



## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НАПРЕЖЕНИЕТО НА ТЯГОВИЯ ПОДВИЖЕН СЪСТАВ В ЖЕЛЕЗОПЪТНИЯ УЧАСТЪК „КАРНОБАТ - БУРГАС“**

**Иван Петров, Мартина Томчева**  
[Ivanpetrov60@abv.bg](mailto:Ivanpetrov60@abv.bg), [mtomcheva@vtu.bg](mailto:mtomcheva@vtu.bg)

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“  
София, ул. „Гео Милев № 158  
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** транспорт, локомотиви, енергетика, електроснабдяване и др.*

***Резюме:** В доклада са дадени резултатите от измерване на захранващото напрежение в контактната мрежа в железопътния участък „Карнобат - Бургас“. За целта бе извършено пътуване с бърз влак № 3621, обслужван от електрически локомотив серия 44-198. Измерването се осъществи с многофункционален анализатор, който извърши запис в цифров вид на кривите на тока и напрежението с честота на сканиране 2,5 Hz, което се обуславя с голяма точност (<0.5%). Той извърши и хармоничен анализ на напрежението и тока в една фаза, сканирайки с честота 4 kHz, прилагайки изчислителен алгоритъм – бързо преобразуване на Фурие. Приборът дава стойностите на хармоничния състав в % спрямо основния хармоник (50 Hz) до номер 50.*

*Получените резултати от измерването са показани в табличен и графичен вид. Измерено е напрежението в контактната мрежа, посредством напреженови и токови трансформатори свързани във веригата след токоснемателя на локомотива. Направен е цифров запис и на напрежението във веригите на спомагателните машини на локомотива. Анализирани са получените резултати.*

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

С нарастване срока на експлоатация (над 40 год.), стареенето на изолацията се оказва съществен фактор за възникване на пожари. Зачестилите пожари през предходната година над 8-бр., налага да се търсят по-задълбочено причините за възникването им. Един от възникналите пожари е в локомотив серия 44-00 в железопътния участък „Карнобат - Бургас“. От направените огледи се стигна до извода да се проведе контролно измерване на захранващото напрежение. Целта на експеримента бе да се измерят текущите стойности на напрежението и тока в контактната мрежа в този участък.

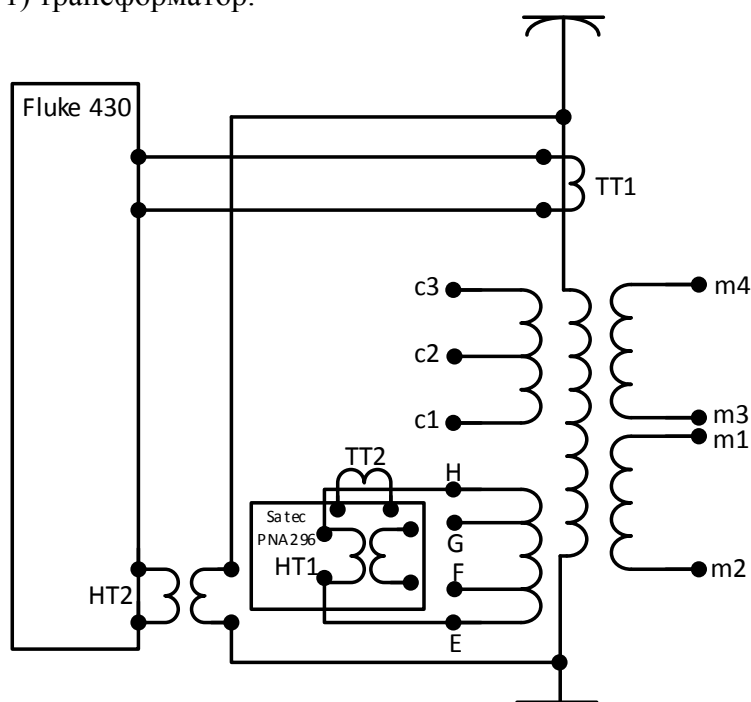
### **ПРОВЕЖДАНЕ НА ЕКСПЕРИМЕНТА**

За провеждане на контролирано измерване на напрежението в контактната мрежа бе извършено с БВ № 3621, който тръгва от гара София в 07:05 часа и пристига в гара Бургас в 13:23 мин. И от гара Бургас с БВ № 3624 тръгва в 14:30 часа и пристига

на гара София на 21:00 часа с локомотив 44-198. Измерването на стойностите на променливото напрежение в контактната мрежа се осъществява с многофункционален апарат Fluke 430 Series SN:DM9311111. Той извършва хармоничен анализ на напрежението и тока в една фаза, сканирайки с честота 4 kHz, прилагайки изчислителен алгоритъм – бързо преобразуване на Фурие. Апарата дава стойностите на хармоничния състав в % спрямо основния хармоник (50 Hz) до номер 50. Уредът позволява запис в цифров вид на кривите на тока и напрежението с честота на сканиране 2,5 Hz, което дава голяма точност (<0.5%).

