

Заяц Д.С. Зависимость качества токосъема от параметров и конструктивного выполнения токоприемника // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2017. – № 12 (декабрь). – АРТ 485-эл. – 0,3 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>

РУБРИКА: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОСТИ

УДК 629.423.33

Заяц Дмитрий Сергеевич

студент 5 курс, электромеханический факультет
«Омский Государственный Университет Путей Сообщения»
г. Омск, Российская Федерация
E-mail: zayats.dimon1994@yandex.ru

**ЗАВИСИМОСТЬ КАЧЕСТВА ТОКОСЪЕМА ОТ ПАРАМЕТРОВ
И КОНСТРУКТИВНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ТОКОПРИЕМНИКА**

Аннотация: многолетний опыт эксплуатации электрифицированных дорог и исследования токосъема, проводившиеся в научно-исследовательских организациях, показали, что качество токосъема зависит от конструктивного выполнения как контактной сети, так и токоприемников электроподвижного состава.

Влияние конструкции токоприемника на качество токосъема определяется главным образом материалом контактных элементов полоза, величиной приведенной массы токоприемника, величинами статического нажатия и аэродинамической подъемной силы, эластичностью верхнего узла (кареток) и шириной полоза.

Ключевые слова: качество токосъема, токоприемник, контактная подвеска.

Zayats Dmitry Sergeevich

student 5 course, electromechanical faculty

"Omsk State University of Communication Pathways"

Omsk, Russian Federation

E-mail: zayats.dimon1994@yandex.ru

DEPENDENCE OF THE QUALITY OF THE MOISTURE FROM PARAMETERS AND CONSTRUCTIVE PERFORMANCE OF THE ACCUMULATOR

Abstract: many years of experience in the operation of electrified roads and current collection studies conducted in research organizations have shown that the quality of the current collection depends on the design of both the contact network and the current collectors of the electric power train.

The influence of the structure of the current collector on the quality of the current collector is determined mainly by the material of the contact elements of the slide, the value of the reduced mass of the current collector, the values of static pressure and aerodynamic lift, the elasticity of the upper unit (s) and the width of the strip.

Key words: current collector quality, current collector, contact sub-balance.

Не рассматривая материал контактных элементов полоза, весьма разнообразный в настоящее время (медь, сталь, уголь, алюминий, металлокерамика), остановимся на других названных факторах, влияющих на токосъем.

Известно, что контактное нажатие, т. е. нажатие в контакте «полоз токоприемника - контактный провод», определяется алгебраической суммой

$$P_K = P_{CT} + P_Y + m_T \frac{d^2 y}{dt^2} = P_0 + P_{TP} + P_Y + m_T \frac{d^2 y}{dt^2},$$

где P_0 — нажатие, создаваемое подъемными пружинами токоприемника;

P_{TP} — сила трения в шарнирах токоприемника;

P_{CT} — статическое нажатие, равное алгебраической сумме P_0 и P_{TP} ;

P_Y — аэродинамическая подъемная сила токоприемника;

m_T — приведенная масса токоприемника;

$\frac{d^2 y}{dt^2}$ — вертикальная составляющая ускорения полоза токоприемника.

Удовлетворительное качество токосъема может быть обеспечено, прежде всего, при том условии, что величина контактного нажатия в процессе движения токоприемника будет стабильной и вместе с тем не настолько большой, чтобы вызывать усиление механического износа контактных элементов полоза и контактного провода, и не настолько малой, чтобы вызывать увеличение электрического износа контактной пары и уровня радиопомех.

Из выражения видно, что стабилизации контактного нажатия способствуют малые величины силы трения в шарнирах, приведенной массы и аэродинамической подъемной силы токоприемника.

Эффективность снижения приведенной массы токоприемника показана теоретическим путем канд. техн. наук А. В. Плаксом, исследовавшим в Ленинградском институте инженеров железнодорожного транспорта (ЛИИЖТе) процесс колебаний контактной подвески и токоприемников при помощи электронной модели.

