

VLIV NASTAVENÍ MOBILNÍ ČÁSTI ETCS NA BRZDNOU KŘIVKU

EFFECT OF SETTING OF ETCS ON-BOARD UNIT ON BRAKING CURVE

Petr Nachtigall¹

Anotace: Článek navazuje na předchozí autorovu publikaci o přínosech zavedení ETCS z pohledu brzdných křivek. V tomto článku se autor zabýval srovnáním Baseline 2 s Baseline 3 z pohledu možnosti nastavení OBU na vozidle. Byly zjištěny parametry, které jsou rozdílné a ovlivňují délku brzdné křivky. U těchto parametrů byla provedena jejich simulace a výsledky jsou prezentovány v tomto článku.

Klíčová slova: ETCS, mobilní část ETCS, brzdná křivka

Summary: The paper follows on previous author's paper about effects of ETCS on braking curves. In this paper are compared two Baselines (2 and 3) from the angle of set-up of OBU. There are some parameters which are different and they have influence of the braking curve. The simulation of those parameters has been done and results are presented in this paper.

Key words: ETCS, OBU (on-board Unit), braking curve

ÚVOD

Problematika brzdných křivek ETCS je řešena při implementaci ETCS pouze okrajově. Je to dáno i tím, že brzdné křivky jsou na pomezí zájmu obou skupin, které vyrábějí a vyvíjejí mobilní a traťovou část ETCS. Jejich interakce v podobě brzdné křivky je však neopomenutelnou částí celého systému. Tento článek navazuje na (1) a zabývá se srovnáním nastavení mobilní části ETCS (dále jen OBU) u Baseline 2 a Baseline 3. Následně pak provádí simulaci nastavení různých parametrů OBU pro Baseline 3 a jejich vliv na délku brzdné křivky.

1. ANALÝZA VSTUPNÍCH DOKUMENTŮ

Vývoj ETCS si vyžádal během let několik verzí dokumentace, podle které se tvoří jak traťová tak mobilní část. Soubor těchto podmínek se nazývá Baseline a v současné době jsou aktuální jejich verze 2 a 3. Tyto Baseline² pak obsahují tzv. Subsety, ve kterých jsou definovány konkrétní podmínky a požadavky na chování systému, které musí všichni dodržovat (2). Tyto Subsety se pak mohou vyskytovat v různých verzích a je vždy důležité zajistit kompatibilitu jednotlivých verzí. Více o této problematice pojednává literatura (3).

¹ Ing. Petr Nachtigall, Ph.D., Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra Technologie a řízení dopravy, Studentská 95, 530 09 Pardubice, Tel.: +420 46 603 6462, E-mail: petr.nachtigall@upce.cz

² <http://www.era.europa.eu/Core-Activities/ERTMS/Pages/Set-of-specifications-2.aspx>

1.1 Brzdné křivky

Problematikou brzdných křivek a jejich možnými dopady na kapacitu tratí se již zabýval článek (1). Spoluprací se společností AŽD Praha, s.r.o. bylo zjištěno, že současný nástroj pro modelování či simulaci brzdných křivek dostupný na webových stránkách ERA obsahuje pouze nastavení a specifikaci dle Baseline 3. Nicméně vozidla, která jsou v současné době u nás provozována včetně testovacího motorového vozu řady 851, mají shodně nastavení OBU dle specifikace Baseline 2 (4). Pro zajištění správného srovnání funkčnosti simulačního nástroje ERA s reálným provozem vozidla by bylo nutné mít vozidlo, které má OBU se specifikací Baseline 3. Samostatným problémem pak jsou kompatibility jednotlivých verzí v rámci Baseline. Tomuto tématu se věnuje literatura (3).

V současné době je tak pouze možné určit pomocí simulace různých nastavení OBU v softwarovém nástroji ERA, jak se bude měnit délka a tvar brzdne křivky při různých nastaveních OBU.

1.2 Charakteristika Baseline 2 a Baseline 3

Parametry, které jsou vkládány do OBU, jsou součástí Subsetu 026 a v rámci jednotlivých specifikací je lze rozdělit na fixní hodnoty a národní hodnoty. Dále je můžeme rozdělit na konstantní (doba reakce strojvedoucího = 4 s) a proměnné (součinitel rotačních hmot = 1,02 – 1,15). V rámci národních hodnot pak je v kompetenci manažera infrastruktury některé parametry povolit či zakázat (Ano/Ne). Mezi takové parametry patří např. používání provozní brzdy pro cílové brzdění.

