

Aleš Lieskovský<sup>1</sup>, Ivo Myslivec<sup>2</sup>, Jan Patrovský<sup>3</sup>

## ETCS a AVV - spolupráce v praxi

**Klíčová slova:** ETCS, AVV, ATO-TENT, vlakový zabezpečovač, automatizace jízdy vlaku

### Úvod

V roce 2006 byl ve Vědeckotechnickém sborníku č. 21 uveden článek " ETCS a AVV - spolupráce, nikoliv konkurence" popisující vzájemný vztah zabezpečovacího zařízení, zde konkrétně systému ETCS (European Train Control System), a automatizačního systému, konkrétně AVV (Automatické vedení vlaku). Bylo ukázáno, že oba systémy si vzájemně nekonkurují, ale naopak se velmi výhodně doplňují, čímž se dosahuje znásobení jejich přínosů pro zvýšení bezpečnosti a zároveň zefektivnění jízdy vlaku.

### Realizace

Během uplynulých 6 let došlo k realizaci Pilotního projektu ETCS v České republice, v jehož rámci bylo na vozidlech 362.166 a 471/971.042 zprovozněno i propojení mezi ETCS a AVV. Zatímco na jednotce 471/971.042 byl systém AVV standardně instalován již při výrobě a k vyřešení zbyl "jen" interface mezi oběma systémy (což z hlediska hardware vyžadovalo vyměnit procesorovou kartu v AVV za typ s CAN-komunikací a dále navrhnout a dosadit převodník mezi linkami CAN a RS485), bylo na lokomotivě 362.166 nutno kromě jiného vyřešit i samotnou zástavbu systému AVV (včetně všech periférií) do vozidla. Po úspěšném zvládnutí problému se pokračovalo definováním rozhraní jak na hardwarové úrovni (fyzická vrstva komunikace), tak specifikací přenášených dat a přenosového protokolu. Byl použit stejný protokol, jaký EVC (European Vital Computer - jádro systému ETCS) používá pro komunikace s jinými perifériemi - tzv. protokol FFFE. Přenášená data

---

<sup>1</sup> **Dr. Ing. Aleš Lieskovský**, nar. 1964. Absolvent VŠDS Žilina, obor Elektrická trakce a energetika. V r. 1995 obhájil na VŠDS Žilina doktorskou práci z oblasti řídicích systémů hnacích vozidel. Do r. 1996 ve VÚŽ, nyní v AŽD Praha s.r.o. Zabývá se vývojem automatizačních a diagnostických systémů pro drážní vozidla.

<sup>2</sup> **Dr. Ing. Ivo Myslivec**, nar. 1967. Absolvent FEL ČVUT Praha, obor Technická kybernetika. V r. 1995 obhájil na VŠDS Žilina doktorskou práci z oblasti řídicích systémů hnacích vozidel. Do r. 1996 ve VÚŽ, nyní v AŽD Praha s.r.o. Zabývá se vývojem automatizačních a řídicích systémů pro drážní vozidla.

<sup>3</sup> **Ing. Jan Patrovský**, nar. 1981. Absolvent FEL ZČU, obor Dopravní elektroinženýrství. Do r. 2012 v pracoval ve firmě Ansaldo STS v Itálii (Janov) a v pobočce v Praze, nyní v AŽD Praha s.r.o. Zabývá se aplikacemi ETCS na vozidlech i na infrastruktuře.

byla rozdělena do dvou skupin - data přenášena jednorázově (při startu systému nebo na vyžádání AVV) a data přenášena periodicky.

Jednorázově jsou přenášena tzv. statistická data (např. číslo vlaku, délka atd.) a dále parametry brzdících křivek (aby AVV bylo schopno vygenerovat shodnou křivku, jakou používá ETCS, a pod ní pak regulovat vlastní brzdění). Periodicky se přenášejí proměnná data (rychlost, ujetá dráha, statický rychlostní profil, identifikační číslo poslední přečtené balízy apod.). Zpět z AVV do ETCS se periodicky (avšak s dlouhou periodou) posílá stav AVV.

## Zkoušky a provoz

Jelikož spolupráce ETCS s AVV nebyla prioritním bodem Pilotního projektu, došlo k ověření této spolupráce až po odzkoušení většiny ostatních (zabezpečovacích) funkcí ETCS na jaře a v létě roku 2010. Po odladění drobných nesrovnalostí začala spolupráce fungovat a AVV začalo řídit vlak podle rychlostních profilů ETCS.

