

## ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО И СТАТИСТИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**В. О. Барзыкин**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научные руководители: Т. В. Алферова, А. А. Алферов

Для обеспечения безопасной и эффективной работы в режимах эксплуатации и ремонта электрооборудования необходимо знать фактический уровень его работоспособности с учетом воздействия реальных эксплуатационных факторов [1].

Целью данной работы является создание и применение аналитического и статистического инструментария для уменьшения последствий колебаний, несимметрии напряжения, отклонения частоты в электрической сети, повышения надежности электрических объектов и систем, развития теории и совершенствования методов расчета показателей эксплуатационной надежности электрооборудования с учетом условий и режимов работы.

Схема этапов математического моделирования представлена на рис. 1.

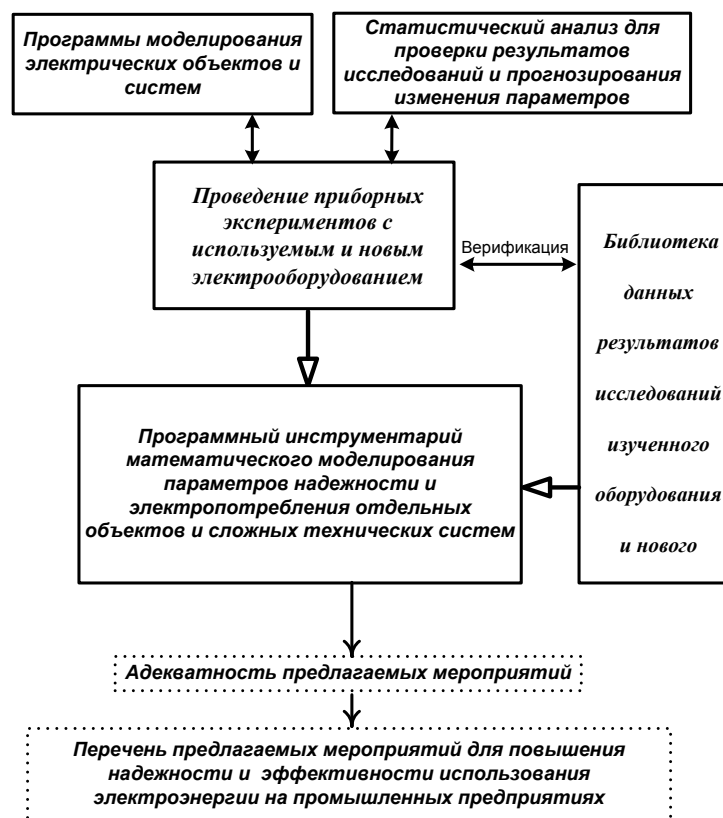


Рис. 1. Схема этапов математического моделирования

Применение программных пакетов электрического моделирования (Multisim, OrCad, Simulink) всех элементов систем электроснабжения по отдельности и в комплексе осуществляется с целью проверки существующих результатов энергопотребления и прогнозирования изменения электропотребления при проведении энергоау-

дита по предложенным мероприятиям. По результатам моделирования электрических систем цехов и целых предприятий создается библиотека шаблонов, с помощью которой исследователю не требуется заново создавать рабочий прототип, а лишь составить свою схему. На данном этапе проводились приборные эксперименты по анализу влияния различных факторов (отклонения напряжения и частоты) на электропотребление (активная и реактивная мощности, гармонический состав тока и т. д.) для используемого и нового оборудования, рекомендованного при проведении энергоаудита на предприятиях машиностроения. Современные программные пакеты электрического моделирования позволяют значительно экономить время на аналитических расчетах, создавать библиотеки баз данных, программировать отказы элементов, подбирать рабочие прототипы схем с рабочими параметрами с помощью встроенного отладчика ошибок моделирования, указывать в модели элементы схем, не подходящие по напряжению и току, использовать реальные и виртуальные элементы с заданными характеристиками, применять большое число виртуальных приборов, часто недоступных на практике (цифровой запоминающий осциллограф, плоттер Боде, частотомер, логический анализатор, измеритель нелинейных искажений, приборы LabVIEW), возможность разработки новых библиотек элементов на языках VHDL и SPICE, возможность объединения в пакет различных анализов или образцов одного и того же анализа для последовательного выполнения и т. д.

Применение моделирования электрических систем позволяет не только установить условия работы электрооборудования, но и выявить причины, вызвавшие их отклонения.

Например, неблагоприятное влияние на питающую сеть оказывают дуговые печи, которые могут иметь мощность десятки МВт и сооружаются как однофазные. Это приводит к нарушению симметрии токов и напряжений. Кроме того, дуговые печи, как и вентильные установки, являются нелинейными ЭП с малой инерционностью. Поэтому они приводят к несинусоидальности токов, а, следовательно, и к напряжениям.

