

Заключительный, наиболее сложный этап, требующий от аудитора значительного опыта и творческого подхода к проблеме, состоит в разработке рекомендаций по энергосбережению и их технико-экономическом обосновании. Существует ряд известных типичных решений повышения энергетической эффективности разных систем. Аудитору нужно сделать технико-экономическую оценку и на основании финансовых критериев отобрать наиболее приемлемые из них. Каждое предприятие уникально, поэтому разработка рекомендаций по экономии энергии на самом деле является серьезным научным исследованием. По степени капитальных вложений предлагаемые мероприятия разбиваются на три группы: организационные и малозатратные, средnezатратные и капиталоемкие. Задачей аудитора в этом плане является выбор между несколькими известными альтернативами.

Не секрет, что большинство отечественных предприятий испытывают сегодня недостаток оборотных средства, а денег на модернизацию производства выделяется меньше, чем это необходимо. В данной ситуации энергоаудитор должен помочь определить приоритеты в запланированных мероприятиях, с тем чтобы они принесли наивысший экономический эффект.

Следующим шагом после энергоаудита является реализация рекомендаций специалистов. Энергетические службы должны научиться самостоятельно распределять ресурсы и контролировать этот процесс. Энергоаудитор составляет систему критериев, характеризующих ситуацию на предприятии. На этой почве должен развиваться современный энергетический менеджмент – деятельность команды специалистов, способных не только решать оперативные задачи, связанные с исправностью отдельных систем, но и рационально руководить энергетическим хозяйством, используя в качестве критерия энергетическую составляющую себестоимости продукции.

УДК 629.433

ПРЕИМУЩЕСТВА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К МОДЕЛИРОВАНИЮ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Н. А. ОЛЕШКЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта

Различные типы моделирования завоёвывают себе всё большую долю научного внимания и исследования. Это обусловлено быстро возросшими мощностями персональных компьютеров, их доступностью для рядового пользователя, а также обширным положительным опытом применения математического и других видов моделирования на практике. Относительно дешёвые современные вычислительные средства позволяют моделировать всё более и более сложные объекты и системы, использовать большее количество более сложных уравнений при прежней скорости вычислений, создавая тем самым целые виртуальные миры.

Использование различных типов моделей неоднократно доказало свою адекватность и надёжность в таких областях, как психология, прогнозирования экосистем и военных конфликтов, обучающих тренажёрах, моделировании разнообразных физических процессов и т. д. В научной ветке тяговых расчётов такое моделирование также получило широкое распространение. По приведённым выше достоинствам такого подхода модель в этой области позволяет существенно экономить время, деньги, ресурсы, технику, а в отдельных случаях – и жизни людей.

Автором предложена имитационная модель работы участка электроснабжения постоянного тока электрического транспорта. Так как основной процент расхода электрической энергии на городском электрическом транспорте (ГЭТ) приходится на тягу, то существует определённая потребность в наличии таких моделей, которые имитировали бы движение подвижного состава (ПС) по перегону. Современные модели не полностью или вообще не могут удовлетворить потребности расчетов для нужд тяги. Поэтому остро стоит задача разработки новых моделей, более точно имитирующих участки электроснабжения ГЭТ.

Здесь следует отметить, что ГЭТ работает в сложных условиях, и имитация движения даже отдельной подвижной единицы (ПЕ) – не простая задача. Это обусловлено тем, что помимо статичных уравнений и законов на ПС действуют различные случайные факторы, такие как:

- 1) случайные помехи со стороны неэлектрического транспорта;
- 2) случайные помехи со стороны пешеходов и других объектов;
- 3) неблагоприятные погодные условия и состояние дорожного покрытия.

Помимо этих случайных факторов ГЭТ должен подчиняться правилам дорожного движения и в частности, – светофорному регулированию. Представленная модель как раз и позволяет производить имитацию движения ПЕ по перегону с учётом неограниченного числа перекрестков с собственным светофорным регулированием.

При первоначальном взгляде на такой элемент, как светофорное регулирование исследователи интуитивно относят его к разряду статичных и детерминированных объектов моделирования. Однако при попытке программно описать данный узел, автор столкнулся с рядом проблем. Оказывается, что светофорное регулирование совместно с графиком движения ПЕ по перегону представляет собой дополнительный случайный фактор, для описания которого требуются совсем другие уравнения и закономерности. Более того, даже в случае успешного математического описания перекрёстного регулирования, есть определённая вероятность появления так называемой светофорной ошибки. Светофорная ошибка – это наличие в результирующей кривой тяги несанкционированного проезда перекрестка на запрещающий сигнал светофора. Другими словами, если подряд, на некотором малом расстоянии, находятся два светофора (регулируемых перекрестка), есть вероятность того, что последний светофор будет пройден ПЕ на запрещающий сигнал светофора. ПЕ просто не успевает затормозить перед последним светофором. Как показало практическое использование данной модели, такие случаи очень редки, однако они принципиально существуют. Моделирование с различными параметрами подвижного состава и профиля показали, что критическим расстоянием для возникновения неисправимых светофорных ошибок является 60 м, т. е. расположение перекрестков со светофорным регулированием менее 60 м при использовании данной программы не рекомендуется.

