosu informace vedením přes konstrukci automatických systémů řízení procesů v reálném čase implementací nejmodernějších technických prostředků z oblasti výpočetní techniky do řídicích procesů konče. Výpočetní techniku, bdící ve spolupráci s desetiletými osvědčenými relé, nad našimi životy, zatímco se kocháme krajinou z okna jedoucího vlaku, budeme potkávat stále častěji ve stále složitějších řídicích systémech, jak na „zemi“, tak ve vlacích a lokomotivách.

Moderní výpočetní technika umožňuje v této oblasti realizovat doposud nemožné nebo jen stěží splnitelné a často protichůdné požadavky na zabezpečení železniční dopravy se zajištěním co největší bezpečnosti rozhodování řídicích systémů na základě nejaktuálnějších a spolehlivých dat z provozu. Kolejové obvody, samy o sobě primitivní konstrukce, jsou nezastupitelnou složkou pro rozhodování vysoce inteligentních řídicích systémů; člověk je dnes pouze v pozici operátora a není daleko doba, kdy bude provoz vlaků na železnici řízen plně a zcela automaticky počítačem a člověk bude sloužit jen jako pojistka v rozhodovacím procesu. Technika v této oblasti urazila obrovský kus cesty a její vývoj se stále zrychluje.

Tato práce byl koncipována jako zdroj informací komunitě lidí, kteří stejně jako já propadli kouzlu železnice a kteří musí nyní vyhledávat základní informace o provozu na železnici na mnoha roztříštěných zdrojích. Nyní mají v rukou dokument, který do značné míry shrnuje základní teorie a principy, na kterých je postaveno řízení železničního provozu. Některé informace zde uvedené mohou využít také modeláři pro výstavbu automatických řídicích systémů pro své modelové železniční světy.

