УДК: 621.398

С.П.ПЕТРОВ, *начальник управления энергетики SPetrov@Spb.ltdgazprom.ru*
ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петенрбурге»
А.Н.МАХАЛИН, *студент, sanchez13@yandex.ru*
С.В.БАБУРИН, *канд. техн. наук, ассистент, S_baburin@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

S.P.PETROV, *chief energy department SPetrov@Spb.ltdgazprom.ru*
«*Gazprom transgaz Saint-Petersburg*» Co
A.N.MAKHALIN, *student, sanchez13@yandex.ru*
S.V.BABURIN, *PhD in eng. sc., assistant lecturer, S_baburin@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining University

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНОГО МЕТОДА

В статье рассматривается возможность применения логико-вероятностных методов моделирования для оценки надежности сложных систем электроснабжения. Описан алгоритм реализации логико-вероятностного моделирования. Показан пример расчета надежности сложной системы электроснабжения на примере газокомпрессорной станции «Торжокская» ОАО «Газпром». Произведена оценка влияния надежности отдельных элементов на надежность системы в целом.

Ключевые слова: надежность, система электроснабжения, логико-вероятностный метод, газокомпрессорная станция.

REALIBILITY INCREASE OF GAS-TRANSPORT SYSTEMS OBJECTS WITH HELP OF LOGICAL-AND-PROBABILISTIC METHOD

This paper deals with logical-and-probabilistic method in simulating to estimate the reliability of complicated power-supply systems. It gives us information about procedure of logical-and-probabilistic method in simulating, also one example of calculating the reliability of complicated power-supply system (gas compressor station "Torzhokskaya" OJSC Gazprom). Here you can find how reliability of system itself depends on reliability of its components.

Key words: reliability, power-supply system, logical-and-probabilistic method, gas compressor station.

В современных условиях системы электроснабжения (СЭС) состоят из взаимосвязанных и совместно действующих средств и устройств, работающих в различных режимах и условиях окружающей среды. Оценить надежность таких систем как конгломерата составляющих ее элементов не представляется возможным. В такой системе появляются новые свойства, для оценки которых может применяться логико-вероятностный метод, в котором одновременно используются аппараты теории вероятностей и алгебры логики высказываний.

Логико-вероятностное моделирование предусматривает выполнение пяти этапов*.

Этап I. Выбор подхода к логико-вероятностному моделированию. Для разработки структурной модели, представляющей

* *Черкесов Г.Н.* Логико-вероятностные методы расчета надежности структурно-сложных систем / Г.Н.Черкесов, А.С.Можаев // Качество и надежность изделий. М., 1991. Вып.3.

Cherkesov G.N., Mozhaev A.S. Logical-and-probabilisic methods in calculating reliability of structural and complicated systems. In book «Quality and reliability of production». Moscow, 1991. Is.3.

собой схему функциональной целостности (СФЦ) выбирается прямой, обратный или комбинированный подход.

Этап II. Формализованная постановка задачи (первичное структурно-логическое моделирование). На данном этапе логико-вероятностного моделирования определяются следующие три основные группы данных:

1) в соответствии с выбранным подходом строится формализованная структурная модель исследуемого свойства СФЦ;

2) принимается критерий (или несколько критериев) функционирования системы, который в обобщенном виде определяет логические условия реализации исследуемого свойства (или нескольких свойств) системы;

3) задаются числовые значения вероятностных параметров $p_i = p_i(t)$ и (или) $q_i = q_i(t) = 1 - p_i$ элементов исследуемой системы.

Эти параметры являются результатом статистической обработки информации с использованием пакета прикладных программ Statistica. При этом можно получить достоверные значения основных параметров надежности элементов энергетических объектов:

- функций распределения исследуемых случайных величин (времени безотказной работы, времени восстановления и др.);
- функций гистограмм плотности распределения исследуемых случайных величин;
- функций интенсивностей проявления исследуемых случайных величин (отказов, восстановлений и др.).

В результате обработки статистической информации по отказам элементов системы электроснабжения было установлено, что интенсивность отказов большинства элементов подчиняется распределению Вейбулла.

После формулировки логических критериев функционирования системы можно приступать к реализации остальных трех этапов логико-вероятностных методов: этап III – построение логической функции работоспособности; этап IV – построение вероятностной функции работоспособности; этап V – выполнение расчета системных вероятностных характеристик.

