

С. Н. КОЛЕСОВ, д-р техн. наук, профессор, ДИИТ (Украина)  
 Н.В. КЛИМЕНКО, инж., ДИИТ (Украина)

## УЛУЧШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОКОПРИЕМНИКОВ

Для поліпшення динамічних характеристик струмоприймача пропонується використовувати графітові контактні вставки, нижня і бічна поверхні яких покриті міддю або алюмінієм. Це дозволяє зменшити коефіцієнт відриву і збільшити значення струму, що пропускається через ковзний контакт.

Для улучшения динамических характеристик токоприемника предлагается использовать графитовые контактные вставки, нижняя и боковая поверхности которых покрыты медью или алюминием. Это позволяет уменьшить коэффициент отрыва и увеличить значение тока, пропускаемого через скользящий контакт.

To improve current collector dynamic characteristics, it is offered to use as basis graphite contact inserts whose side parts are coated by copper or aluminium. It leads to the reduction of the detachment factor and to the increase of current.

Колебательные процессы в контактной подвеске, вызванные движущимся токоприемником (Т), из-за его инерционности приводят к скачкообразному изменению силы контактного нажатия. В результате токоприемник либо отрывается от контактного провода (К), либо увеличивает контактное нажатие. При отрыве возникает электрическая дуга и увеличивается интенсивность электрического изнашивания, а при усилении контактного нажатия увеличивается интенсивность механического изнашивания. Максимально допустимый коэффициент отрыва токоприемника составляет на железных дорогах Японии 3% при скорости движения 300 км/ч, Англии – 1% при 160 км/ч, Франции – 2% при 270 км/ч [1]. Контактное нажатие должно быть оптимальным и стабильным (в идеальном случае постоянным). На динамику контактного нажатия и коэффициента отрыва токоприемника от контактного провода существенное влияние оказывает приведенная масса верхнего узла Т  $m_1$  (рис. 1) [2], определяемая массой ползцов и токосъемных элементов. Чем меньше эта масса, тем меньше число отрывов токоприемника от контактного провода, стабильнее контактное нажатие и выше качество токосъема.

Природа материала токосъемных элементов оказывает существенное влияние на качество токосъема. В настоящее время токосъемными элементами являются металлические пластины, угольнографитовые и металлоугольные вставки. Из металлических токосъемных элементов наибольшее применение получили медные пластины, используемые на линиях постоянного

тока. Они в сравнении с другими токосъемными элементами имеют наименьшие значения удельного сопротивления  $\rho$  и переходного сопротивления  $R_k$  (табл.) в месте скользящего контакта и контакта с корпусом ползца, и поэтому обеспечивают большую величину потребляемого тока (до 2200 А) [3]. Медные пластины более износостойкие чем другие токосъемные элементы. Однако они более интенсивно изнашивают дорогостоящие контактные провода (в среднем 0,571 мм<sup>2</sup> на 10000 проходов ЭПС [4]), увеличивая тем самым затраты на эксплуатацию электрифицированных линий.

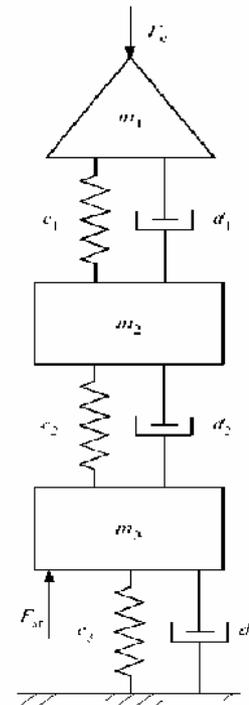


Рис. 1. Отображение токоприемника  
в виде системы трех масс

Угольнографитовые вставки на переменном токе напряжением 25 кВ снимают меньшие токи (до 900 А [5] в странах СНГ и до 700 А [6] в Германии). Выпускают угольнографитовые вставки (УГВ) типа А, Б и С. Несмотря на высокое удельное сопротивление УГВ типа А ( $\rho=30$  мкОм·м), Б ( $\rho=15$  мкОм·м) и С ( $\rho=4,1$  мкОм·м) (см. табл.), током малых токов не вызывает превышения допустимой температуры нагрева контактного провода. Использование угольных вставок на электропод-

вижном составе позволяет значительно снизить износ контактных проводов (до  $0,07...0,15$  мм<sup>2</sup> на 10000 проходов токоприемников [4]). В скользящем контакте медного провода и угольных вставок соблюдается высокий уровень совместимости трибосистемы. В трении в этом случае участвуют материалы, резко различающиеся по своей природе: металл и графит. Графит имеет кристаллическое строение и обеспечивается легкое скольжение слоев по базисной плоскости при небольших касательных напряжениях. Его удельное сопротивление невысокое (8 мкОм·м).