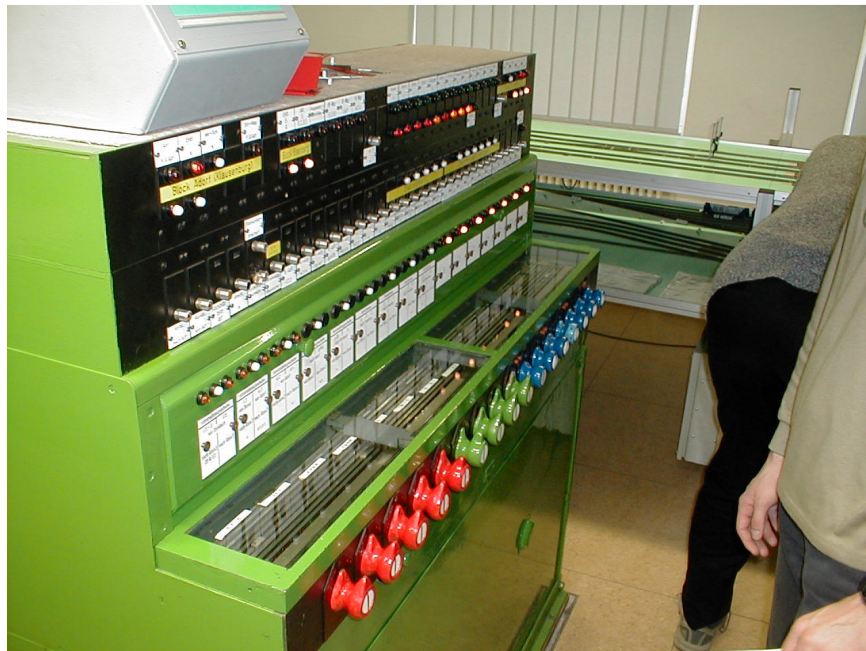
10 Literatura a zdroje informací

- [1] RAILWAYS IN THE GREEK AND ROMAN WORLD, by Dr. M. J. T. Lewis, University of Hull
- [2] Informace ze serveru Wikipedia
- [3] Informace ze serveru <http://brnosim.wz.cz>
- [4] Pojednání o počítači náprav Frauscher AMC, Petr Kolář
- [5] Zabezpečovací zařízení I - Ing. B. Nádvorník, Ing. Z. Macoun
- [6] Zabezpečovací zařízení II - Ing. B. Nádvorník, Ing. Z. Macoun
- [7] Diagnostické přístroje v zabezpečovací technice - B. Nádvorník a kol.
- [8] Katalogové listy a internetové stránky AŽD Praha (www.azd.cz)
- [9] ZTP JOP (<http://predpisy.wz.cz/>)
- [10] Problémy kompatibility kolejových obvodů u ČD - V. Chudáček
- [11] Detekce kolejových vozidel v železniční zabezpečovací technice - V. Chudáček, VI. Kyjovský, L. Lochman
- [12] Diplomová práce: Návrh bezpečného řízení zhlaví železničních stanic, Bernard Jaroš (ČVUT, 2003)
- [13] Řízení dopravy pomocí sdělovací, zabezpečovací a výpočetní techniky
- [14] Zabezpečovací zařízení I – Ing. B. Nádvorník, Ing. Z. Macoun
- [15] Zabezpečovací zařízení II – Ing. B. Nádvorník, Ing. Z. Macoun
- [16] Diagnostické přístroje v zabezpečovací technice – B. Nádvorník a kol.
- [17] Katalogové listy a internetové stránky AŽD Praha (www.azd.cz)
- [18] ZTP JOP (základní technické požadavky jednotného obslužného pracoviště: <http://predpisy.wz.cz/>)

11 Obrazová příloha



11-1: České Velenice, mechanická návěstidla v poloze Stůj na odjezdových kolejích směr Gmünd n/Ö
(foto autor)



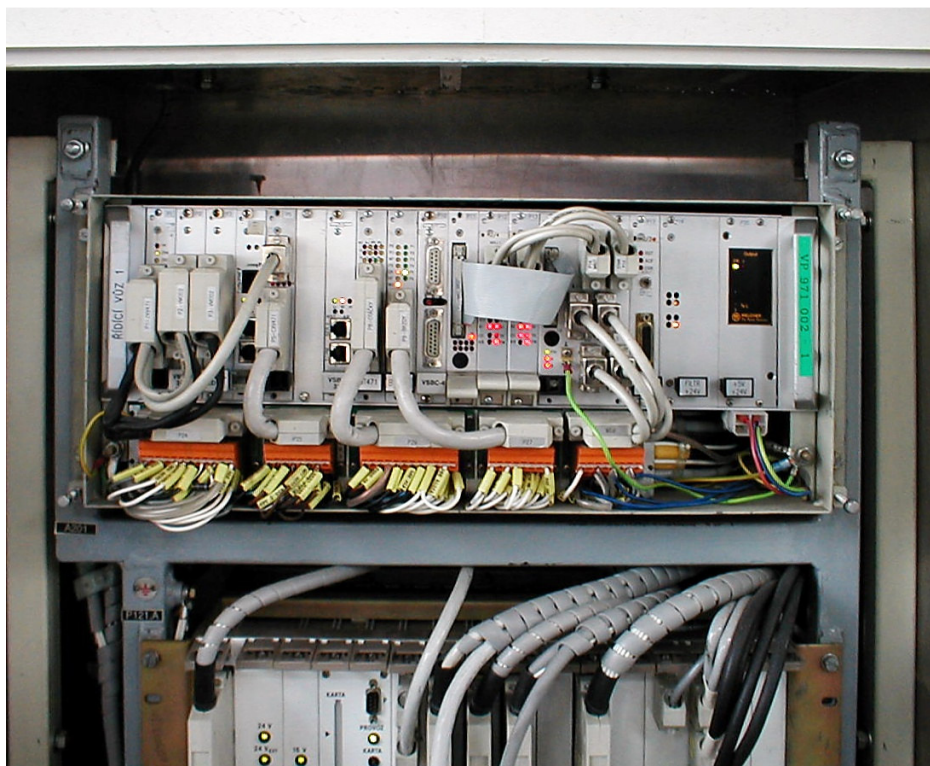
11-2: Technická univerzita Drážďany, stavebno elektrodynamického zabezpečovacího zařízení
(foto autor)



11-3: Technická univerzita Drážďany, pohled do dopravní laboratoře
(foto autor)



11-4: Řídicí vůz řady 971, pohled na řídicí pult s monitorem palubního počítače
(foto autor)



11-5: Řídící vůz řady 971, pohled na elektronický rychloměr (dole) a palubní počítač (foto autor)



11-6: Technická univerzita Drážďany, pult a reléová skříň reléového zabezpečovacího zařízení (foto autor)



11-7: Technická univerzita Drážďany, zadávací pracoviště elektronického zabezpečovacího zařízení
(foto autor)



11-7: Motorový osobní vůz řady 830 u mechanické předvěsti Výstraha
(foto autor)