

STANDARDE DE PERFORMANȚĂ LA OPERAREA CU SISTEME CBTC PENTRU GESTIONAREA SIGURĂ A TRAFICULUI FERROVIAR CU UN CANAL RADIO DIGITAL

PERFORMANCE STANDARDS FOR OPERATION WITH CBTC SYSTEMS FOR SAFE RAIL TRAFFIC MANAGEMENT WITH A DIGITAL RADIO CHANNEL

Alexandru BADEA¹, Monica VĂLU², Ion MATEI³,
Felicia Elena BIBIRE⁴, Claudiu-Nicolae BADEA⁵, George DUMITRU⁶

¹Universitatea Politehnică București, Splaiul Independenței nr. 313, București, România
e-mail: Alexandru BADEA: alexsinaia@yahoo.com

^{2,5,6}Autoritatea Feroviară Română - Calea Griviței nr. 393, sectorul 1, București, România,
e-mail: Monica VĂLU: mmonicavalu@yahoo.com; Claudiu-Nicolae Badea:
badeaclaudiu@gmail.com; George DUMITRU: george.dumitru.cfr@gmail.com

³Cargo Trans Vagon SA, str. „Vaselor”, no. 34, sectorul 2, București, România,
e-mail autor: Ion MATEI: matei@tts-group.ro

⁴Universitatea Politehnică București, Splaiul Independenței nr. 313, București, România
e-mail: Felicia Elena BIBIRE: felicia.bibire@yahoo.com

Rezumat: *Sistemul de control al vehiculelor maglev (SCMV) este de o importanță cheie pentru dezvoltarea transportului maglev. Lucrarea tratează problemele gestionării deplasării în siguranță a transportului de tip maglev folosind un canal radio digital, analizează experiența internațională și trage concluzii în legătură cu practica. SCMV să ia în considerare capacitățile fizice ale levitației magnetice, factorii și limitările care afectează aceste capacități, inclusiv factorii legați de siguranță. SCMV trebuie să aibă un set de funcții care să permită implementarea eficientă, completă și sigură a posibilităților de levitație magnetică în condițiile factorilor și limitărilor de mai sus. Scopul principal al SCMV este crearea și asigurarea constantă a condițiilor în care să se realizeze funcționarea și dezvoltarea sigură și eficientă a acestui nou tip de transport.*

Cuvinte cheie: *maglev, canal radio digital, siguranță, analiza de risc, levitație.*

Abstract: *The maglev vehicle control system (SCVM) have a primary importance for the development of maglev transport. The paper addresses the issues of managing the safe movement of maglev transport using a digital radio channel, analyzes the international experience and draws conclusions about the practice. The SCVM shall take into account the physical capabilities of magnetic levitation, the factors and limitations affecting those capabilities, including safety-related factors. The SCVM must have a set of functions that allow the efficient, complete and safe implementation of the magnetic levitation possibilities in the conditions of the factors and limitations mentioned above. The main purpose of SCVM is the creation and constant assurance of the conditions in which to operate and the safe and efficient development and development of this new type of transport.*

Keywords: *maglev, digital radio channel, safety, risk analysis, levitation.*

1. INTRODUCERE

Principalele rezultate practice care pot fi obținute în dezvoltarea sistemului de control al vehiculelor de tip maglev (SCVM) [1] sunt: crearea SCVM cu un nivel ridicat de automatizare a controlului [2] și deci eficient și sigur; dezvoltarea în cadrul SCVM a soluțiilor

standard de proiectare aplicabile pentru adaptarea la sarcinile de monitorizare și control a diverselor sisteme și mijloace de transport pe suspensie magnetică [3]; crearea unor premise pentru elaborarea și îmbunătățirea întregii game de documente de reglementare, respectarea cărora asigură siguranța infrastructurii și a materialului rulant de transport pe suspensie magnetică [4]; obținerea experienței de interacțiune între client, organizații de cercetare și proiectare, întreprinderi industriale, organizații de instalare și exploatare în etapele ciclului de viață al SCVM, ca subsistem cheie de transport pe suspensie magnetică (figura 1).



