

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СЕТЕВЫХ ОБЪЕКТОВ

© 2016 С. А. Сазонова

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»

Рассматривается вопрос об оценке надежности гидравлических систем как сетевых объектов. Определяются показатели надежности, характеризующие степень эффективности использования мощностей гидравлических систем. Показано, что обеспечения надежности функционирования и требуемого уровня безопасности гидравлических систем, необходимо решение ряда дополнительных задач совместно с определением показателей эффективности.

Ключевые слова: резервирование, надежность, безопасность, математическое моделирование, гидравлическая система.

Пусть сетевой объект содержит N элементов, каждый из которых характеризуется состоянием k . Тогда отдельно взятое состояние объекта будет описываться вектором $\bar{k} = (k_1, \dots, k_j)$, где k_j – номер состояния j -го элемента, а процесс его функционирования характеризуется многомерной случайной функцией $\bar{k}(\tau)$. Чтобы избежать влияния начальных условий $\bar{k}(0)$ обычно рассматривается установившейся случайный процесс, то есть поведение системы при больших значениях времени τ . Тогда пропускная способность системы становится функцией случайного вектора \bar{k} : $q = q(\bar{k})$, где q – производственная мощность объекта.

Здесь важно отметить, что выявление закона распределения случайной величины q является одной из основных, а то и единственной целью исследования и более того, иногда достаточно найти числовые характеристики этой величины (математическое ожидание или дисперсию) – Mq , Dq или некоторые ее квантили для того, чтобы сделать определенные технологические выводы относительно надежности [1]. Рассмотрим, как на практике реализуется процедура установления закона распределения.

Например, в работах [1] применительно к магистральным трубопроводам для аппроксимации распределения q предлагается использовать группировку недалеко отстоящих друг от друга значений этой величины. Заменяя несколько таких значений и приписывая этому объединенному значению суммарную вероятность составляющих, получают аппроксимирующую величину q , мо-

менты которой будут близки к моментам исходной (то есть $Mq \approx M\tilde{q}$). В то же время ее ряд распределения будет содержать меньше значений и, следовательно, представляемая им информация оказывается сравнительно легко обозримой. В [1] указывается, что способ аппроксимации, использующий группировку подсказан спецификой величины q , поскольку многочисленные комбинации отказавших элементов приводят примерно к одинаковым потерям производительности вследствие того, что отдельные звенья магистральных трубопроводов сбалансированы и незначительно отличаются по пропускной способности. При использовании метода группировки математическое ожидание пропускной способности может быть получено двумя способами [1]

1) $q = \sum_k q(\bar{k})\pi(\bar{k})$, 2) $q = \sum_{j=0}^m \Pi_j q$, (1)
где $\pi(\bar{k})$ – вероятность состояния \bar{k} , Π_j – вероятность пропускной способности q_j , а m – общее количество различных значений пропускной способности. При определении значений пропускных способностей q_j делается предположение о том, что они определяются «узкими местами» цепочек звеньев, что позволяет значительно сократить объемы вычислений.

В работе [2] предпринимаются попытки определения коэффициента надежности применительно к распределительным системам. Соотношение для его вычисления следует из интегрирования дифференциальных уравнений Колмогорова

$$K_H(\tau) = 1 - \sum_{j=1}^N \frac{\Delta Q_j \omega_j}{Q_0 \sum \omega_j} \left(1 - e^{-\sum_{j=1}^N \omega_j \tau}\right), \quad (2)$$

где j – номер эквивалентированной зоны сети; N – общее число эквивалентированных зон ΔQ_j – недоподача газа j -ой эквивалентной

Сазонова Светлана Анатольевна – Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, доцент кафедры пожарной и промышленной безопасности, к. т. н., доцент, e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

зоне в аварийной ситуации; ω_j – параметр потока отказов j -ой эквивалентной зоны.

Коэффициент надежности (используемая производительность объекта)

$$K_H = Mq/q_0; \quad (3)$$

где M – математическое ожидание соответствующей величины.

Из (2) и (3) видно, что получаемый по этим соотношениям коэффициент надежности практически совпадает, если математическое ожидание недодачи газа для j -ой эквивалентной зоны представить как

$$\Delta Q_j = \sum_{j=1}^N \frac{\Delta Q_j \omega_j}{\sum \omega_j} \left(1 - e^{-\sum_{j=1}^N \omega_j \tau}\right),$$

кроме того в (2) добавлена единица для того чтобы значения коэффициента надежности находились в ее окрестности. Кстати о том, что удобнее пользоваться не самим K_H величиной $\varepsilon = 1 - K_H$ говорить в [1].

В этом случае относительное изменение величины ε будет значительно больше K_H , если учесть, что к $K_H < 1$ и для всех реальных газопроводов практически не бывает меньше 0,8 (чаще всего $K_H > 0,9$).

Как видно, для определения K_H из (2) вводится понятие эквивалентной зоны, под которой подразумевается [2] набор элементов объекта, соединенных «по надежности последовательно». Это значит, что отказ любого элемента из этого набора приводит к необходимости отключения от сети одних и тех же потребителей.

Установив, таким образом, понятие зоны при оценке вероятностной составляющей модели надежности полагается, что $\omega_j = \sum \omega_j$, где ω_j – параметр потока отказов каждого элемента зоны j , а сумма берется для всех элементов. Но более важно то, что появляется возможность оценить отключаемую мощность ΔQ_j как $\Delta Q_j = \sum_{j=1}^N Q_j$, где Q_j – максимальный расход ЦП, потребляемый i -ым абонентом, а n – полное число отключаемых потребителей.