Измерването и определянето на променливото напрежение на спомагателните машини бе осъществено с многофункционален апарат Satec model PNA296, SN:505369.

Реализираното измерване на напрежението на входа на локомотива с Fluke 430 Series е осъществено чрез токов (ТТ1) и напрежен трансформатор (НТ2) (виж. фиг. 1), които се използват за отчитане стойностите на изразходената енергия от електромера на локомотив серия 44-198. Позволява да се следи изменението на напрежението на контактната мрежа. Променливото напрежение на спомагателните машини чрез Satec model PNA296 е реализирана на проводник 208 и 206 с токов (ТТ2) и напрежен (НТ1) трансформатор.



Фиг. 1 Еднолинейна схема на система за измерване на електрически величини

Напреженията и токовете в контактната мрежа са дефинирани в ТСОС и БДС стандарт EN 50163:2004. Стойностите са показани в таблица 1.

Таблица 1 Дефинирани напрежения и токове

Електрификационна система	Най-ниско непостоянно напрежение	Номинално напрежение			Най-високо непостоянно напрежение
	$U_{\min 2}$ (V)	$U_n$ (V)			$U_{\max 2}$ (V)
Променливотокова – АС (средноквадратични стойности)	17 500	19 000	25 000	27 500	29 000

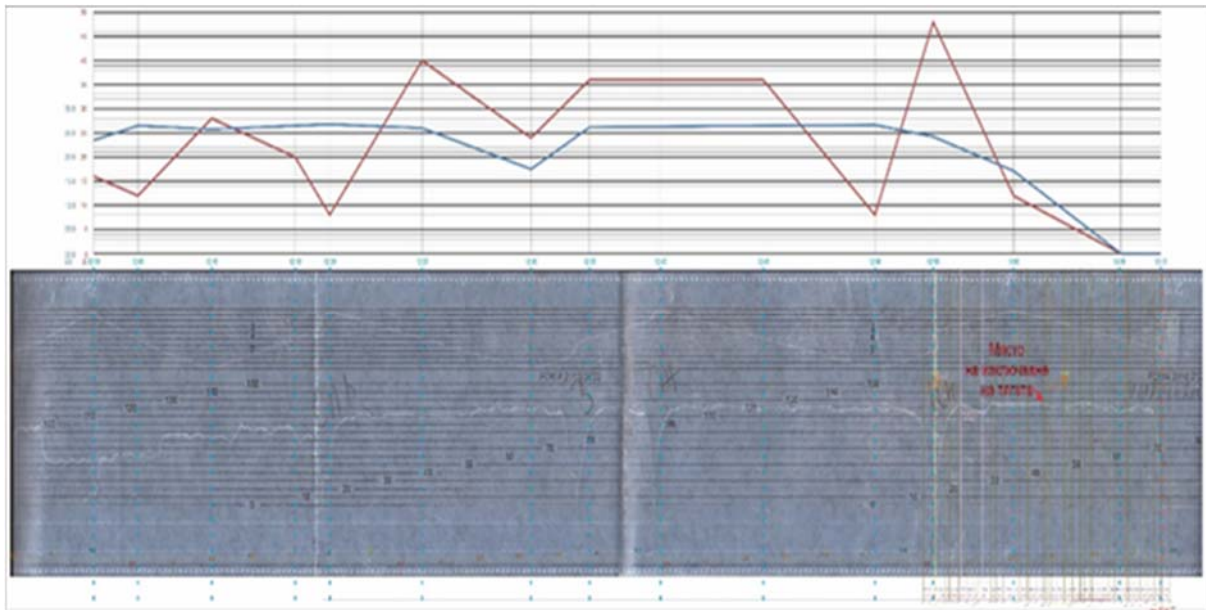
Времетраенето на напреженията е 10 мин за  $U_{\min 2}$  и 30 мин за  $U_{\max 2}$ .

От нея се вижда, че номиналните напрежения трябва да са в граници от 19 до 27,5 kV – обект на контролното измерване.

### РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗМЕРВАНЕТО

Извършеното контролно измерване е осъществено на бърз влак № 3621 и бърз влак № 3624 с електрически локомотив 44-198, съгласно схемата на свързване на фиг. 1.

