

Jakub Marek¹

Technické specifikace a generické analýzy systému ETCS

Klíčová slova: železniční zabezpečovací technika, bezpečnost, spolehlivost, ERTMS, ETCS, UNISIG, ERA, EUG

Úvod

System ETCS, úplným názvem Evropský vlakový zabezpečovací systém (z angl. *European Train Control System*), je v dnešních dnech nasazován v rámci komerčního projektu ETCS v ČR, a to na více než 250 km dvoukolejných tratí v úseku prvního národního tranzitního železničního koridoru Břeclav st. hr. – Kolín. System ETCS je vlakový zabezpečovač, tedy železniční zabezpečovací systém, jehož selhání může v krajním případě znamenat nejen materiální škody, ale též škody na lidských životech, zdraví. Jde tedy, jako u každého jiného železničního zabezpečovacího systému, o systém tzv. bezpečnostně-kritický [2], na nějž jsou kladeny přísné bezpečnostní požadavky. Je u něj dále také mimo jiné velmi důležité hledat nebezpečí s ním související a přijímat adekvátní nápravná opatření vedoucí k eliminaci rizika z nich plynoucích, a to v rámci celého jeho životního cyklu.

Dalším specifikem systému ETCS je to, že tento systém má nahradit velké množství různých národních vlakových zabezpečovacích systémů doposud v jednotlivých státech EU provozovaných a zajistit tzv. interoperabilitu železniční dopravy v oblasti řízení a zabezpečení, což je hlavní důvod, proč je nasazování tohoto systému tolik podporováno, a dokonce při novostavbách a rekonstrukcích stávajících tratí vyžadováno Evropskou unií. Jde o projekt nadnárodní. Proto i požadavky na tento systém vznikají na více úrovních. Nejen tedy na úrovni národní (úroveň projektů), kde vznikají terminologií normy ČSN EN 50129:2003 [1] požadavky na specifickou a generickou aplikaci, ale také na úrovni nadnárodní (úroveň ERA/UNISIG), na níž vznikají terminologií též normy požadavky na generický produkt ve formě technických specifikací systému ETCS.

Právě pro tvorbu a údržbu těchto specifikací, tedy požadavků na generický produkt bylo vytvořeno sdružení UNISIG (z angl. *UNIon of SIGnalling*).

1 Sdružení UNISIG a jeho pracovní skupiny

Jedná se o sdružení výrobců železničních zabezpečovacích systémů, které bylo zformované na speciální žádost Evropské komise, právě aby vytvořilo a následně udržovalo technické specifikace evropského vlakového zabezpečovacího systému ETCS. Dnes se tak děje pod záštitou Evropské železniční agentury ERA (z angl. *European Railway Agency*). Členy tohoto sdružení jsou společnosti

¹ Ing. Jakub Marek, Ph.D., nar. 1984, vzdělání: Dopravní prostředky a infrastruktura – Elektrotechnická zařízení v dopravě /2006 Bc., 2008 Ing., 2014 Ph.D./; Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Studentská 95, 532 10 Pardubice; odborné zaměření: železniční zabezpečovací technika, ERTMS, ETCS, pracoviště: AŽD Praha s.r.o., Žirovnická 2/3146, 106 17 Praha 10, závod Technika, úsek Výzkum a vývoj, vývojové pracoviště 13 (VZ ETCS), e-mail: marek.jakub@azd.cz.

vyrábějící systém ETCS. V abecedním pořadí se jedná o: Alstom, Ansaldo STS, AŽD Praha, Bombardier, CAF Signalling, MER MEC, Siemens a Thales. Hlavní skupinu tvoří od roku 1999 tzv. úplní členové (full members), k nimž se postupem času přidávali tzv. přidružení členové (associated members). Prvním přidruženým členem se stala v roce 2009 česká společnost AŽD Praha následovaná dalšími novými přidruženými členy, konkrétně společnostmi MER MEC (2010) a CAF Signalling (2012). Začátkem letošního roku se společnosti AŽD Praha a CAF Signalling staly na základě splnění podmínek plného členství, mezi nimiž je například aktivní participace v pozici přidruženého člena, úplnými členy sdružení UNISIG.

