

УДК 621.331.3

В. Н. ЛИ, Г. Е. БОБЫШЕВ (ДВГУПС)

Кафедра Электроснабжение транспорта, Дальневосточный государственный университет путей сообщения, ул. Серышева 47, Хабаровск, РФ, 680000, тел/факс: (4212) 407559, эл. почта: ens@festu.khv.ru

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕСУЩЕГО ТРОСА НА КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В настоящее время цепная контактная подвеска, в различных своих модификациях, получила преимущественное применение при электрификации железных дорог во всем мире.

Не смотря на широкую географию распространения, цепная контактная подвеска является одним из наиболее слабых мест в системе тягового электроснабжения. В случае отказа любого из её элементов: контактного провода, несущего троса, поддерживающих и фиксирующих устройств, опорных конструкций возникает простой поездов, чреватый значительными экономическими издержками. Это подтверждается анализом данных [1] о количестве нарушений нормальной работы контактной сети электрифицированных железных дорог Российской Федерации, представленных в табл. 1. Именно ненадежная работа контактной сети в большинстве случаев является причиной отказов. Удельный вес от общего количества браков составляет в среднем 91,57 %. Отметим, что при общем уменьшении количества браков их удельный вес стабильно не снижается. Основ-

ные причины отказов устройств контактной сети приведены в табл. 2.

Приведенные показатели указывают на несовершенство конструкций и деталей контактной сети, их монтажа и эксплуатации. Большой процент отказов по причине старения устройств говорит о недостаточности диагностики их в процессе эксплуатации [2].

По данным о нарушениях нормальной работы контактной сети за период с 2006 по 2011 [1], можно сделать вывод, что удельный вес нарушений по отдельным категориям устройств неравномерный и сохраняет эту неравномерность из года в год. На рис. 1 показано типичное распределение повреждений устройств контактной сети по видам в 2011 году.

Доля повреждений проводов и тросов составляет значительную долю от всех повреждений – 33,55%. Доля пережогов проводов не уменьшается. Случаи пережогов из-за нагрева составили 28,2% от всех повреждений проводов.

Таблица 1

Количество нарушений нормальной работы контактной сети

Показатель	Годы					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Количество случаев отказов контактной сети по вине хозяйства электроснабжения, шт	881	878	911	645	761	911
В т.ч. количество случаев брака в работе по контактной сети, шт	249	233	238	194	166	161
Удельный вес от общего количества случаев брака в работе по хозяйству электроснабжения, %	89,9	88,5	91,8	92,0	93,0	94,2

Таблица 2

Основные причины отказов устройств контактной сети, %

Причина	Годы					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Недостатки эксплуатации, монтажа	39,6	51,3	47,9	55	53,1	47,3
Старение устройств	14,6	23,1	22,1	27,1	34,1	22,3
Влияние метеоусловий	3,6	4,3	13,2	7,9	6	15
По вине посторонних предметов	21,1	11	5,9	6,2	4,2	12,3
Прочие	16,7	10,2	10,9	3,8	2,6	3,1

