A XIV-a Conferinţă internaţională – multidisciplinară,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2014

ANALIZA EXPERIMENTALĂ A TENSIUNILOR ŞI DEFORMAŢIILOR LA VAGOANELE DE MARFĂ DESCOPERITE CU PEREŢI ÎNALŢI UTILIZATE ÎN TRANSPORTURILE UZINALE PRIN METODA TENSOMETRIEI ELECTRICE REZISTIVE

Cornel IACOB-MARE

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF STRESSES AND STRAINS FREIGHT WAGONS DISCOVER HIGH WALL IN TRANSPORT FACTORIES TENSOMETRIEI USING ELECTRICAL RESISTIVE

This article aims to examine the resistance structure by static testing with combined efforts from a freight car found with high walls to use railway Factory method resistive electric tensometriei.

Keywords: transport, freight wagon power roads, tensions, deformations
Cuvinte cheie: vagon de marfă, transporturi uzinale, tensiuni, deformaţii

1. Introducere

Deoarece dimensiunea structurilor construite de-a lungul timpului au crescut pe măsură ce oamenii adunau cunoştinţe moderne, s-a simţit nevoia de a deţine informaţii referitoare la comportarea structurii de rezistenţă la diverse tipuri de încercări, prin măsurători experimentale [2], [3], [4], [6].

Rezistenţa electrică poate fi măsurată prin mai multe procedee, atât în curent continuu cât şi în curent alternativ. Măsurarea precisă a

rezistenţei electrice se face prin metoda măsurării în punte, realizată de Charles Wheatstone.

O dată cu apariţia a traductoarelor tensometrice rezistive (TER şi rozete), prin conectarea acestora în puntea Wheatstone s-au creat bazele dezvoltării analizei experimentale a tensiunilor dintr-o structură, numită ”Metoda tensometriei electrice rezistive”. De fapt ”Metoda tensometriei electrice rezistive” constituie măsurarea pe cale electrică a unor mărimi neelectrice (deformații) [3], [5], [6].

2. Scopul lucrării

Încercările la structura de rezistenţă a vagoanelor marfă sunt obligatorii pentru vagoanele prototip sau atunci când se fac modificări structurale în urma unui proces de modernizare. Încercările sunt efectuate conform standardelor internaţionale [7], [8]. Din analiza acestor standarde reiese clar că documentul primar care a stat la baza elaborării documentelor ulterioare a fost raportul ERRI B12/RP17. Acest document tehnic a fost elaborat în cadrul ERRI (European Railway Research Institute) organismul tehnic desemnat de UIC (Uniunea Internaţională a Căilor Ferate). UIC a fost creată la 22 octombrie 1922 având ca scop realizarea unui cadru tehnic de standardizare a domeniului feroviar.

Pe structura de rezistenţă a vagonului de marfă au fost lipite traductoare electrotensometrice rezistive. Principiul de bază care stă la baza tensometriei electrice rezistive se bazează pe variaţia rezistenţei electrice a conductorului traductorului electrorezistiv. Rezistenţa electrică a rezistorului traductorului este:

$$R = \rho \frac{l}{S} \ [\Omega] \qquad [1]$$

În figura 1 este prezentat amplasamentul traductoarelor tensometrice în zona frontală a şasiului iar în figurile următoare sunt prezentate fotografii ale acestora.

Pentru amplasarea judicioasă a traductoarelor, este indicat studiul prin metoda elementelor finite a comportamentului static al structurii de rezistenţă. Dacă nu există un astfel de studiu, sunt necesare experienţa şi cunoştinţele celui desemnat cu stabilirea amplasamentului mărcilor şi rozetelor tensometrice.

Fig. 1 Amplasament traductoare electrorezistive pe şasiu şi cutie

Acronimele traductoarelor tensometrice prezentate în figurile anterioare, au următoarea semnificaţie:

- TF – traversa frontală;
- LC – lonjeron central;
- LI – lonjeron intermediar;
- LL- lonjeron lateral;
- D – diagonală;
- TC – traversa crapodinei (pivoţilor);
- T – traverse intermediare;
- C – cutie (pereţi laterali şi frontali);
- S – stâlpi.

Prin notarea traductoarelor cu acronimul elementului structural pe care sunt aplicate se doreşte o identificare uşoară a acestora.