Ke své činnosti má sdružení UNISIG několik pracovních skupin WPs (z angl. *Work Packages*), rozdělených dle oblastí, v nichž zpracovávají a udržují technické specifikace systému ETCS. Tyto specifikace jsou součástí dokumentů, tzv. Subsetů, zveřejňovaných po odsouhlasení skupinou uživatelů systému ETCS (*EUG*, z angl. *ERTMS Users' Group*) Evropskou železniční agenturou ERA. Řídícím orgánem sdružení UNISIG je tzv. Steering Committee (SC), která zajišťuje plánování, financování a další organizační záležitosti.

Hlavní pracovní skupinou, která je dostupná pouze pro úplné členy sdružení UNISIG, je tzv. Supergroup (SG), která tvoří a udržuje základní Subset-026, „System Requirements Specification“, jenž popisuje podstatu funkčního chování systému ETCS. Následují další pracovní skupiny Work Packages (WPs), které podporují činnost SG ve specifických oblastech, jako jsou např. oblast testování interoperability (WP IOP), oblast bezpečnosti a spolehlivosti (WP RAMS), předávání vlaků mezi dvěma sousedními RBC (WP RBC/RBC Handover), automatické vedení vlaku (WP ATO) a další. Autor tohoto příspěvku působí, jakožto zástupce společnosti AŽD Praha s.r.o., v pracovní skupině UNISIG RAMS WP, která vykonává bezpečnostní a spolehlivostní analýzy na úrovni technických specifikací systému ETCS a jejíž činnost a výstupy přibližuje následující text.

2 Činnost pracovní skupiny UNISIG RAMS WP

Jak napovídá zkratka v označení této pracovní skupiny: RAMS (z angl. *Reliability, Availability, Maintainability, and Safety*), jedná se o skupinu zabývající se oblastí týkající se jak bezpečnosti systému ETCS (Safety), tak spolehlivosti tohoto systému. Tedy pohotovostí (Availability) a činiteli ji přímo ovlivňujícími, tj. bezporuchovostí (Reliability) a udržitelností (Maintainability). Esenciální činností této skupiny je provádění bezpečnostních analýz systému ETCS, a to, ať už systematických (viz kap. 3.1), či nahodilých (viz kap. 3.2), vzniklých například aktuální potřebou řešit nebezpečí identifikované v konkrétním projektu aplikace tohoto systému nebo potřebou posoudit vliv nového požadavku na změnu specifikací systému ETCS (CR, z angl. *Change Request*) před jeho zapracováním do nové verze těchto specifikací. Výsledkem této činnosti jsou bezpečnostní požadavky na systém ETCS. Další činnost této skupiny spočívá v odvozování a stanovování spolehlivostních požadavků na systém ETCS (viz kap. 4).

3 Bezpečnostní analýzy systému ETCS

3.1 Systematické bezpečnostní analýzy systému ETCS

Pracovní skupina UNISIG RAMS WP vypracovala a udržuje soubor bezpečnostních analýz, které systematicky zkoumají funkce ETCS, které jsou definované v kapitole 4.5 Subsetu-026 [3], se zohledněním všech ostatních vlastností systému ETCS definovaných jeho mandatorními specifikacemi, které jsou uvedeny v ostatních Subsetech, jež jsou součástí přílohy A Technických specifikací pro interoperabilitu pro subsystém řízení a zabezpečení TSI CCS (z angl. *Technical Specification for Interoperability for Control-Command and Signalling Subsystem*).

Následuje stručný rozbor a popis výstupů jednotlivých bezpečnostních analýz vykonaných skupinou UNISIG RAMS WP, které jsou obsaženy v následujících dokumentech:

Subsety-078 až -081 (FMEAs)

- prostřednictvím analýzy druhů a důsledků poruch FMEA (z angl. *Failure Modes and Effects Analysis*) systematicky zkoumají a dokumentují nebezpečí hrozící na jednotlivých mandatorních rozhraních systému ETCS, a to dle jeho referenční architektury, tak jak ji definuje Subset-026 [3] (viz obr. 1):
 - o Subset-078 (FMEA for the Interface to/from an Adjacent RBC)
 - analyzuje rozhraní RBC/RBC
 - o Subset-079 (FMEA for DMI-Subsystem),
 - analyzuje rozhraní ke strojvedoucímu
 - o Subset-080 (FMEA for TIU)
 - analyzuje rozhraní k vozidlu
 - o Subset-081 (FMEA for Transmission System)
 - analyzuje rozhraní mezi traťovou a mobilní částí ETCS

