

Historický vývoj elektronizace zabezpečovacích zařízení u ČSD a ČD

Ivan Konečný, ZČU Plzeň

1. Úvod.

V programu předchozích seminářů „K aktuálním problémům zabezpečovací techniky“ jsme se mimo jiné zabývali historií vývoje liniového vlakového zabezpečovače a historií vývoje moderních reléových zabezpečovacích zařízení (včetně dispečerské centralizace). (Viz. příspěvky [1], [2],[3].) Následující příspěvek si klade za cíl ukázat, jak (a s jakými problémy se setkávala) v období let cca od r.1965 až cca do r.1995 elektronizace zabezpečovacích zařízení u ČSD a později u ČD.

Pro přiblížení situace z hlediska dostupné součástkové základny v počátcích snah o modernizaci používaných reléových technologií počátkem šedesátých let minulého století je zapotřebí připomenout, že v těchto letech byla čs. průmyslem zvládnuta výroba prvních prakticky použitelných diskretních polovodičových prvků v pevné fázi (diod, tranzistorů) na bázi germania jako výchozího materiálu. Dovoz součástkové základny z ciziny v této době (i později až do r.1990) nepřicházel prakticky v úvahu, při vývoji nových zařízení byla jedna z úvodních podmínek zadání, že bude použita pouze tuzemská součástková základna. V této úvodní fázi probíhalo postupně nasazování polovodičových prvků zejména diod do zab. zařízení jako náhrada selenových a vakuových usměrňovačů v nevýkonových aplikacích.

V druhé polovině šedesátých let byla v Československu zvládnuta výroba diskretních polovodičů na bázi křemíku, zvýšila se spolehlivost a teplotní rozsah součástkové základny do té míry, že bylo možné polovodičové součásti začít používat rovněž v průmyslových aplikacích a v železničních zabezpečovacích zařízeních.

2. Náhrady impulzně pracujících relé polovodičovými spínači.

(První praktické aplikace tyristorů v zabezpečovacích zařízeních).

V reléových zabezpečovacích zařízeních se používají v řadě zapojení impulzně pracující relé, jejichž kontaktní ústrojí oproti staticky pracujícím relé trpí značným opotřebením. Proto byla snaha nahradit relé v aplikacích, kde je to možné bezkontaktními prvky. V druhé polovině šedesátých let byly vyvinuty v závodě ČKD Polovodiče Praha výkonové polovodičové diody a tyristory na svou dobu vynikajících vlastností. Výroba legendárních diod D25 a tyristorů T16, (později T25) v ČKD umožnila první hromadné nasazení polovodičových spínačů typu BS5/1 do reléových technologií jako náhradu za impulzně pracující relé. Na obr.1. je tyristor T25 (společně s výkonovým tranzistorem z TESLY Rožnov KD503, rovněž na svou dobu vynikajících vlastností), na obr.2. a obr.3. je bezkontaktní spínač BS5/1 vyráběný v ČKD Praha. Po získání zkušeností s aplikacemi polovodičových spínačů BS5/1 v zab. technice následovaly inovace těchto spínačů BS5/2 a spínače řady TyS používané doposud. **Praktické nasazení polovodičových spínačů BS5/1 do zabezpečovacích zařízení lze ze současného pohledu považovat za počátek úspěšných aplikací moderní polovodičové techniky v zabezpečovací technice u ČSD.**



Obr.1.



Obr.2.



Obr.3.

3. Aplikace elektronických funkčních bloků v reléových technologiích.

(Druhá polovina šedesátých let, první polovina sedmdesátých let min. st.)

Po získání zkušeností s prvními aplikacemi jednoduchých elektronických doplňků reléových zab.zařízení a po rozšíření sortimentu dostupných polovodičových součástek o jednoduché integrované obvody byly koncem šedesátých let a počátkem sedmdesátých let minulého století u ČSD vyvinuty elektronické funkční bloky aplikované do reléových technologií. Tyto funkční bloky zpravidla neplnily bezpečnostně relevantní funkce, sloužily zejména jako náhrady elektromechanických částí zabezpečovacích zařízení.