Анализ надежности системы электроснабжения КС «Торжокская». На рис.1 представлена разработанная формализованная структурная модель в виде схемы функциональной целостности.

Основной критерий функционирования системы электроснабжения – бесперебойное обеспечение электроснабжения потребителей КТП ПЭБ (комплектной трансформаторной подстанции производственно-эксплуатационного блока) и КТП АВО (агрегатов воздушного охлаждения) газа, т.е. когда реализуются вместе обе функции y_{35} и y_{37}.

Так как система электроснабжения КС «Торжокская» является восстанавливаемой системой, при оценке надежности в качестве исходных данных вводятся коэффициенты готовностей ее элементов $КГ_i$.

Выполнение последних трех этапов любым из ручных способов весьма сложно, поэтому для автоматизирования процессов их реализации необходимо использование комплексов автоматизированного структурного моделирования (АСМ), например «ПК АСМ 2001»*.

При применении технологии АСМ для обоснования оптимальных структур энергетических объектов следует использовать программный комплекс автоматизированного структурного моделирования (ПК АСМ), в который необходимо ввести разработанную СФЦ энергетического объекта и значения исходных вероятностных характеристик надежности элементов, полученных ранее.

Вид основного окна ПК АСМ после ввода в него СФЦ и параметров надежности элементов исследуемой системы представлен на рис.2.

В подобных системных исследованиях, помимо общей вероятностной характеристики P_C, весьма важны количественная оценка той роли, которую играют элементы в плане способности системы реализовать свое функциональное назначение. Для выработки эффективных и научно обоснованных решений, направленных на повышение

* *Можаев А.С.* Автоматизированное структурно-логическое моделирование систем: Учебник. СПб, 2006.

Mozhaev A.S. Automatic structural and logical simulation of systems: Textbook, Saint Petersburg, 2006.

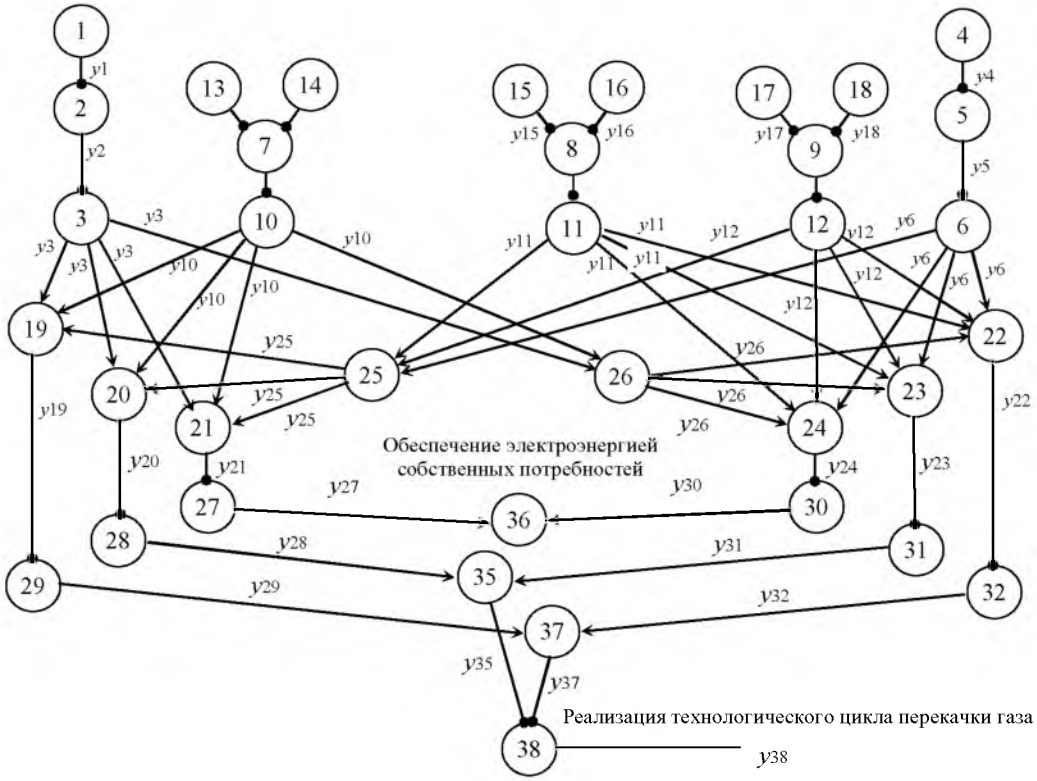


Рис.1. Схема функциональной целостности работоспособности системы электроснабжения КС «Торжокская»