Подход к оценке ΔQ_j предлагаемый в [2] хотя и ориентирован на исследуемый класс объектов, но не может быть безоговорочно признан корректным. Во-первых, сами авторы выделяют случай необходимости его видоизменения при наличии более одной связи потребителя с системой. Во-вторых, его строгость теряется при существовании в системе не только сосредоточенных но и распределенных отборов (присутствие путей составляющих на участках), поскольку узлу с отключаемыми потребителями может быть инцидент такой участок, причем не

входящий в состав эквивалентной зоны. В-третьих, не совсем убедительной представляется оценка недодачи ЦП по номинальному (расчетному) потреблению абонента, то есть, как бы полностью исключается не только взаимовлияние потребителей между собой, но и взаимосвязь потребления с конкретным характером отказа.

Судя по представленным результатам [1], оценка функции распределения пропускной способности методом группировки применительно к магистральным системам вполне правомерна и достаточно эффективна даже при игнорировании условия ординарности отказов. Успешная апробация метода на системах одного класса не является гарантией возможности его применения к объектам другого типа, в частности, к распределительным ГС.

Проблемы здесь уже возникают, начиная с идеи декомпозиции, поскольку не столь очевидным становится понятие звена, в качестве которого для магистральных систем рассматривается линейный участок с последующей (или предшествующей) перекачивающей станцией. Утратой структурного подобия, вероятно обуславливается бесперспективность адаптации метода группировки к распределительным ГС.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что пока отсутствуют надежные средства информационного обеспечения гидравлической составляющей математических моделей надежности для распределительных гидравлических систем, которая является основой определения K_H .

Реализация поставленной задачи требует решения ряда дополнительных задач, обеспечивающих надежность функционирования и безопасность таких сложных систем. Актуален ряд исследований [3 – 8], необходимых для решения комплексных задач.

Математические модели [9 – 14] составляют основу программного обеспечения для автоматизированных систем управления гидравлическими системами, с помощью которых при численной реализации поставленных задач оценивается надежность работы сетевых объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сухарев М. Г. Модели надежности магистральных трубопроводов / М. Г. Сухарев и др. // Надежность систем энергетики и их оборудования: в 4 т. Т. 3. Надежность систем газо- и нефтеснабжения. Кн. 1; под

ред. М. Г. Сухарева. – М.: Недра, 1994. – С. 45-78.

2. Розкин М. Я. Распределительные системы газоснабжения / М. Я. Розкин, В. Ф. Иродов, А. А. Ионин // Надежность систем энергетики и их оборудования: в 4 т. Т. 3. Надежность систем газо- и нефтеснабжения. Кн. 2; под ред. М. Г. Сухарева. – М.: Недра, 1994. – С. 90-150.

3. Николенко С.Д. Разработка конструкций пневматических опалубок / С.Д. Николенко, И.В. Михневич // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2014. – № 2 (15). – С. 18-22.

4. Жидко Е. А. Методология системного математического моделирования информационной безопасности / Е. А. Жидко // Интернет-журнал науковедение. – 2014. – № 3 (22). – С. 101.

5. Жидко Е. А. Совершенствование организации управления экологическими рисками промышленного предприятия / Е. А. Жидко, В. Я. Манохин // Научный вестник воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: высокие технологии. Экология. – 2010. – № 1. – С. 13-17.

6. Жидко Е. А. Разработка математической модели рассеивания в приземном слое атмосферы частиц пыли и технология ее утилизации в строительстве / Е. А. Жидко // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Воронеж, 2002.

7. Жидко Е. А. Концепция системного математического моделирования информационной безопасности / Е. А. Жидко, Л. Г. Попова // Интернет-журнал Науковедение. – 2014. – № 2 (21). – С. 33.

8. Манохин М. В. Геоэкологические факторы и нормы накопления твердых бытовых отходов / М. В. Манохин, В. Я. Мано-

хин, С. А. Сазонова, Е. И. Головина // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 4 (34). – С. 370-376.

9. Квасов И. С. Анализ и параметрический синтез трубопроводных гидравлических систем на основе функционального эквивалентирования: автореф. дис. доктора технических наук: 05.13.16 / И. С. Квасов. – Воронеж, 1998. – 30 с.

10. Сазонова С. А. Решение вспомогательных задач диагностики утечек для обеспечения безопасности функционирующих трубопроводных систем // Моделирование систем и процессов. – 2015. – № 1. – С. 57-59.

11. Сазонова С. А. Математическое моделирование гидравлических систем в области управления функционированием и развитием / С. А. Сазонова, А. Б. Мезенцев // Моделирование систем и процессов. – 2015. – №1. – С. 60-63.

12. Мезенцев А. Б. Результаты расширенного вычислительного эксперимента по оценке надежности и резервированию распределительных гидравлических систем / А. Б. Мезенцев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2015. – № 2. – С. 26-29.

13. Сазонова С. А. Математическое моделирование резервирования систем теплоснабжения в аварийных ситуациях / С. А. Сазонова, В. Я. Манохин, М. В. Манохин, С. Д. Николенко // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 4 (34). – С. 440-448.

14. Николенко С. Д. К оценке надежности пневматической опалубки / С. Д. Николенко, В. Я. Манохин, А. С. Коптелова // Высокие технологии в экологии. Труды 10-ой Международной научно-практической конференции. – 2007. – С. 188-194.

ASSESSING THE RELIABILITY OF THE NETWORK OBJECTS

© 2016 S. A. Sazonova

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

The question of assessing the reliability of hydraulic systems as the network objects. Defined reliability indicators characterizing the degree of efficiency of use of power hydraulic systems. It is shown that the reliability function and the required level of safety of hydraulic systems, you need to address a number of additional tasks in conjunction with the definition of performance indicators.

Keywords: redundancy, reliability, security, mathematical modeling, the hydraulic system.