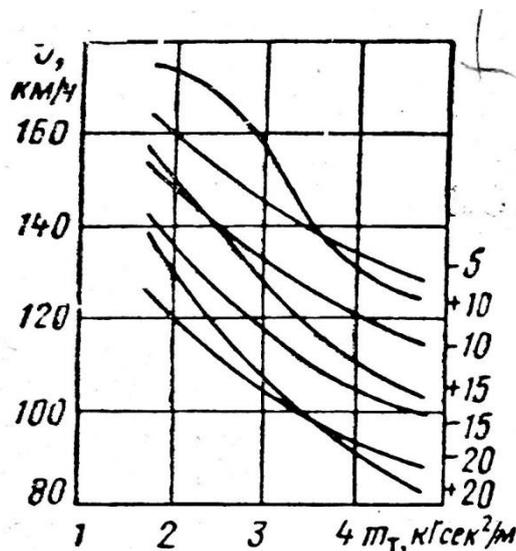


Рисунок 1 – Зависимость допустимой скорости движения от приведенной массы токоприемника для одиночной контактной подвески М-120+2МФ-100 при длине пролета 65 м и стрелах провеса контактного провода от -20 до +20 см

Если посмотреть на полученную им зависимость допустимой по условиям удовлетворительного токосъема скорости движения электроподвижного состава v от величины приведенной массы токоприемника m_T (рисунок 1), то нетрудно сделать вывод о важности снижения этой массы. Так, для рассматриваемой подвески при стреле провеса +10 см (близкой к стреле провеса компенсированной подвески) снижение приведенной массы с 4 до 3 кгс²/м приводит к увеличению допустимой скорости на 30 км/ч. Примерно такой же эффект получен и для условий одинарной контактной подвески с двумя контактными проводами.

Экспериментальные исследования, проведенные во Всесоюзном научно-исследовательском институте железнодорожного транспорта (ЦНИИ МПС), о результатах которых сказано ниже, подтвердили высокую эффективность улучшения токосъема путем уменьшения приведенной массы токоприемника.

Какого-либо ограничения минимальной величины приведенной массы по условиям обеспечения удовлетворительного токосъема не требуется (масса не может быть весьма малой только из-за необходимости обеспечить определенную токопроводность и прочность конструкции). В противоположность этому минимальные величины сил трения в шарнирах токоприемника и аэродинамической подъемной силы по условиям токосъема в определенной степени ограничиваются.

Система «токоприемник – контактная подвеска» является упругой и поэтому амплитуда вертикальных колебаний движущегося токоприемника зависит не только от стрелы провеса контактного провода и эластичности контактной подвески, но и от частоты вынужденных колебаний, собственной частоты и степени демпфирования системы.

Наличие трения в подвижной системе токоприемника (так же, как и в контактной подвеске) способствует уменьшению амплитуды колебаний. Трение в упругой системе еще более необходимо в условиях резонанса, когда амплитуды колебаний могут достигать опасных величин.

Заметное снижение амплитуды колебаний возможно при значительном демпфировании. Вместе с тем большое трение в подвижной системе токоприемника снижает стабильность контактного нажатия.

Удовлетворить оба противоречивых требования можно только одним путем – снизить трение в шарнирах до минимума и в то же время применить демпферы, вязкое трение в которых пропорционально скорости движения.

Опыт британских дорог показывает, что целесообразно применение телескопических демпферов, устанавливаемых на главных валах токоприемника, с сопротивлением 4 кГс/м в обоих направлениях.

Французские специалисты на основании результатов испытаний токоприемника четырехсистемного электровоза пришли к несколько иному выводу – рациональности применения демпферов однонаправленного действия.