1, 4 – воздушная линия электропередачи 110 кВ; 2, 5 – трансформаторы ТМН-6,3 МВА 110/10 кВ; 3, 6, 10-12, 19, 20, 22-26 – ячейки закрытого распределительного устройства 10 кВ; 7-9 –автоматизированная станция газопоршневая; 13,15,17 – система автоматического управления АСГ; 14, 16, 18 – блок вентиляции АСГ; 27-32 – трансформаторная подстанция 10/+ 0,4 кВ; 35-38 – системные функции; *y* – выходная функция – представляет все логические условия реализации (или нереализации) элементом своего функционального назначения в системе

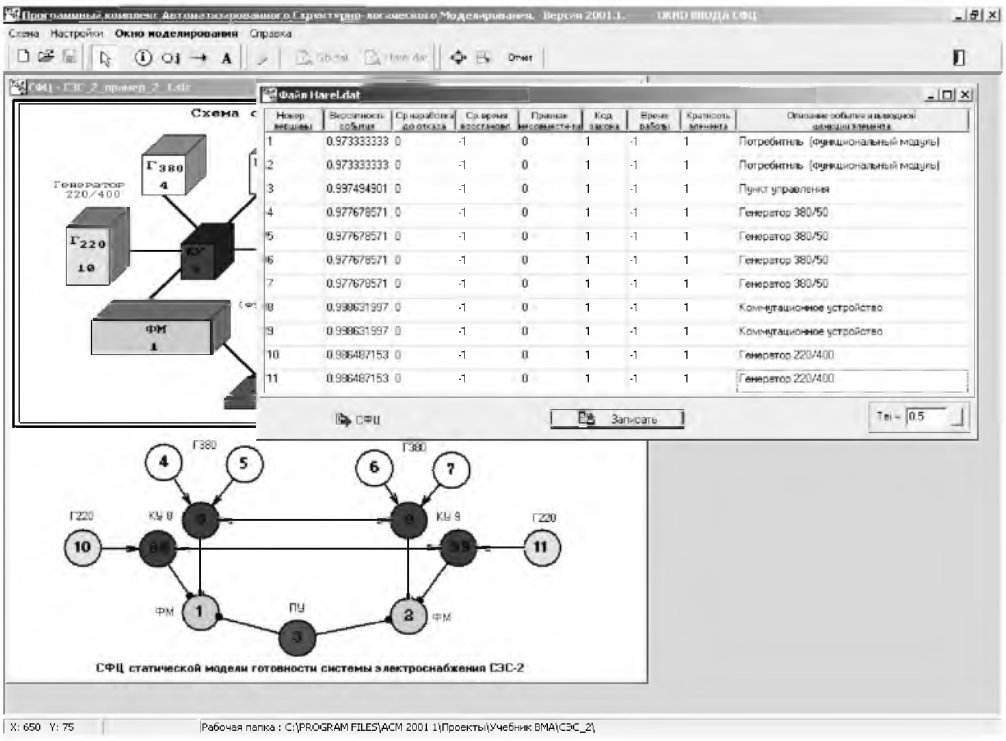


Рис.2. Ввод СФЦ и параметров надежности элементов ПК АСМ

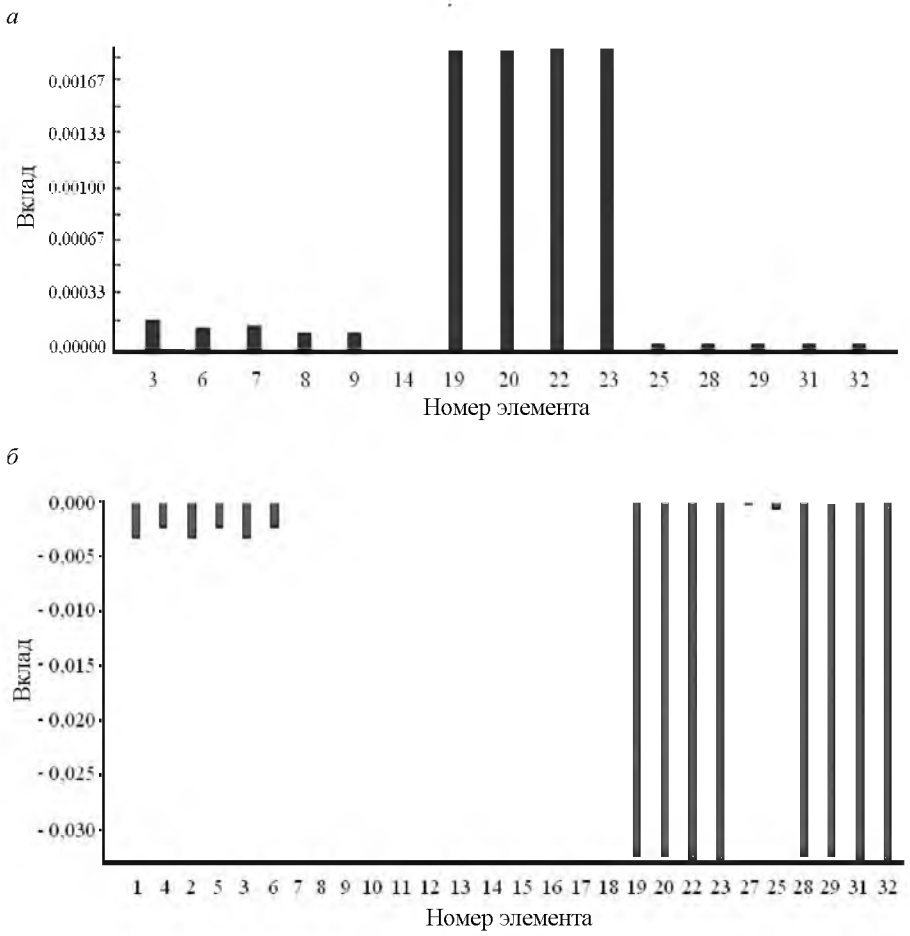


Рис.3. расчетные значения положительных (*а*) и отрицательных (*б*) вкладов по критерию y_{38},

положительных или на уменьшение отрицательных свойств исследуемых объектов используются такие показатели, как значимость, положительный и отрицательный вклады.

В результате расчетов установлено, что вероятность бесперебойного обеспечения электроснабжения потребителей основного технологического цикла КС «Торжокская» $КГ_C = 0{,}998$.

Абсолютные значения значимостей составляют от 0 до 0,035, при этом относительные значения различаются между собой в разы.

Существенная относительная значимость наблюдается у элементов № 19, 20, 22, 23, 28, 29, 31, 32, что соответствует ячейкам ЗРУ (см. рис.1) № 3, 6, 17, 18 и трансформаторам КТП ПЭБ и КТП АВО газа.

Менее существенная значимость проявляется у элементов системы внешнего электроснабжения № 1, 4, 2, 5, 3, 6.

Наименьшая значимость, очень близкая к нулю (но не равная нулю), у всех остальных элементов, даже у АСГ-1360.