© Ли В. Н., Бобышев Г. Е., 2012

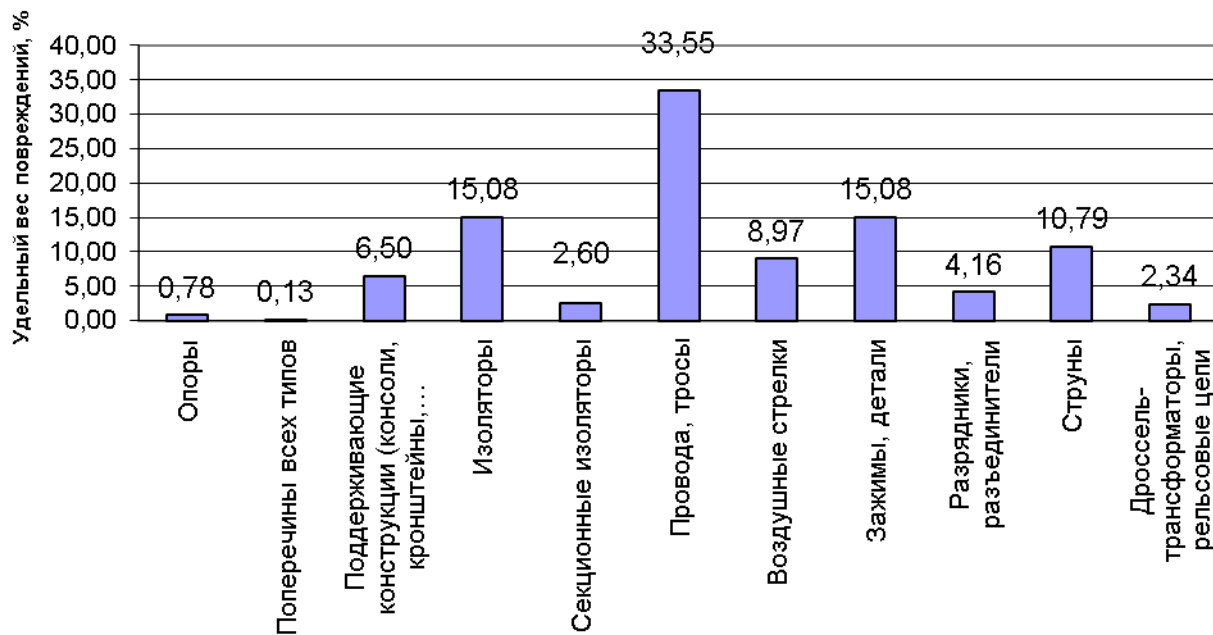


Рис. 1. Распределение повреждений устройств контактной сети по элементам в 2011 году

В отказах проводов и тросов наиболее повреждаемые – контактные провода (45,4% в отказах проводов и тросов), в т.ч. на участках постоянного тока – 56,1%. Повреждения несущих тросов составило 19,9%, усиливающих проводов – 12,9%, шлейфов – 7,6%, электросоединителей – 4,9%.

Основная доля научных трудов относится к исследованию физических процессов протекающих в контактом проводе при его эксплуатации. Исследованы прочностные и структурные изменения эксплуатируемых контактных проводов [3], классифицированы их дефекты [4], рассмотрены процессы нагрева и изменения механических характеристик [5], глубоко разработаны вопросы теплового износа контактной подвески [6], на основе широкой экспериментальной базы предложены неразрушающие методы диагностики состояния контактного провода [7, 8].

Однако незаслуженно в стороне от глубоких исследований остается основной узел современной контактной подвеске от безотказной работы которого, в конечном счете, зависит безотказная работа всей контактной сети – несущий трос. Причем, как указывалось ранее, удельная величина отказов несущего троса во всех отказах устройств контактной сети составляет в среднем 20%.

При отказах несущего троса эксплуатирующими службами выявлены следующие дефекты и повреждения: вспучивание проволок наружного повива, перекручивание проволок различных повивов, вытяжка, оплавление, пережог, разрывы внутренних проволок. Данные дефек-

ты изготовления и монтажа со временем развиваются и вызывают обрыв троса при увеличении механических нагрузок, например, при гололеде или сильном ветре [9]. Так же эксплуатирующий персонал связывает обрывы контактного провода с отказами защит при коротких замыканиях [10].

Как известно, материал провода обладает неоднородной структурой. Это зависит от содержания примесей, окислов и других компонентов, приводящих к локальным изменениям при нагревании провода.

При нагревании провода до температуры, не превышающей допустимую, микроструктура провода остается неизменной – наклеп, упрочняющий провод в процессе его производства, не снимается, т.е. поверхностные слои находятся в напряженном состоянии.

При нагревании же провода сверх допустимой температуры происходит укрупнение зерен наклепанного поверхностно слоя, что приводит к его разупрочнению, кроме того примеси содержащиеся в проводе начинают сосредотачиваться в одном месте. Это влечет за собой местный перегрев материала несущего троса, а в дальнейшем к потере механических свойств и его обрыву. Температура, при которой начинают происходить структурные изменения материала несущего троса, называется температурной рекристаллизации.

Степень отжига провода определяется температурой нагрева, его продолжительностью и в значительной мере зависит от состава материала провода. Чем выше температура, тем быстрее происходит отжиг провода. Нагрев

провода до температура 300..350 °С, хотя бы кратковременный (в течении нескольких минут), вызывает полный отжиг троса [6]. Предел прочности медного провода снижается при этом с 90 до 24..25 кг/мм².

Повреждения проводов и тросов, как правило, трудно выявить осмотром и в то же время их развитие может привести к обрывам и длительным перерывам в движении поездов.

Существующие разработанные средства технической диагностики, например система Sicat CMS или её Российский аналог СДУМ-КС (система удаленного мониторинга контактной сети) позволяю выявлять обрывы контактного провода на анкерном участке, попадание на контактные провода и несущие тросы инородных предметов, таких как ветви деревьев и т.д., ошибки персонала, хищения, вандализм [11,12]. Не смотря на все преимущества данные системы диагностики, не обладают способностью выявлять местные обрывы внутренних проволок несущего троса, прогнозировать его остаточный ресурс.