Subset-088 (Safety Analysis /of the UNISIG ETCS Reference Architecture/)

- obsahuje systematickou analýzu nebezpečí souvisejících s ETCS
- reflektuje při tom nežádoucí události nalezené prostřednictvím analýz FMEA, které jsou dokumentovány v předchozí čtveřici Subsetů (-079 až -081)
- odvozuje kvantitativní bezpečnostní cíle ve formě tolerovatelných intenzit nebezpečí THR (z angl. *Tolerable Hazard Rate*) na jednotlivé komponenty ETCS (tzv. konstituenty interoperability dle TSI CCS [11])
- má čtyři části (Part 0 až Part 3)

Subset-088 Part 0 (Document Overview)

- úvodní, přehledový dokument
- definuje účel ETCS a tzv. základní nebezpečí (Core Hazard)

Subset-088 Part 1 (Functional Fault Tree)

- obsahuje strom FTA (analýza shora–dolů), který rozvíjí základní nebezpečí (tvořící zde vrcholovou událost stromu) do jednotlivých nebezpečí na rozhraních referenční architektury ETCS (viz kapitola 2 Subsetu-026 [3]) s definovaným vztahem k funkcím ETCS uvedeným v kapitole 4.5 Subsetu-026 „Modes and on-board function“ (tvořící zde základní události stromu), případně do selhání mimo systém ETCS (např. selhání lidského činitele)

Subset-088 Part 2 (Functional Analysis)

- detailněji analyzuje základní události stromu FTA ze Subsetu-088 Part 1, blíže je popisuje, kategorizuje (do následujících tří skupin: „safety critical“, „safety related“, či „not safety related“) a stanovuje jejich vztah k funkcím ETCS a nápravná opatření ve formě aplikačních podmínek

Subset-088 Part 3 (THR Apportionment)

- na základě předchozích částí (Part 1 a Part 2) odvozuje bezpečnostní požadavky na systém ETCS (THR na referenční architekturu ETCS)

Subset-091 (Safety Requirements for the Technical Interoperability of ETCS in Levels 1 & 2)

- z hlediska dosažení interoperability jde o mandatorní dokument
- obsahuje bezpečnostní požadavky na systém ETCS
- stanovuje THR na jednotlivé komponenty ETCS (konstituenty interoperability)
- věcně vychází z ostatních výše citovaných analýz

Subset-077 (UNISIG Causal Analysis Process)

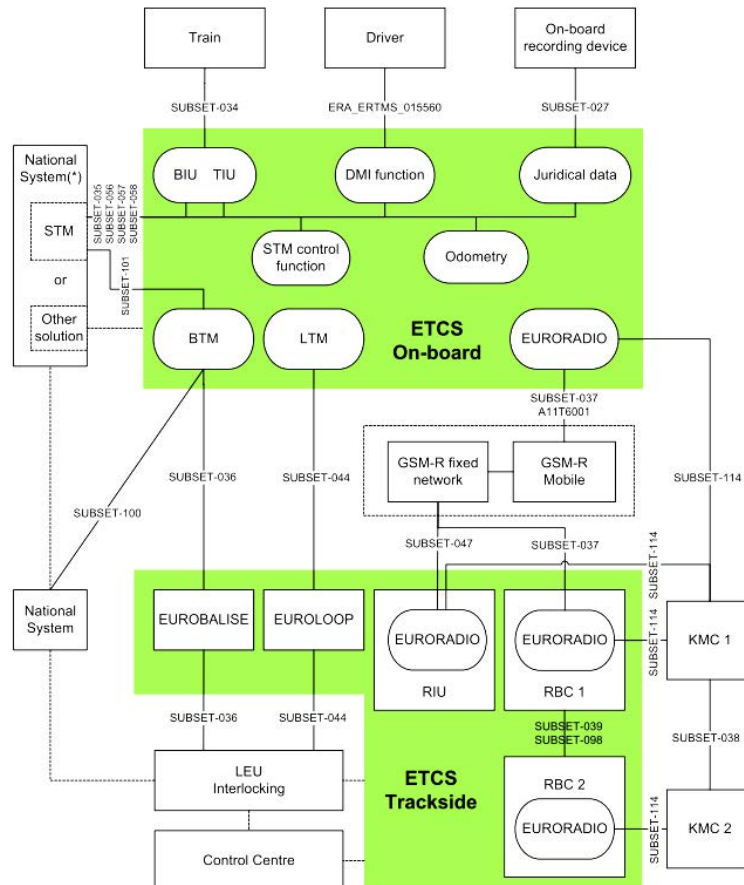
- stanovuje základní koncepci a pravidla platná pro bezpečnostní analýzy ETCS vykonávané skupinou UNISIG RAMS WP