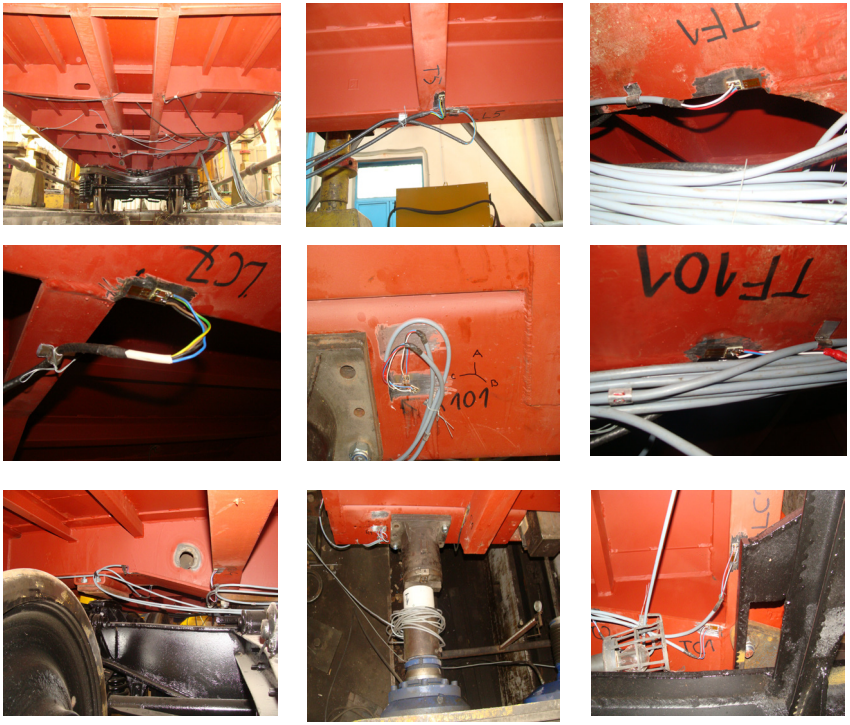

Fig. 2 Imagini cu amplasarea traductoarelor tensometrice electrorezistive

3. Rezultate obţinute

Încercările statice efectuate la structura de rezistenţă a vagoanelor de marfă cu pereţi înalţi ce au trecut printr-un proces de modernizare ce a impus modificarea structurii de rezistenţă s-au efectuat conform standardelor europene (euro norme) şi standarde internaţionale (fişe UIC).

Încercările tensometrice sunt prin natura lor încercări nedistructive ceea ce constituie un foarte mare avantaj în special pentru structurile complexe cum sunt şi vagoanele de marfă.

Traductoarele aplicate pe structura vagonului se pot utiliza atât la încercări statice cât şi dinamice în funcţie de cerinţa încercării. În plus, dacă se doreşte urmărirea în timp a comportamentului unei structuri, tensometria permite acest lucru deoarece traductoarele rezistă la ciclurile de oboseală la care este supus modelul.

Rezultatele prezentate sunt pentru încercările cu eforturi combinate, unde valorile tensiunilor determinate sunt mai mari.

Pentru stabilirea tensiunii admisibile a materialului în funcţie de efortul aplicat (forţă orizontală, sarcină verticală şi eforturi combinate), în funcţie de amplasamentul traductorului ţinând cont de recomandările [7] şi [8] s-a făcut încadrarea în clase de încrestare.

Încadrarea corectă în clasa de încrestare corespunzătoare este foarte importantă pentru stabilirea exactă a limitelor admisibile pentru încercările cu sarcini verticale, având în vedere diferenţele semnificative între valorile tensiunilor admisibile pentru forţe orizontale şi sarcini verticale.

În interpretarea valorilor deformaţiilor specifice şi ale tensiunilor calculate, deci şi a aprecierii comportării structurii portante a vagonului la încercările statice, s-a ţinut seama în principal de simetria structurii de rezistenţă şi simetria sarcinilor aplicate.

Din punctul de vedere al metodei tensometriei electrice rezistive, trebuie menţionat că această tehnică experimentală se utilizează de mai mult de o jumătate de secol pentru determinarea stării de tensiuni şi deformaţii în structura de rezistenţă a construcţiilor civile sau a vehiculelor terestre, maritime şi aeriene.

În tabelul 1 se prezintă valorile tensiunilor măsurate pentru încercările cu eforturi combinate respectiv: compresiune pe tampoane cu sarcini verticale; compresiune axială cu sarcini verticale, compresiune pe tampoane la 50 mm sub axa tamponului cu sarcini verticale și tracțiune axială cu sarcină verticală portantă.