Интенсификация тяжеловесного движения, а также развитие высокоскоростного движения в Российской Федерации в соответствии с реали-

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ работы хозяйства электрификации и электроснабжения: 2006-2011 гг. – М.: ЦЭ ОАО «РЖД», 2006-2011.
2. Ли В.Н. Износ медных контактных проводов. Природа, классификация, методы контроля, рекомендации по эксплуатации: учебн пособие / В.Н. Ли. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2010. – 64 С.
3. Берент В.Я. Материалы и свойства электрических контактов в устройствах железнодорожного транспорта – М.: Интекст. 2005. – 408 С.
4. Буше, Н.А. Классификация повреждений контактных проводов / Н.А. Буше, В.Я. Берент, И.Я. Сегал // Электрическая и тепловозная тяга. – 1971. - №1. – С. 15-16.
5. Порцелан, А.А. Исследование нагрева и механических характеристик контактных проводов / А.А. Порцелан // Труды ВНИИЖТа. – 1968. Вып. 337. – С. 44-63.
6. Григорьев В.Л., Игнатьев В.В. Тепловые процессы в устройствах тягового электроснабжения: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – 182 с.
7. Ли, В.Н. Диагностика состояния контактного провода по его механическим характеристикам / В.Н. Ли, А.И. Соколовский // Вопросы повышения эффективности и надежности систем электроснабжения: межвуз сб. науч.тр. – Хабаровск: ДВГУПС, 1999. – С. 22-25
8. Титов, Е.А. Возможности применения в диа-

зацией целей и задач Стратегии 2030 [13] приведет к возникновению острых проблем связанных с использованием существующей электрифицированной железнодорожной инфраструктуры. На линиях тяжеловесного и высокоскоростного движения сокращение межпоездных интервалов и увеличение веса поезда приводит к росту токовых нагрузок, на контактную подвеску, и как следствие к повышенному нагреву элементов контактной сети [1]. Значительная часть электрооборудования выработала свой ресурс на 60-70% и более. Существующие методики по определению теплового действия тягового тока были разработаны ещё в 60-х годах прошлого века и в настоящий момент в большинстве своем устарели, т.к. появились новые электротехнические материалы с улучшенными свойствами, современная вычислительная техника позволяет реализовать математические расчеты по более точным математическим моделям. Применение названных методик для проектирования современных систем тягового электроснабжения не допускается без существенной их переработки в соответствии с требованиями европейских стандартов качества.

REFERENCES

1. Analiz raboty hozjajstva jelektrifikacii i jelektronsabzhenija: 2006-2011 gg [Analysis of work of economy of electrification and power supply: 2006-2011.]. Moscow, CE ОАО «RZhD» Publ., 2006-2011.
2. Li V.N. Iznos mednyh kontaktnyh provodov. Priroda, klassifikacija, metody kontrolja, rekomendacii po jekspluatacii : uchebn posobie [Wear of copper pin wires. Nature, classification, control methods, recommendations on exploitation.]. Habarovsk, DVGUPS Publ., 2010, 64 p.
3. Berent V.Ja. Materialy i svojstva jelektricheskikh kontaktov v ustrojstvah zheleznodorozhnogo transporta [Materials and properties of electric contacts are in the devices of railway transport.] Moscow, Intekst Publ., 2005, 408 p.
4. Bushe N.A., Berent V.Ja., Segal I.Ja. Klassifikacija povrezhdenij kontaktnyh provodov [Classification of damages of pin wires]. Jelektricheskaja i teplovoznaja tjaga - Electric and diesel engine traction, 1971, no. 1, pp. 15-16.
5. Porcelan, A.A. Issledovanie nagreva i mehanicheskikh harakteristik kontaktnyh provodov [Research of heating and mechanical descriptions of pin wires]. Trudy VNIIZhTa – Works of VNIIZhT, 1968, issue 337, pp. 44-63.
6. Grigor'ev V.L., Ignat'ev V.V. Teplovyje processy v ustrojstvah tjagovogo jelektronsabzhenija: Uchebnoe posobie dlja vuzov zh.-d. Transporta [Thermal processes in the devices of hauling power supply : the train aid for the institutes of higher of railway transport]. Moscow, 2007, 182 p.
7. Li, V.N., Sokolovskij A.I. Diagnostika sostojanija kontaktnogo provoda po ego mehanicheskim harakteristikam [Diagnostics of the state of pin wire on his mechanical descriptions]. Voprosy povyshenija jeffektivnosti i

гностировании элементов токосъема электрифицированных железных дорог ультразвуковых методов неразрушающего контроля. Автореферат дисс..