Bylo ověřeno, že lokalizace (určení polohy vlaku na trati) pomocí balíz ETCS pracuje s dostačující přesností (je nutno si uvědomit, že z hlediska bezpečnosti jízdy vlaku není závažnou závadou, pokud vlak ve skutečnosti ještě není v místě, jenž je systémem určeno jako jeho aktuální poloha, avšak automatizační systém nemůže pracovat s takovou bezpečnostní rezervou, protože by to znamenalo např. nedojetí k nástupišti). Též bylo zjištěno, že zásahové (intervenční) brzdové křivky systému ETCS jsou velice opatrné, přesněji řečeno, neuvažují skutečné zrychlení vozidla a nepovolí tedy již brzdícímu a zpomalujícímu vozidlu těsnější přiblížení k brzdě křivce. Proto musí AVV řídit brzdění poměrně hluboko pod brzdovou křivkou ETCS tak, aby se vlak pohyboval pod zásahovou křivkou. Z hlediska vlastní regulace to problém není, parametry křivek jsou z ETCS do AVV předávány dle potřeby, takže AVV má potřebné údaje k dispozici, velmi opatrné brzdění však nepůsobí dobře na strojvedoucího a samozřejmě má nepříznivý dopad na jízdní dobu a potažmo spotřebu energie. Tato skutečnost též může vynutit zásah strojvedoucího (Override LoA) v místech, kde je potřeba dojet až k návěstidlu se zakazující návěstí (nástupiště ukončená návěstidlem, např. ve stanicích Velim či Pečky)

Dalším zjištěním je, že měření rychlosti ETCS je zatíženo určitým zpožděním, což se projevilo hlavně při jízdě samotné lokomotivy 362.166 bez zátěže. Vlivem určité minimální dosažitelné hodnoty tažné síly, nízké hmotnosti a nízkého absolutního jízdního odporu samotné lokomotivy dochází k mírné oscilaci rychlosti okolo požadované hodnoty, oscilace jsou však malé, v řádu desetin km/h. Jelikož však ETCS má velice přísná kritéria na vyhodnocení úrovně rychlosti, upozorňuje na překročení rychlosti i při velmi malém překmitu.

Zajímavým poznatkem bylo, že indikace překročení rychlosti (zvukový signál + zoranžování indikátoru rychloměru) nastala až v okamžiku, kdy skutečná rychlost (měřená centrálním regulátorem vozidla) byla po sjetí tažné síly na nulu už v dolní amplitudě a lokomotiva přecházela opět do tahu. V okamžiku horní amplitudy kmitu rychlosti a přechodu lokomotivy do výběhu pak ETCS ukazovalo rychlost pod hlídanou hodnotou. Tento jev je ale v praktickém provozu víceméně výjimečný, protože hmotnost připojených vozů má na kmitání rychlosti vyhlazující účinek (při stejné hodnotě tažné síly je nižší zrychlení) a též se zvýší jízdní odpor soupravy, takže se snižuje velikost přebytku tažné síly při její minimální hodnotě.

Jednotka 471 uvedený jev nevykazovala, jednotka jezdí vždy celá (sólo motorový vůz nelze provozovat) a minimální hodnota tažné síly je dostatečně malá pro udržení konstantní rychlosti bez nutnosti pulsování tažné síly.

Během zkoušek byl objeven problém nekorektního chování komunikační periferie ETCS při přerušení činnosti jádra ETCS, proto bylo po ukončení zkoušek spojení mezi ETCS a AVV elektricky rozpojeno a do vyřešení problému bylo ETCS provozováno bez spolupráce s AVV. V současné době je systém opět plně funkční a spolupráce mezi ETCS a AVV byla obnovena. Nicméně v praxi je spolupráce provozována téměř výhradně na jednotce ř. 471, kde jsou strojvedoucí s obsluhou AVV dokonale obeznámeni a data AVV jsou průběžně aktualizována (prakticky to znamená aktualizaci při změně grafikonu nebo při stavební změně na trati, což bylo - a opět bude - aktuální hlavně v době výstavby koridoru). Lokomotiva 362.166 je obsazována strojvedoucími, jež v turnusu nemají jiná vozidla vybavená AVV a raději jezdí bez AVV, proto ani palubní data nejsou aktualizována průběžně.