Fig. 1. Un prototip de tren Maglev, care circulă cu 620 km/oră

2. SCOPURILE ȘI OBIECTIVELE CREĂRII SCVM

Principalele obiective ale creării SCVM pot fi formulate după parcurgerea a două direcții de cercetare constând în crearea unui sistem de control al traficului vehiculelor maglev cu un grad ridicat de automatizare a funcțiilor de monitorizare, control și securitate în timp real și respective, cooperarea între organizațiile de cercetare și proiectare, întreprinderi industriale, organizații de instalare și exploatare capabile să ofere suport și dezvoltarea SCVM în diferite condiții de aplicare. Pentru a atinge aceste obiective, este necesar să se rezolve următoarele sarcini:

1. Stabilirea cerințelor de numire a SCVM și a condițiilor de aplicare a acestuia.

Completitudinea cerințelor pentru sistemul care se creează este luată în considerare în proiectul prEN 50126-1:2012 (versiunea actuală este standardul IEC 62278 [5]) în contextul cerințelor generale pentru SCVM, cerințe de siguranță, fiabilitate, pregătirea pentru menținere [6, 7]. În acest context, cerințele generale includ parametri precum determinarea domeniului și scopului SCVM, definirea conceptului SCVM și analiza fezabilității financiare și tehnice a SCVM, studiul de fezabilitate include și o evaluare a sistemului logistic necesar, pentru care se recomandă utilizarea cadrului de reglementare legislativ aplicabil în prezent precum standardul IEC 60300-3-12 (2001-12), Managementul fiabilității - Partea 3-12, Ghidul de aplicare - Suport logistic integrat (Managementul disponibilității - Partea 3-12 și Ghidul de aplicație - Logistică cuprinzătoare).

Totodată, este imperativă și crearea unei structuri de gestionare a proiectului SCVM.

Cerințele de fiabilitate, pregătire și întreținere includ aspecte precum determinarea indicatorilor de fiabilitate, pregătire și menținere, analiza indicatorilor realizați anterior pentru proiecte similare și analiza semnificației indicatorilor pentru proiectul SCVM.

Cerințele de analiză de siguranță includ analiza indicatorilor de siguranță realizați anterior, determinarea importanței indicatorilor de siguranță pentru SCVM precum și dezvoltarea obiectivelor și politicii în domeniul siguranței (pe baza cerințelor proiectului

STANDARDE DE PERFORMANȚĂ LA OPERAREA CU SISTEME CBTC PENTRU GESTIONAREA SIGURĂ A TRAFICULUI FERROVIAR CU UN CANAL RADIO DIGITAL

prEN 50126-1:2012 - versiunea actuală este IEC 62278 [5]).

2. Identificarea amenințărilor asociate cu utilizarea SPCS în conformitate cu scopul și analiza riscului cauzat de acțiunea acestor amenințări.

Identificarea amenințărilor și evaluarea riscurilor asociate se realizează în conformitate cu cerințele date în proiectele prEN 50126-1:2012 (versiunea curentă - IEC 62278 [5]) și prEN 50126-2:2012 (versiunea curentă - raport tehnic PD CLC/ TR 50126-2 [8]). Rezultatele analizei de risc stau la baza selectării anumitor funcții suplimentare de protecție ale sistemului de transport.

3. Determinarea cerințelor funcționale pentru SCVM, inclusiv cerințele de protecție împotriva amenințărilor și cerințele pentru interfețele de sistem și intra sistem, inclusiv interfețele dintre infrastructura și subsistemele mobile ale SCVM și interfețele cu un operator uman.

Definirea cerințelor funcționale pentru SCVM se realizează în conformitate cu proiectele prEN 50126-1:2012 (versiunea actuală este IEC 62278 [5]), prEN 50126-2:2012 (versiunea actuală este raportul tehnic PD CLC / TR 50126-2 [2]), prEN 50126-4:2012 (ediția curentă - IEC 62425 [9]) și prEN 50126-5 (ediția curentă - IEC 62279 [10]). Aceasta ține cont de specificul de siguranță al hardware-ului, în care apar mai întâi defecțiunile aleatorii (evenimentele), după care apare o defecțiune (starea) și software-ul, când apar pentru prima dată erorile umane (stările), care pot duce la o defecțiune (eveniment).

Cerințele pentru alcătuirea funcțiilor canalelor radio digitale necesare implementării sistemelor de control al obiectelor mobile [11, 12] sunt cuprinse în seria de standarde IEEE 1474 [13-15], cerințele de securitate a canalului radio sunt date în IEC. 62280 standard [16] (pe baza documentului EN 50159 Aplicații feroviare – Sisteme de comunicații, semnalizare și procesare – Comunicații legate de siguranță în sistemele de transport.