Pro přiblížení podmínek, za kterých probíhal výzkum a vývoj elektronických částí zabezpečovacích zařízení je zapotřebí připomenout, že v době centrálního řízení národního hospodářství byl výzkum, vývoj a výroba zabezpečovací techniky oborově orientován a převážně řízen a zabezpečen odvětvím zabezpečovací techniky v rámci ČSD. Na výzkumu, vývoji, ověřování a výrobě zab. techniky se podílela celá řada organizačních složek rezortu železniční dopravy, např. VÚD, VÚŽ, PKVP, AŽD, SZL, SZd, mimo odvětví SZT např. SUDOP a katedra bloky a spoje VŠD v Žilině. Podíl mimorezortních organizací na aplikacích elektroniky v zab. technice se týkal zejména nasazení dálkových ovládacích systémů zab. zař. typu TZD vyvinutých VÚAP.

Jako jedny z prvních aplikací složitějších elektronických funkčních bloků jako doplněk reléových technologií lze uvést stabilizátor napětí SN-1 vyvinutý v AŽD, který slouží pro stabilizaci napájecího napětí pro tepelná časová relé. Dalším funkčním blokem vyvinutým koncem šedesátých let minulého století v AŽD rovněž na pracovišti „Kotlaska“ byl měnič napětí BM-1, který nahrazoval rotační měnič napětí pro napájení mobilní části vlakového

zabezpečovače typu LSII – LSIV, dále kmitač pozitivní signalizace. (Jejich obrázky se mi bohužel nepodařilo získat).

Další úspěšnou aplikací náhrady rotačních měničů v zab. technice byl měnič kmitočtu 50Hz/75Hz vyvinutý ve VÚŽ, sloužící k napájení kolejových obvodů o signálním kmitočtu 75Hz konverzí třífázového síťového kmitočtu 50Hz na kmitočet 75Hz. Tento měnič kmitočtu byl vyráběn v SZ dílnách Hradec Králové pod označením BZY, později v AŽD pod označením ENY, INY. Obrázek měniče BZY 2/75 z produkce SZ dílen Hradec Králové je obr.4.

Je zajímavé, že základními společnými polovodičovými součástkami, které umožnily úspěšné aplikace výše uvedených výrobků jsou tyristory a diody z ČKD Polovodiče Praha.



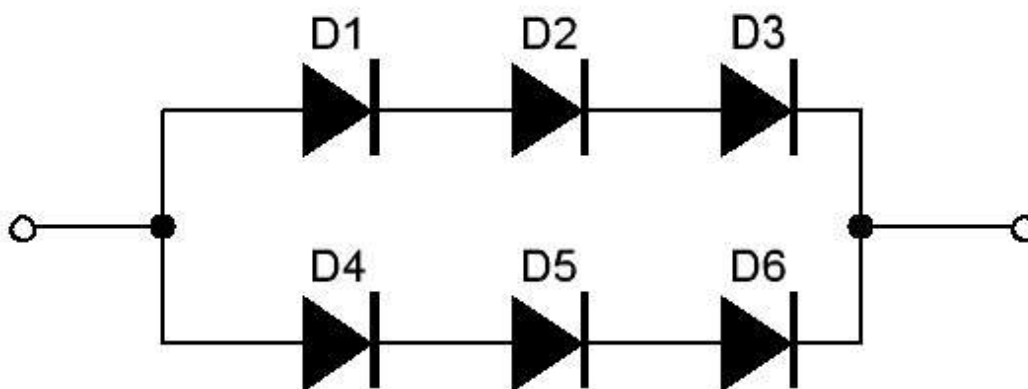
Obr.4.