Subset-118 (Functional Safety Analysis of ETCS DMI)

- nový dokument
- aktuálně v přípravě pro vydání v první údržbě technických specifikací systému ETCS Baseline 3 (B3 MR1, z angl. *1st Maintenance Release for Baseline 3*)
- na základě analýzy stromu událostí ETA (z angl. *Event Tree Analysis*) bude stanovovat kvantitativní cíle bezpečnosti na funkce definované na rozhraní mezi bezpečným jádrem mobilní části systému ETCS (EVC, z angl. *European Vital Computer*) a rozhraním pro strojvedoucího/strojvedoucí (DMI, z angl. *Driver-Machine Interface*)

Na základě zde provedeného rozboru analýz zpracovaných a udržovaných skupinou UNISIG RAMS WP, jež jsou dokumentovány ve výše citovaných Subsetech, lze říci, že Subset-088 stanovuje a systematicky analyzuje základní

nebezpečí spojené se systémem ETCS („Exceedance of the safe speed or distance as advised to ETCS“), uvádí vztah tohoto nebezpečí k jednotlivým funkcím ETCS, tedy identifikuje posloupnosti událostí vedoucí k tomuto nebezpečí, přičemž počátečními příčinami jsou nebezpečí identifikovaná (Subsety-078 až -081) na rozhraní systému ETCS. A dále tento Subset na základě referenčního profilu mise ETCS vlaku odvozuje THR pro jednotlivé funkce ETCS, které jsou definované Subsetem-026. Takto odvozené THR přebírá mandatorní Subset-091, který již je součástí přílohy A Technických specifikací pro interoperabilitu pro oblast řízení a zabezpečení TSI CCS.



Obr. 1 – Referenční architektura systému ETCS [Zdroj: Subset-026]

Dále lze říci, že výše zmíněná skupina Subsetů-078 až -081, tvořená pracovní skupinou UNISIG RAMS WP, detailněji analyzuje potenciální nebezpečí, která se mohou vyskytnout na mandatorních rozhraních systému ETCS dle jeho referenční architektury, tak jak ji definuje Subset-026 (viz obr. 1). Analyzují se v nich rozhraní k externím entitám, jako jsou:

1. vozidlo – Subset-080,
2. strojvedoucí – Subset-079,

stejně tak jako rozhraní mezi entitami interními, jako jsou:

1. RBC/RBC – Subset-079,
2. BTM/Eurobalíza – Subset-081,

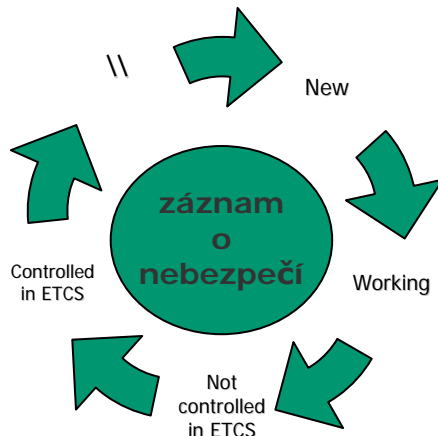
3. LTM/Eurosmýčka – Subset-081,
4. Eurorádio (OBU) / Eurorádio (RBC nebo RIU) – Subset-081.

Patrně záměrně není na úrovni UNISIG/ERA analyzováno rozhraní k zabezpečovacímu zařízení (blok „Interlocking“ dle referenční architektury ETCS – obr. 1), jež vlakovému zabezpečovači ETCS poskytuje nezbytné informace pro bezpečnou jízdu vlaku pod dohledem ETCS. Důvodem je podle mého názoru skutečnost, že toto rozhraní není harmonizováno (ani jeho harmonizace není z hlediska dosažení interoperability nutná). Nicméně se předpokládá, že v konkrétních projektech ETCS bude toto rozhraní analyzováno.

