

В.Г. Дзюман, В.Г. Сыченко, В.Г. Кузнецов, Т.И. Кирилук

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ ПРОПУСКЕ СДВОЕННЫХ ПОЕЗДОВ

*Приведені результати дослідження впливу графіка пропуску здовгих потягів на деякі параметри системи тягового електропостачання (напруги та струму в контактній мережі). Надані рекомендації на перспективу для підвищення напруги в середині фідерної зони та для запобігання відпуску контактних проводів.*

*Приведены результаты исследования влияния графика пропуска сдвоенных поездов на некоторые параметры системы тягового электроснабжения (напряжения и тока в контактной сети). Предоставлены рекомендации на перспективу для повышения напряжения в середине фидерной зоны и для предотвращения отпуска контактных проводов.*

Особенностью работы тяговых систем энерго-снабжения является, как известно, непрерывное изменение тяговых нагрузок как по величине, так и месту их расположения. Тяговыми нагрузками являются токи, потребляемые движущимися электровозами. Изменение тяговых нагрузок зависит от режима работы электровоза, характеристик двигателей, веса поезда, профиля пути, графика движения. Суммарная величина тяговых нагрузок определяется нагрузками отдельных поездов, количеством и расположением поездов, которые одновременно находятся на участке. Изменение режима работы и места расположения электровоза одного поезда оказывает влияние на режим работы электровозов других поездов, находящихся на линии в зоне питания смежных подстанций, и отражается на величине напряжения в контактной сети. Ряд вопросов, связанных с режимом напряжения на электрических железных дорогах и имеющих большое практическое значение, до последнего времени оставался нерассмотренным. К этим вопросам относится решение практических задач организации движения сдвоенных поездов под углом зрения наиболее целесообразного по условиям работы системы энергоснабжения расположения между тяговыми подстанциями поездов тех или иных категорий в разном их сочетании и с разными интервалами времени попутного следования [3]. Эти вопросы приобретают особую актуальность, когда параметры системы энергоснабжения были установлены для условий движения поездов нормального веса, предусмотренного в графике движения, а фактически на линии организовано движение поездов повышенного веса по сравнению с установленной нормой. Особую важность приобретает эта задача для электрифицированных участков в период роста на них размеров перевозок и значительного заполнения пропускной способности участков. В этих условиях для обеспечения пропуска возросшего грузопотока применяются методы форсированного использования провозной способности электрифицированных линий. К числу этих методов относится организация движения части поездов удвоенного или повышенного веса. В то же время на графике имеются поезда нормального и более легкого веса.

Пачковое движение тяжеловесных поездов на электрифицированных линиях может привести на отдельных участках к снижению скорости движения поездов, вследствие длительного понижения напряжения. Подобные режимы работы системы энергоснабжения могут в отдельных случаях вызывать даже затруднения в эксплуатационной работе. Это определяется тем, что времена хода поездов, закладываемые

в графики движения, устанавливаются исходя из неизменной расчетной величины напряжения вдоль пути следования электровоза за период работы его по автоматической характеристике.

С целью исследования изменения некоторых параметров системы тягового электроснабжения постоянного тока (напряжения и токов в контактной сети) в зависимости от графика пропуска тяжеловесных поездов были произведены замеры уровней напряжения на действующем участке железной дороги П, где организовано движение сдвоенных поездов. В табл.1 приведены характеристики участка.

Таблица 1

Характеристики исследуемых перегонов

Характеристики Перегон	ПСК	Длина км	Контактная подвеска	Профиль пути
Н-С	на 56 км	27	М-120+ 2МФ-100+А-185	равнинный
Р-К	на 12 км	24	М-120+ 2МФ-100+2А-185	подъём в сторону К

Для замеров уровней напряжения были установлены самописцы на: ПСК Б и ПСК 12. В табл. 2 и табл. 3 приведены фрагменты графика движения поездов и уровни напряжений на соответствующем перегоне. Фрагмент графика поездов и таких замеров представлены в табл. 2 и табл. 3.

При наложении данных замеров уровней напряжений, с расшифрованных лент, на исполненный график движения грузовых поездов было отмечено:

*Перегон Н – С, ПСК – Б.*

1. При следовании сдвоенных грузовых поездов весом 10000÷12000т напряжение в контактной сети, в середине фидерной зоны, понижается до 2,2-2,4 кВ, что ниже норм ПТЭ [1]. (См. 28.09.09, поезд №1904/34, весом 10628 т, время 14<sup>14</sup>-14<sup>16</sup>).

2. При следовании грузовых поездов на этой фидерной зоне весом 5000т и более с интервалом движения 15 мин напряжение в контактной сети, в середине фидерной зоны, понижается до 2,5кВ, что также ниже норм ПТЭ. [1]. (См. 28.09.09, поезд №2370, весом 5501 т, время – 15<sup>30</sup>, поезд №3072, весом 5107 т, время – 15<sup>45</sup>).

*Перегон Р – К, ПСК – 12.*

1. При следовании сдвоенных грузовых поездов весом 10000÷12000т напряжение в контактной сети, в середине фидерной зоны, понижается до 2,5-2,6кВ, что ниже норм ПТЭ [1]. (См. 28.09.09, поезд №1904/34, весом 10628 т, время – 15<sup>10</sup>-15<sup>57</sup>).

2. При следовании грузовых поездов на этой фидерной зоне весом 5000 т и более с интервалом движе-

ния 15 мин (интервал движения грузовых поездов по тяговым расчетам ДН-1 должен быть не менее 18мин) напряжение в контактной сети, в середине фидерной зоны, понижается до 2,6 кВ, что также ниже норм ПТЭ. [1]. (См. 28.09.09, поезд №2370, весом 5501 т, время – 16<sup>20</sup>, поезд №3072, весом 5107 т, время – 15<sup>35</sup>).

Таблица 2

Фрагмент графика движения поездов

№	№ поезда	Вес поезда	ПСК-Б	ПСК-12 км
28.09.09				
1.	2	5370	12:20	-
2.	4	5384	13:00	-
3.	6/8 (сдвоенный)	10628	14:16	15:10
4.	10	5501	15:30	16:20
5.	12	5107	15:45	16:35
6.	14	5186	20:40	21:20
7.	16	5431	21:10	21:45
8.	18	5095	23:20	23:45
9.	20	4647	23:30	00:10
13.10.09				
1.	22	4269	12:42	13:00
2.	24	3911	12:55	13:12
3.	26/28 (сдвоенный)	5423/5417= 10840	17:58	18:15
14.10.09				
4.	30/32 (сдвоенный)	10883	3:14	3:40
5.	34	3981	8:42	8:48
6.	36	3783	9:00	9:18
7.	38	4909	9:12	9:40
8.	40/42	10973	16:15	16:25
9.	44	5392	16:22	16:40
15.10.09				
10.	46/48	10640	06:50	07:00
11.	50	5014	07:42	08:12
12.	52	5542	10:18	10:38

Таблица 3

Фрагмент замера уровней напряжений на перегоне Н-С

Дата и время включения 28.09.2009г. 12 <sup>07</sup>	Время, час, мин.	U, кВ	Продолжительность, мин
		12 <sup>10</sup>	2,7
	12 <sup>14</sup>	3,2	6
	12 <sup>32</sup>	2,56	2
	12 <sup>38</sup>	2,9	3
	12 <sup>40</sup>	3,2	25
	13 <sup>12</sup>	2,7	4
	13 <sup>18</sup>	3,1-3,2	45
	14 <sup>14</sup>	2,4	7
	14 <sup>16</sup>	2,24	7
	14 <sup>20</sup>	2,9	1
	14 <sup>30</sup>	3,2	50
	15 <sup>18</sup>	2,56	15
	15 <sup>39</sup>	2,53	4
	15 <sup>40</sup>	2,9	10
	15 <sup>50</sup>	3,2	18
	16 <sup>10</sup>	2,9-3,1	2час28мин
	18 <sup>38</sup>	2,9	8
	19 <sup>13</sup>	2,7	2
	19 <sup>36</sup>	3,1-3,3	10
	20 <sup>02</sup>	3,3	5
	20 <sup>07</sup>	3,5	1час14мин
	21 <sup>37</sup>	2,9	5
	22 <sup>02</sup>	2,65	5
	22 <sup>10</sup>	3,0	2
	22 <sup>12</sup>	3,2-3,45	1час48мин
	0 <sup>00</sup>	3,55	10

Для замеров тяговых токов были установлены самописцы на фидерах ФА-1 и ФА-3. Фрагменты таких замеров представлены в табл. 3 и табл. 4.