Pokračování vývoje a provozního nasazování elektronických funkčních bloků, které neplní bezpečnostně relevantní funkce vedlo v následujících letech např. v AŽD k vyvinutí a výrobě polovodičové náhrady elektronkového zesilovače v mobilní části vlakového zabezpečovače LSII – LSIV, náhradě elektronkových souborů ASE polovodičovými provedením, tyristorové číslicové volby, nebo k výrobě pulzních spínačů jako náhrady reléového kmitače PZS AŽD71. Z ostatních výrobních složek bývalého odvětví SZT ČSD lze jmenovat např. SZ dílny, které vyráběly např. řízené „automatické“ dobíječe akumulátorových baterií, měniče napětí malého výkonu pro náhradní napájení světelných návěstidel z aku baterií při výpadcích síťového napětí a pod.

4. Aplikace bezpečnostně relevantních funkčních bloků v zabezpečovací technice.

V druhé polovině 20. století byly u ČSD nově zavedeny jak staniční, tak i traťové a přejezdové zabezpečovací zařízení, jejichž základním stavebním prvkem bylo relé I. bezpečnostní skupiny. V tomto období tvořilo relé I. bezp. skupiny moderní konstrukční prvek, který umožňoval navrhovat automatizované zabezpečovací systémy se specifikovanými vlastnostmi v provozním i poruchovém stavu, tzv. systémy s vnitřní vestavěnou bezpečností. Vzhledem k vyhovujícím provozním parametrům těchto ve své době moderních systémů nevznikala potřeba zásadní inovace reléových systémů bezkontaktními polovodičovými prvky s obdobnými vlastnostmi jako má relé I. bezpečnostní skupiny. Proto se dílčí modernizace reléových systémů řešily pomocí prostředků popsanych v předchozím odstavci. (Podobná situace panovala i v okolních železničních správách v Evropě).

Přestože v praktických aplikacích v 60.tých letech u ČSD převládaly reléové technologie, byly na KBS VŠD v Žilině, ve VÚD (VÚŽ) a v AŽD vypracovány studie „bezkontaktních bezpečných“ náhrad reléových prvků. Některé z tehdejších představ realizace bezpečných prvků jsou z dnešního pohledu naivní. Poznamenejme ale, že tehdejší technologické dostupné možnosti v oblasti elektroniky byly nesrovnatelné se současnými. Jedna ze sledovaných cest (propagovaná pracovníky Vysoké školy dopravní v Drážďanech v bývalé NDR) spočívala v realizaci „vysoce spolehlivých“ konstrukčních polovodičových prvků, které budou „tak spolehlivé, až budou bezpečné“. Jako příklad se uváděla „bezpečná“ dioda, realizovaná sérioparalelním spojením několika dílčích diod podle obr.5.



Obr.5.

Elementární redundance v zapojení podle tehdejších představ měla zabezpečit, že u takto realizované „složené“ diody nedojde za žádných okolností k jejímu proražení, které se považovalo za nebezpečný stav.

Dalším pokusem o realizaci bezpečného bezkontaktního ekvivalentu relé I. bezpečnostní skupiny, který má svůj původ na bývalé KBS VŠD v Žilině byl funkční vzorek bezkontaktního spínače na bázi fotorezistorů, uváděných do vodivého stavu externím světelným zdrojem (žárovkou). Úvodní předpoklad, že fotorezistor je prvek, který má vlastnosti zapínacího kontaktu relé I. bezp. skupiny se ale nepotvrdil.

Jako nejvíce „životaschopným“ bezpečným bezkontaktním prvkem s vestavěnou bezpečností se ukázal být bezpečný logický element na bázi t.zv. ferritotranzistoru. Technologie logických elementů na bázi ferritotranzistorů má svůj původ v realizaci paměťových elementů sálových počítačů vyvíjených v 60.tých letech min. století na bázi diskretních polovodičů a ferritových miniaturních toroidních jader. Jednabitová informace se ukládala do a vyčítala z ferritového jádra jeho magnetováním pomocí záznamového a čtecího vinutí. Funkční logický element byl tvořen tranzistorem a ferritovým toroidním jádrem, odtud pochází název ferritotranzistor.

