

Профиль Поезд Тяговый расчет		Режимы ведения поезда			
Кривые	Результаты	Режим	Время, мин	Скорость, км/ч	Путь, м
Количество шагов:	11040	уск	0	0	0
Длительность выполнения, мин:	0,04	торможение	1,02	81,25	820,945
Время хода, мин:	95,88	тяга	5,66	0,00	2100,000
под током	19,44	торможение	6,88	90,00	3220,000
на выбеге	32,23	тяга	7,19	80,00	3664,808
при торможении	44,22	выбег	7,55	90,00	4171,982
Расход энергии, кВт·ч	888,23	торможение	7,67	90,00	4362,640
Удельный расход энергии, кВт·ч/пкм	11,432	выбег	8,05	80,00	4896,441
Втч/ткм	22,652	Ход поезда	0,42	00,00	5303,533
Ограничение скорости S = 0,000 м V = 90 км/ч		Путь, м	Время, сек	Скорость, км/ч	Полн.ток, А
Остановочный пункт S = 2100 м T = 3 мин		0,012	0,11	0,20	25,49
Остановочный пункт S = 11700 м T = 3 мин		0,028	0,22	0,40	26,38
		0,049	0,33	0,60	27,27
		0,077	0,44	0,80	28,16
		0,111	0,55	1,00	29,05
		0,151	0,66	1,20	29,93
		0,197	0,78	1,40	30,82
		0,249	0,89	1,60	31,71
		0,308	1,00	1,80	32,60
		0,373	1,11	2,00	33,49
		0,442	1,22	2,20	34,38
		0,515	1,33	2,40	35,27

Рисунок 3 – Результаты тяговых расчетов для состава, состоящего из десяти вагонов, при трех моторных вагонах

Анализ результатов тяговых расчетов позволил сделать следующие выводы:

- при отключении одного моторного вагона уменьшится расход электроэнергии на тягу на 1,5 – 6,8 %, при отключении двух вагонов – на 2,6 – 11 %, в зависимости от профиля участка (без учета потерь холостого хода трансформаторов и расхода на собственные нужды);
- потери холостого хода трансформатора составляют 1,65 – 2,8 кВт, за время движения в прямом и обратном направлениях экономия электроэнергии составит 0,4 – 0,65 % от расхода энергии, затраченной на нужды тяги;
- с учетом экономии электроэнергии на вспомогательные нужды экономия составит при отключенном одном моторном вагоне 2 – 7,3 %, при отключении двух моторных вагонов – 3 – 11,4 %;
- время прохождения участка увеличивается на 0,7 – 1,5 %, что позволяет обеспечить выполнение движения по заданному графику.

УДК 629.4.023

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ КОНТАКТНОЙ ПОДВЕСКИ

В. С. МОГИЛА, Д. В. ДОРОЩУК

Белорусский государственный университет транспорта

В. А. РАСИЧ, А. И. СВИРЕПА

Белорусская железная дорога

В ближайшее время планируется перевод некоторых участков Белорусской железной дороги на повышенные скорости движения (до 160 км/ч). При переходе на скоростное движение к элементам системы тягового электроснабжения предъявляются повышенные требования, изложенные в Правилах устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных участков дороги. В связи с этим остро стоит задача повышения эксплуатационной надежности элементов системы тягового электроснабжения.

Наиболее ответственным и не имеющим резерва элементом тяговой сети является контактная сеть. Надежность системы энергоснабжения электрической железной дороги в основном определяется надежностью этого элемента, так как все остальные элементы системы имеют практически 100%-ное резервирование.

Одним из самых распространенных типовых узлов контактной сети является струна подвески, которая служит для крепления контактных проводов к несущему тросу. На Белорусской железной дороге в основном применяются традиционные струны, выполненные из биметаллической проволоки номинальным диаметром 4 и 6 мм. Эти струны имеют ряд недостатков, и срок службы их в реальных условиях составляет всего 8–10 лет.

Повышение надежности контактной подвески возможно путем замены штатных биметаллических струн на струны из полимерного материала. В настоящее время накоплен значительный опыт применения полимерных струн на железных дорогах разных стран, позволивший сделать вывод о том, что полиамидные струны по сравнению с биметаллическими звеньями имеют следующие достоинства:

- лучшие демпфирующие свойства полиамидных струн, по сравнению с биметаллическими, обеспечивают более интенсивное затухание контактной подвески, что способствует повышению ее надежности и улучшению качества токосъема, что особенно актуально при переходе на повышенные скорости движения;

- динамические усилия в полиамидных струнах, возникающие при колебаниях контактной подвески, в 5–6 раз меньше, чем в биметаллических струнах, что снижает динамические нагрузки на детали, к которым крепятся струны, и увеличивает срок их службы.

- 1 метр капронового каната диаметром 6 мм стоит примерно в 2 раза меньше, чем сталемедной проволоки такой же длины и такого же диаметра. В результате при эксплуатации полимерных струн на 100 км электрифицированных путей экономится до 70 т сталемедной проволоки;

- обеспечивается экономия струновых зажимов и снижение времени монтажа струны. К струновому зажиму, установленному на контактном проводе, струны крепят специальным морским узлом, который позволяет регулировать их длину. На несущем тросе полимерные струны можно закреплять без струновых зажимов петлевым или обычным двойным узлом;

- экономия денежных средств при строительстве подвески с полимерными струнами вместо традиционной на каждые 100 км электрифицированных путей составляет более 58 тыс. у.е.

