

УДК (665.6/7:681.5)002.2

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

В.С. Семёнов

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Рассмотрен состав АСУТП, отмечена важность обеспечения высокой надежности систем управления, причем подчеркнуто, что анализ и оценку надежности АСУТП необходимо проводить по каждой функции, выполняемой системой. Предложена классификация методов расчета надежности систем управления. Рассмотрена последовательность выполнения расчета надежности систем управления. Рассмотрена последовательность выполнения расчета надежности АСУТП с учетом режимов работы и условий эксплуатации по каждой функции, выполняемой системой. Если в результате анализа результатов расчета окажется, что надежность системы недостаточна, то должны быть приняты решения по ее повышению. При этом результаты расчетов по приведенным формулам покажут, на что следует обратить внимание.

Ключевые слова: отказ, интенсивность отказов, методы расчета надежности, анализ результатов расчета надежности.

Возрастание требований к контролю и управлению, вызванное необходимостью повышения надежности, безопасности и эффективности эксплуатации современных производств в нефтедобывающей, газовой, нефтеперерабатывающей, химической, атомной и ряде других отраслей, ростом единичной мощности агрегатов и аппаратов, а также интенсификацией технологических процессов, потребовало широкого применения средств информационно-измерительной техники, средств автоматизации, управляющих вычислительных комплексов, вычислительных сетей, средств противоаварийной защиты.

Расширяется применение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), включающих в себя различные подсистемы и объединяющих в единый комплекс централизованные и децентрализованные средства измерения, контроля и управления [1, 2].

Целями создания и применения АСУТП являются:

- стабилизация эксплуатационных показателей технологического процесса;
- увеличение выхода товарной продукции;
- уменьшение материальных и энергетических затрат;
- выбор рациональных технологических режимов;
- улучшение качественных показателей конечной продукции;
- своевременное выявление предаварийных ситуаций и предотвращение аварий;
- обеспечение персонала предприятия информацией о ходе протекания технологического процесса для решения задач контроля, учета, анализа и планирования.

В состав АСУТП входят следующие компоненты:

Владимир Семенович Семёнов (д.т.н., проф.), профессор кафедры «Вычислительная техника».

- аппаратные средства (АС): датчики, исполнительные механизмы, контроллеры, серверы, вычислительные машины с устройствами ввода-вывода информации;
- системы противоаварийной защиты (СПЗ);
- оборудование местного управления (ОМУ);
- математическое обеспечение (МО) системы управления – совокупность математических моделей, численных методов, алгоритмов обработки информации;
- программное обеспечение (ПО) системы – разрабатывается на базе математического обеспечения системы и включает: системное ПО (операционные системы, утилиты диагностики и обслуживания системы и др.); прикладное стандартное ПО (SCADA-системы отображения состояния технологического оборудования и протекания процесса управления); прикладное нестандартное ПО (средства формирования отчетов о работе объектов управления, программы оптимизации параметров технологического процесса и др.);
- информационное обеспечение системы (ИО) – совокупность всей информации, используемой при функционировании системы.

Итак, автоматизированная система управления технологическим процессом представляет собой множество следующих компонентов:

$$\text{АСУТП} = \{\text{АС}, \text{СПЗ}, \text{ОМУ}, \text{МО}, \text{ПО}, \text{ИО}\}. \quad (1)$$

Перечисленные выше цели создания и применения АСУТП будут достигнуты только в том случае, если все компоненты системы будут иметь высокую надежность. В связи с этим вопросам обеспечения надежности системы управления должно быть уделено особое внимание при проектировании системы, при изготовлении всех аппаратных средств, при разработке математического и программного обеспечения, при создании информационного обеспечения, при проведении монтажных и пусконаладочных работ, при эксплуатации системы.

В данной статье мы рассмотрим вопросы оценки надежности при проектировании систем автоматического и автоматизированного управления.