Rozborem bezpečnosti poruchových stavů ferritotranzistorových logických prvků se prokázalo, že je lze za splnění jistých předpokladů použít pro realizaci elementárních bezpečných funkcí. Výzkum a vývoj elektronického stavědla na bázi ferritotranzistorů probíhal zejména v AŽD, částečně rovněž ve VÚŽ. Praktickým výstupem těchto prací se stal fázově citlivý kolejový přijímač DBP. Výzkum a vývoj bezpečných bezkontaktních systémů na bázi ferritotranzistorů se potýkal s celou řadou technických a technologických problémů, které vedly (po ukončení výroby ferritů pro tkané počítačové paměti v Tesle Blatná) k ukončení dalších výzkumných a vývojových prací.

Cca v polovině 70.tých let minulého století byl německou firmou SEL navržen princip tzv. bezpečných elementárních logických členů pracujících s tzv. dynamickou logikou. Jednotlivé logické členy využívají běžné diskretní polovodičové součásti a v původní verzi rovněž vazební transformátory. Princip dynamické logiky publikovaný v časopise Signal und Draht je jednoduchý: Statickým signálům jakékoliv úrovně se přiřadí úroveň „logická 0“, dynamickému signálu, který je generován ve stavebnici logických členů se přiřadí úroveň „logická 1“. Vhodným a jednoduchým obvody řešením logických elementů lze zajistit, že všechny uvažované poruchy se projeví zánikem dynamického signálu a obvod přejde do bezpečného stavu.

Zveřejněný princip bezpečných prvků pracujících s dynamickou logikou posloužil jako inspirace pro výzkum a vývoj bezpečných funkčních bloků pracujících s dynamickou logikou v zařízeních využívaných u ČSD. Např. v letech 1976 až 1978 byly ve VÚŽ Praha ve spolupráci se SZL Plzeň vyvinuty měniče napětí řady BZB sloužící k napájení kolejových obvodů signálním kmitočtem 75Hz, resp. 275Hz konverzí ss. napětí 24V. V těchto zdrojích byl pro bezpečný dohled hladiny výstupního napětí použit bezpečný hladinový obvod s dynamickou funkcí. Prototyp zdroje řady BZB je na následujícím obr.6., který dokumentuje technologické možnosti v době vzniku prototypu (r.1977).

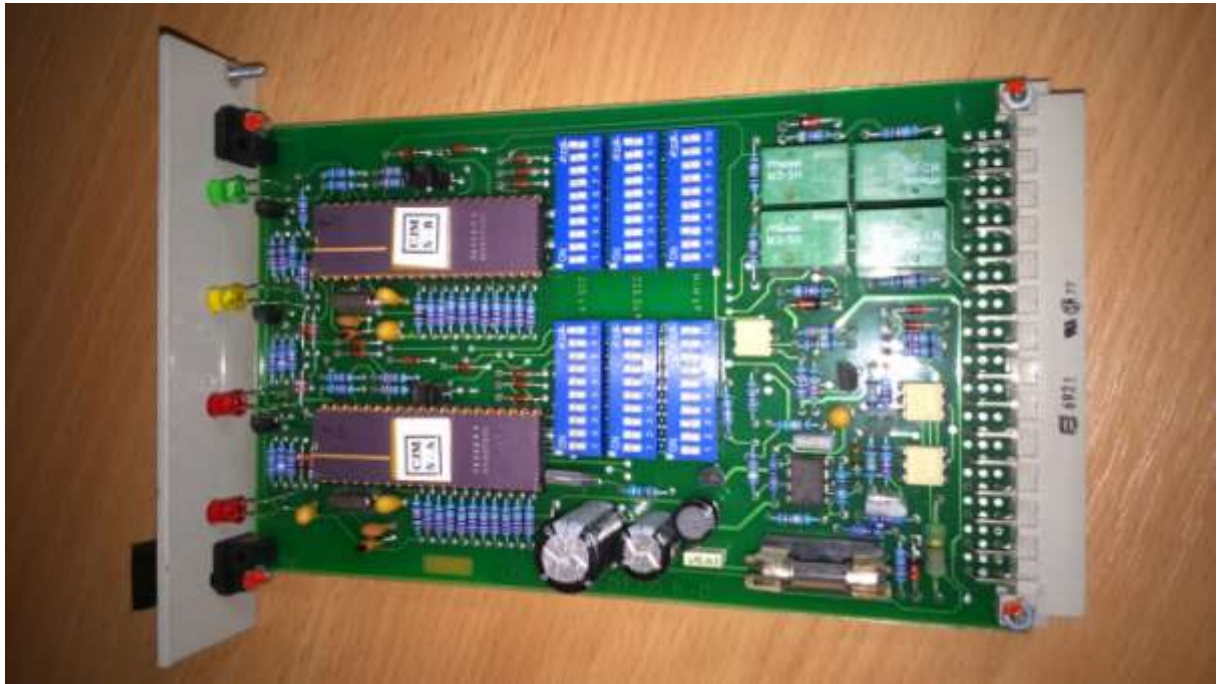
Hromadná výroba zdrojů řady BZB byla po jejich přestavění do stavebnice ALMES zahájena v SZ dílnách Hradec Králové v r.1978. Bezpečný hladinový obvod s dynamickou funkcí byl dále aplikován v bezpečném převodníku kmitočet/napětí, který umožnil konstrukci elektronického kodéru EK-1, jehož výroba byla zahájena v r.1983 rovněž v SZ dílnách Hradec Králové. Elektronické kodéry EK-1 v relativně krátké době nahradily elektromechanické kodéry sloužící ke generaci kódů LVZ.

Pokroky v součástkové základně výkonových vysokonapěťových tranzistorů umožnily v první polovině 80-tých let minulého století konstrukci síťových napájecích zdrojů řady BZS, které umožnily napájení kolejových obvodů signálním kmitočtem 275Hz konverzí síťového napětí o kmitočtu 50Hz. Výstupní výkon zdroje BZS dosahuje 1kVA. Pro bezpečný dohled výstupního napětí slouží opět hladinový obvod s dynamickou funkcí. (Obr.7.)



Obr.6.

bezpečných funkčních bloků se proto začínají vyvíjet a ověřovat až koncem druhé poloviny 80-tých let. Jako příklad bezpečného funkčního bloku s dvoukanálovou redundantní strukturou a reléovou komparací lze uvést bezpečný časový soubor CJM vyvinutý na bázi procesoru MHB8048 ve VÚŽ a vyráběný v AŽD. (Obr.8. a obr.9.)



Obr.8.



Obr.9.

Jako příklad bezpečného procesorového systému vyvíjeného koncem 80 -ých let ve VÚŽ lze uvést přenosové zařízení ZPI-90, které sloužilo k zabezpečenému duplexnímu přenosu osmi binárních kanálů v každém směru přenosu. Po negativních zkušenostech se spolehlivostí použité univerzální procesorové stavebnice MESIT na bázi procesoru MHB8080 byl navržen ve spolupráci s tehdejšími střediskem mikroelektroniky při SZ dílnách Valašské Meziříčí adresný HW s procesorem 80552. V chaotických dobách neustálých reorganizací a privatizací částí ČSD se podařilo spolupráci VÚŽ se soukromou firmou EasySoft Rožnov p./R. vývoj dokončit a vytvořit v roce 1994 spolehlivé procesorové přenosové zařízení MUZA-PROCESOR '94 využívající filozofii ZPI-90.

Po změně politických poměrů v r.1990 bylo zřejmé, že v porovnání se zahraničím je ve vývoji a aplikacích moderních procesorově orientovaných zařízení u ČSD cca 5 až 10leté zpoždění oproti západním železničním správám. Současně dochází k neustálým nekoncepčním zásahům do struktury ČSD a divoké privatizaci částí ČSD. V této situaci se nabízely dvě principiální možnosti, jak se přiblížit úrovni současné vyspělé zabezpečovací techniky:

- Získat zkušenosti dovozem vyspělých zahraničních technologií a na základě těchto zkušeností urychleně vyvinout srovnatelné systémy.
- Vzhledem k tomu, že se otevřel přístup k získání moderní součástkové základny a novým technologiím jít cestou modernizace současně používaných technologií s cílem postupně přejít na úroveň srovnatelnou se zahraničím.

V praxi se u ČSD a později u ČD počátkem 90.-tých let ověřily oba přístupy. Okolo roku 1992 se navázala spolupráce mezi VÚŽ a dánskou firmou NKT, která vedla k dovozu ve své době technicky vyspělého plně elektronického decentralizovaného autobloku FELB s přenosem všech informací pomocí optického kabelu. Po nezbytných úpravách systému na návěsní soustavu ČD a doplnění obvodu pro dodatečné kódování byl pilotní projekt plně elektronického autobloku FELB uveden v r.1995 do provozu v mezistanicím úseku Plzeň – Koterov – Starý Plzenec. Systém FELB v tomto úseku byl úspěšně provozován s minimem poruch až do konce r.2014., kdy byl pro svoji atypičnost snesen a nahrazen zavedeným RPB.



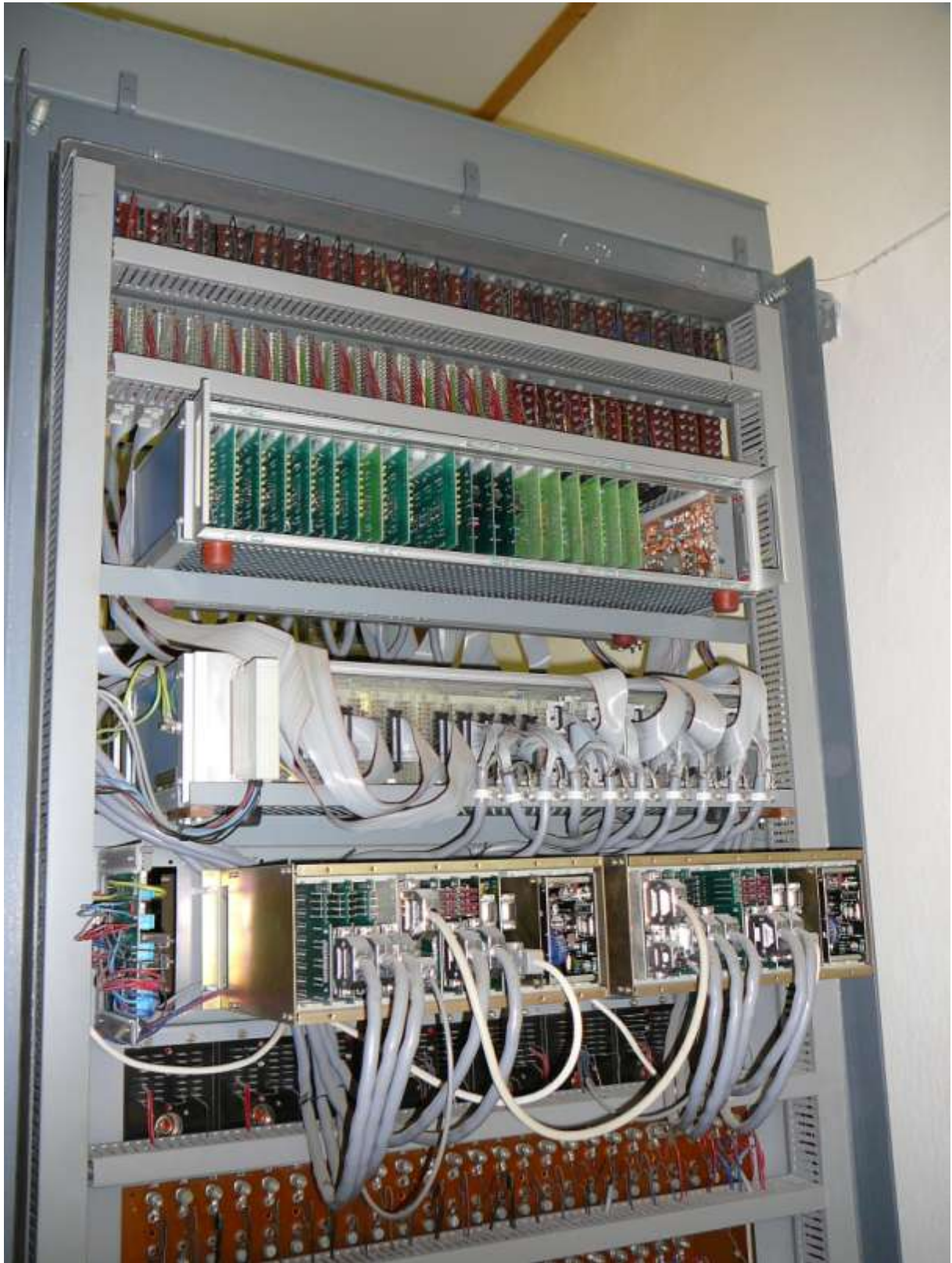
Obr.10.