На Белорусской железной дороге полиамидные струны применяются с 1994 г. В настоящее время они смонтированы на участках Брестской и Барановичской дистанций электроснабжения. Исследования, проведенные авторами, показали, что, несмотря на ряд преимуществ, полиамидные фалы имеют недостаточную долговечность из-за воздействия неблагоприятных внешних факторов, в первую очередь, ультрафиолетового излучения. Необходимо отметить, что короткий срок службы применяемых полиамидных струн вызван тем обстоятельством, что эксплуатируемые в настоящее время на Белорусской железной дороге полиамидные струны выполнены из обычного капронового материала без каких-либо присадок и покрытий. В связи с этим для повышения надежности и срока службы струн кафедрой «Электроподвижной состав» БелГУТа совместно со специалистами Института механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАНБ ведется работа по выбору полимерного материала для изготовления струн контактной подвески, который обеспечил бы более надежную и долговечную работу. На сегодняшний день наиболее подходящим по своим свойствам оказался композит из стекловолоконного материала с полиэфирными связующими. Испытание канатов, выполненных из полиэфирных материалов, позволили сделать вывод, что разрывная способность такого каната диаметром 4 – 6 мм составляет не менее 300 – 350 кг, гарантированный срок службы – не менее 25 лет в климатических условиях средней части Беларуси. Сравнение контактных подвесок с различными типами струн приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Техничко-экономическое сравнение контактных подвесок

Параметр	Контактная подвеска с биметаллическими струнами	Контактная подвеска с полимерными струнами
Материал струны	биметаллическая проволока БСМ-1	полиамид
Номинальный диаметр струны, мм	4	4
Разрушающая механическая нагрузка при растяжении, кг	750	300–400
Масса 1 км струны, кг/км	104	13
Число зажимов, необходимое для крепления одной струны, шт.	2	1
Стоимость 1 м струны, у.е./м	0,44	0,25
Затраты на оборудование струнами 1 км анкерного участка, у.е./км	1193	587
Средний срок службы струн, лет	10	25

Авторами также были разработаны конструкции струновых зажимов и фиксаторов, выполненных на основе полиэфирных материалов.

Применение этих конструктивных элементов контактной сети позволит, как показали расчеты, повысить эластичность контактной сети, уменьшить массу поддерживающих деталей, увеличить гарантированный срок службы, тем самым повысить надежность контактной сети в целом. Модернизация контактной подвески является особенно актуальной в условиях перехода Белорусской железной дороги на повышенные скорости пассажирского движения.

УДК 621.311.1: 621.314

МОДЕЛЬ УЧАСТКА КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В. С. МОГИЛА, В. А. ИВЛЕВ, А. В. ВОРОНИН

Белорусский государственный университет транспорта

С. О. ФЕЛЬДМАН

Белорусская железная дорога

В Республике Беларусь протяженность электрических железных дорог составляет 869 км (15,8 % от общей протяженности железных дорог Беларуси). При этом подавляющее большинство железнодорожных линий в Республике Беларусь электрифицировано по системе переменного тока частотой 50 Гц – 843 км (97 %).

Системы электроснабжения электрических железных дорог должны обеспечивать высокое качество электроэнергии и заданную степень надежности энергоснабжения тяговых и нетяговых потребителей при наиболее экономичных показателях их работы. Это требование является основным при проектировании и эксплуатации систем энергоснабжения. Выполнить данное требование можно только за счет оптимизации режимов и схем системы тягового электроснабжения (СТЭ). Поэтому задача оптимизации СТЭ всегда является задачей первостепенной важности. Для проведения оптимизации СТЭ по какому-либо критерию необходимо производить расчеты СТЭ. Так как эти расчеты классическими методами вызывают значительные трудности, то одним из лучших методов может быть предложен метод имитационного моделирования. На основе его авторами работы совместно со службой «Э» Белорусской железной дороги была разработана имитационная модель работы участка электроснабжения железных дорог переменного тока. Данная имитационная модель состоит из двух блоков (блок тяговых расчетов и блок моделирования участка контактной сети).

Исходными данными для первого блока являются: профиль участка; тип и марки локомотивов, движущихся по участку; количество и масса вагонов; ограничения скорости движения по участку, а также количество, время и расположение остановочных пунктов. Блок тяговых расчетов разработан по критерию минимального потребления электроэнергии при движении по участку.

Выходными параметрами первого блока являются результаты тяговых расчетов (кривые скорости, времени и тока) для заданного профиля и типа локомотивов и вагонов. Эти выходные параметры являются входными для второго блока модели.

Кроме этого, для второго блока необходимы параметры системы электроснабжения участка (тип и мощность тягового трансформатора, система питания, тип и параметры контактной подвески, марка рельса, длина участка, наличие пунктов параллельного соединения, автотрансформаторных пунктов и постов секционирования, усиливающего и экранирующего проводов, параметры линий ДПР), график движения подвижного состава (детерминированный или вероятностный), а также параметры моделирования (время моделирования, стартовое число для запуска подвижных единиц по вероятностному графику). При необходимости дополнительных расчетов линий ДПР исходными данными также являются параметры нетяговых потребителей, подключенных к этим линиям (годовое потребление энергии, коэффициенты формы графиков нагрузки, мощности и расположения трансформаторов).