Tabelul 1

Nr. crt.	TER	S/N	σ_{oH}	CT + V4	σ/σ_{oH} [%]	CA + V4	σ/σ_{oH} [%]	CT50 + V4	σ/σ_{oH} [%]	TA + SVP	σ/σ_{oH} [%]
1	TF1	S	323	-4	1	-3	1	-29	9	-52	16
2	TF101	S	323	-6	2	-11	3	119	37	30	9
3	TF2	S	323	-5	1	-9	3	80	25	17	5
4	TF102	S	323	-8	2	6	2	-65	20	-95	30
5	TF3	S	323	-8	2	5	2	27	8	-7	2
6	TF103	S	323	4	1	-12	4	26	8	-1	0
7	TF4	S	323	-1	0	-8	3	154	48	44	14
8	TF104	S	323	-19	6	-22	7	174	54	60	19
9	TF5	S	323	8	2	0	0	-23	7	-6	2
10	TF6	S	323	-12	4	-4	1	21	7	-1	0
11	TF106	S	323	-9	3	-4	1	20	6	-1	0
12	TF7	S	323	-14	4	21	6	132	41	-23	7
13	TF107	S	323	-9	3	10	3	80	25	-14	4
14	TF108	S	323	15	5	10	3	94	29	12	4
15	TC1	S	323	21	6	-30	9	-14	4	28	9
16	TC101	S	323	34	10	-38	12	-30	9	49	15
17	TC2	S	323	-34	11	-7	2	-6	2	4	1
18	TC102	S	323	-42	13	-6	2	-6	2	4	1
19	LC1	S	323	-4	1	4	1	-13	4	31	10
20	LC101	S	323	6	2	-35	11	-75	23	180	56
21	LC102	S	323	-40	12	12	4	-113	35	145	45
22	LC3	S	323	-83	26	-57	18	-93	29	90	28
23	LC4	S	323	47	15	-34	10	0	0	-5	2
24	LC104	S	323	-21	6	208	64	-6	2	-5	1
25	LC5	S	323	-103	32	-203	63	-173	53	19	6
26	LC105	S	323	152	47	-141	44	-135	42	19	6
27	LC106	S	323	-70	22	-31	10	-14	4	122	38
28	LC107	S	323	-1	0	-33	10	-5	1	164	51
29	LC8	S	323	19	6	10	3	35	11	174	54
30	LL1	S	323	-113	35	-12	4	-94	29	16	5
31	LL101	S	323	-89	28	-23	7	-106	33	24	7
32	LL2	S	323	-83	26	-60	18	-87	27	-64	20
33	LL102	S	323	-103	32	-62	19	-88	27	-82	25
34	LL3	S	323	115	35	37	11	51	16	154	48
35	LL103	S	323	97	30	-4	1	25	8	143	44
36	LL4	S	323	-31	10	-28	9	-20	6	91	28
37	LL104	S	323	-57	18	-41	13	-25	8	86	27
38	LL5	S	323	-64	20	-39	12	-36	11	37	11
39	LL105	S	323	-79	24	-42	13	-38	12	25	8
40	D1	S	323	-47	14	-4	1	-110	34	-9	3
41	D101	S	323	-43	13	2	1	-72	22	-6	2
42	D2	S	323	9	3	-2	1	7	2	13	4
43	D102	S	323	-2	0	-36	11	-53	16	16	5
44	D3	S	323	-11	3	-2	1	-45	14	-10	3
45	D103	S	323	-28	9	8	2	-30	9	-11	3
46	D4	S	323	-1	0	-2	1	-40	12	-2	1