На фиг. 2 е даден разчет на пътната лента на локомотив 44-198 и изменението на напрежението и тока, съгласно пътния участък.

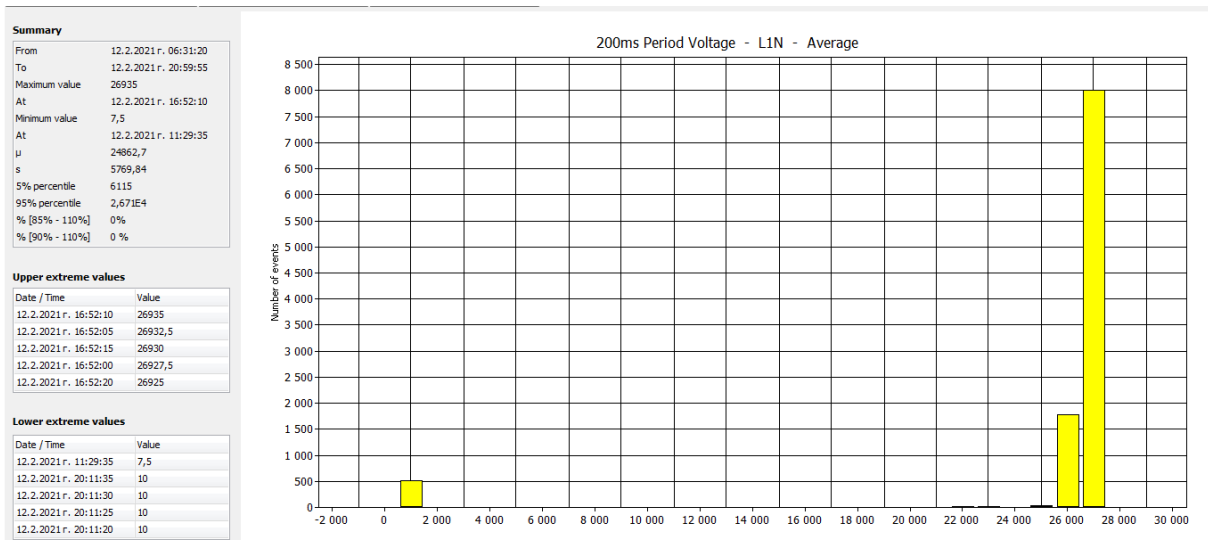


Фиг. 2 Стойности на напрежението на локомотив серия 44-198 съгласно изминатия път

От резултатите се вижда, че средните стойности на напрежението в контактната мрежа се изменят в тесни граници между 26 725 V и 24 250 V, като изключение правят две стойности от 17 525 V, измерена в 12:30 часа (фиг. 2, поз. 1) и 17 125 V, измерена в 13:00 часа (фиг. 2, поз. 2). Втората стойност е измерена в района на ТП Карнобат, след като локомотивът е преминал неутралната вставка.

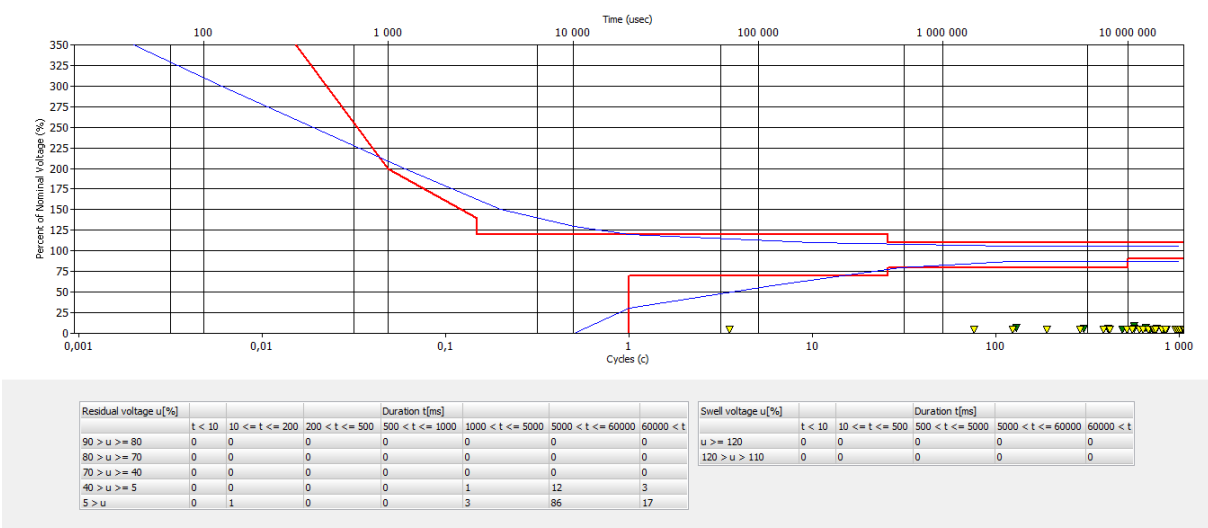
Максималната измерена средна стойност на консумирания ток от локомотива е 48,0 A в 12:55 часа (фиг. 2, поз. 3), което отговаря на момента на потегляне на влака от гара Карнобат. След това е измерена за втори път втората най-ниска стойност на тока от 12,0 A (фиг. 2, поз. 4), когато влакът вече е в района на ТП Карнобат. Това може да бъде обяснено с факта, че влакът се движи с висока скорост и стойностите на тяговия ток са ниски, след което той преминава в режим на движение по инерция и логично тяговият ток намалява още повече. В същото време спомагателните машини (най-вече компресорите) продължават да работят и да натоварват хранващите блокове. В края на движиението напрежението в контактната мрежа намалява до нула, както и консумираният от локомотива ток, тъй като токоснемателят е свален и локомотивът е изключен.