Таблица 4

Фрагмент замера тяговых токов фидера ФА-3

Дата и время включения	Время, час, мин	$\pm I$ , А	Продолжительность, (мин)
14.10.2009	16 <sup>07</sup> -16 <sup>10</sup>	-1200 ÷ -400	3
	16 <sup>10</sup> -16 <sup>15</sup>	-400 ÷ -80	5
	16 <sup>15</sup> -16 <sup>25</sup>	-80 ÷ -3300	10
15.10.2009	16 <sup>20</sup> -16 <sup>30</sup>	-3300 ÷ -500	2
	6 <sup>40</sup> -6 <sup>50</sup>	0 ÷ -400	10
	6 <sup>50</sup> -7 <sup>00</sup>	-400 ÷ -2640	10
	7 <sup>00</sup> -7 <sup>02</sup>	-2640 ÷ +120	2

Таблица 5

Фрагмент замера тяговых токов фидера ФА-1

Дата и время включения	Время, час, мин	$\pm I$ , А	Продолжительность, (мин)
13.10.2009г. 13 <sup>25</sup>	15 <sup>58</sup> -16 <sup>00</sup>	0 ÷ +160	2
	16 <sup>00</sup> -16 <sup>03</sup>	+160 ÷ +1600	3
	16 <sup>03</sup> -16 <sup>08</sup>	+1600 ÷ +2990	5
	16 <sup>08</sup> -16 <sup>27</sup>	+2990 ÷ +50	19
14.10.2009	16 <sup>27</sup> -17 <sup>14</sup>	+50 ÷ +480	47
	16 <sup>05</sup> -16 <sup>10</sup>	-200 ÷ +2100	5
	16 <sup>10</sup> -16 <sup>18</sup>	+2100 ÷ +1760	8
	16 <sup>18</sup> -16 <sup>20</sup>	+1760 ÷ +2660	8
	16 <sup>20</sup> -16 <sup>30</sup>	+2660 ÷ +80	10
	15.10.2009	6 <sup>40</sup> -6 <sup>50</sup>	+680 ÷ -160
	6 <sup>50</sup> -6 <sup>54</sup>	-160 ÷ +2480	4
	6 <sup>54</sup> -7 <sup>17</sup>	-2480 ÷ +300	23
	7 <sup>17</sup> -8 <sup>15</sup>	+300 ÷ 0	58

**Фидер ФА-3:**

При следовании сдвоенных грузовых поездов весом 10000÷12000 т тяговый ток фидера ФА-3 на тяговой подстанции ЭЧЭ-48 достигает 2,5÷3,3 кА, продолжительностью от 10 до 16 мин, что превышает допустимые длительные токи (норма допустимых длительных токов, согласно ПСУ контактной сети постоянного тока при 15 % её износе, для подвески М-120+2МФ-100+А-185 должна быть не более 2120А). Допускается перегруз в 1,3 раза в течение не более 3 мин. (2120 × 1,3 = 2756 А). В данном случае – время перегрузки значительно больше (16 – 3 = на 13 мин.) (См. 14.10.09, поезд №1912/42, весом 10883 т., время 3<sup>14</sup>÷3<sup>30</sup>, поезд №1906/36 весом 10677 т., время 16<sup>15</sup>÷16<sup>25</sup>, 15.10.09, поезд №1902/32, весом 10640 т., время 6<sup>50</sup>÷7<sup>00</sup>).

**Фидер ФА-1:**

При следовании сдвоенных грузовых поездов весом 10000÷12000т. тяговый ток фидера ФА-1 на тяговой подстанции ЭЧЭ-48 достигает 2,6÷2,9 кА, продолжительностью от 5 до 8 мин, что превышает допустимые длительные токи (норма допустимых длительных токов, согласно ПСУ контактной сети постоянного тока при 15 % её износе, для подвески М-120+2МФ-100+2А-185 должна быть не более 2710А). Допускается перегруз в 1,3 раза в течении не более 3 мин. (2710 × 1,3 = 2523 А). В данном случае - время перегрузки больше (8 – 3 = на 5 мин.) (См.