Таблица

Основные свойства некоторых угольных и угольных металлосодержащих вставок [7]

Свойства	Тип					
	А	Б	С	УМБ	Медная*	А**
Уд. сопротивление $\rho$ , мкОм·м	30	15	4,1	8	0,0177	5,2
Переходное сопротивление $R_k$ , мОм	30 <sup>1</sup>	9,84 <sup>1</sup>	5 <sup>2</sup>	4,2-3 <sup>2</sup>	2	17 <sup>1</sup>

Примечание. \* Медь марки М1;

\*\* - УГВ типа А с металлизированным основанием и боковыми

поверхностями; 1- измерения проводились при токе 30 А и давлении в контакте

10 кгс; 2- измерения проводились при токах 80-350 А.

Армирование углеродной основы вставок металлом (медью) позволяет снизить удельное сопротивление до 8 мкОм·м (вставка типа УМБ [7]) и повысить прочность материала. Однако содержание меди (30...50 масс.%) снижает антифрикционные свойства и утяжеляет вставки УМБ. При содержании меди 30% масса УМБ возрастает на 43%, что ухудшает динамические характеристики токоприемника. Из работы [8] видно, что оптимальное содержание меди в угольных вставках составляет 35%. Дальнейшее увеличение содержания меди мало влияет на величину  $\rho$  и лишь ухудшает механические характеристики, а также утяжеляет вставку.

Нами изготовлены и испытаны в лабораторных условиях УГВ, основание и боковые поверхности которых были покрыты медью или алюминием толщиной около 0,05...0,1 мм. Омеднение производили электролитическим методом, а алюминий наносили плазменным напылением.

Удельное сопротивление определяли в соответствии с ГОСТ 23776. Измерения производили при токе 20 А. Падение напряжения на зондах измеряли при расстоянии между ними 150 мм. Контактное сопротивление измеряли с помощью специального устройства, в который был вмонтирован контактный провод типа МФ-100 и восемь измерительных зондов, уста-

новленных на расстоянии 1; 4,5; 5,5 6,5...10,5 см. Падение напряжения измеряли между контактным проводом и каждым зондом, после чего строили зависимость контактного сопротивления  $R_k$  от расстояния между контактным проводом и зондами. Значение  $R_k$  находили путем экстраполяции.

Данные измерений  $R_k$  от величины тока и контактного нажатия на исходную УГВ типа А и металлизированную приведены на рис. 2 и 3. Из рис. 2 и 3 видно, что величина тока нагрузки и силы нажатия существенно влияют на величину  $R_k$ .

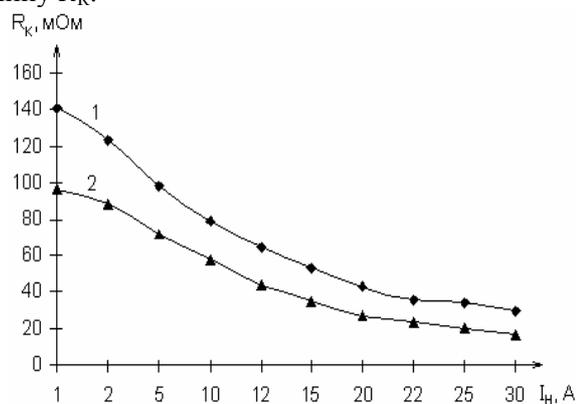


Рис. 2. Зависимость  $R_k$  от величины тока нагрузки при контактном давлении \* кгс;

1 – угольная вставка типа А; 2 – та же угольная вставка металлизированная

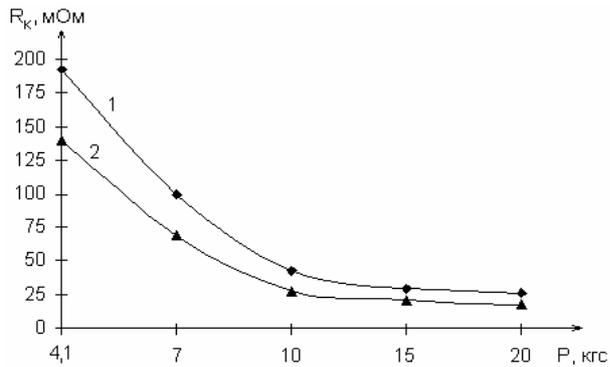


Рис. 3. Зависимость  $R_K$  от величины контактного нажатия при токе 20А; 1 – угольная вставка типа А; 2 – та же угольная вставка металлизированная