Резултатите от измерените средни стойности на напрежението с Fluke 430 за жп участъка София-Бургас-София са показани на фиг. 3. От нея се вижда, че стойностите на напреженията са в допустимите граници, съгласно изискванията.



Фиг. 3 Средна стойност на напрежението на локомотив серия 44-198

Процентното отношение на изменението на напреженията за участъка е дадено на фиг. 4. Процентните изменения, съгласно изискванията, са в норма.



Фиг. 4 Процентно изменение на напрежението

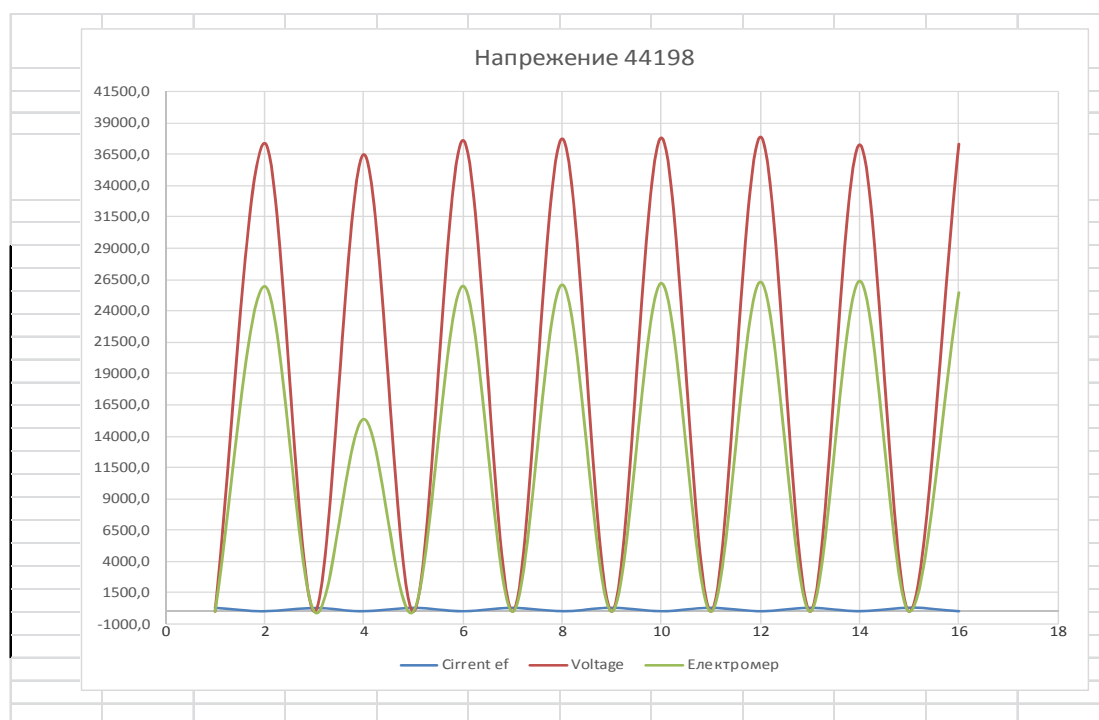
Таблично резултатите от 30 минутна извадка от измерванията в жп участъка Карнобат-Бургас (Карнобат-Айтос) са показани в таблица 2, като на база на тях графично са построени стойностите на измененията на напреженията (фиг. 5).