13.10.09, поезд №1906/36, весом 10840 т., время  $16^{03} \div 16^{08}$ , 14.10.09 поезд №1906/36 весом 10973 т., время  $16^{15} \div 16^{25}$ , 15.10.09, поезд №1902/32, весом 10640 т., время  $6^{50} \div 7^{00}$ ).

#### ВЫВОДЫ

1. При следовании двоясных грузовых поездов весом 10000 т и более, а также весом 5000 т и более с интервалом движения между поездами менее 18 мин, в четном направлении, по участкам: Н-С, Р-К напряжение в контактной сети понижается до 2,2-2,4 кВ (по ПТЭ не менее 2,7 кВ) и ставит, из-за этого, в затруднительное положение машинистов грузовых поездов.

2. Тяговые токи, при этом, достигают величин 2,7-3,3 кА, что превышает допустимые длительные токи контактной подвески и медные провода подвергаются отжигу.

В качестве рекомендаций на перспективу можно предложить для поднятия напряжения в середине фидерной зоны Н-С, планировать на ст. Б установку комплектной одноагрегатной тяговой подстанции. Для частичного поднятия напряжения в середине фидерной зоны Н-С, учитывая расход активной электроэнергии на тягу поездов за июнь, июль и август месяца 2009 г., необходимо переключить анцапфы тяговых трансформаторов на ЭЧЭС из первого положения во второе.

Для предотвращения отжига контактных проводов на участке Р-К необходимо откорректировать интервалы движения поездов в соответствии с ограничениями системы тягового электроснабжения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила улаштування та технічного обслуговування контактної мережі електрифікованих залізниць. ЦЕ-023: Затв.: Наказ Укрзалізниці 20.11.2007 № 546-Ц / ЦЕ УЗ.-К.:Укрзалізниця, 2008. – 208 с.
2. Марквардт, К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог / К.Г. Марквардт. – М: Транспорт, 1982. – 528 с.

3. Сотников Е.А. История развития системы управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте / Е.А. Сотников, Д.Ю. Левин, Г.А. Алексеев. – М.: Техноинформ, 2007. – 237 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Pravila ulashtuvannya ta tehničnogo obslugovuvannya kontaktnoi merezhi elektrifikovanih zaliznic'. CE-023: Zatv.: Nakaz Ukrzaliznici 20.11.2007 № 546-C / CE UZ.-K.:Ukrzaliznicya, 2008. - 208 s. 2. Markvardt, K.G. `Elektronsnabzhenie `elektrificirovanyh zheleznyh dorog / K.G. Markvardt. - M: Transport, 1982. - 528 s. 3. Sotnikov E.A. Istoriya razvitiya sistemy upravleniya perevozochnym processom na zheleznodorozhnom transporte / E.A. Sotnikov, D.Yu. Levin, G.A. Alekseev.-M.: Tehnoinform, 2007. - 237 s.

*Поступила 20.06.2011*

*Дзюман Виктор Григорьевич,  
инженер ЭЧ-5, Симферополь  
Приднепровская железная дорога  
Симферополь, Евпаторийское шоссе, 2а  
тел. (400) 0972040*

*Сыченко Виктор Григорьевич, к.т.н., с.н.с,  
Кузнецов Валерий Геннадиевич, к.т.н., доц.  
Кирилюк Татьяна Игоревна  
Днепропетровский национальный университет  
железнодорожного транспорта им. акад. В.А. Лазаряна  
49010, Днепропетровск, ул. Лазаряна, 2, ДИИТ,  
кафедра "Электроснабжения железных дорог"  
тел. (0562) 33-19-11, e-mail elsnz@mail.ru,  
valery.kuznetsov@mail.ru, Tanya\_Kir@bigmir.net*

*Dzyuman V.G., Sychenko V.G., Kuznetsov V.G., Kirilyuk T.I.*  
**Research on a dc power supply system operation under a tandem train passage.**

The paper presents results of research into action of a tandem train passage schedule on such parameters of a traction power supply system as the catenary voltage and current. Recommendations as for perspective voltage rise in the center of the feeder zone and the contact wire drop prevention are given.

**Key words – tandem train passage, catenary voltage and current, contact wire drop prevention, feeder zone voltage rise, recommendations.**