4. Dezvoltarea arhitecturii SCVM, inclusiv subsisteme de întreținere și logistică la nivel liniar și regional.

Dezvoltarea arhitecturii funcțiilor SCVM face parte dintr-o lucrare unică privind crearea unui model funcțional de transport maglev. Acest model ar trebui utilizat pentru a descompune cerințele pentru sistem în ansamblu în cerințele pentru subsistemele și componentele sale, inclusiv cerințele pentru subsistemul SCVM și componentele sale. Cerințele generale pentru formarea unui model funcțional și aplicarea acestuia sunt date în proiectele prEN 50126-1:2012 (versiunea actuală este IEC 62278 [11]), prEN 50126-2:2012 (versiunea actuală este raportul tehnic PD. CLC/TR 50126-2 [8]).

5. Dezvoltarea cerințelor tehnice pentru SCVM, subsistemele și componentele software și hardware de infrastructură și mobil, inclusiv cerințe de fiabilitate, disponibilitate, întreținere, siguranță și logistică.

Definirea cerințelor tehnice pentru SCVM se realizează în conformitate cu proiectele prEN 50126-1:2012 (versiunea actuală este IEC 62278 [5]), prEN 50126-2:2012 (versiunea actuală este raportul tehnic PD. CLC / TR 50126-2 [2]), prEN 50126-4:2012 (ediția curentă - IEC 62425 [9]) și prEN 50126-5 (ediția curentă - IEC 62279 [4]). De asemenea, este recomandabil să utilizați următoarele documente:

- IEC 60300-3-7 (1999-05) Managementul fiabilității - partea 3-7: Ghid de aplicare - Screeningul de stres al fiabilității hardware-ului electronic;
- IEC 60300-3-9 (1995-12) Managementul fiabilității - partea 3-9: Ghid de aplicare - Analiza riscurilor sistemelor tehnologice;
- IEC 60300-3-10 (2001-01) Managementul fiabilității - partea 3-10: Ghid de aplicare - Mentenabilitatea;
- IEC 60300-3-11 (1999-03) Managementul fiabilității - partea 3-11: Ghid de aplicare -

Întreținere centrată pe fiabilitate;

- IEC 60300-3-12 (2001-12) Managementul fiabilității - partea 3-12: Ghid de aplicare - Suport logistic integrat;

- IEC 60300-3-14 (2004-07) Managementul fiabilității - partea 3-14: Ghid de aplicare - Suport pentru întreținere și întreținere

- IEC 60300-3-16 (2008-10). Managementul fiabilității - partea 3-16: Ghid de aplicare - Ghid pentru specificarea serviciilor de asistență pentru întreținere

Cerințele tehnice pentru un canal radio digital ar trebui determinate pe baza proiectului EIRENE [17, 18], care conține cerințele funcționale și tehnice ale căilor ferate europene pentru comunicațiile radio digitale.

6. Elaborarea cerințelor pentru verificarea îndeplinirii cerințelor funcționale și tehnice pentru SCVM, subsistemele și componentele software și hardware ale acestuia, inclusiv programul și metodologia pentru testele la scară completă de laborator ale modelelor SCVM, cerințele pentru testare site-ul și locul de implementare.

Aici avem în vedere cerințele pentru analiza rezultatelor fiecărei sarcini, verificarea și validarea acestuia, precum și cerințele pentru validarea și testarea viitoare a sistemului SCVM. Aceste cerințe sunt elaborate în conformitate cu proiectele prEN 50126-1:2012 (versiunea curentă - IEC 62278 [5]), prEN 50126-2:2012 (versiunea curentă - raport tehnic PD CLC/TR 50126-2 [6]), prEN 50126-4:2012 (ediția curentă - IEC 62425 [9]) și prEN 50126-5 (ediția curentă - IEC 62279 [8]). De asemenea, este recomandabil să utilizați IEC 60300-3-5 (2001-03) Managementul fiabilității – Partea 3-5: Ghid de aplicare – Condiții de testare de fiabilitate și principii de testare statistică principii ale testării statistice).

7. Implementarea dezvoltării subsistemelor și componentelor software și hardware [19, 20] (figura 2) ale SUTS MP cu realizarea de machete și pregătirea documentației de proiectare de lucru.



