

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ТЯГОВОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Д. В. ДОРОЩУК, А. В. ВОРОНИН

Белорусский государственный университет транспорта

Системы электроснабжения электрических железных дорог должны обеспечивать высокое качество электроэнергии и заданную степень надежности электроснабжения тяговых и нетяговых потребителей при наиболее экономичных показателях работы. Это требование является основным при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения.

В качестве основных параметров при анализе надежности участка тягового электроснабжения электрифицированной железной дороги принимаются напряжение на токоприемнике, установленная мощность тяговой подстанции, нагрузочная способность по току контактной подвески, напряженность электромагнитного поля в зоне пути и допустимые значения напряжения «рельс – земля». При этом оценивается вероятность того, что исследуемый параметр будет лежать в допустимых границах, т.е. параметрическая надежность.

Определить условия, которые могут складываться на том или ином проектируемом или эксплуатируемом участке, и проанализировать надежность системы электроснабжения участка можно с помощью специальных расчетов, которые обязательно выполняют при разработке первоначального проекта электрификации участка и в период эксплуатации при изменении размеров движения и расчетной массы поезда (поверочные расчеты), а также при разработке проекта усиления системы электроснабжения действующего участка железной дороги.

Устройства электроснабжения электрифицированных железных дорог находятся в сложном взаимодействии друг с другом и с электроподвижным составом. При одних и тех же размерах движения условия работы этих устройств в значительной степени зависят от конкретных реализаций графика движения поездов. Указанные обстоятельства не позволяют разработать достаточно точные аналитические зависимости, связывающие условия работы устройств электроснабжения с размерами движения и диаграммами поездных токов. В связи с этим важное значение приобретает такой метод исследования как компьютерное имитационное моделирование, являющееся наиболее эффективным средством для изучения процесса функционирования таких систем.

Под имитационным моделированием понимается проведение на ЭВМ численных экспериментов с математической моделью, описывающей поведение сложной системы в течение периода времени заданной продолжительности. Математическая модель, преобразованная в моделирующий алгоритм, приближенно воспроизводит на ЭВМ функционирование во времени сложной системы, причем имитируются элементарные явления процесса с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени, непосредственно воспроизводятся все основные связи между отдельными устройствами реальной системы. Поэтому проведение вычислительного эксперимента на такой модели эквивалентно натурному эксперименту на реальном объекте.

Для имитационного моделирования работы участка электроснабжения железных дорог ассистентом кафедры «Электротехника» Ворониным А.В. совместно с кафедрой «Электрический подвижной состав» БелГУТа была разработана «Имитационная модель работы участка электроснабжения электрифицированной железной дороги». Эта имитационная модель позволяет решать при различных графиках движения и параметрах системы электроснабжения следующие задачи:

- определение нагрузки подстанций и других устройств системы тягового электроснабжения;
- определение потерь энергии в контактной сети за определенный период времени;
- расчет качества энергии на токоприемниках электроподвижного состава;
- оптимизация схемы секционирования контактной сети по различным критериям (уровню напряжения в контактной сети, потерям энергии);
- проверка селективности устройств защиты от короткого замыкания.

Исследование на модели реальных участков электроснабжения железных дорог позволяет определять наиболее рациональные параметры системы тягового электроснабжения, оптимизировать графики движения подвижного состава в соответствии с параметрами существующей системы электроснабжения или выбрать при проектировании оптимальные параметры тяговой подстанции и контактной сети при планируемом графике движения, что обеспечит условия для безопасной и надежной работы электрического железнодорожного транспорта.

В настоящее время эта имитационная модель используется при выполнении научно-исследовательских работ по заказам Белорусской железной дороги. С ее помощью была исследована параметрическая надежность ряда участков электроснабжения Белорусской железной дороги при заданных размерах движения подвижного состава, в том числе и при переводе этих участков на повышенные скорости движения. На некоторых участках электроснабжения параметрическая надежность оказалась неудовлетворительной, чаще всего из-за недопустимо большого снижения напряжения на токоприемниках электроподвижного состава, что потребовало изменения параметров системы тягового электроснабжения с целью ее оптимизации. Например, при исследовании системы тягового электроснабжения электрифицированного участка Белорусской железной дороги «Хлусово—Государственная граница» выяснилось, что при существующем графике движения поездов не обеспечивается заданная степень параметрической надежности по уровню напряжения на электроподвижном составе. При этом минимальный уровень напряжения на этом участке составил 18,6 кВ, в то время как минимально допустимое значение составляет 19 кВ. Результатом исследования параметрической надежности данного участка при различных параметрах системы электроснабжения стало предложение по переносу одного из линейных автотрансформаторов к государственной границе и установка там же дополнительного пункта параллельного соединения. Имитационное моделирование модернизированной схемы электроснабжения участка показало, что минимальный уровень напряжения на электроподвижном составе повысился на 2,9 кВ и составил 21,5 кВ, т. е. параметрическая надежность исследуемого участка полностью обеспечена.

УДК 621.3.031:62-192

О ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ НЕТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Д. В. ДОРОЩУК, И. С. ЕВДАСЕВ

Белорусский государственный университет транспорта

Под надежностью любого объекта, в том числе системы электроснабжения, понимают его свойство выполнять заданные функции в заданном объеме при определенных условиях функционирования. Основной функцией системы электроснабжения является бесперебойное снабжение потребителей электроэнергией в заданном объеме и заданного качества. Полным отказом этой системы является нерегламентированный перерыв в подаче электроэнергии, а частичными отказами можно считать следующие ситуации: перерыв в подаче электроэнергии, не превышающий регламентированный интервал времени согласно категории электроснабжения потребителя по ПУЭ; недоотпуск электроэнергии потребителю в договорных объемах; несоответствие качества отпускаемой электроэнергии договорным обязательствам.

Качество электроэнергии характеризуется группой электрических параметров, допустимые значения которых оговариваются в договоре на поставку электроэнергии или, по умолчанию, должны соответствовать показателям качества электроэнергии согласно ГОСТ 13109-97. Несоблюдение этих показателей качества электроэнергии приводит к нарушениям работоспособного состояния электроприемников.

Надежность любого объекта традиционно принято характеризовать вероятностью безотказной работы $P(t)$, т. е. вероятностью того, что в заданном интервале времени $(0, t)$ не произойдет отказ рассматриваемого объекта. Данный показатель для системы электроснабжения вычислить крайне затруднительно. Для этого необходимо одновременно измерить показатели качества электроэнергии во всех точках подключения потребителей рассматриваемой системы, а установка такого большого количества приборов качества — очень дорогостоящее мероприятие. В качестве альтернативного варианта анализа надежности системы электроснабжения авторами предлагается оценка запаса ее параметрической надежности, т. е. проверка соответствия фактической функции распределения определяющего параметра и заданной нормативными документами. Определяющим называется один из основных технических параметров, характеризующий работоспособность рассматриваемого объекта и являющийся мерой качества. Для системы электроснабжения выбор определяющих параметров довольно велик, но наиболее интересным представляется отклонение напряжения от номинального значения.