

в правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. Конкретные сроки испытаний электроустановок определяются лицом, ответственным за электрохозяйство, на основе ПТЭ и ПТБ и ведомственной или местной системы планово-предупредительного ремонта (ППР) в соответствии с типовыми или заводскими инструкциями в зависимости от местных условий и состояния установок. Электрооборудование производства иностранных фирм подлежит испытанию после истечения гарантийного срока эксплуатации. Испытания электрооборудования проводятся по методикам, изложенным в стандартах и технических условиях на испытания, и электрические измерения – с соблюдением правил техники безопасности. Цель – повышение безопасности эксплуатации электрооборудования и аппаратов электроустановок потребителей предприятия.

По результатам проведенных испытаний составляются технический отчет по электротехническим измерениям в форме протоколов измерений и дефектный акт. В дефектном акте отображаются обнаруженные нарушения при эксплуатации электрооборудования.

В результате анализа технических отчетов по электротехническим измерениям за 2004–2005 гг. по Гомельскому отделению Белорусской железной дороги получаются следующие результаты:

а) при реальном измерении тока короткого замыкания встречаются нарушения по проверке срабатывания защиты электрооборудования в основном из-за неправильного подбора плавких предохранителей и автоматических выключателей. Вследствие чего при возникновении аварийной ситуации предохранитель (автоматический выключатель) не срабатывает, и длительное время электроустановка потребляет аварийный ток, что может привести к порче оборудования, возникновению пожара или гибели людей.

Часто применяются предохранители с неоправданно завышенными номиналами плавких вставок. Автоматические выключатели, вышедшие из строя, меняются на новые, имеющие одинаковый номинальный ток, но значительно отличающийся ток отключения по кратности срабатывания I_n : от 1 до 3 (группа А), от 3 до 5 (группа В), от 5 до 10 (группа С), от 10 до 50 (группа D);

б) при проверке наличия цепи между заземляющим (зануляющим) устройством и заземляемыми (зануляемыми) элементами часто обнаруживается неудовлетворительное заземление (зануление) и обрывы заземляющих проводников. Защитное заземление (зануление) должно обеспечить защиту людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции;

в) при проверке сопротивления изоляции силовых и осветительных электропроводок нарушений отмечено немного, что объясняется большим запасом электрической прочности изоляции;

г) при проверке сопротивления заземляющего устройства встречаются обрывы контактных соединений в связи с проведением ремонтно-восстановительных работ в зоне расположения заземляющего устройства.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод: для повышения безопасной эксплуатации электрооборудования и аппаратов электроустановок потребителей предприятия необходимо своевременно проводить планово-предупредительный ремонт и профилактические испытания.

УДК 621.311.4.001.57

ОСОБЕННОСТИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УЧАСТКА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

И. И. ХОМЕНКОВ, Н. А. ОЛЕШКЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта,

Система электроснабжения городского транспорта представляет собой сложную систему, включающую в себя тяговые подстанции (ТП), контактную сеть (КС), питающие фидеры и электрический подвижной состав (ЭПС). Нагрузка ТП характеризуется большой скоростью изменения токов во времени, наличием гармонических составляющих в питающих фидерах и зависит в значительной степени от числа единиц ЭПС в зоне питания ТП, их параметров и наполняемости. С другой стороны, современный городской электрический транспорт (ГЭТ) работает совместно с другими видами подвижного состава (ПС). Также в условиях города нередки случайные помехи на проезжей части в

виде пешеходов, животных, дорожных выбоин. Все вышеперечисленные факторы с точки зрения процесса движения ПС являются случайными. Регулируемые и нерегулируемые перекрестки, несмотря на кажущуюся предсказуемость светофорного регулирования, также являются случайной помехой. Поэтому экспериментальное получение графиков потребления электроэнергии на ТП в течение заданного отрезка времени затруднено из-за наличия большого числа факторов, влияющих на них. Несмотря на сложность поставленной задачи учета всех таких случайностей, имитация непредсказуемых элементов является ключевой в повышении точности и адекватности моделирования движения ГЭТ.

На кафедре «Электрический подвижной состав» Белорусского государственного университета транспорта разработана и представлена к внедрению имитационная модель работы участка электроснабжения ГЭТ. Под имитационным моделированием понимается проведение на ЭВМ численных экспериментов с математической моделью, описывающей поведение сложной системы в течение периода времени заданной продолжительности. Исходными данными для построения имитационной модели являются сведения об интенсивности движения троллейбусов на фидерной зоне. На кафедре ЭПС в течение нескольких лет проводились натурные обследования движения троллейбусов по маршрутам г. Гомеля, но эти обследования велись только в предполагаемые часы «пик». В 2002 году были проделаны суточные наблюдения за графиком движения транспортных средств. Изучив полученные результаты, мы наблюдали два явно выраженных пика с максимумами около 7 часов утра и 17:30 вечера. А это обязательно должно отразиться на графике нагрузки тяговой подстанции (ТП). Для проверки этой гипотезы на троллейбусной ТП г. Гомеля в течение суток статистически снималась нагрузка на фидерах и выпрямительном агрегате по постоянной стороне 0,6 кВ. По переменной стороне 10 кВ эти измерения в течение 7 суток выполнялись прибором EA 0.5RL-C-3. Исходная гипотеза полностью подтвердилась, при этом выяснилось, что графики нагрузки ТП в будние дни практически идентичны. Их можно описать двумя нормальными усеченными законами распределения (характеризующими два пика) и линейным (это связано с прекращением движения троллейбусов в ночное время). Получены суммарные средние графики за будние и выходные дни. У последних пики выражены менее явно, но описываются теми же законами.

Далее, для полученных результатов и проверки адекватности разработанной модели было проведено исследование на имитационной модели. Исходными данными для имитационной модели были профили пути городских улиц, законы распределения интервалов выхода ПЕ на фидерные зоны, параметры ЭПС и тяговой сети. Спрямление полученных экспериментальным путем гистограмм интервалов попутного следования показало, что они подчинены экспоненциальному закону распределения при нескольких маршрутах на участке и гипергеометрическому закону распределения при одном маршруте. Затем моделирование для участка электроснабжения ГЭТ проводилось по детерминированному графику движения (соответствует реальному расписанию маршрутов) и вероятностному (случайному) графику, который может быть задан экспоненциальным распределением или гистограммой, полученной исходя из данных натурных обследований. Имитационная модель также снабжена модулем тяговых расчетов для построения кривых движения ПС ГЭТ.

По результатам тяговых расчетов формируются мгновенные схемы токораспределения участка. По расчетным схемам токораспределения определяются потребляемые мощности, потеря напряжения и энергии на ТП. Результаты этих расчетов представляются в численных значениях, а также в виде графика нагрузки ТП, что позволяет оценить его характер и степень загруженности оборудования подстанции.

Анализ результатов показал, что имитационная модель полностью адекватна при моделировании процессов с помощью детерминированного графика движения. В то же время возникают затруднения при суточном моделировании на базе вероятностного графика, так как приходится отдельно задаваться данными, характеризующими два пика нагрузки.