Основная задача статистического анализа – создание эффективного инструментария оценки параметров надежности и электропотребления отдельных объектов и сложных технических систем. За основу приняты такие программы, как MS Excel, Statgraphics, Statistica, SPSS.

Структура программного инструментария включает в себя следующие элементы: шаблон исходных данных элементов исследуемого объекта и библиотека реализованных элементов (bibl. elementov); шаблон данных параметров моделирования в виде номинальных величин и отклонений от них (parametr. modelirov); дерево возможных связей между элементами; шаблон влияния различных факторов в виде процедуры аналитической зависимости для каждого элемента системы между показателями надежности и параметрами моделирования.

Создание библиотеки предполагает изучение имеющихся на данный момент исследований показателей надежности, например, представленных в [2].

Шаблоны влияния различных факторов в виде аналитических зависимостей каждого элемента системы между показателями надежности и параметрами моделирования позволяют учитывать воздействие внешней информационной составляющей. В качестве такой информации может служить напряжение и величина его отклонения от номинального значения, сила тока, частота. Каждый из имеющихся модулей элементов использует только один или несколько существенно влияющих на него параметров, основанных на исследованиях влияния различных факторов на работоспособность электрического оборудования, представленных, например, в [3], [4].

Результаты представляются в графическом или аналитическом виде.

На рис. 2 приведена часть поля предварительного анализа влияющих факторов, которая реализована как Web-приложение с целью пополнения базы данных экспертными мнениями и возможностью пополнения библиотеки нормативных документов.

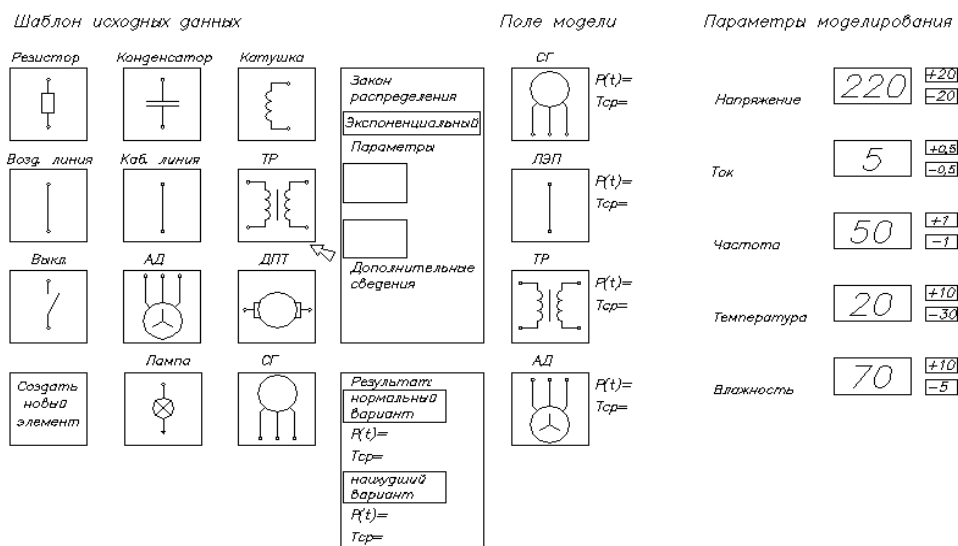


Рис. 2. Часть поля предварительного анализа влияющих факторов

Этап приборных экспериментов включает подбор соответствующего оборудования и методик испытаний. В перечень средств измерений входят: анализаторы качества электроэнергии, люксметры, тепловизоры, измерители плотности тепловых потоков, газоанализаторы и другие приборы.

Библиотека данных по результатам накопленных сведений и проводимых исследований включает результаты исследований применяемого и нового оборудования.

Таким образом, практическое применение аналитического и статистического инструментария заключается в оптимизации технических решений по обеспечению требуемой надежности при проектировании и эксплуатации электротехнического оборудования, установок, электрических систем. Результаты исследования позволяют: анализировать и прогнозировать показатели надежности электрооборудования в зависимости от условий эксплуатации; разработать комплекс мероприятий по повышению надежности и эффективности функционирования электрооборудования.

#### Литература

1. Певзнер, Л. Д. Надежность горного электрооборудования и технических средств шахтной автоматики / Л. Д. Певзнер. – М. : Недра, 1983. – 198 с. : ил.
2. Галушко, В. Н. Определение показателей надежности электрических систем с учетом изменяющихся условий эксплуатации / В. Н. Галушко, Т. В. Алферова, А. А. Алферов // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2012. – № 3. – С. 80–87.
3. Исаев, И. П. Ускоренные испытания и прогнозирование надежности электрооборудования локомотивов / И. П. Исаев, А. П. Матвеевичев, Л. Г. Козлов. – М. : Транспорт, 1984. – 248 с.
4. Анищенко, В. А. Надежность систем электроснабжения / В. А. Анищенко. – Минск : Техно-принт, 2001. – 160 с.