Средно аритметичните стойности на напреженията, измерени от електромера са ниски (15 350 V), поради преминаване през неутрална вставка.

Таблица 2 Стойности на напреженията

Дата: 12.02.2021 12:00 - 12.02.2021			
Време	44 198 Напрежение (ефективна стойност), V	44 198 Напрежение (моментна стойност), V	Средна ст-ст на напрежението на 44198 от Електромер, V
12:29	299,0	0,0	0
12:30	26000,2	37370,0	25950,0
12:34	286,5	0,0	0

Дата: 12.02.2021 12:00 - 12.02.2021			
Време	44 198 Напряжение (эффективная стоимость), V	44 198 Напряжение (моментная стоимость), V	Средна ст-ст на напрежението на 44198 от Електромер, V
12:35	24000,9	36470,0	15350,0
12:39	296,2	0,0	0
12:40	26000,0	37600,0	25975,0
12:44	299,0	0,0	0
12:45	26000,3	37725,0	26075,0
12:49	302,1	0,0	0
12:50	26000,1	37800,0	26200,0
12:54	299,7	0,0	0
12:55	26000,3	37870,0	26300,0
12:59	298,6	0,0	0
13:00	26000,3	37250,0	26375,0
13:04	303,9	0,0	0
13:05	26000,3	37300,0	25450,0



Фиг. 5 Стойности на напрежението на локомотив серия 44-198

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От анализа на стойностите на направеното контролно измерване се вижда, че захранващото напрежение към момента на измерването на 12.02.2021 г. в диапазона 12:30 до 13:05 може да се променя съгласно нормативните изисквания  $17,5 \div 29 \text{ kV}$  (EN 50163:2004).

В 12:35 ч са измерени средни стойности от електромера на локомотив 44-198 под минималните или  $15,35 \text{ kV}$ . Отчетените от електромера ниски стойности на напрежението в контактната мрежа са с времетраене 5 мин. То представлява

средноаритметична стойност, за времепътуването на локомотива през неутрална вставка.

Стойностите на захранващото напрежение в спомагателните машини в часовия интервал 12:30 ÷ 13:05 са над 300 V при допустими 266 V за напрежение 25 kV.

Изводът, който може да се направи, е, че напрежението в контактната мрежа (и в спомагателните машини) в района на ТП Карнобат е било доста по-ниско от номиналното (с 68,5%) по време на изследването.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ненов Н., Движение на влаковете и оптимални режими на управление, София, 2008 г.
- [2] Българанов Л., Електрически транспорт. София, 2004 г.
- [3] Деев В. Тяга поездов. Транспорт, Москва, 1987 г.
- [4] Николов В. Динамичен модел на силата на сцепление и адаптивна система за режима на управление на спирачните системи за подвижния железопътен състав, Научно списание „Механика, транспорт, комуникации“, 3 / 2011 г.

## EXPERIMENTAL DETERMINATION OF TENSION OF TRACTION ROLLING STOCK IN THE RAILWAY SECTION "KARNOBAT - BURGAS"

Ivan Petrov, Martina Tomcheva

[Ivanpetrov60@abv.bg](mailto:Ivanpetrov60@abv.bg), [mtomcheva@vtu.bg](mailto:mtomcheva@vtu.bg)

*Todor Kableshkov University of Transport  
Sofia, 158 Geo Milev Str.  
THE REPUBLIC OF BULGARIA*

**Key words:** *transport, locomotives, energy, electricity supply, etc.*

**Abstract:** *The report presents the results of measuring the supply voltage in the catenary in the railway section "Karnobat - Burgas". For this purpose, a high-speed train № 3621 was operated by a 44-198 series electric locomotive. The measurement was performed with a multifunction analyzer, which digitally recorded the current and voltage curves with a scanning frequency of 2.5 Hz, which is determined with high accuracy (<0.5%). He performed a harmonic analysis of voltage and current in one phase, scanning at a frequency of 4 kHz, applying a computational algorithm - fast fourier transform. The instrument gives the values of the harmonic composition in % relative to the fundamental harmonic (50 Hz) to the number 50.*

*The obtained measurement results are shown in tabular and graphical form. The voltage in the catenary was measured by means of voltage and current transformers connected in the circuit after the pantograph of the locomotive. A digital recording of the voltage in the circuits of the auxiliary machines of the locomotive was made. an analysis of the obtained results was made.*