Z pohledu rozsahu je počet proměnných, které jsou obsaženy v Baseline 3, mnohem větší. Jejich konkrétní podobu lze nalézt v příslušném Subsetu 026 (2), (4). Z těchto hodnot byly vybrány ty, které mohou mít potenciální vliv na délku či tvar brzdne křivky. Jejich přehled je uveden v tabulce 1.

Tab. 1 – Seznam proměnných s vlivem na brzdnu křivku

Název proměnné	Výchozí hodnota	Název proměnné	Výchozí hodnota
K cílovému brzdění je použita provozní brzda	Ano	Rychlostní interval použitý pro korekční faktor K_{v_int}	N/A
Úprava adhezního součinitele strojvedoucím	Není povoleno	Korekční faktor závislý na rychlosti K_{v_int}	0.7
Povolení pro použití grafické brzdne křivky	Ne	Korekční faktor pro zpoždění brzdneho účinku	1.1
Povolení pro užití zpětné vazby provozní brzdy	Ne	Maximální hodnota odrychlení za zhoršených adhezních podmínek ³	1.0 m/s ²
Povolení ovlivnit kompenzaci nepřesnosti měření rychlosti	Ne	Spodní limit odrychlení pro stanovení K_{v_int}	N/A
Vážíci faktor použitelný pro adhezi kolo/kolejice	0	Horní limit odrychlení pro stanovení K_{v_int}	N/A
Interval spolehlivosti pro použití nouzové brzdy při suchých kolejích	99.999999 %	Korekční faktor pro délku vlaku	0.9
Intervaly délky vlaku pro použití korekčního faktoru K_{r_int}	N/A		

Zdroj: Autor na podkladě (2)

³ Tato proměnná může nabývat až třech různých hodnot

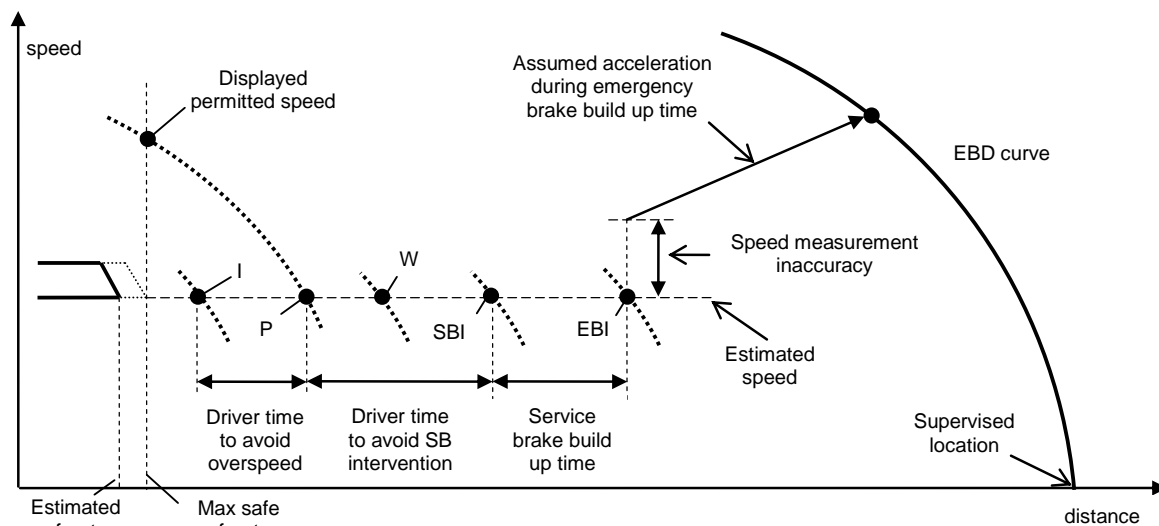
Na základě znalosti těchto proměnných byly vytipovány takové, jejichž změna má vliv na brzdnu dráhu vozidla. Tyto proměnné jsou uvedeny v tabulce 2. Každé proměnné bylo přiřazeno také pořadové číslo pro snazší orientaci v kapitole 2.2.

