

4. Воронин С. Г., Курнос Д. А., Кульмухаметова А. С. Сравнительная оценка различных способов управления коммутацией вентильных двигателей по энергетическим показателям и энергетическим свойствам // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». 2013. Т. 13, № 1.
5. Jianwen Shao. Direct Back EMF Detection Method for Sensorless Brushless DC (BLDC). Blacksburg, Virginia : Virginia Polytechnic Institute, 2003.
6. Christof Zwyssig, Johann W. Kolar, Simon D. Round. Megasppeed Drive Systems: Pushing Beyond 1 Million r/min // IEEE/ASME Transactions on mechatronics. October 2009. Vol. 14, № 5.
7. Jun-ichi Itoh, Naofumi Nomura, Hiroshi Ohsawa. A Comparison between V/f Control and Position-Sensorless Vector Control for the Permanent Magnet Synchronous Motor. Osaka : PCC-Osaka, 2002.
8. Sensorless PMSM Drive With DC-Link Current Measurement / Piippo A., Suomela K., Hinkkanen M. and Luomi J. // Conference Record of the 42nd IEEE Industry Applications Society (IAS) Annual Meeting. New Orleans, 2007. P. 2371–2377.
9. Performance Improvement of a PMSM Sensorless Control Algorithm Using a Stator Resistance Error Compensator in the Low Speed Region / Nung-Seo Park, Min-Ho Jang, Jee-Sang Lee, Keum-Shik Hong and Jang-Mok Kim // Journal of Power Electronics. September 2010. Vol. 10. № 5. P. 477–484.
10. Investigation of PMSM Back-EMF using Sensorless Control with Parameter Variations and Measurement Errors / Zihui Wang, Qinfen Lu, Yunyue Ye, Kaiyuan Lu, Youtong Fang. // PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Review). 2012. NR 8. P. 88.

УДК 621.3

Покрышкин Б. А., Ковалев А. А.
Уральский государственный университет путей сообщения
boryani4@mail.ru, AKovalev@usurt.ru

ПРИМЕНЕНИЕ САПР ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Контактная сеть является подсистемой сложной технической системы – электрический транспорт. Одна из главных функций контактной сети – распределение и подвод электрической энергии к электроподвижному составу посредством контакта с токоприемником. Токосъем осуществляется в динамической системе контактная подвеска–токоприемник. Обеспечение качественного токосъема является важной задачей для устойчивой работы транспорта.

К конструкции контактной сети предъявляются повышенные требования надежности, так как на нее воздействуют токовые (тяговые), механические и климатические нагрузки. Контактная сеть обязана обеспечить бесперебойную эксплуатацию при огромном количестве последовательно соединенных узлов. Переход любого из этих узлов в предельное состояние (разрушение, потеря несущей способности или устойчивости, недопустимые деформации) приводит к отказу всей системы, а соответственно и к перерыву движения поездов.

Проектирование деталей контактной сети занимает много времени и требует большой точности расчетов. Сегодня, чтобы испытывать их на прочность, необходимо выполнять множество вычислений, прибегая к немалому количеству допущений.

Одними из уязвимых элементов контактной сети являются контактные провода и зажимы (рис. 1).

В случае повреждения контактного провода, его заменяют на новый с применением стыкового зажима марки КС-059-6 (КС-321-1), представленного на рис. 1, основные параметры которого приведены в таблице.

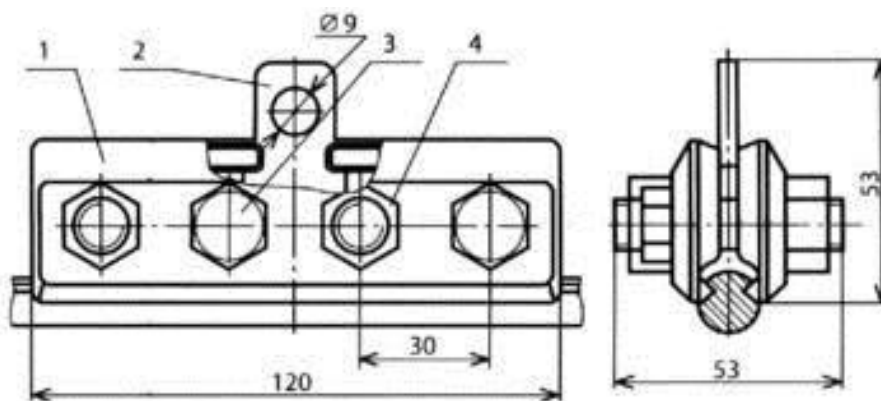


Рис. 1. Зажим стыковой контактного провода КС-059-6 (КС-321-1)

Основные характеристики зажима КС-059-6

Поз.	Наименование детали	Материал, покрытие	Допустимая нагрузка, кН	Масса, кг
1	Плешка	БрАЖ9-4	P ₂ =12,0	0,8
2	Вкладыш	БрАЖ9-4		
3	Болт М1х40 4 шт.	Ст-Цфос		
4	Гайка М10 4 шт.	Ст-Цфос		

Зажим предназначен для стыкования контактных проводов сечением 100–120 мм².