9. Устинова А.М., Титов Е.А. / Анализ работы медных несущих тросов марки М-95 в условиях эксплуатации.

10. Ли В. Н., А. В. Мусонова / Оценка вариантов повторного использования несущего троса контактной подвески.

11. Стрoгина А.В., Аксель Шмидер / Система контроля и диагностики контактной сети SICAT CMS.

12. Долинский К. Ю., Лыков А. А. и др. / Система удаленного мониторинга состояния железнодорожной контактной сети. – Транспорт российской федерации №5(30) . – 2010.

13. Стратегия развития железнодорожного транспорта Российской федерации до 2030 г. Етверждена распоряжением Правительства Российской федерации № 878-р от 17.06.2008 г.

Поступила в печать 01.12.2012.

Ключевые слова: железная дорога, контактная сеть, несущий трос, эксплуатация, отказы.

nadezhnosti sistem jelektrosnabzhenija [Questions of increase of efficiency and reliability of the systems of power supply]. Habarovsk, DVGUPS Publ., 1999, pp. 22-25.

8. Titov, E.A. Vozmozhnosti primenenija v diagnostirovanii jelementov tokosyoma elektrificirovannyh zheleznyh dorog ul'trazvukovyh metodov nerazrushajushhego kontrolja. Avtoreferat diss. [Possibilities of application in diagnosticating of elements of current collection of the electrified railways of ultrasonic methods of non-destructive control. Author's abstract.]

9. Ustinova A.M., Titov E.A. Analiz raboty mednyh nesushhih trossov marki M-95 v uslovijah jekspluatacii [Analysis of work of copper bearing ropes of brand of M-95 in the conditions of exploitation].

10. Li V.N., Musonova A.V. Ocenka variantov povtornogo ispol'zovanija nesushhego trosa kontaktnoj podveski [Estimation of variants of the repeated use of bearing rope of pin pendant].

11. Strogina A.V., Aksel' Shmider Sistema kontrolja i diagnostiki kontaktnoj seti SICAT CMS [Checking and diagnostics of pin network of SICAT CMS System].

12. Dolinskij K.U., Lykov A.A. Sistema udalennogo monitoringa sostojanija zheleznodorozhnoj kontaktnoj seti [System of the remote monitoring of the state of railways of pin network]. Transport Rossijskoj Federacii - Transport of the Russian Federation, 2010, no. 5(30).

13. Strategija razvitija zheleznodorozhnogo transporta Rossijskoj federacii do 2030 g.» [Strategy of development of railway transport of the Russian federation is a to 2030 y.], 2008.

Статья рекомендована к печати д.т.н., профессором *М. П. Бадером*

В настоящее время цепная контактная подвеска, в различных своих модификациях, получила преимущественное применение при электрификации железных дорог во всем мире. Не смотря на широкую географию распространения, цепная контактная подвеска является одним из наиболее слабых мест в системе тягового электроснабжения. В случае отказа любого из её элементов: контактного провода, несущего троса, поддерживающих и фиксирующих устройств, опорных конструкций возникает простой поездов, чреватый значительными экономическими издержками. Это подтверждается анализом данных о количестве нарушений нормальной работы контактной сети электрифицированных железных дорог Российской Федерации. Доля поврежденных проводов контактной сети от года к году не снижается не смотря на ряд мер принимаемых ООО «РЖД» по мониторингу их состояния.

Интенсификация тяжеловесного движения, а также развитие высокоскоростного движения в Российской Федерации в соответствии с реализацией целей и задач Стратегии 2030 приведет к возникновению острых проблем связанных с использованием существующей электрифицированной железнодорожной инфраструктуры. На линиях тяжеловесного и высокоскоростного движения сокращение межпоездных интервалов и увеличение веса поезда приводит к росту токовых нагрузок, на контактную подвеску, и как следствие к повышенному нагреву элементов контактной сети. Значительная часть электрооборудования выработала свой ресурс на 60-70% и более.

Существующие методики по определению теплового действия тягового тока были разработаны ещё в 60-х годах прошлого века и в настоящий момент в большинстве своем устарели, т.к. появились новые электротехнические материалы с улучшенными свойствами, современная вычислительная техника позволяет реализовать математические расчеты по более точным математическим моделям. Применение названных методик для проектирования современных систем тягового электроснабжения не допускается без существенной их переработки в соответствии с требованиями европейских стандартов качества. С недостаточной проработанностью данного вопроса связан ряд проблем по внедрению систем непрерывного мониторинга и прогнозирования состояния несущего троса контактной сети.

УДК 621.331.3

В. М. ЛІ, Г. Е. БОБИШЕВ (ДВГУПС)

Кафедра Електропостачання транспорту, Далекосхідний державний університет шляхів сполучення, вул. Серишева 47, Хабаровськ, РФ, 680000, тел/факс: (4212) 407559, ел. пошта: ens@festu.khv.ru

ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НЕСУЧОГО ТРОСУ НА КОНТАКТНІЙ МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ

В даний час ланцюгова контактна підвіска, в різних своїх модифікаціях, отримала переважне застосування при електрифікації залізниць у всьому світі. Не дивлячись на широку географію поширення, ланцюгова контактна підвіска є одним з найбільш слабких місць в системі тягового електропостачання. У разі відмови будь-якого з її елементів: контактного проводу, несучого тросу, що підтримують і фіксуючих пристроїв, опорних конструкцій виникає просте поїзду, що загрожує значними економічними витратами. Це підтверджується аналізом даних про кількість порушень нормальної роботи контактної мережі електрифікованих залізниць Російської Федерації. Частка пошкоджень проводів контактної мережі від року до року не знижується не дивлячись на низку заходів прийнятих ТОВ «РЖД» з моніторингу їх стану.

Інтенсифікація великовагового руху, а також розвиток високошвидкісного руху в Російській Федерації відповідно до реалізації цілей та завдань Стратегії 2030 призведе до виникнення гострих проблем пов'язаних з використанням існуючої електрифікованої залізничної інфраструктури. На лініях великовагового та високошвидкісного руху скорочення міжпоїздних інтервалів і збільшення ваги поїзда призводить до зростання струмових навантажень, на контактну підвіску, і як наслідок до підвищеного нагріву елементів контактної мережі. Значна частина електроустаткування виробила свій ресурс на 60-70% і більше.

Існуючі методики по визначенню теплового дії тягового струму були розроблені ще в 60-х роках минулого століття і зараз в більшості своїй застаріли, оскільки з'явилися нові електротехнічні матеріали з поліпшеними властивостями, сучасна обчислювальна техніка дозволяє реалізувати математичні розрахунки по більш точним математичним моделям. Застосування названих методик для проектування сучасних систем тягового електропостачання не допускається без істотної їхньої переробки у відповідності з вимогами європейських стандартів якості. З недостатнім освітленням даного питання пов'язана низка проблем щодо впровадження систем безперервного моніторингу і прогнозування стану несучого тросу контактної мережі.

Ключові слова: залізниця, контактна мережа, несучий трос, експлуатація, відмови.

Статтю рекомендовано до друку д.т.н, професором *М. П. Бадьором*

UDC 621.331.3

V. N. LI, G. E. BOBYSHEV (FESTU)

Department of Electrical Transport, Far Eastern State Transport University, 47 Serysheva Street, Khabarovsk, Russia Federation, 680000, tel/fax: (4212) 407559, e-mail: ens@festu.khv.ru

RUSSIA RAILWAYS ELECTRIC RAILWAYS OVERHEAD CONTACT LINE CATENARY WIRE MAINTENANCE ISSUES

Currently, the chain catenary, in its various versions, has received preferential use in railway electrification in the world. Despite the wide geographical distribution chain catenary is one of the weaknesses in the traction power supply. In default of any of its elements, the contact wire suspension cable, supporting and locking devices, supporting structures arises simple train, freight significant economic costs. This is confirmed by the analysis of data on the number of violations of the normal operation of the contact network of electrified railways of the Russian Federation. Of damaged wire catenary system from year to year is not reduced in spite of a number of measures taken by the Company "Russian Railways" to monitor their condition.

Intensification of heavy traffic and the development of high-speed traffic in the Russian Federation in accordance with the implementation of the goals and objectives of the Strategy in 2030 will cause serious problems associated with the use of the existing electrified rail infrastructure. On the lines of heavy and high-speed reduction inter trains intervals and weight gain increases the train current loads, the catenary, and as a result in increased heating elements of the contact network. A significant part of electrical equipment is worn out by 60-70% or more.

Existing techniques to determine the heat of the traction current was developed in the 60's of the last century and is now mostly obsolete, because electrical, new materials with improved properties, modern computer technology allows for the mathematical calculations more accurate mathematical models. The use of these techniques for the design of modern systems of traction power supply is not permitted without substantial recycling in accordance with European standards. With insufficient this issue a number of problems for the introduction of continuous monitoring and forecasting of the suspension cable catenary.

Keywords: railway, catenary, suspension cable, operation, failures.

Prof. *M. P. Bader*, D. Sc. (Tech.) recommended this article to be published.

© Ли В. Н., Бобышев Г. Е., 2012