Tab. 2 – Proměnné pro simulaci

Parametr	Výchozí hodnota	Označení
K cílovému brzdění je použita provozní brzda	Ano	1
Povolení ovlivnit kompenzaci nepřesnosti měření rychlosti	Ne	2
Korekční faktor pro zpoždění brzdného účinku	1.1	3

Zdroj: Autor

Při vlastní simulaci je sledován průběh křivky EBD v grafu závislosti rychlosti na dráze. Strojvedoucí je vždy ale pomocí OBU již dříve informován, že se blíží k této křivce či k EoA⁴. Podrobný popis všech těchto informačních bodů je v literatuře (5). Mezi tyto informační body patří Indication (I), Permitted speed (P), Warning (W) a Service Brake Intervention (SBI). Popis jednotlivých informačních bodů je pod obrázkem 1. Na obrázku 1 je pořadí a průběh těchto informačních bodů.



Zdroj: (5)

Obr. 1 – Brzdná křivka EBD a příbuzné limity křivek

Indication (I) – první informační bod, který poskytuje strojvedoucímu dostatek času pro reakci provozní brzdou, aby nebyla překročena Nejvyšší dovolená rychlost (Permitted speed).

Permitted speed (P) – poskytuje strojvedoucímu dodatečný čas na reakci při překročení aktuální nejvyšší dovolené rychlosti, aby začal brzdít provozně. Tento bod je nastaven tak, aby měl strojvedoucí dostatek času pro reakci tak, aby nebyl dosažen bod, za kterým už zasáhne do brzdění vlaku ETCS. Tento informační bod je doplněn ještě vloženým bodem označeným W, který poskytuje audio výstrahu.

⁴ EoA – End of Authority

Service Brake Intervention (SBI) – tento informační bod již uvádí v činnost provozní brzdu (pokud je to v nastavení OBU dovoleno). Po náběhu brzdy dojde ke korekci rychlosti pomocí provozní brzdy. Pokud není tento informační bod aktivován nebo pokud provozní brzda nestačí ke korekci rychlosti, je aktivována nouzová brzda. Tento SBI je fakultativní a je používán hlavně z důvodu příliš častého používání nouzové brzdy. Její použití má negativní vliv na plynulost provozu, vozidla i dopravní cestu. Výhodou provozní brzdy je také to, že oproti nouzové brzdě nemusí jít vždy až do nulové rychlosti.

2. SIMULACE

Na základě poznatků z první kapitoly bylo možné přistoupit k simulaci. Tato simulace probíhala v ERA tool⁵, což je nástroj ve formátu *xls* souboru, který počítá brzdné křivky v Baseline 3 pro různá nastavení. Výsledky těchto simulací pak byly interpretovány do grafu v kapitole 2.3.

2.1 Parametry vlaku a dopravní infrastruktury

Pro správnou interpretaci výsledků simulace je nutné stanovit podmínky, za kterých byla simulace prováděna. V tomto případě se jedná především o parametry vlaku a dopravní cesty. Je uvažováno, že ERA tool je v základním nastavení mimo hodnot uvedených v tabulce 3 a parametrů uvedených v kapitole 2.2.

Tab. 3 – Parametry vlaku a dopravní cesty

Parametr vlaku		Parametr dopravní cesty	
Délka	300 m	Poloměr oblouku	∞ m
Stanovená rychlost	160 km·h ⁻¹	Sklon	0 m

Zdroj: Autor

Všechny simulace byly prováděny při tomto nastavení a nebyl zkoumán vliv těchto parametrů na nastavení hodnot z kapitoly 1.2.

2.2 Varianty měření

V kapitole 1.2. byly rozlišeny a označeny tři parametry pro simulaci. Z těchto třech parametrů byly sestaveny simulační scénáře pro zjištění výsledků. U prvních dvou parametrů byly vždy zkoumány obě možnosti (ano/ne). Třetí parametr by teoreticky mohl nabývat široké škály hodnot, nicméně zkoumána byla pouze hodnota ze základního nastavení SUBSETU 026-3 a také nižší hodnota, která odstraňuje zpoždění brzdného účinku v důsledku činnosti ETCS. Přehled scénářů je v tabulce 4.