Obsluha a činnost systému ETCS není nijak závislá na tom, zda AVV je či není v provozu. Obsluha AVV je mírně odlišná pouze v okamžiku uvedení AVV do činnosti (při zadávání čísla vlaku), kdy při zkouškách ETCS zadává strojvedoucí číslo vlaku zvýšené o 10 000. Důvodem je požadavek, aby se vlak v době mimo zkoušky choval zcela standardně, tedy aby se v pilotním úseku (Český Brod (mimo) - Kolín (mimo)) orientoval podle informačních bodů MIB6. Při zkouškách ETCS je naopak jedním z cílů ověřování orientace podle balíz ETCS. Proto musí být v paměti AVV nahrány dvě různé mapy téže tratě a k jejich výběru slouží právě prefix - vlak XXXX jede po trati vybavené MIBy, zatímco vlak 1XXXX jede po téže trati, avšak vybavené balízami. Rychlostní profil se z ETCS, pokud je v činnosti, přebírá v obou případech, tedy bez ohledu na způsob orientace. Vstup do pilotního úseku, jakož i výstup z něj, probíhá z pohledu AVV bez jakýchkoliv dalších zásahů strojvedoucího zcela automaticky.

## **Výhody a nevýhody spolupráce**

Výhody spolupráce ETCS s AVV jsou obecně známé: spojením obou zařízení vznikne systém, jenž zajistí bezpečnou a komfortní jízdu vlaku s přesným dodržováním grafikonu (pokud nezasáhnou vnější vlivy), s minimem spotřebované energie a nižším opotřebením trakčních i brzdových součástí vozidla při současném snížení psychické zátěže strojvedoucího, který může pracovat s vědomím, že případné bezpečnostní selhání jeho či AVV nemusí vést k nehodě, ale bude eliminováno bezpečným zásahem ETCS. Sníží se i jeho pracovní zatížení, kdy z důvodu předávání úplného rychlostního profilu mj. nemusí upřesňovat některé návěstní znaky návěstidel.

Nevýhody spojení dosud žádné zjištěny nebyly - propojení obou zařízení je poměrně jednoduché a finančně nenáročné a nepřináší žádné komplikace konstrukční ani provozní.

Z hlediska AVV je pouze dosti omezující nutnost regulovat jízdu pod poměrně pesimistickou brzdovou křivkou ETCS, toto je však dané principem samotného ETCS a nevyplývá až z jeho spojení s AVV.

## **Další rozvoj spolupráce systémů ETCS a ATO**

Dle dostupných informací je naše realizace propojení mezi ETCS a automatizačním zařízením třídy ATO (Automatic Train Operation) vůbec první takovou realizací v Evropě. Po několika prezentacích našeho řešení různým zahraničním odborníkům, včetně příspěvku na 10. světové konferenci ETCS letos ve Stockholmu, se konečně dostává existence fungujícího zařízení třídy ATO do povědomí odborníků v Evropě, což mj. vedlo i k pozvání společnosti AŽD Praha s.r.o. do pracovní skupiny UNIFE (Unie evropských výrobců železniční techniky) ATO-TENT, která má za úkol definovat standardy pro činnost systému ATO a pro jeho spolupráci s ETCS.

Prvotní nadšení, že v podstatě není co řešit, protože jak vlastní ATO, tak jeho spolupráci s ETCS máme úspěšně odzkoušené, bylo poměrně rychle potlačeno mnoha novými body k řešení, které jsou dílem objektivní, dílem subjektivní (z pohledu konkrétního řešení AVV).

Objektivní body vycházejí z nepoměrně širšího interoperabilního nasazení uvažovaného systému, kde by třeba byla obtížná průběžná aktualizace traťových map nahraných v paměti počítače na vozidle - jednalo by se o tisíce kilometrů tratí spravovaných různými správci infrastruktury v mnoha zemích, s různými informačními databázemi a různými zvyklostmi při předávání informací provozovatelům vozidel. Téměř shodný problém by byl s aktualizací jízdních řádů. Další víceméně objektivní skutečností je rozdílná koncepce systémů u různých výrobců a s tím související různá úroveň rozhraní mezi automatizačním systémem a vozidlem - jinými slovy, do jaké úrovně má problém (hlavně se jedná o otázku řízení pohonu a brzd) řešit ATO a od jaké úrovně ho řeší vozidlo. Nicméně je pravdou, že opravdové provozní nasazení je pouze v ČR, a to v absolutní většině případů na vozidlech bez ETCS, takže direktivní stanovení tohoto rozhraní by nějaké větší komplikace nepřineslo. Nakonec je nutno zmínit i zcela nové funkce, které AVV nemá, např. ovládání dveří vlaku, ovládání dveří na nástupišti či funkce bezobslužného obratu.

Jako subjektivní problematické body je možno uvést požadavek na údaje, které objektivně nejsou potřeba, např. poloměry oblouků pro upřesnění jízdního odporu, který je ale sám zatížen nepřesnostmi a náhodnými vlivy (vítr apod.) několikrát převyšujícími toto upřesnění; či naopak absence jiných signálů, které potřeba jsou (např. přístup k surovému signálu z čidel rychlosti, neboť zpracování tohoto signálu pro účely regulace musí být mnohem přesnější a rychlejší než výstupní signál o rychlosti dostupný v ETCS - viz zmiňované kmitání rychlosti sólo lokomotivy 362.166 a obraz této rychlosti poskytovaný ETCS).

Nicméně tyto problémy se daří úspěšně řešit tím, že takovéto signály jsou definované jako volitelné či specifické dle výrobce, čímž se zpřístupní těm, kteří je ve svém řešení vyžadují.

Samostatnou kapitolou pak je problematika zobrazování dat systému ATO strojvedoucímu. Filosofie zobrazování údajů strojvedoucímu u systému AVV vychází z toho, že strojvedoucí musí být schopen z obrázku vyčíst vše, co v dané chvíli potřebuje k ujištění, že systém pracuje správně. V prvních letech provozu systému AVV (počátek 90. let) jsme vyslechli mnoho připomínek strojvedoucích k tomu, co a jak zobrazovat a co je naopak pro ně v dané chvíli zbytečné. Proto systém zobrazuje hodnoty aktuálně dovolené rychlosti (předcházející rychlostník, v obvodu



výhybek přilehlých k návěstidlu pak rychlost dovolenou tímto návěstidlem, trvajících pomalá jízda), rychlosti cílové (tj. příští rychlostník, příští návěstidlo atd.) a rychlosti na jednotlivých brzdících křivkách. Dále systém zobrazuje i výslednou (nejvíce omezující) křivku, která je navíc zobrazena blízko rychlosti skutečné, takže strojvedoucí může velice jednoduše porovnat, zda vlak brzdí podle předpokladů a skutečná rychlost tuto křivku nepřekračuje (což např. při brzdění do zastávky není kontrolováno systémem ETCS).

Jako velice důležitý údaj považujeme vzdálenosti k jednotlivým cílům (omezení traťové rychlosti, následující návěstidlo, zastávka, příp. pomalá jízda), na nichž se jako na prvních projeví nesprávné chování systému způsobené vadným měřením dráhy (např. smyk, špatně nastavené průměry kol apod.). Tyto příčiny jsou jinak na jedoucím vozidle obtížně technicky zjištělné a vyžadují další systém měření rychlosti a dráhy, nezávislý na otáčení kol (např. radar či GPS).

Na základě připomínek strojvedoucích se měnila i logika zobrazování, aby se zbytečně nezobrazovaly cíle, které jsou ještě daleko (byť s nimi systém už pracuje). Jelikož AVV zobrazuje data ze všech větví regulátoru cílového brzdění (nejen výslednou hodnotu), je strojvedoucí schopen "vidět" i za nejbližší cíl, tj. může se ujistit, že po skončení cílového brzdění např. ke vjezdovému návěstidlu systém plynule přejde na brzdění k nástupišti. Tento přístup však vyžaduje nejlépe samostatný displej či vyhrazený prostor na jiném displeji (displej vozového počítače apod.), či přinejmenším úpravu zobrazení na displeji ETCS.

Ostatní členové pracovní skupiny UNIFE zastávají názor diametrálně opačný: strojvedoucímu prý postačí zobrazit jedinou informaci - "zelenou kontrolku", že vše pracuje správně. Náš detailní přístup odmítají s tím, že strojvedoucí nemá zapotřebí vidět do vnitřku systému (kterému by prý stejně neporozuměl) a stačí mu informace, že vše probíhá správně. Snad jediná výhoda tohoto přístupu je v tom, že pro zobrazení této informace se najde místo bez větších problémů víceméně kdekoliv.

