

Точное определение величины наведенных потенциалов позволит более качественно использовать средства активной защиты для уменьшения влияния, что повысит надежность работы устройств, получающих питание от линий электропередач автоблокировки и продольного электро-снабжения.

УДК 623.332.1

## ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ УЧАСТКОВ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ С ПОЛИМЕРНЫМИ СТРУНАМИ В КОНТАКТНОЙ ПОДВЕСКЕ

*В. С. МОГИЛА, Д. В. ДОРОЦУК, С. А. СКОРОХОДОВ*  
*Белорусский государственный университет транспорта*

В области исследования надежности работы контактной сети и ее элементов электрифицированных железных дорог к настоящему времени накоплен значительный опыт. Первые отечественные исследования надежности систем электроснабжения транспорта были осуществлены еще в первой половине XX века. В научных работах в основном исследуется надежность устройств системы электроснабжения, методы определения надежности оборудования и сетей электроснабжения, основные критерии надежности. Исследованию работоспособности самой контактной подвески с элементами из полимерных материалов и разработке мероприятий по повышению ее долговечности, надежности и безопасности внимания практически не уделяется, несмотря на опыт эксплуатации, который показывает, что наиболее слабыми звеньями контактной сети являются элементы контактной подвески.

Объективный показатель надежности контактной сети должен быть, в первую очередь, увязан с главным требованием, предъявляемым к транспорту, – обеспечение бесперебойности движения подвижного состава. Этот показатель как в целом для контактной сети, так и для ее основных узлов может служить основой для всесторонней оценки надежности и разработки мероприятий по совершенствованию системы электроснабжения.

На основании статистических данных по эксплуатации контактной подвески России и Беларуси за последние 10 лет проведен анализ надежности основных элементов контактной сети электрифицированных железных дорог. Распределение повреждений по элементам приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение повреждений по основным элементам контактной подвески

| Элемент контактной подвески | Количество повреждений, % | Элемент контактной подвески | Количество повреждений, % |
|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Воздушные стрелки           | 3,4                       | Провода, тросы              | 24,6                      |
| Зажимы                      | 18,8                      | Разрядники, разъединители   | 4,0                       |
| Изоляторы                   | 21,3                      | Секционные изоляторы        | 2,1                       |
| Опоры                       | 1,4                       | Струны                      | 8,6                       |
| Поддерживающие конструкции  | 7,1                       | Прочие устройства           | 8,7                       |
| Итого                       |                           |                             | 100                       |

Значительное количество повреждений контактной сети происходит при гололедах, сильных ветрах, грозах, низких температурах или резких перепадах температур. Наиболее неблагоприятные условия для контактной сети – сочетание гололеда с ветром, а также резкое понижение температуры. Удельное число повреждений контактной сети, вызванных метеорологическими условиями, за последние годы составляет около 50 % от общего их количества.

Эксплуатируемая в настоящее время на Белорусской железной дороге контактная подвеска с полимерными струнами не вполне удовлетворяет требованиям надежности и безопасности. Изменение скоростей движения и других условий эксплуатации электрифицированных участков железной дороги требуют дополнительного исследования работоспособности существующей контактной подвески с полимерными струнами, а также разработки состава полимерного материала, удовлетворяющего необходимым требованиям.



На Белорусской железной дороге в настоящее время струны из полиамидного материала установлены на отдельных участках Брестской и Барановичской дистанций электроснабжения. Срок эксплуатации струн на различных анкерных участках составляет от 1 до 9 лет. Их эксплуатация на Белорусской железной дороге и проведенные исследования позволили сделать вывод о том, что полиамидные струны по сравнению с биметаллическими звеньями имеют следующие достоинства:

- а) вес полимерных струн на порядок меньше, чем сталемедных и при использовании в контактной подвеске на 1 000 км электрифицируемых путей экономится до 30 т сталемедной проволоки;
- б) наличие изолирующих свойств у полимерных струн дает возможность исключить электромеханический износ в местах их соединения с ушком фиксатора или зажима, что обеспечивает более длительный срок службы струн и снижение эксплуатационных затрат по ревизии и их замене;
- в) наличие в струнах регулировочного устройства позволяет быстро и с высокой точностью (до 5 мм) производить вертикальную регулировку контактной подвески. Это обеспечивает более равномерное распределение эластичности вдоль пролета и, следовательно, способствует повышению качества токосъема и уменьшению износа контактного провода, особенно при высоких скоростях движения поездов;
- г) лучшие демпфирующие свойства полимерных струн, по сравнению с биметаллическими, обеспечивают более интенсивное затухание колебаний контактной подвески, что способствует улучшению качества токосъема;
- д) динамические усилия в полимерных струнах, возникающие при колебаниях подвески, в 5–6 раз меньше, чем в биметаллических струнах. Таким образом, снижаются динамические нагрузки на детали, к которым крепятся струны, и увеличивается срок их службы.

Однако необходимо отметить, что эксплуатируемые в настоящее время на Белорусской железной дороге полиамидные струны выполнены без каких-либо присадок и покрытий, поэтому, несмотря на ряд указанных преимуществ, они имеют недостаточную устойчивость к атмосферным воздействиям и низкий срок службы (6–9 лет).

Были проведены испытания на разрыв полиамидных струн, имеющих различный срок эксплуатации (от 4 до 10 лет), а также не эксплуатировавшихся полиамидных и полиэфирных.

На основании полученных данных (таблица 2), что прямой зависимости прочности струн от срока эксплуатации не наблюдается. Зависимость установить не удалось вследствие того, что струны были взяты не только с различными сроками эксплуатации, но и с различных участков Белорусской железной дороги. Следовательно, условия эксплуатации струн были различными (к примеру, различный коэффициент использования смешанной тяги на том или ином участке, различные температурные режимы). Это и привело к такого рода результатам. Однако видно, что средняя величина разрушающей механической нагрузки для уже эксплуатировавшихся струн диаметром 4 мм составляет в среднем 1550–1600 Н.

Таблица 2 – Результаты испытаний полимерных струн на разрыв

| Полиэфир |       | Полиамид                                                     |       |       |       |       |        |
|----------|-------|--------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
|          |       | Выдерживаемая нагрузка на разрыв, Н, при сроках эксплуатации |       |       |       |       |        |
| новые    | новые | 4 года                                                       | 5 лет | 7 лет | 8 лет | 9 лет | 10 лет |
| 3540     | 5200  | 1530                                                         | 1920  | 2020  | 1580  | 1430  | 1940   |
| 3380     | 4700  | 1600                                                         | 1560  | 1740  | 1200  | 1610  | 1880   |
| 4200     | 4800  | 1720                                                         | 1560  | 1420  | 1280  | 1610  | 1720   |
| 3400     | 4200  | 1840                                                         | 1680  | 1220  | 1060  | 1400  | 1600   |
| 3380     | 4550  | 2040                                                         | 1680  | 1600  | 1580  | 1620  | 1800   |
| 3760     | 4650  | 1820                                                         | 1860  | 2100  | 1500  | 1620  | 1160   |
| 3800     | 5300  | 2040                                                         | 1760  | 1540  | 1500  | 1700  | 1840   |
| 3570     | 4750  | 1980                                                         | 1720  | 1480  | 1240  | 1480  | 1700   |
| 3660     | 4830  | 1980                                                         | 1780  | 1620  | 1340  | 1580  | 1540   |
| 3700     | 5000  | 1780                                                         | 1860  | 1620  | 1450  | 1560  | 1400   |

Падение прочностных характеристик до такого уровня связано с тем, что полиамид, несмотря на ряд положительных качеств, подвержен воздействию солнечной радиации, атмосферных осадков и различного рода загрязнений, что в значительной степени снижает его первоначальные характеристики и ведет к преждевременному старению материала.