Nr. crt.	TER	S/N	σ_{oH}	CT + V4	σ/σ_{oH} [%]	CA + V4	σ/σ_{oH} [%]	CT50 + V4	σ/σ_{oH} [%]	TA + SVP	σ/σ_{oH} [%]
47	D104	S	323	10	3	-1	0	-22	7	-6	2
48	D5	S	323	-17	5	-4	1	-206	64	-16	5
49	D105	S	323	-12	4	8	2	-63	20	-12	4
50	D6	S	323	4	1	-2	1	-74	23	23	7
51	D106	S	323	11	3	-18	6	-90	28	21	6
52	D7	S	323	-6	2	21	7	-317	98	-28	9
53	D107	S	323	-16	5	5	2	-316	98	-15	5
54	D8	S	323	20	6	6	2	-170	53	-16	5
55	D108	S	323	3	1	3	1	-184	57	-13	4
56	D9	S	323	10	3	6	2	-184	57	-15	5
57	D109	S	323	-3	1	8	3	-145	45	-16	5
58	D10	S	323	4	1	-29	9	-32	10	-1	0
59	D110	S	323	11	3	-28	9	-34	11	15	5
60	D11	S	323	-19	6	6	2	-20	6	10	3
61	D111	S	323	-14	4	18	6	-46	14	26	8
62	T1	S	323	4	1	6	2	1	0	-14	4
63	T101	S	323	23	7	4	1	10	3	13	4
64	T2	S	323	14	4	5	2	4	1	7	2
65	T102	S	323	-2	1	-2	1	-3	1	6	2
66	T3	S	323	11	3	10	3	10	3	13	4
67	T103	S	323	7	2	7	2	8	3	12	4
68	T4	S	323	2	1	4	1	3	1	3	1
69	T104	S	323	-8	3	-2	1	-2	0	-10	3
70	T5	S	323	-13	4	-10	3	-12	4	-14	4
71	T105	S	323	-17	5	-14	4	-16	5	-25	8
72	S1	S	323	-6	2	-5	2	-8	3	-11	3
73	S2	S	323	-3	1	-8	3	-3	1	-8	2
74	S102	S	323	-3	1	-8	2	-5	1	-5	2
75	C1	S	323	106	33	92	28	104	32	104	32
76	C2	S	323	60	19	40	13	50	15	73	23
77	C3	S	323	-112	35	-14	4	-43	13	-152	47
78	C4	S	323	-85	26	-40	12	-51	16	-76	24

4. Concluzii

■ Încercările tensometrice sunt prin natura lor încercări nedistructive ceea ce constituie un foarte mare avantaj în special pentru structurile complexe cum sunt şi vagoanele de marfă.

■ Traductoarele aplicate pe structura vagonului se pot utiliza atât la încercări statice cât şi dinamice în funcţie de cerinţa încercării. În plus, dacă se doreşte urmărirea în timp a comportamentului unei structuri, tensometria permite acest lucru deoarece traductoarele TER rezistă la ciclurile de oboseală la care este supus modelul.

■ Trebuie menționat că nu au fost înregistrate depășiri ale limitelor admisibile. Cele mai mari tensiuni se înregistrează la șasiu, urmate de pereți.

■ Diferenţele dintre traductoarele tensometrice rezitive simetrice, aplicate pe structura de rezistenţă, apar ca urmare a imposibilităţii aplicării perfect simetric a sarcinilor, din toleranţele dimensionale ale structurii sau din uşoara asimetrie a amplasării traductoarelor.

BIBLIOGRAFIE

[1] Burada, C., Buga, M., Crăsneanu, A., *Elemente şi structuri portante ale vehiculelor de cale ferată,* Editura tehnică, Bucureşti, România, 1980.

[2] Copaci, I., Mănescu, T.Ș., Olaru, S., Creanga, F., *Rezistenţa la solicitări variabile care apar în exploatarea vehiculelor feroviare*, Editura Mirton, ISBN 973-661-708-4, Timişoara, 2005.

[3] Iacob-Mare, C., *Tipuri constructive şi caracteristici tehnice ale vagoanelor de marfă folosite la calea ferată uzinală.* În: Știință și Inginerie, An XII Vol. 21, pag. 693-698, Editura AGIR, București, România, 2012.

[4] Iacob-Mare, C., Mănescu, T.Ş., *Experimental determination of chassis tensions freight wagons with high walls tensometriei resistive method*, Analele Universităţii "Eftimie Murgu" Reşiţa, Anul XX, Nr.2, Reşiţa, România, 2013.

[5] Mănescu, T.Ș., Copaci, I., Olaru, S., Creangă, F., *Tensometria electrică rezistivă în cercetarea experimentală,* Editura Mirton, Timişoara, 2006.

[6] Mănescu, T.Ş., Zaharia, N.L., Mănescu, T. jr., Iacob-Mare, C., *Noţiuni fundamentale de rezistenţa materialelor şi teoria plasticităţii,* Editura Eftimie Murgu, Reşiţa, România, 2012.

[7] * * * EN *12663 – Structural requirements of railway vehicle bodies, 2000.*

[8] * * * Fişa *UIC 577 – Sollicitations des wagons, 2004.*

Dr. Ing. Cornel IACOB-MARE
Universitatea „Eftimie Murgu" Reşiţa
Piaţa Traian Vuia nr. 1-4, 320082, Reşiţa
E-mail: c.iacob-mare@uem.ro