Применение демпферов, естественно, несколько усложняет конструкцию токоприемника и поэтому нецелесообразно при скоростях движения менее 150 км/ч. Соответствующие исследования позволяют считать, что для токоприемников электроподвижного состава, рассчитанного на такие скорости, достаточно иметь суммарную силу трения во всех шарнирах подвижных рам 0,5-0,7 кгс. К этой величине и следует стремиться при разработке новых конструкций токоприемников.

Аэродинамическая подъемная сила токоприемника зависит от конфигурации элементов подвижных рам и полоза токоприемника, а также от направления и скорости воздушного потока в надкрышевом пространстве электроподвижного состава. Сложность конфигурации элементов токоприемника и неопределенность воздушного потока (слагающегося из потока, определяемого движением токоприемника в неподвижной среде, и ветрового потока) делает практически невозможным полное исключение аэродинамического воздействия. Если даже удастся добиться такого положения, что при одной скорости движения аэродинамическая подъемная сила равняется нулю, то при другой скорости (даже при отсутствии ветра) она будет иметь отличную от нуля положительную или отрицательную величину.

Учитывая это обстоятельство, можно заключить, что аэродинамические качества токоприемника удовлетворительны, если подъемная сила с увеличением скорости движения немного возрастает и ветер любого

направления (при его расчетной скорости) не может привести к тому, чтобы эта сила заметно изменилась.

Эластичность контактной подвески, а также ее приведенная масса в различных частях пролета при всем совершенстве схемы подвески и оптимальности параметров не одинаковы. При движении токоприемника на его пути непременно возникают изломы контактного провода, являющиеся следствием небрежности монтажных работ, и сосредоточенные массы в виде фиксаторов, струновых и питающих зажимов с соединенными с ними струнами и шлейфами электрических соединителей и т. п. Все это является причиной ускорений, приводящих к всплескам величины контактного нажатия, т. е. ухудшению токосъема.

Качество токосъема при проходе «особых» точек зависит в большой степени от конструктивного выполнения узла подрессоривания полоза – от кинематической схемы каретки и жесткости ее пружины. Более совершенными являются те конструкции кареток, которые обеспечивают подрессоривание полоза не только в вертикальном, но и в горизонтальном (навстречу движению) направлении. Особенно большое вертикальное перемещение полоза относительно подвижных рам должны обеспечивать каретки токоприемника со значительной приведенной массой этих рам.

На качество токосъема, особенно при высоких скоростях движения, существенно влияет конструктивное выполнение полоза. Полоз должен обеспечивать хорошее охлаждение контактных элементов, нагреваемых тяговым током, быть легким и устойчивым в аэродинамическом отношении. (Под последним требованием подразумевается способность полоза противостоять вывертыванию воздушными потоками, при котором полоз контактирует с проводом гранью одной пластины или вставки.)

Наиболее эффективным способом обеспечения аэродинамической устойчивости является расширение полоза. На основании исследований, проведенных в ЦНИИ МПС, определено, в частности, что ширина рамного полоза токоприемника, рассчитанного на скорости движения до 200 км/ч, не должна быть меньше 350 мм.

Для оценки качества токосъема существует ряд критериев. Пользуясь этими критериями, можно оценить правильность выбора параметров токоприемника и конструктивного выполнения его отдельных элементов.

При проведении исследований в ЦНИИ МПС в качестве основного критерия качества токосъема принято относительное изменение нажатия токоприемника n , которое численно равно наибольшей из следующих величин:

$$n' = \frac{P_{K \max} - (P_{CT} + P_{y \max})}{P_{CT} + P_{y \max}};$$
$$n'' = \frac{P_{K \min} - (P_{CT} + P_{y \max})}{P_{CT} + P_{y \max}},$$

где $P_{K \max}$ и $P_{K \min}$ – соответственно максимальная и минимальная величины контактного нажатия;

$P_{y \max}$ – максимальная величина аэродинамической подъемной силы токоприемника.