Из полученных результатов также можно сделать следующие выводы:

- 1 Прочность на разрыв полимерных канатов, используемых в контактной сети, должна быть не менее 2800 Н, поэтому применение старых струн диаметром 4 мм является недопустимой.
- 2 Уже к четвертому году эксплуатации величина разрывной нагрузки стабилизируется и в последующие годы остается на том же уровне.



3 Наиболее целесообразным является применение полиамидных струн диаметром 6 мм, несмотря на существующие недостатки материала. Проведенные испытания подтвердили возможность применения на контактной сети полиамидных струн данного диаметра.

4 Несмотря на более низкие показатели выдерживаемой нагрузки полиэфирных струн они имеют более высокие механические свойства, чем у полиамидных, а средняя разрывная нагрузка 3600 Н является выше предельно допустимой. Поэтому можно заменять полиамидные струны полиэфирными.

УДК 502.3:656.2

## СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА

Л. Е. МОРОЗОВА

*Гомельское отделение Белорусской железной дороги*

М. В. АНДРЕЙЧИКОВ, С. М. КИРИЕНКО, Д. В. КУЦЕПАЛОВ

*Белорусский государственный университет транспорта*

Вопросы загрязнения атмосферного воздуха промышленными выбросами, как никогда ранее, носят весьма актуальный характер. Среди источников загрязнения атмосферы можно выделить главные – промышленность, электростанции и транспорт. Доля каждого из этих источников в общем загрязнении воздуха сильно различается в зависимости от конкретного региона. Основным источником вредных веществ, поступающих в атмосферу, являются продукты горения и переработки органических топлив. Многие из таких побочных продуктов, даже в чрезвычайно низкой концентрации (несколько десятков частиц на миллион), способны оказать сильное негативное влияние на биосферу и здоровье населения, вызывая, тем самым, материальный ущерб.

Среди атмосферных загрязнителей выделяют несколько групп: взвешенные вещества, диоксид серы [сернистый ангидрид ( $\text{SO}_2$ )], оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), угарный и углекислый газы ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), углеводороды ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ) и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), серосодержащие, хлорсодержащие и неорганические вещества. Взвешенные вещества, диоксид серы, оксиды азота являются наиболее распространёнными и во многом определяют увеличение смертности населения из-за экологических факторов. Поэтому очистка атмосферы от этих выбросов является одной из приоритетных задач современной энергетики. Подавляющее большинство указанных веществ образуется при высоких температурах, т. е. в процессах горения. Именно поэтому первостепенное значение имеют вопросы уменьшения количества вредных выбросов в камерах сгорания – как мобильных (автомобильные двигатели внутреннего сгорания), так и стационарных энергетических установок при сжигании различных топлив.

Несмотря на то, что основными продуктами сгорания являются углекислый газ и вода, дополнительные продукты, хоть и образуются в существенно меньших концентрациях, чрезвычайно важны с точки зрения экологии. Во второй половине XX века было доказано, что окислы азота  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$  (вместе называемые  $\text{NO}_x$ ) являются основными реагентами при образовании фотохимического смога. Также  $\text{NO}_x$  участвует в цепных реакциях, приводящих к удалению озона из стратосферы. Таким образом, проблема удаления окислов азота является одной из ключевых проблем горения и экологии.

Оптимизация горения и сокращение концентрации оксидов азота и других примесей может достигаться различными способами, среди которых выделяют:

- физическую и химическую абсорбцию, в результате чего происходит процесс извлечения компонентов отходящего газа из потока растворителем. Обычно в качестве растворителя используется вода или органические растворители. Главное отличие физической абсорбции от химической заключается в том, что при физической абсорбции растворитель не вступает в химическую реакцию с газом. В случае же хемосорбции происходит химическая реакция между компонентами газа и хемосорбентом, который находится в растворе;

- адсорбцию, основанную на удалении компонентов отходящего газа за счет их поглощения пористыми адсорбентами. Наиболее часто используемыми адсорбентами являются активные угли, алюмогели, силикагели, цеолиты и иониты;