Fig. 2. Componente de bord software și hardware ale trenului Maglev

Cerințele pentru această sarcină sunt cuprinse în proiectele prEN 50126-1:2012 (versiunea curentă - IEC 62278 [5]), prEN 50126-2:2012 (versiunea curentă - raport tehnic PD CLC/TR 50126-2 [6]), prEN 50126-4:2012 (ediția curentă - IEC 62425 [9]) și prEN 50126-5 (ediția curentă - IEC 62279 [10]).

8. Efectuarea de andocare (integrare) complexă a modelelor de subsisteme software și hardware și componente ale SCVM în laborator. Testarea machetelor SCVM în condiții de laborator.

Cerințele generale pentru integrarea componentelor SCVM și metodele de integrare

STANDARDE DE PERFORMANȚĂ LA OPERAREA CU SISTEME CBTC PENTRU GESTIONAREA SIGURĂ A TRAFICULUI FEROVIIAR CU UN CANAL RADIO DIGITAL

sunt date în proiectul prEN 50126-1:2012 (versiunea actuală este IEC 62278 [5]), cerințe și metode suplimentare care țin cont de specificul integrării sistemelor software și hardware sunt cuprinse în proiectul prEN 50126 -4:2012 (versiunea actuală este IEC 62425 [9]).

9. Finalizarea finalizării machetelor SCVM, actualizarea programului și metodelor de testare și a documentației de proiectare de lucru pe baza rezultatelor testelor de laborator. Determinarea locului experimental și organizarea testelor la scară largă ale SCVM.

10. Efectuarea de teste la scară reală a modelelor SCVM în condițiile amplasamentului experimental selectat. Determinarea depozitului de gunoi și organizarea implementării SCVM.

11. Finalizarea finalizării machetelor SCVM, actualizarea programului și metodelor de testare și a documentației de proiectare de lucru pe baza rezultatelor testelor la scară largă. Pregătirea documentației de proiectare a funcționării și transferul acesteia către industrie pentru producerea de mostre SCVM pentru operare de probă.

Sarcinile 9, 10 și 11 se desfășoară și în conformitate cu proiectele prEN 50126-1:2012 (versiunea curentă - IEC 62278 [5]), prEN 50126-2:2012 (versiunea curentă - raport tehnic PD CLC / TR 50126-2 [6]), prEN 50126-4:2012 (ediția curentă - IEC 62425 [9]) și prEN 50126-5 (ediția curentă - IEC 62279 [10]).

La îndeplinirea tuturor sarcinilor, este recomandabil să se țină cont de cerințele proiectului prEN 50126-3 privind managementul siguranței și de cerințele standardului internațional ISO 9001 [21] privind managementul calității.

3. FORMAREA COOPERĂRII PENTRU CREAREA SCVM

Formarea cooperării pentru crearea SCVM se realizează prin rezolvarea următoarelor sarcini:

1. Elaborarea unui model pentru procesele de operare, management și furnizare a SCVM la nivel liniar, regional și central (inclusiv procesele de securitate);
2. Determinarea indicatorilor de performanță a procesului [22];
3. Determinarea puterilor și responsabilității proprietarilor și executorilor proceselor;
4. Determinarea structurii organizatorice a proceselor de operare, management și furnizare a SCVM la nivel liniar, regional și central;
5. Elaborarea propunerilor de personal, resurse și suport documentar al proceselor SCVM.

Pentru dezvoltarea acestor sarcini, este recomandat să se utilizeze cerințele standardului IRIS [23, 24], al cărui avantaj principal, în acest caz, este determinat de capacitatea sa de a asigura un management centralizat al calității și siguranței într-o economie de piață. IRIS își propune dezvoltarea și implementarea unui sistem comun de management al calității, care să fie recunoscut la nivel universal pentru a evalua companiile care sunt furnizoare ale industriei feroviare. Certificarea IRIS este garantă de uniformitate în limbaj, uniformitate a liniilor directoare pentru evaluare și acceptarea reciprocă a auditului și a tot ceea ce garantează un grad ridicat de transparență al lanțului de furnizori.