Омедненные УГВ типа А обладали удельным сопротивлением  $\rho \approx 5,2$  мкОм·м, то есть в 5...6 раз меньшим, чем исходные, а их контактное сопротивление  $R_K \approx 17$  мОм. Масса омедненной УГВ на 28% меньше массы УМБ, что должно улучшить взаимодействие движущегося токоприемника с контактной подвеской. Проведенные опыты также показали, что покрытие металлом УГВ снижает температуру их нагрева (рис.4) и, следовательно, позволяет увеличить величину потребляемого тока. Затраты дефицитной меди на изготовлении металлизированных УГВ на порядок меньше чем при изготовлении вставок типа УМБ. Кроме того, металлизированные УГВ сохраняют уникальные антифрикционные свойства, присущие УГВ. Применение алюминия позволит еще больше снизить массу токосъёмных элементов.

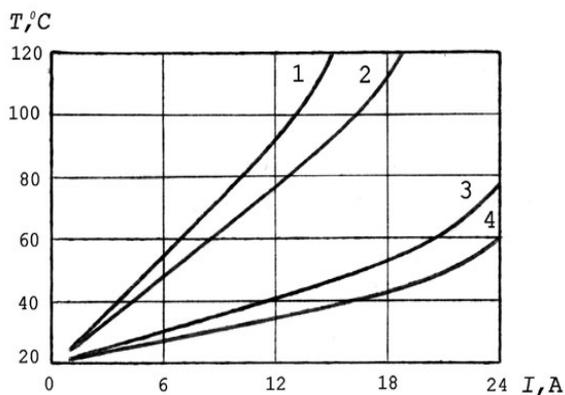


Рис. 3. Зависимость  $R_K$  от величины контактного нажатия при токе 20 А.

Вопрос снижения удельного сопротивления  $\rho$  и переходного сопротивления  $R_K$  УГВ можно решить только путем замены их связующей основы. Связующей основой УГВ и УМБ является

ся фенолоформальдегидная смола, нефтяной или каменноугольный пек, которые являются хорошим диэлектриком ( $\rho \approx 10^{12}$  Ом·м). Поэтому необходимо разработать новый тип связующего (например, электропроводящий полимер), который обладал бы удельным сопротивлением того же порядка, что и металлические проводники ( $\rho=10^{-8} \dots 10^{-6}$  Ом·м), но имеющий при этом антифрикционные свойства, стойкость к электрическим разрядам, высоким температурам, окислению и свариваемости с металлами такие же, как графит.

#### БИБЛИОГРАФИЧНЫЙ СПИСОК

1. Saxena R. Indian Railway Technical Bulletin, 1999, №289-290, p. 16-24. Модернизация контактной сети под движение поездов с более высокой скоростью // Железные дороги мира. – 2000. – № 7. – С. 40-43.
2. G. Poetsch et al. Elektrische Bahnen, 2001, № 9, S. 386-392. Моделирование взаимодействия токоприемника с контактной подвеской // Железные дороги мира. – 2002. – № 4. – С. 32-40.
3. Берент В.Я., Рачек Л.Н. Электроконтактные характеристики сильнотокового контакта «Токосъёмные элементы полоза токоприемника – контактный провод» // Вестник ВНИИЖТ. – 1992. – № 6. – С. 36-41
4. Беляев И.А., Михеев В.П., Шиян В.А. Токосъём и токоприемники электроподвижного состава. – М.: Транспорт, 1976. – 184 с.
5. Берент В.Я. Влияние эксплуатационных факторов на электроконтактные характеристики токосъёмного узла // Вестн. ВНИИЖТ. – 1995. – № 4. – С. 35-40.
6. F. Kießling, R. Puschmann, A. Schmieder: Contact lines for Electric Railways, Planning, Design and Implementation, 820 pages, MCC-Verlag, Erlangen 2001.
7. Берент В.Я. Перспективы улучшения работы сильноточного скользящего контакта «контактный провод – токосъёмный элемент полоза токоприемника» // Железные дороги мира. – 2002. – № 10.
8. Гершман И.С., Бучнев Л.М. Токосъёмные углеродные материалы нового поколения // Вестник ВНИИЖТ. – 2003. – № 6.