Для того чтобы убедиться в надежности данного зажима, были проведены в НИЛ САПР КС УрГУПС механические испытания модели зажима, созданной с помощью системы автоматизированного проектирования (САПР) – *SolidWorks*.

SolidWorks – программный комплекс САПР для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства, который обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения, позволяет увидеть будущее изделие в объеме с разных сторон, придать ему реалистичность отображения в соответствии с избранным материалом для пробной оценки дизайна [1].

SolidWorks также позволяет решить следующие задачи:

- 3D-проектирование изделий (деталей и сборок) любой степени сложности с учетом специфики изготовления;
- создание конструкторской документации в строгом соответствии с ГОСТами;
- промышленный дизайн;
- проектирование коммуникаций (электрожгуты, трубопроводы и пр.);
- экспресс-анализ технологичности на этапе проектирования;

– инженерный анализ (прочность, устойчивость, теплопередача, частотный анализ, динамика механизмов, газогидродинамика, оптика и светотехника, электромагнитные расчеты, анализ размерных цепей и пр.).

Испытания включали в себя исследования на термомеханическую прочность. При этом задавалась температура класса «А» нагревостойкости, равная 105 °С, которая прикладывалась в паз для закрепления контактного провода.

Полученные результаты приведены на рис. 2.

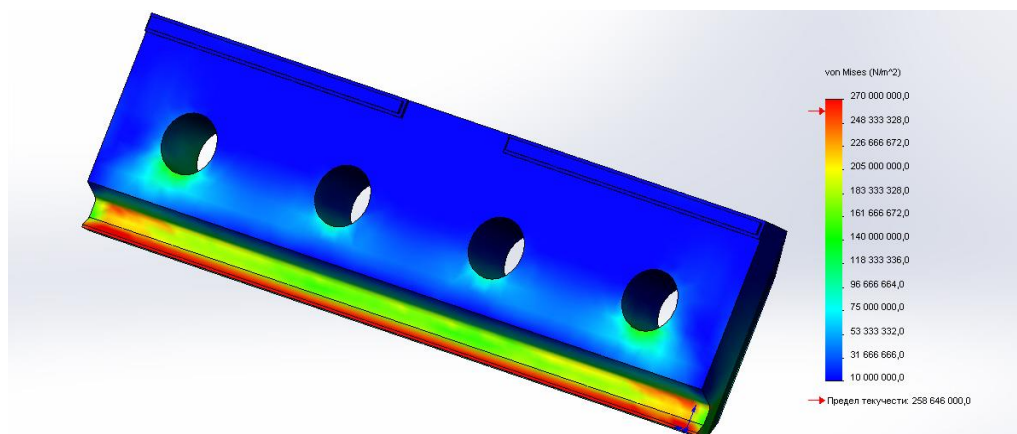


Рис. 2. Распределение напряжения в плашке зажима

Из диаграммы напряжения в металле следует, что максимальное напряжение материала БрЖА-9 составляет $258,646 \cdot 10^6$ Н/м², а наибольшие напряжения возникают в пазах плашки зажима и не превышают предела текучести данного металла. Следовательно, характеристики соответствуют заявленным в каталоге арматуры контактной сети электрифицированных железных дорог [2].

С целью повышения надежности деталей контактной сети и совершенствования качества токосъема можно проводить испытания различных материалов, форм зажимов и прогнозировать их работу под теми или иными нагрузками при воздействии внешних факторов.

Применение методов компьютерного моделирования позволяет сократить затраты на испытание устройств. В настоящий момент в УрГУПС ведутся работы по повышению надежности работы и качеству обслуживания устройств системы токосъема. Для реализации указанных технологий на практике в 2014 году планируется провести их внедрение на существующих участках ОАО РЖД, а при положительном результате натурных испытаний станет возможным применение их на новых участках с более высокими скоростями движения.

Список литературы

1. *SolidWorks Russia* : Официальный русскоязычный сайт программных продуктов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.solidworks.ru> (дата обращения: 06.10.14).
2. Каталог арматуры контактной сети электрифицированных железных дорог / Департамент электрификации и электроснабжения Министерства путей сообщения Российской Федерации. М. : Трансиздат, 2000. 128 с.