Nicméně činnost pracovní skupiny stále probíhá a veškeré body jsou stále otevřeny změnám.

## **Rozvoj v České republice**

V současné době se začíná s realizací komerčního nasazení systému ETCS na trati prvního tranzitního koridoru v úseku Kolín - Břeclav. Projekt SŽDC se však týká pouze traťové části systému ETCS, nikoliv vozidel (s výjimkou měřicího vozu zabezpečovacích zařízení, který je připravován pro SŽDC-TÚDC a který bude vybaven jak ETCS, tak AVV, samozřejmě s vazbou na ETCS).

Vybavení vozidel mobilní částí ETCS je záležitostí jejich vlastníků, tedy např. Českých drah. Je pravděpodobné, že instalace ETCS se bude dotýkat hlavně těch vozidel, u kterých je předpoklad interoperability a tedy zajištění do zahraničí, a to na trati vybavené ETCS.

Prakticky jde o jednotky ř. 680 (Pendolína), která sice systémem ETCS vybaveny jsou, ale systém AVV dosazen nemají a ani mít nebudou (ač původní projekt a technické podmínky s ním počítaly) a lokomotivy ř. 380, které naopak AVV mají a na tratích vybavených informačními body ho aktivně využívají, ale nemají zatím instalované ETCS.

Případná další nově pořizovaná vozidla pro dálkovou mezinárodní dopravu již budou systémem ETCS zřejmě vybavována standardně, vybavení automatizačním

systémem závisí na výrobci konkrétního vozidla, zda-li je schopen takovýto systém nabídnout a samozřejmě zdali je kupující ochoten toto nabídnuté řešení zaplatit.

## Závěr

Pilotní projekt ETCS v České republice kromě jiného ukázal, že spolupráce ETCS a ATO (AVV) je možná a přináší očekávané výhody (byť na velmi krátkém pilotním úseku dost obtížně prokazatelné. Nezbyvá než doufat, že po dokončení traťové části ETCS až po Břeclav budou mobilní části ETCS schopnou spolupráce s AVV vybaveny i lokomotivy ř. 380, které tak budou moci využívat AVV i na tratích neosazených informačními body MIB6, kde plně prokáží i ekonomickou stránku spolupráce - investiční úspory za neinstalované body a provozní úspory ve snížené spotřebě energie a přesnějším plnění grafikonu.

Dále je zřejmé, že automatizace řízení vlaku s ohledem na minimalizaci spotřeby energie se stává jedním z cílů skupiny UNIFE, a tudíž že naše dlouholetá činnost bude zářimována jednotnými evropskými pravidly. Zde je pak nutno prosazovat, aby bylo přijato co nejvíce našich zkušeností z provozu, aby ona pravidla byla ku prospěchu železnici jako celku.

## Literatura

- [1] LIESKOVSKÝ, A., MYSLIVEC, I., ŠULA, B. Moderní řídicí systémy hnacích vozidel Českých drah. *Automatizace*, č. 8, 1996
- [2] MYSLIVEC, I., ŠPAČEK, P., ŠULA, B.: Automatické vedení vlaku AVV. *Vědeckotechnický sborník č. 5, VÚŽ, 1998*
- [3] CHUDÁČEK, V., LOCHMAN, L.: Vlakový zabezpečovací systém ERTMS/ETCS (1. a 2. část). *Vědeckotechnický sborník č. 5 a č. 7, VÚŽ, 1998 a 1999*
- [4] LIESKOVSKÝ, A.: Pilotní projekt ČD ETCS, mobilní části - rozhraní k vozidlu. *Sborník 2. konference Moderní technologie a diagnostika v železniční telekomunikační a zabezpečovací technice*, České Budějovice, 2005
- [5] LIESKOVSKÝ, A., MYSLIVEC, I., ŠPAČEK, P.: ETCS a AVV - spolupráce, nikoliv konkurence. *Vědeckotechnický sborník č. 21, VÚŽ 2006*
- [6] LIESKOVSKÝ, A., MYSLIVEC, I.: ETCS a ATO - poprvé společně. *Sborník konference Žel2010, Žilina, 2010*

Praha, říjen 2012

Lektoroval: Ing. Petr Varadinov  
SŽDC, s.o.