На основании ряда исследований принято, что токосъем считается удовлетворительным при $|n| < 0,5$. При такой величине n контактное нажатие токоприемника будет не больше тех максимальных величин нажатия, на которые рассчитываются фиксаторы, и не меньше тех величин, при которых заметно увеличивается переходное сопротивление в скользящем контакте «полоз токоприемника – провод» и резко возрастают радиопомехи.

В качестве второго критерия принят коэффициент неравномерности контактного нажатия k_H , представляющий собой отношение суммы максимальных величин контактных нажатий, имеющих общую длительность 50% времени прохода токоприемником пролета, к сумме минимальных величин контактных нажатий, имеющих такую же общую длительность:

$$k_H = \frac{\sum P_{K \text{ макс}}}{\sum P_{K \text{ мин}}}.$$

Для определения этого коэффициента экспериментальные графики изменения контактного нажатия в пролетах перестраивают в графики распределения нажатия.

Лучшее качество токосъема характеризуется меньшей величиной коэффициента неравномерности контактного нажатия.

Третьим критерием качества токосъема является максимальный размах (двойная амплитуда) вертикальных перемещений полоза токоприемника в пролете:

$$2A = H_{\text{макс}} - H_{\text{мин}},$$

где $H_{\text{макс}}$ и $H_{\text{мин}}$ - соответственно максимальная и минимальная высоты полоза над уровнем головок рельсов в пролете.

Большей стабильности контактного нажатия соответствует меньший размах перемещений полоза.

Четвертый критерий — коэффициент отрыва токоприемника:

$$k_{OT} = \frac{\sum T_{OT}}{T} 100\%,$$

где $\sum T_{OT}$ – суммарное время одновременных отрывов всех контактных пластин токоприемника от провода на участке;

T – время прохождения токоприемником этого участка.

В процессе движения токоприемника длительности нарушений контакта между отдельными пластинами (вставками) полоза и контактном проводом, особенно при высоких скоростях, могут быть неодинаковыми, что объясняется теми или иными недостатками в конструктивном выполнении верхнего узла токоприемника. В связи с этим для возможности оценки работы верхнего узла введен еще критерий – коэффициент отрыва пластины.

Коэффициент отрыва пластины аналогичен коэффициенту отрыва токоприемника, но при его определении за основу берут суммарное время нарушения контакта между проводом и этой пластиной. Коэффициент отрыва первой (передней по ходу), второй, третьей и четвертой пластин обозначают соответственно k_{OT1} , k_{OT2} , k_{OT3} , k_{OT4} .

Лучшие токоприемники обеспечивают (при одной и той же контактной сети) наименьшие величины коэффициентов отрыва токоприемника и пластин.

При проведении испытаний в Бюро экспериментов и исследований (БЭИ) Международного союза железных дорог (МСЖД) качество токосъема оценивают по величине отношения приведенной массы токоприемника к сумме статического нажатия и максимальной аэродинамической подъемной силы:

$$k_k = \frac{m_T}{P_{CT} + P_{Y.макс}}.$$

Это отношение, названное коэффициентом качества, является определяющим потому, что оно представляет собой величину, обратную ускорению. Поскольку способность развивать большие ускорения является положительным свойством токоприемников, так как обеспечивает хорошее

слежение полоза за контактном проводом, то лучшие конструкции должны характеризоваться меньшей величиной приведенного отношения.

Коэффициент качества токоприемников, испытывавшихся БЭИ, находился в пределах 0,15-0,4. Удовлетворительный токосъем обеспечивали токоприемники, у которых этот коэффициент при максимальной скорости движения был близок к 0,15.

Единственно правильным путем уменьшения коэффициента качества является путь снижения приведенной массы токоприемника. Увеличение же статического нажатия и аэродинамической подъемной силы сверх допустимых величин, о которых сказано ниже, может привести к опасному отжатию контактного провода.

Дата поступления в редакцию: 29.11.2017 г.

Опубликовано: 03.12.2017 г.

© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2017

© Заяц Д.С., 2017