⁵ Dostupný na <http://www.era.europa.eu/Core-Activities/ERTMS/Pages/Braking-Curves-Simulation-Tool.aspx>

Tab. 4 – Simulační scénáře

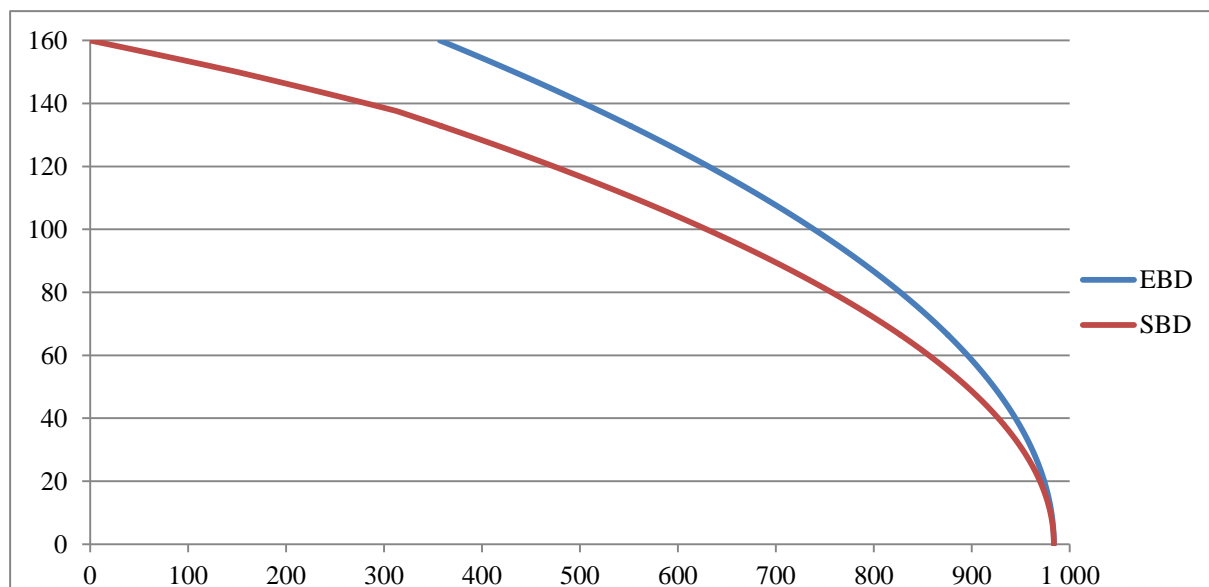
Číslo scénáře	Nastavení parametrů		
	1	2	3
1	Ano	Ne	1,1
2	Ano	Ne	1
3	Ano	Ano	1,1
4	Ano	Ano	1
5	Ne	Ano	1,1
6	Ne	Ano	1
7	Ne	Ne	1,1
8	Ne	Ne	1

Zdroj: Autor

Křivkami, které byly v rámci této simulace sledovány, byly především EBD⁶ a SBD⁷. Přihlíženo bylo také k maximální hodnotě křivky FLOI. Více o těchto křivkách je v literatuře (6).

2.3 Prezentace výsledků

Provedením simulace bylo zjištěno, že průběh křivek SBD a EBD je pro všechny simulační scénáře stejný. V žádném místě průběhu rychlosti se ani jedna z křivek neodchyluje od základního scénáře, tedy původního nastavení. Průběh závislosti rychlosti na dráze je zachycen na obrázku 2.



Zdroj: Autor

Obr. 2 – Průběh brzdných křivek SBD a EBD

⁶ EBD – Emergency break distance – vzdálenost pro použití nouzové brzdy

⁷ SBD – Service break distance – vzdálenost pro použití provozní brzdy

⁷ FLOI – First Level of Intervention – první zásah do řízení pomocí provozní brzdy

Křivky na obrázku 2 by bylo ještě vhodné doplnit porovnáním se skutečným průběhem brzdění dle Baseline 2. Na tomto úkolu autor dále pracuje a výsledky budou prezentovány v některém z dalších článků.

Dalšími hodnotami, které lze z ERA nástroje získat a porovnat je, jsou místa indikací nebo začátků jednotlivých křivek. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5.

Tab. 5 – Porovnání variant simulací

Číslo scénáře	Pre-indication	Indication (I)	Permitted speed (P)	Warning (W)	FLOI	EBI	Start RSM ⁸
1	2144,62	1833,51	1534,85	1445,96	1357,07	974,74	291,43
2	2144,62	1833,51	1534,85	1445,96	1357,07	951,76	285,72
3	2144,62	1833,51	1534,85	1445,96	1357,07	925,91	283,84
4	2144,62	1833,51	1534,85	1445,96	1357,07	903,60	278,42
5	1771,29	1460,18	1161,51	1072,62	983,74	937,11	193,23
6	1771,29	1460,18	1161,51	1072,62	983,74	914,80	187,81
7	1771,29	1460,18	1163,72	1074,83	985,87	985,87	200,82
8	1771,29	1460,18	1161,51	1072,62	983,74	962,96	195,11

Zdroj: Autor

Z tabulky 5 lze zjistit, že parametr, jehož nastavení má vliv na výsledky simulace je především parametr č. 1, tedy použití průběžné brzdy pro korekci rychlosti vlaku. Tento parametr by měl být nastaven na hodnotu *Ano*, protože provozní brzdění dovoluje korigovat rychlost v libovolném spektru. Oproti tomu nouzová brzda je vždy do zastavení. Rozdíl mezi nastavením parametru č. 1 na hodnotu *Ano* či *Ne* je 17 %. Nicméně toto navýšení neznamená prodloužení jízdní doby. Pouze bude mít strojvedoucí dříve informace o brzdných křivkách, ke kterým se blíží. Nastavení a kombinace ostatních parametrů pak má vliv pouze na úrovni EBI a Start RSM. U informačního bodu EBI je rozdíl maximální a minimální hodnoty cca 7 %.

ZÁVĚR

V článku byl stručně popsán princip simulace brzdění vlaku pod dohledem ETCS pokud je OBU naprogramováno dle Baseline 2 a Baseline 3. Byly zde představeny parametry, které lze na národní úrovni nastavit v OBU a které mají vliv na brzdnou křivku vlaku. Na jejich základě byly sestaveny simulační scénáře a bylo ověřeno, že nastavení parametrů nemá vliv na brzdnou křivku SBD a EBD. Vliv těchto parametrů byl zjištěn pouze v oblasti informačních bodů, které jsou strojvedoucímu zobrazovány na palubním displeji ETCS. Z pohledu železničního provozu se zdá jako vhodné nastavit národní parametr užití provozní brzdy pod dohledem ETCS jako vhodné.

⁸ RSM – Release Speed Monitoring – vzdálenost, ve které vlak dosáhne rychlosti, kde už dále není sledováno SBD a EBD

POUŽITÁ LITERATURA

- (1) Hruban, I., Nachtigall, P., Štěpán, O. Přínosy zavedení ETCS z pohledu brzdných křivek. *Vědeckotechnický sborník ČD*. 2015, Sv. 40.
- (2) Set of specifications # 2. *ERA*. [Online] 29. 07 2015. [Citace: 20. 01 2016.] <http://www.era.europa.eu/Core-Activities/ERTMS/Pages/Set-of-specifications-2.aspx>.
- (3) Marek, J. Informace z UNISIG, aktuální stav specifikací a další rozvoj ETCS. *ACRI*. [Online] 02. 06 2015. [Citace: 04. 02 2016.] www.acri.cz.
- (4) Set of specifications #1. *ERA*. [Online] 07. 01 2015. [Citace: 10. 01 2016.] <http://www.era.europa.eu/Core-Activities/ERTMS/Pages/Set-of-specifications-1.aspx>.
- (5) INTRODUCTION TO ETCS BRAKING CURVES. *European Railway Agency*. [Online] 12. 06 2010. [Citace: 10. 02 2016.] www.era.europa.eu/.../ERA_ERTMS_040026_v1.2.doc.
- (6) Swiss Transport Research Conference. [Online] 11. 9 2009. [Citace: 04. 02 2016.] <http://www.strc.ch/conferences/2009/Emery.pdf>.