Obr.11.

Obrázky z provedení FELBu v návěštním bodě jsou na obr.10. a obr.11.

Příkladem druhého přístupu je např. vývoj bezpečného procesorového jádra použitého v PZS typu PZZ-EA, které bylo vyvinuto firmou AŽD a nasazeno do provozu cca v polovině 90-tých let min. století. Dalším příkladem samostatného vývoje procesorového stavědla s dvoukanalovou HW redundantní strukturou s bezpečnou komparací HW komparátorem je zařízení SZZ-K, vyvinuté firmou Starmon (která vznikla privatizací bývalých dílen SO SZD Pardubice) ve spolupráci s VÚŽ. Toto elektronické stavědlo bylo uvedeno do provozu v r.1996 v žst. Slatiňany jako první staniční zab. zařízení v síti ČD, kde bezpečnostně relevantní funkce vykonává procesorové jádro. Na následujících obr.12., obr.13. a obr.14. jsou znázorněny části stavědla ve Slatiňanech.



Obr.12.



Obr.13.



Obr.14.

8. Závěr.

Cílem příspěvku bylo na základě dostupných materiálů, fotografií a osobních vzpomínek stručně popsat chronologii „elektronizace“ zabezpečovací techniky u ČD v časovém období cca od poloviny 60.-tých let do cca poloviny 90.-tých let minulého století. Jsem si vědom toho, že vzhledem k rozsahu příspěvku a vzhledem k tomu, že u tehdejších ČSD se na modernizaci zab. techniky podílela řada organizačních složek a řešitelů nelze vše popsat vyčerpávajícím způsobem. Proto jsem úmyslně nejmenoval jednotlivé pracovníky a řešitelské kolektivy, které se podílely na pracích spojených s vývojem elektronických částí, resp. celých systémů zab. techniky. Je to z toho důvodu, že by mne velmi mrzelo, kdybych dodatečně zjistil, že jsem opomenul jmenovat některé z celého širokého spektra pracovníků výzkumu, vývoje i provozu, kteří se podíleli na modernizaci zabezpečovací techniky. Při shromažďování materiálů k sestavení tohoto příspěvku a při zpětném hodnocení toho, co se povedlo realizovat z hlediska modernizace zab. techniky u ČSD v popisovaném období se domnívám, generace pracovníků podílejících se na modernizaci zab. techniky odvedla solidní práci v podmínkách nesrovnatelných se současnými možnostmi.

Příspěvky s obdobnou tématikou:

- [1] Konečný Ivan: Konvenční vlakové zabezpečovače v železničním provozu na síti SŽDC - historický vývoj a současný stav In: Seminář SZT ZČU Plzeň 2013
- [2] Lapáček Petr: Historický vývoj reléových zabezpečovacích zařízení u ČSD v období 1950 až 1990. In: Seminář SZT ZČU Plzeň 2014
- [3] Kraft Milan: První dispečerská centralizace v trati Plzeň - Cheb In: Seminář SZT ZČU Plzeň 2014

