

Дальнейшее расширение возможностей программного средства до уровня автоматизированной системы по оценке пропускной способности и резерва железнодорожной станции позволит оперативно оценивать технические и технологические возможности направлений для пропуска изменяющегося поездопотока.

УДК 622.23.08

## ПРОГРАММНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

С. И. БАХУР, К. И. СЛЕСАРЕНКО, А. А. БЕЛЯТКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С проблемой надежности в электроэнергетике связаны следующие практические задачи: прогнозирование надежности оборудования и установок; нормирование уровня надежности; испытания на надежность; расчет и анализ надежности; оптимизация технических решений по обеспечению надежности при создании и эксплуатации электротехнического оборудования, установок, систем; экономическая оценка надежности.

Результаты энергоаудитов, проведенных в Барановичском вагонном депо и локомотивном депо г. Жлобина, указывают на большой физический износ электропотребляющего оборудования. Более 25 % электрооборудования эксплуатируется более 20 лет, поэтому актуально повышение надежности и снижение удельных энергозатрат на его эксплуатацию. При этом задачи модернизации и замены устаревшего оборудования, а также расчет оптимальных сроков профилактических работ необходимо рассматривать в комплексе с мероприятиями по совершенствованию технологии и повышению качества услуг по ремонту вагонов и локомотивов.

Формализация математического описания статистической информации с целью оптимизации сроков профилактических работ требует учета экономики и безопасности.

Наработка электрооборудования на отказ зависит от внешних и внутренних возмущающих факторов; природа первых не зависит от свойств электрооборудования, вторых – обусловлена его свойствами. В качестве основных параметров математической модели надежности функционирования оборудования можно использовать наработку на отказ и среднее время восстановления, что позволяет охарактеризовать безотказность и долговечность оборудования. Такой подход к оценке вероятности отказа элементов реализуется учетом статистической информации о различных типах отказов, полученных в результате обследований. Значения результирующей вероятности безотказной работы и интенсивности отказов системы с учетом эксплуатации и без нее разнятся в несколько раз. Это является, как правило, следствием сделанных при ориентировочных расчетах допущений: анализируемая система, как правило, структурно является последовательной; условия эксплуатации не учитываются; отказы элементов независимы; модели отказов любых элементов полагаются экспоненциальными. Многие исследователи указывают на актуальность определения устойчивых уровней наработки на отказ и повышения надежности электрооборудования, применения аналитических методов оценки надежности технических систем.

Библиотека данных по результатам накопленных сведений и проводимых исследований включает результаты исследований применяемого и нового оборудования. Ниже приводятся некоторые положения библиотеки анализа влияющих факторов.

*Влияние отклонений напряжения* в электрической сети приводят к следующим последствиям:

- колебаниям светового потока осветительных приборов (фликер-эффект);
- нарушениям в работе преобразователей, регулирующих устройств и компьютеров;
- колебаниям момента на валу вращающихся электрических машин, вызывающим дополнительные потери электроэнергии и увеличенный износ оборудования, а также нарушения технологических процессов, требующих стабильной скорости вращения.

При снижении напряжения до  $0,9 U_{\text{ном}}$  время сварки увеличивается на 20 %, а при выходе его за пределы  $(0,9-1,1) U_{\text{ном}}$  возникает брак сварных швов. Отклонения напряжения отрицательно влияют на работу электросварочных машин. Например, для машин точечной сварки при изменении напряжения на 15 % получается 100 %-ный брак продукции.

Колебания напряжения с размахом 10–15 % могут привести к выходу из строя конденсаторов, а также вентильных выпрямительных агрегатов.

*Влияние несимметрии напряжений на работу электрооборудования:* при несимметрии напряжений в 2 % сроки службы асинхронных двигателей сокращаются на 10,8 %, синхронных – на 16,2; трансформаторов – на 4; конденсаторов – на 20 %. Срок службы полностью загруженного двигателя, работающего при несимметрии напряжения 4 %, сокращается в 2 раза. При несимметрии напряжения 5 % располагаемая мощность асинхронного двигателя уменьшается на 5–10 % [5]. Скорость вращения асинхронных двигателей несколько снижается, возрастают вибрация вала и шум.

Несимметрия напряжения значительно ухудшает режимы работы многофазных вентильных выпрямителей: значительно увеличивается пульсация выпрямленного напряжения, ухудшаются условия работы системы импульсно-фазового управления тиристорных преобразователей.

*Влияние несинусоидальности напряжения.* Наиболее серьезные нарушения имеют место в работе мощных управляемых вентильных преобразователей. Токи 3-й и 5-й гармоник газоразрядных ламп составляют 10 и 3 % от тока 1-й гармоники.

*Влияние отклонения частоты в энергосистеме на работу электроприемников.* Различают электромагнитное и технологическое влияние отклонения частоты на работу электроприемников. Электромагнитная составляющая обуславливается увеличением потерь активной мощности и ростом потребления активной и реактивной мощностей. Можно считать, что снижение частоты на 1 % увеличивает потери в сетях на 2 %.

Практическое применение программного инструментария заключается в оптимизации (в некотором смысле) технических решений по обеспечению надежности при проектировании и эксплуатации электротехнического оборудования, установок, систем. Результаты исследования позволяют прогнозировать показатели надежности электрооборудования в зависимости от условий эксплуатации; установить “узкие места” в обеспечении надежности; разработать мероприятия по повышению эффективности функционирования электрооборудования.

УДК 656.2.08

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗОК ПРИ ВНЕДРЕНИИ ТЕХНОЛОГИЙ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

*В. Г. БЕКЕШ*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

*А. А. МИХАЛЬЧЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Влияние мирового экономического кризиса на финансовое состояние сопредельных государств привело к существенному падению объемов торговли и, соответственно, к снижению железнодорожных перевозок в регионе. В результате произошло значительное сокращение размеров движения грузовых и пассажирских поездов как на главных железнодорожных линиях, так и на малодеятельных. С учетом высокого уровня затрат на содержание железнодорожной инфраструктуры и низкой финансовой отдачи от её использования возникла необходимость использования технологий бережливого производства на малодеятельных линиях. Протяженность малодеятельных железнодорожных линий в Республике Беларусь сегодня превышает 30 % и затраты на их эксплуатацию 30–40 % ресурсов всех видов приводит к высокому уровню убыточности работы организаций железнодорожного транспорта.

Использование технологий бережливого производства на малодеятельных линиях не должно повлиять на уровень безопасности движения поездов и маневровой работы. При этом технологии бережливого производства в данном случае включают: выполнение производственных процессов в сроки, определяемые технологией перевозочного процесса и графиком движения поездов; упорядочение рабочих мест и функциональной нагрузки на трудовые ресурсы в соответствии с объемами перевозок; сокращение ненужных перемещений вагонных и локомотивных парков на малодеятель-