

Степень технического износа вагона, посчитанная по формуле (4), также хорошо аппроксимируется полиномом шестой степени с коэффициентом достоверности аппроксимации 0,9–0,95. Полученные полиномы позволяют хорошо вычислять степень технического износа каждого типа вагона в каждый год эксплуатации и помогают эксперту оценить в комплексе износ сложного технического сооружения, которым является вагон.

УДК 629.423.31

## ДИНАМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ МАГИСТРАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА

С. Г. ШАНТАРЕНКО

*Омский государственный университет путей сообщения*

Во время движения локомотива относительные колебания корпуса и якоря тягового электродвигателя (ТЭД) происходят в пределах зазоров моторно-якорных подшипников. Если колебания якоря определяются в основном конструктивными параметрами ТЭД, то колебания корпуса формируются за счет колебаний колесной пары и подрессоренных масс.

Как показали теоретические и экспериментальные исследования в области динамики подвижного состава, проведенные учеными ОмГУПС для условий Сибирского региона под руководством профессора И. И. Галиева, на динамику колесной пары в вертикальной плоскости существенное влияние оказывают: неравноупругость рельсового полотна по его длине, наличие геометрических неровностей за счет износа рельсов, стыковые неровности. Причем весьма важным является различие в жесткости пути для зимних и летних условий эксплуатации.

При движении локомотива со скоростями в пределах 40–100 км/ч динамические добавки сил на колесной паре по отношению к статической нагрузке составляют: 10–19 % за счет вертикальных геометрических неровностей; 6–18 % за счет неравноупругости пути; 15–25 % за счет стыкового воздействия. Так как силы, обусловленные неравноупругостью рельсового полотна и геометрическими неровностями, передаются на ось якоря через шестерни редуктора в виде моментов, они оказывают непосредственное влияние лишь на его крутильные колебания вокруг оси вращения, что может вызвать переходные процессы в магнитном поле ТЭД. Однако эти добавки при нормальных режимах работы двигателя весьма малы по сравнению с основным приведенным моментом на якоря, поэтому влиянием геометрических и динамических неровностей пути на вращение якоря можно пренебречь и учитывать их только в колебаниях корпуса ТЭД.

При прохождении стыковых неровностей на оси колесной пары возникают импульсные силы, которые передаются мгновенно на якорь и корпус двигателя в виде скачкообразного изменения скорости их центров масс. Однако дальнейшее движение корпуса и якоря как материальных тел определяется различными факторами: движение корпуса – в основном, характеристиками подвески, а движение якоря – силами магнитного тяжения. Поэтому в результате стыкового воздействия происходит и относительное движение корпуса и якоря, что приводит к возникновению кратковременных радиальных сил большой величины на моторно-якорных подшипниках.

При эксплуатации тяговый двигатель работает в различных условиях в зависимости от режима движения поезда. Для оценки влияния режимов на динамику ТЭД ограничимся исследованием режимов трогания с места, разгона и двигательной тяги. Основным фактором, определяющим работу двигателя, можно считать момент, приведенный к оси якоря. Он формируется за счет сил сцепления колеса и рельса, сил сопротивления движению поезда и силы потокоцепления в магнитной системе тягового двигателя.

Задавая различные значения параметров в цепи управления тяговым двигателем и определяя соответствующим образом скорость движения поезда, силы продольного сцепления колесной пары и рельса, а также силы сопротивления движению, можно исследовать динамическое поведение ТЭД в различных режимах эксплуатации.

Проведенные исследования показали, что на динамическое поведение ТЭД основное влияние оказывают технологический эксцентриситет якоря и величина возвышения принимающего рельса стыковой неровности.

Технологический эксцентриситет в режиме трогания с места оказывает благоприятное воздействие на колебания при повороте якоря. Наблюдается эффект динамического демпфера. Однако в режимах набора скорости и длительной тяги наличие эксцентриситета приводит к изменению воздушного зазора как по длине якоря, так и во времени, что порождает существенные нестационарные процессы в магнитном поле. Изменение характеристик магнитного поля, в свою очередь, отрицательно сказывается как на условиях коммутации, так и на динамических показателях ТЭД.

Зазор в моторно-якорных подшипниках сказывается только в переходных режимах (прохождение стыковых неровностей и переключение с режима на режим), и его влияние на динамическую составляющую виброускорений якоря и радиальных сил не существенно (около 3 %). При этом перераспределение нагрузки по роликам приводит к возрастанию силы на более нагруженном ролике на 10–15 %.

УДК 629.463.62.004

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

*А. В. ШИЛОВИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта*

*А. А. ШИЛОВИЧ*

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины*

Проблеме оптимального технического обслуживания подвижного состава посвящено много работ специалистов транспорта. Общность подхода большинства исследователей состоит в предположении того, что весь парк подвижного состава вне зависимости от его технического состояния задействован в процессе перевозок с одинаковой интенсивностью. Такой подход был правомерен во времена бывшего Советского Союза, когда на сети железных дорог ощущался дефицит подвижного состава. Однако даже в те времена опытные хозяйственники, имеющие возможность выбора, старались отбирать для собственной погрузки наименее поврежденный подвижной состав. В настоящее время ситуация с обеспеченностью вагонным парком изменилась. Потребности в вагонном парке для обеспечения перевозок меньше реальных возможностей дороги в предоставлении для этих целей подвижного состава. Поэтому в реальной жизни используется лучший подвижной состав, который быстрее изнашивается при применении к нему одинаковой для всего парка политики восстановления.

Основным приемом компенсации такой ситуации является разделение парка на возрастные группы и установление для каждой из них различных схем ремонтов и технических обслуживаний. Однако даже внутри одной возрастной группы можно встретить вагоны, существенно различающиеся по техническому состоянию. Это указывает на необходимость изменения действующего у нас подхода к модели определения рациональной политики технического обслуживания. Для решения подобных задач используются динамические модели, которые сначала применялись лишь для выбора оптимальной стратегии восстановления частных технических средств. Как задача динамической оптимизации, решаемая с помощью принципа максимизации Понтрягина, она впервые была сформулирована Насландом в 1966 году. Однако для применения в системах общего пользования требовалось дальнейшее совершенствование этих моделей в направлении наделения их способностью связывать качество (техническое состояние) вагона с интенсивностью его эксплуатации.

Учитывая это, мы предлагаем адаптацию модели, разработанной Т.Фраезом и Э.Фернандесом, к системе технического обслуживания подвижного состава. Пусть в некоторый момент времени  $t$  качество вагона (техническое состояние или его привлекательность для использования в перевозках с позиции эксплуатационника) оценивается функцией  $S(t)$ , а интенсивность эксплуатации  $q(t)$ . Естественно предположить, что  $S$  и  $q$  являются взаимосвязанными переменными, так как целесообразность использования вагона определяется уровнем его качества. Под качеством следует понимать привлекательность вагона для пользователя. Для отделения дороги это может быть величина средств  $C(t)$ , которую необходимо вложить в вагон при подготовке его под погрузку. При этом справедливо соотношение  $S(t) = 1/C(t)$ , т. е. чем меньше затрат несет отделение по подготовке вагона к