Возможность имитировать светофорное регулирование на участках ГЭТ поставило перед автором статьи ещё одну проблему – наличие обгонов ПЕ в процессе движения друг за другом. Для разрешения этой задачи в модели предусмотрены алгоритмы предсказания и подавления коллизий транспортных средств. При тестировании кода было выявлено существенное снижение столкновений ПЕ даже при задании аномально плотного графика движения транспортных средств. Однако данный алгоритм несколько снижает быстродействие работы моделирования. В сумме две ветки алгоритма имитации – предотвращение светофорных ошибок и обгонов потребляют повышенное количество ресурсов машины, поэтому автором данной программы целенаправленно производится оптимизация кода модели и даже пересмотр отдельных ее составляющих для повышения производительности рабочего компьютера.

Благодаря обширному статистическому материалу, собранному по движению городского электрического транспорта в период с 1999 г. по 2007 г., на кафедре ЭПС БелГУТа были получены законы распределения для интервалов стоянок ПЕ на остановочных пунктах (ОП), интервалов отправления ПЕ с ОП, интервалов прибытия ПЕ на ОП, а также интервалов выпуска ПЕ на линию. Данный подход позволил отказаться от громоздкого аппарата статистических данных и перейти к простым и коротким уравнениям – законам распределения случайных величин. Стало возможным, в частности, существенно сократить время моделирования и одновременно повысить адекватность модели. Кроме того, сотрудниками кафедры были получены суточные графики нагрузки на питающих фидерах тяговой подстанции № 3, обслуживающей наиболее загруженный участок троллейбусной сети г. Гомеля. При помощи натуральных измерений были получены также графики пассажиропотоков проектируемой новой троллейбусной линии в г. Гомеле.

Модель участка электроснабжения ГЭТ характеризуется некоторыми константами, а также рядом параметров, которые изменяются во времени по случайному закону. К константам, характеризующим основные свойства модели, могут быть отнесены: сведения о параметрах системы внешнего электроснабжения тяговых подстанций (ТП); сведения о параметрах контактной сети (КС); план и продольный профиль участка; характеристики ПС.

Переменными входными величинами являются: число единиц ПС в зоне питания тяговой подстанции; суточный график движения ПС; наполняемость ПС; условия движения ПС.

На выходе модели предполагается получить следующие зависимости: графики токов ТП; уровни напряжения на токоприемниках ЭПС; расход активной и реактивной энергии на движение поездов; статистические характеристики токов и напряжений различных элементов системы электроснабжения.

На изменяющиеся параметры модели могут быть получены из справочных данных и должны включать в себя: сведения об уровне напряжения питающих центров, мощности короткого замыкания на их шинках, типов и длины кабелей питающих фидеров. Кроме того, необходимо иметь значения параметров выпрямительных агрегатов ТП, проводов контактной подвески (их тип и длина) и сведения о параметрах ПС.

Интерфейс программы предлагает пользователю все основные элементы управления моделированием с подробным пояснением к каждому параметру. Представленные элементы управления собраны в логические группы для быстрого доступа к каждому из них. Широкий выбор законов распределения позволяет осуществлять гибкую имитацию ПС ГЭТ при различных условиях. Пользователю предлагается возможность сохранения результатов моделирования, а также многих параметров имитации практически на любой носитель информации для последующего использования и изучения.

Модель, предлагаемая автором статьи, отличается от представленных ранее решений возможностью имитировать светофорное регулирование в условиях городского электрического транспорта с успешным разрешением сопутствующих проблем моделирования. В дальнейшем планируется учесть и другие случайные факторы, непосредственно влияющие на движения электрического подвижного состава городов. Так как перечисленные выше случайные величины оказывают существенное влияние на адекватность моделирования, их правильный учёт является ключевым для верного предсказания и корректной имитации объектов ГЭТ.

УДК 621.8.036

РОЛЬ ТЕПЛОВИЗИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ В ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ

М. А. ПАВЛОВ

Белорусская железная дорога

В. М. ОВЧИННИКОВ, А. М. МЫСЛИК, С. Н. ПИКАС

Белорусский государственный университет транспорта

Вопрос экономии тепла в масштабах страны имеет огромное экономическое значение. Одним из резервов экономии тепловой энергии является снижение теплопотерь ограждающими конструкциями зданий и сооружений, а также теплоэнергетическим оборудованием. Для выявления очагов нерациональных теплопотерь и оценки возможной экономической эффективности широкое применение нашли тепловизионные обследования.

Тепловизионные обследования (путем инфракрасной дефектоскопии) позволяют экономить энергоресурсы и снижать тепловые потери в результате выявления энергонеэффективных участков. Инфракрасная дефектоскопия изоляционных и огнеупорных материалов основана на следующей предпосылке: если обследуемый объект нагрет до однородной температуры, то температура на его поверхности находится в прямой зависимости от теплопроводности изоляции и наружной оболочки. Местные участки изоляции с повышенным содержанием влаги или места неравномерного износа можно идентифицировать и локализовать на термограмме в виде горячих пятен, возникающих вследствие неоднородной теплопередачи изнутри сосуда к поверхности. Методом тепловизионного контроля можно обследовать состояние тепловой изоляции котлов, изолированных трубопроводов, греющиеся контакты, утечки тепла, состояние зданий и коммуникаций, огнеупорной изоляции печей непрерывного и периодического действия; термических, сушильных печей. В настоящее время в Беларуси большинство зданий и сооружений имеют наружные ограждающие конструкции, не соответствующие современным нормативным требованиям по сопротивлению теплопередаче. Поэтому, с точки зрения энергосбережения, очень важным является проведение массового и оперативного обследования фактического теплотехнического состояния зданий или фактического распределения температурных полей на поверхности наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений. Температура поверхностей строительных конструкций зависит от теплофизических свойств их материалов, наличия теплопроводных включений, как конструктивно обусловленных, так и слу-