3.2 *Nahodilé bezpečnostní analýzy systému ETCS*

Pracovní skupina UNISIG RAMS WP vede interně hazard log obsahující nebezpečí identifikovaná na úrovni technických specifikací systému ETCS, zejména v souvislosti se systémovými požadavky na ETCS (tj. se Subsetem-026 [3]). Jedná se o nebezpečí, která byla identifikována dílem teoreticky (při výkladu technických specifikací ETCS), dílem experimentálně (při aplikaci systému ETCS v konkrétních projektech). Nejde tedy o úplný seznam nebezpečí spojených se systémem ETCS, nýbrž o seznam získaný zpětnou vazbou z praxe.

Následující obrázek (viz obr. 2) ilustruje životní cyklus záznamu o nebezpečí, tak jak je používán v UNISIG Hazard Logu [12]. Následující text jej popisuje, a to včetně vazby na veřejně přístupnou zprávu z tohoto Hazard Logu, tedy na Subset-113 [10].



Obr. 2 – Životní cyklus záznamu o nebezpečí používaný v UNISIG Hazard Logu

Záznam o nebezpečí je oprávněn, ba dokonce povinen vytvořit každý člen pracovní skupiny UNISIG RAMS WP [12], jakmile identifikuje nebezpečí související se systémem ETCS, které spočívá v technických specifikacích tohoto systému. Vytvořením záznamu o nebezpečí je myšleno vyplnění předpřipravené šablony pro záznam o nebezpečí. Tím se záznam o nebezpečí dostává do stavu Nový (New). Jakmile se k danému záznamu o nebezpečí vyjádří celá skupina UNISIG RAMS WP přechází tento záznam do stavu Pracovní (Working). Tento záznam je dále postoupen diskusi s relevantními partnery, tj. zejména se Supergroup (pracovní skupinou sdružení UNISIG definující záměr systému ETCS, tvořící a udržující

Subset-026 [3]), dále s Evropskou železniční agenturou ERA a s uživateli systému ETCS (EUG, z angl. *ERTMS Users' Group*).

Po odsouhlasení navržených nápravných opatření přechází tento záznam o nebezpečí do stavu Neřízeno v systému ETCS (Not controlled in ETCS) a vytváří se záznam ve zprávě z UNISIG Hazard Logu (tj. v Subsetu-113 [10]). Navržená nápravná opatření mohou být v principu dvojího druhu:

- I. nápravné opatření ve formě návrhu požadavku na změnu technických specifikací systému ETCS (CR, z angl. *Change Request*),
- II. nápravné opatření ve formě návrhu projekčního či provozního pravidla.

V případě druhém zůstává záznam o nebezpečí nadále ve stavu Neřízeno v systému ETCS (Not controlled in ETCS), aby se prostřednictvím veřejně přístupného Subsetu-113 [10] dostalo toto nebezpečí a hlavně navržené nápravné opatření až k realizátorům konkrétních projektů systému ETCS. Takovéto záznamy je nutno přenést do konkrétního projektu aplikace tohoto systému. V případě prvním se po přijetí a zapracování požadavku na změnu technických specifikací systému ETCS, která toto nebezpečí eliminuje, dostává do stavu Řízeno v systému ETCS (Controlled in ETCS), kdy se záznam o nebezpečí maže v Subsetu-113 [10]. Po jeho smazání je pro přehlednost zachováno jedinečné označení hazardu prázdné a do těla tohoto „záznamu“ se zapíše následující formulace informující o tom, že dané nebezpečí již není relevantní pro jakoukoli Baseline systému ETCS: „*Intentionally left empty. The hazard has not been considered as relevant for any ETCS baseline. No action by application projects is required.*“