Наиболее информативными показателями в плане важности элементов являются положительные вклады, показывающие, на сколько изменится надежность всей системы в целом, если надежность элемента увеличить от текущего значения до абсолютно надежного ($КГ_i = 1$).

Положительные вклады выявляют элементы, надежность которых имеет смысл повышать (элементы с высоким вкладами), хотя возможны определенные материальные издержки. И наоборот, те элементы, надежность которых не имеет смысла увеличивать (элементы с низкими вкладами), – затраты будут неоправданными.

На рис.3, *а* представлена диаграмма расчетных значений положительных вкла-

дов. Анализ представленных данных показывает, что относительно высокие вклады остались у элементов № 19, 20, 22, 23. Элементы с высокой значимостью № 28, 29, 31, 32, наоборот, обладают относительно низкими вкладами.

На рис.3, *б* представлена диаграмма расчетных значений отрицательных вкладов элементов системы электроснабжения. Отрицательные вклады показывают, насколько пострадает надежность системы при достоверном отказе элементов.

Как следует из рисунка, наибольшими относительными значениями отрицательных вкладов обладают те элементы, относительная значимость которых высокая, и они соответственно влияют на снижение надежности системы.

Таким образом, логико-вероятностный метод может быть использован для оценки надежности систем электроснабжения объектов газотранспортных систем. В результате проведенных исследований на примере КС «Торжокская» было установлено, что для повышения надежности системы электроснабжения компрессорной станции необходимо повышать надежность ячеек ЗРУ, обладающих высокой относительной значимостью и относительно высокими положительными вкладами.