CONCLUZII

Scopurile și obiectivele acestei lucrări fac, în esență, parte din termenii de referință complexi tehnici pentru crearea sistemului de control al vehiculelor de tip maglev SCVM. Pentru a finaliza pregătirea termenilor de referință, este necesar să se lege implementarea

fiecărei sarcini pentru crearea SCVM cu cerințele convenite din documentele de reglementare de mai sus și să se prevadă implementarea acestora în conformitate cu cerințele International Railway Industry Standard IRIS - Standardul sistemului de management al calității pentru industria feroviară

BIBLIOGRAFIE

- [1] **H.W. Lee, K.C. Kim, J. Lee**, „*Review of maglev train technologies*”, IEEE Transactions on Magnetics, vol. 42, no. 7, July 2006, pp. 1917-1925.
- [2] **Z. Liu, Z. Long, X. Li**, „*Maglev trains*”, Springer tracts in mechanical engineering, 2015.
- [3] **LG. Yan**, „*Progress of high-speed Maglev in China [JJ]*”, IEEE Trans Appl Supercond. 2002;12 : 944-7.
- [4] **M. Ono, S. Koga, H. Ohtsuki**, „*Japan's superconducting Maglev train*”, IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, volume 5, issue 1, 2002, page(s) 9-15.
- [5] **IEC 62278 (2002) Railway applications**, „*Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)*”.
- [6] **A. Neacșa, D.B. Stoica**, „Aspects concerning the software applications in order to determine the technological systems reliability”, MOCM The 13th International Conference of Fracture Mechanics, 4 (13), 2007.
- [7] **A. Neacșa, N.N. Antonescu, D.B. Stoica**, „*Modern Solutions for Selecting the Corresponding Machinery Dedicated to Technological Applications*”, Journal of the Balkan Tribological Association, 15 (4), 2009.
- [8] **PD CLC/TR 50126-2:2007 Railway applications**, „*The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)*”, - Part 2: Guide to the application of EN 50126-1 for safety.
- [9] **IEC 62425 (2007) Railway applications**, „*Communication, signalling and processing systems - Safety related electronic systems for signaling*”.
- [10] **IEC 62279 (2002) Railway applications**, „*Communications, signalling and processing systems - Software for railway control and protection systems*”.
- [11] **V.V. Shmatchenko, P.A. Plekhanov, P.N. Erlikov**, „*Bulleten rezultatov nauchnyh issledovaniy*”, Bulletin of scientific research results, 2014, no. 3 (12), pp. 31-39.
- [12] **S.C. Huang; B.H. Chen**, „*Highly Accurate Moving Object Detection in Variable Bit Rate Video-Based Traffic Monitoring Systems*”, IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, Volume: 24, Issue: 12, 2013, pages 1920 - 1931.
- [13] **IEEE 1474.1**, „*Communications-Based Train Control (CBTC) performance and functional requirements*”.
- [14] **IEEE 1474.2**, „*User interface requirements in Communications-Based Train Control (CBTC) systems*”.
- [15] **IEEE 1474.3**, „*Recommended practice for Communications-Based Train Control (CBTC) - System design and functional allocations*”.
- [16] **IEC 62280 (2014) Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Safety related communication in transmission systems**”.
- [17] **European Integrated Railway Radio Enhanced Network (EIRENE)**, „*Functional Requirements Specification (FRS)*”, Version 7.4.0 (27 April 2014).
- [18] **European Integrated Railway Radio Enhanced Network (EIRENE)**, „*System Requirements Specification (SRS)*”, Version 15.4.0 (31 March 2014).
- [19] **A. Neacșa, N.N. Antonescu, D.B. Stoica**, „*Software Applications for Complex Technological Systems Reliability*”, Journal of the Balkan Tribological Association 15 (1), 45-51, 2009.
- [20] **A. Neacșa, N.N. Antonescu, D.B. Stoica**, „*Modern Solutions for Selecting the Corresponding Machinery Dedicated to Technological Applications*”, Journal of the Balkan Tribological Association, 15 (4), 2009.
- [21] **ISO 9001:2015**, „*Quality management systems - Requirements*”.
- [22] **C.N. Eparu, S. Neacșu, A. Neacșa, A.P. Prundurel**, „*The comparative thermodynamic analysis of compressor's energetic performance*”, Mathematical Modelling of Engineering Problems, 6 (1), 2019.
- [23] **IRIS Revision 02.1 (2012)**, „*International Railway Industry Standard*”.
- [24] **IRIS**, „*Audit Tool V4.2.0.00*”.