

Определены основные показатели прочности несущей конструкции крытого вагона при ведении огневых действий. Расчет реализован по методу конечных элементов в программной среде CosmosWorks [3]. В качестве конечных элементов использованы изопараметрические тетраэдры. Оптимальное количество элементов конечно-элементной модели определено графоаналитическим методом [4]. Закрепление модели проводилось в зонах опоры на ходовые части. Материал конструкции – сталь марки 09Г2С. При этом учтено, что на опорные сектора вагона действует вертикальная нагрузка от боевого орудия, сила отдачи при выстреле, а также силы в зонах закрепления боевого орудия к опорному сектору. Установлено, что максимальные эквивалентные напряжения находятся в пределах допускаемых при силе отдачи боевого орудия при выстреле около 3,7 кН. Однако при такой силе отдачи не обеспечивается соблюдение вертикальных ускорений в пределах допускаемых [5, 6]. Поэтому в качестве расчетной принята сила отдачи 3,2 кН. При этом максимальные эквивалентные напряжения возникают в консольных частях хребтовой балки крытого вагона и составляют около 300 МПа, что ниже допускаемых напряжений на 13 % (при значении предела текучести материала  $\sigma_T = 345$  МПа). Максимальные перемещения равны 2,9 мм и сосредоточены в зоне размещения передних упоров автосцепки, максимальные деформации составили  $6,98 \cdot 10^{-3}$ .

Проведенные исследования будут способствовать созданию инновационного подвижного состава для перевозок военной техники и ведения огневых действий при движении.

#### Список литературы

- 1 Dynamic load computational modelling of containers placed on a flat wagon at railroad ferry transportation / O. Fomin [et al.] // VIBROENGINEERING PROCEDIA. – 2019. – Vol. 29. – P. 118–123.
- 2 Research of stability of containers in the combined trains during transportation by railroad ferry / O. Fomin [et al.] // MM SCIENCE JOURNAL. – 2020. – March. – P. 3728–3733.
- 3 **Алямовский, А. А.** SolidWorks/COSMOSWorks 2006–2007. Инженерный анализ методом конечных элементов / А. А. Алямовский. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 784 с.
- 4 **Vatulia, G.** Structural Improvements in a Tank Wagon with Modern Software Packages / G. Vatulia, // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 187. – P. 301–307. Doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.379
- 5 ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). – Київ. – 2015. – 162 с.
- 6 ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – М. : Стандартинформ, 2016. – Введ. 2016–01–07. – 54 с.

УДК 621.3.04

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ СИНУСОИДАЛЬНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК СУХИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

*В. М. ЛЯШУК, А. В. ВЫСОЧАНСКИЙ*

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна,  
Украина*

Системы тягового электроснабжения (СТЭ) содержат большое количество устройств, длительная эксплуатация которых, без надлежащего диагностирования технического состояния, может привести к выходу их из строя и к значительному экономическому ущербу. Для реализации эффективного диагностирования устройств тягового электроснабжения необходимы методики контроля и современные технические средства.

В настоящее время существует оборудование, позволяющее определять межвитковое короткое замыкание в обмотках силовых сухих трансформаторов. Но диагностирование состояния изоляции вызывает определенные трудности.

Предлагается еще один вариант проведения тестирования, основанный на измерении диэлектрических потерь в изоляции обмоток трансформатора путем подачи напряжения относительно высокой (звуковой) частоты. На измерения в большой степени влияет влажность изоляции, поэтому необходимо перед проведением тестирования измерить ее известными методами.

Предварительно проводится общая оценка состояния изоляции обмотки по методике измерения уровня обратного напряжения. Измеряется сопротивление изоляции (при сопротивлении менее 40 МОм дальнейшие измерения не проводятся). Анализ состояния изоляции производится по углу наклона касательной к началу кривой изменения уровня обратного напряжения и его величиной.

Дальнейшее диагностирование производится путем подачи переменного напряжения высокой (звуковой) частоты. Величина напряжения на два порядка меньше уровня рабочей. Применяется последовательный колебательный контур.

Как известно, простейшие резонансные (или колебательные) цепи – последовательный или параллельный колебательные контуры. Рассмотрим цепь, состоящую из последовательно включенных катушек индуктивности (в данном случае индуктивностью является катушка трансформатора, которой исследуется) и конденсатора емкостью 1000 пФ.

Когда частота колебаний генератора совпадает с резонансной частотой контура, возникает резонанс напряжения. По амплитуде напряжения и частоте резонанса делают выводы о пригодности трансформатора.

Для локализации места, где изоляция имеет существенные различия, подача измерительного напряжения на объект, диагностируется, проводится по определенному алгоритму.

Таким образом, проводится неразрушающий контроль состояния изоляции, который предотвращает возникновение короткого замыкания при эксплуатации оборудования и определяет местоположение короткого замыкания, если таковое имеется.

УДК 621.314

## **МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗА СЧЕТ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*В. М. ЛЯШУК, Я. В. ПОРОДЬКО*

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна,  
Украина*

Железные дороги характеризуются высокой эффективностью использования энергии. Это является важным фактором в конкурентной борьбе с другими видами транспорта. Усиление этой конкуренции играет решающую роль в развитии всех звеньев транспортной отрасли. Несмотря на высокую эффективность использования энергии, ежегодные затраты на нее составляют 4–8 % средств, выделяемых железным дорогам. Успехи в этой области позволят железным дорогам удержать или даже улучшить свои позиции на рынке транспортных услуг.

При разгоне подвижного состава подводится тяговая энергия, которая превращается в кинетическую энергию движения поезда и частично накапливается в поезде. На участках с подъемами начинает действовать дополнительно потенциальная энергия. Суммарная потенциальная энергия поезда пропорциональна его массе. Несмотря на то, что накопленная энергия электрического тягового подвижного состава может затем частично использоваться после соответствующего преобразования, следует помнить: каждое преобразование связано с дополнительными потерями энергии. Тот факт, что уменьшение энергопотребления подвижным составом достигается путем минимизации его массы, подтвержден многими исследованиями. При этом значительная часть рекуперативной энергии может быть возвращена в сеть.

Степень снижения энергопотребления за счет уменьшения массы подвижного состава в каждом отдельном случае зависит от многих граничных условий. Это, например, расстояния между пунктами остановок, наличие уклонов на линии, диапазон скорости движения, а также способность машиниста учитывать ряд важных факторов, влияющих на энергопотребление поезда. При этом не существует общей, пригодной для всех случаев, формулы расчета потенциала экономии энергии. Однако было рассчитано, что при уменьшении массы поезда на 10 % экономия энергии достигает 8 %. Для снижения массы подвижного состава используются две основные стратегии. Первая заключается в том, чтобы уменьшать массу отдельных компонентов. При этом, естественно, стремятся к созданию более легких компонентов, неизменности условий их интеграции в общую схему или конструкцию. В соответствии со второй стратегией не только снижают массу отдельных компонентов, но также меняют их функциональные возможности с изменением всей системы, получая в результате уменьшенную общую массу. Часто лучшее решение бывает в случае сочетания обеих стратегий. Поскольку повышение уровня комфорта в пассажирских салонах требует увеличенного потребления энергии бортовой системой электрооборудования, основное усилие по снижению массы целесообразно реализовать именно в этой области.

Преобразователь собственных нужд обеспечивает питание всех вспомогательных устройств на борту тягового подвижного состава. Чаще всего его схема имеет гальваническое разделение между входными и выходными цепями и монтируется в отдельном корпусе: