

потребления и генерации энергии транспортными средствами, находящимися на участке в тяговых и рекуперативных режимах, что особенно заметно при малых размерах движения. Применение систем принятия решений должно способствовать улучшению использования режимов рекуперации электроэнергии на неавтономном электротранспорте.

Точный учет факторов, определяющих рациональное распределение энергии рекуперации электровоза, требует построения сложных математических моделей и механизмов измерения параметров, реализация которых может потребовать больших затрат. На практике основой для принятия решений могут выступать знания, полученные от экспертов и принципы нечеткого управления.

Нечеткие механизмы регулирования режимов тягового электроснабжения обеспечат поддержание напряжения на токоприемниках рекуперирующих поездов в допустимых пределах при условии дефицита тягового электропотребления в зоне рекуперации. Это реализуется путем принятия решений об уровне энергии рекуперации потребляемой накопителями, питающей энергосистемой, а также возможного обеспечения ее перетоков на смежные межподстанционные зоны к отдаленным поездам. При этом возможно согласование работы накопителей энергии в режимах выравнивания пиковых тяговых нагрузок и локальной буферизации избыточной энергии рекуперации.

Реализована система, основанная на нечетком выводе по методу Мамдани. Система нечеткого вывода содержит блоки правил, принимающие решение на основе экспертных оценок. Реализация приоритетности выбора решения выполнена благодаря организации цепочки блоков правил, которая выполняет последовательный анализ входных параметров и распределяет рациональным образом нагрузку по всем доступным направлениям. Выход первого блока служит входом для следующего, что позволяет определять необходимость распределения остатка энергии по менее приоритетным направлениям. Для последнего блока вывода, входами служат все предыдущие решения, это позволяет определить вывод только в том случае, если решение не принято по более весомым направлениям.

Создана и проверена модель на базе системы FuzzyTECH. В роли функций принадлежности нечетких термов использованы треугольные функции. Основой для определения четких выходных значений служит метод дефазификации «Центр площади» (Center of Area). Система нечеткого управления позволит оперативно принимать решения о рациональном распределении избыточной энергии рекуперации основываясь на неполных данных полученных системами измерений. Данные решения являются основой интеллектуального регулирования режимов тягового электроснабжения при рекуперации энергии транспортных средств.

Применение программного комплекса *ansys workbench* для оценки прочности вагона-цистерны с учетом силового взаимодействия с перевозимым жидким грузом

Архутик И.И., Путятю А.В., Учреждение образование «Белорусский государственный университет транспорта», Республика Беларусь

Целью работы является разработка компьютерной модели несущей конструкции железнодорожного вагона-цистерны для перевозки нефтепродуктов, позволяющей определять ее напряженно-деформированное состояние с учетом силового взаимодействия упругих стенок котла вагона с относительно подвижным жидким грузом. В качестве объекта исследования выбрана модель вагона-цистерны 15-1443, конструкция котел и рама которой усилены в соответствии с рекомендациями, предусмотренными при выполнении капитально-восстановительного ремонта.

Создание модели выполнялось в программном комплексе конечно-элементного анализа *ANSYS Workbench* с использованием *FSI (fluid-structure interaction)* анализа, основанного на одновременном использовании двух модулей программы: *Transient Structural (ANSYS)*, обеспечивающий решение задачи прочности; *Fluid Flow (CFX)*, обеспечивающий решение

задачи гидродинамики. Таким образом, учет силового взаимодействия упругих стенок котла вагона и перевозимого жидкого груза достигается путем решения связанных дифференциальных уравнений: механики деформируемого твердого тела и гидродинамики жидкого груза (используются уравнения Навье-Стокса и неразрывности). Разработка геометрических моделей металлоконструкций котла и рамы, а также объема жидкости в котле выполнена средствами графического построения программы *ANSYS* с использованием комплекта чертежей вагона. Кинематические и силовые граничные условия внешних связей приняты в соответствии с особенностями конструктивного исполнения вагона. Установлено ограничение продольного перемещения в упорах автосцепного устройства, поперечного перемещений в области пятника, а также вертикального перемещения в области пятника и опор на скользуны тележки.

Важным шагом при создании расчетных моделей для взаимосвязанного междисциплинарного анализа является задание поверхности сопряжения (взаимодействия) жидкости и конструкции. В рамках этого подхода весь процесс расчета разбивается на интервалы, число которых зависит от принятого шага по времени, принимаемого исходя из размеров конечных элементов и средней скорости движения жидкости при переходном режиме. Учитывая разработанные конечноэлементные модели и опыт расчета гидродинамики жидкости в котле цистерны, в нашем случае для обоих решателей шаг по времени Δt принят равным 0,01 с. В то же время, несмотря на то, что общая расчетная схема носит нестационарный характер, временные шаги могут быть различными.

Используемый алгоритм решения связанной задачи следующий. На первом шаге выполняется расчет прочности котла при гидростатическом давлении на внутренней поверхности. Затем полученные на этом шаге перемещения передаются в модуль *CFX*, где решается задача гидродинамики с учетом перемещений соответствующих узлов поверхности взаимодействия. Найденные узловые силы (давления жидкости) на поверхности взаимодействия передаются в прочностной модуль, и выполняется расчет с системой сил, соответствующей новому положению жидкого груза. Далее информация о деформации конструкции передается в модуль для расчета гидродинамики и цикл расчетов и обмена информацией повторяется до заданного конечного времени.

Разработанную модель планируется использовать для оценки прочностных характеристик котла и рамы вагона-цистерны.

Применение целеориентированного подхода к разработке и внедрению программного обеспечения

Олейник Д.В., Васецкий Е.Г., «Один Сервис. ВЦ», г. Москва, Российская Федерация

На сегодняшний день известно несколько подходов к разработке программного обеспечения. Появление каждого из них отвечало требованиям своего времени: структурный подход как попытка упорядочить хаос процесса разработки, объектный подход как метод управления возрастающим масштабом программных продуктов, гибкая (Agile) разработка как ответ на боль разработчиков, участвовавших в провальных «водопадных» проектах. В данном докладе речь пойдет о целеориентированном подходе к разработке и внедрению программного обеспечения. Этот подход является последовательным развитием гибкого подхода к разработке. Новое в данном подходе – это акцент на достижении целей заказчика в процессе анализа требований, проектирования и разработки программного обеспечения.

В целеориентированном подходе используется методика «Impact Mapping», или «построение карты воздействий». «Карта воздействий» - это тот артефакт, который позволяет гарантировать софтверной компании то, что разрабатываемый программный продукт будет именно тем, что нужно клиенту. Это позволяет при сдаче работ апеллировать