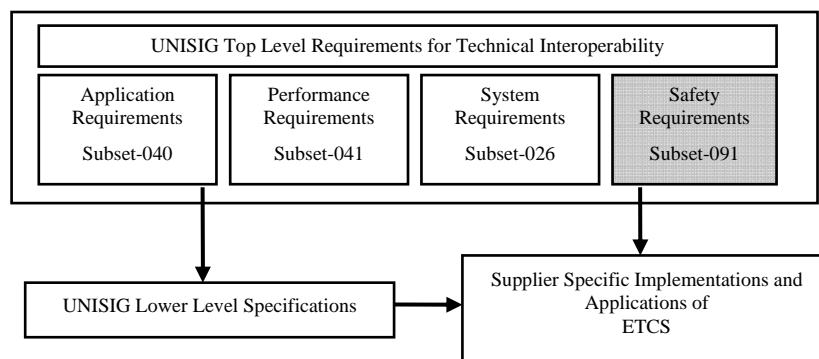
4 Spolehlivostní analýzy systému ETCS

Kromě bezpečnostních analýz, které představují majoritní část pracovní náplně skupiny UNISIG RAMS WP a o nichž pojednává kapitola předcházející (viz kap. 3), vykonává tato skupina také analýzy spolehlivostní. Na základě analýzy spolehlivosti byl například stanoven požadavek na minimální hodnotu pohotovosti mobilní části systému ETCS, parametr střední doby mezi poruchami MTBF (z angl. *Mean Time Between Failures*). Tato analýza je součástí Subsetu-123, jehož osud je ovšem v tuto chvíli otevřený, neboť současná podoba tohoto Subsetu nebyla přijata skupinou EUG.

Závěr

Pracovní skupina UNISIG RAMS WP má zastoupení všech osmi členů sdružení UNISIG. Její hlavní činností je odvozovat požadavky jak na bezpečnost (Safety), tak i na spolehlivost (Reliability, Availability, and Maintainability) systému ETCS. Z oblasti bezpečnosti spravuje celkem patnáct Subsetů, z nichž jeden je z hlediska dosažení interoperability mandatorní: Subset-091, „Safety Requirements for the Technical Interoperability of ETCS in Levels 1 & 2“. Pro projekty velmi zajímavým, ovšem z hlediska dosažení interoperability nikoli mandatorním, může být také Subset-113, „Report from UNISIG Hazard Log“. Z oblasti spolehlivosti spravuje

jeden Subset, Subset-123, „Reliability Requirement for CCS Onboard Subsystem from the viewpoint of operational safety“.



Obr. 3 – Hierarchie dokumentů obsahujících technické specifikace ETCS [Zdroj: Subset-077]

Obrázek 3 znázorňuje pozici mandatorního Subsetu-091 skupiny UNISIG RAMS WP. Ostatní Subsety této pracovní skupiny jsou pouze informativní, podpůrné. Nejsou tedy mandatorní, a nejsou tudíž ani součástí přílohy A specifikací TSI CCS. Jsou ovšem veřejné a uvedeny v tzv. „Příručce pro aplikaci TSI CCS“ („Guide for the Application of the TSI for the CCS“).

Použité zkratky

B3 MR1	First Maintenance Release of Baseline 3	První údržbové vydání specifikací ETCS Baseline 3
ATO	Automatic Train Operation	Automatické vedení vlaku
AŽD	-	Automatizace železniční dopravy
BIU	Brake Interface Unit	Jednotka tvořící rozhraní k brzdě (součást mobilní části ETCS)
BTM	Balise Transmission Module	Přenosový modul pro balízy (součást mobilní části ETCS)
ČR	-	Česká republika
DMI	Driver Machine Interface	Rozhraní ke strojvedoucímu (součást mobilní části ETCS)
ERA	European Railway Agency	Evropská železniční agentura
ERTMS	European Rail Traffic Management System	Evropské systém řízení železničního provozu
ETA	Event Tree Analysis	Analýza stromu událostí

ETCS	European Train Control System	Evropský vlakový zabezpečovací systém
EU	European Union	Evropská unie
EUG	ERTMS Users' Group	Skupina uživatelů systému ERTMS, potažmo ETCS
EVC	European Vital Computer	Evropský bezpečný počítač (bezpečné řídicí jádro mobilní části ETCS)
FMEA	Failure Modes and Effects Analysis	Analýza druhů a důsledků poruch
FTA	Fault Tree Analysis	Analýza stromu poruchových stavů
GSM-R	Global System for Mobile Communications for Railways	Globální systém pro mobilní komunikace pro železniční aplikace
IOP	InterOPERability	Propojitelnost
KMC	Key Management Centre	Centrum správy klíčů
LEU	Lineside Electronic Unit	Traťová elektronická jednotka (součást traťové části ETCS)
LTM	Loop Transmission Module	Přenosový modul tvořící rozhraní ke smyčce Euroloop (modul je součástí mobilní části ETCS)
MTBF	Mean Time Between Failures	Střední doba mezi poruchami
OBU	On-Board Unit	Mobilní/palubní jednotka (ETCS)
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability, and Safety	Bezporuchovost, pohotovost, udržovatelnost a bezpečnost
RBC	Radioblock Centre	Radiobloková centrála
RIU	Radio Interface Unit	Jednotka tvořící rozhraní k rádiu (součást traťové části ETCS)
SC	Steering Committee	Řídící výbor
SG	Supergroup	-
STM	Specific Transmission Module	Specifický přenosový modul (jednotka tvořící rozhraní k traťové

		části jednoho nebo více stávajících národních VZ, součást mobilní části ETCS)
THR	Tolerable Hazard Rate	Tolerovatelná intenzita nebezpečí
TIU	Train Interface Unit	Jednotka tvořící rozhraní k vozidlu (součást mobilní části ETCS)
TSI CCS	Technical Specifications for Interoperability for Control-Command and Signalling Subsystem	Technické specifikace interoperability pro subsystém řízení a zabezpečení
UNISIG	UNIon of SIGnalling	Sdružení výrobců železničních zabezpečovacích systémů
VZ	-	Vlakový zabezpečovač
WP	Work Packet	Pracovní balíček/skupina

Literatura

- [1] ČSN EN 50129. *Drážní zařízení – Sdělovací a zabezpečovací systémy a systémy zpracování dat – Elektronické zabezpečovací systémy*. Praha: Český normalizační institut, 2003. 104 s.
- [2] Department of Trade and Industry and Engineering and Physical Sciences Research Council. *Results and Achievements from the DTI/EPSC R&D Programme: Advances in Safety Critical Systems*. Compiled and Edited by M. Falla. 1997. 292 p.
- [3] UNISIG (SG). *ERTMS/ETCS – ERTMS/ETCS – System Requirements Specification*. Subset-026. Issue 3.3.0. Brussels: ERA, 2012. 583 p.
- [4] UNISIG (RAMS WP). *ERTMS/ETCS – FMEA for the Interface to/from an Adjacent RBC*. Subset-078. Issue 3.3.0. Brussels: ERA, 2012. 49 p.
- [5] UNISIG (RAMS WP). *ERTMS/ETCS – FMEA for DMI-Subsystem*. Subset-079. Issue 3.9.0. Brussels: ERA, 2012. 183 p.
- [6] UNISIG (RAMS WP). *ERTMS/ETCS – FMEA for TIU in Application Level 1 and Level 2*. Subset-080. Issue 2.2.2. Brussels: ERA, 2012. 103 p.
- [7] UNISIG (RAMS WP). *ERTMS/ETCS – FMEA for Transmission System*. Subset-081. Issue 3.3.0. Brussels: ERA, 2012. 44 p.
- [8] UNISIG (RAMS WP). *ERTMS/ETCS – ETCS Application Levels 1 & 2 – Safety Analysis*. Subset-088. Issue 3.5.0. Brussels: ERA, 2012. 308 p.

- [9] UNSIG (RAMS WP). *ERTMS/ETCS – Safety Requirements for the Technical Interoperability of ETCS in Levels 1 & 2. Subset-091.* Issue 3.2.0. Brussels: ERA, 2012. 49 p.
- [10] UNISIG (RAMS WP). *ERTMS/ETCS – Report from UNISIG Hazard Log. Subset-113.* Issue 1.1.28. Brussels: ERA, 2012. 98 p.
- [11] European Commission (EC). *TSI CCS (Technical Specification for Interoperability for Control-Command and Signalling Subsystem).* EC: Brussels, 2012. 65 p.
- [12] UNISIG (RAMS WP). *ERTMS/ETCS – UNISIG Hazard Log. HAZLOG.* Issue 1.1.28. Brussels: ERA, 2012. 124 p. UNISIG Internal document.

Černošice, duben 2014

Lektorovali:

doc. Ing. Milan Kunhart, CSc.
nezávislý odborník

Ing. Milan Slivka
VUZ, a. s.