При проектировании систем управления часто рассматривается надежность только центральных устройств системы (основного оборудования АСУТП). При этом упускается из виду надежность датчиков, исполнительных устройств, линий связи. Необходимо рассматривать системы управления комплексно, целиком, оценивая надежность всех компонентов системы.

Проектные решения, принимаемые при создании или модернизации автоматизированной системы управления, должны обеспечивать заданные в техническом задании на проектирование параметры надежности.

В соответствии с действующими стандартами описание, анализ и оценку надежности АСУТП необходимо проводить по каждой функции, выполняемой системой. Кроме того, для изделий, имеющих канальный принцип построения, а именно такой принцип построения имеют АСУТП, требования по надежности должны задаваться на один канал.

Таким образом, под надежностью системы управления необходимо понимать надежность реализации заданных функций в расчете на один канал.

Считаем, что методы расчета надежности можно разбить на четыре группы. Рассмотрим эти группы, и при этом обозначим каждую группу своим индексом.

МРН1. Приближенный расчет надежности с охватом устройства, прибора, аппарата целиком (ориентировочный расчет надежности). Учитывается влияние

на надежность только типов и количества элементов, входящих в данное устройство, прибор, аппарат. Допущения: все однотипные элементы равнонадежны и имеют одинаковую интенсивность отказов λ ; все элементы работают в номинальном (нормальном) режиме. Учитываются только те элементы, выход из строя которых приводит к отказу рассматриваемого устройства, прибора, аппарата.

МРН2. Расчет надежности с учетом режимов работы и условий эксплуатации (полный расчет надежности). Для расчета надежности необходимо располагать зависимостями интенсивностей отказов элементов от режимов работы и условий эксплуатации. Эти зависимости должны предоставляться фирмами – изготовителями элементов.

МРН3. Приближенный расчет надежности по каждой функции, выполняемой системой. В этом случае необходимо определить надежность каждого устройства, а затем оценить надежность реализации каждой функции, выполняемой системой.

МРН4. Метод расчета надежности с учетом режимов работы и условий эксплуатации по каждой функции, выполняемой системой. Данный метод предпочтительнее, поэтому рассмотрим его более подробно.

Основные этапы расчета надежности по методу МРН4:

1. Составление списка функций, реализуемых системой.
2. Разработка структурной модели надежности в виде функциональной схемы (для каждой функции).
3. Выбор критерия, определяющего условия реализации системой ее функций или перехода по данной функции в аварийное состояние (прекращение выполнения рассматриваемой функции).
4. Представление последовательности устройств, приборов, аппаратов, участвующих в выполнении рассматриваемой функции, в виде кортежа

$$a_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{ij}, \dots, a_{nj}), \quad (2)$$

где a_{1j}, a_{2j}, \dots – компоненты кортежа; i – индекс устройства, прибора, аппарата, участвующего в выполнении рассматриваемой функции,

$i = \overline{1, J}; j$ – индекс рассматриваемой функции; $j = \overline{1, J}$.

5. Определение параметров надежности устройств, приборов, аппаратов, участвующих в выполнении рассматриваемой функции. В качестве характеристики надежности можно использовать значение интенсивности (частоты) отказов λ 1/час.

6. Определение значения интенсивности отказов аппаратных средств системы при выполнении j -той функции:

$$\Lambda_{ja} = \lambda_{1ja} + \lambda_{2ja} + \dots + \lambda_{ija} + \dots + \lambda_{nja}, \quad (3)$$

где $\lambda_{1ja}, \lambda_{2ja}, \dots$ – значения интенсивности отказов устройств, приборов, аппаратов, участвующих в выполнении рассматриваемой функции;

i – индекс устройства, прибора, аппарата, участвующего в выполнении рассматриваемой функции;

$i = \overline{1, n}; j$ – индекс рассматриваемой функции, $j = \overline{1, J}$.

7. Вычисление других характеристик надежности аппаратных средств системы. При этом применяются следующие допущения: полагаем, что рассматривается период нормальной эксплуатации системы ($\lambda = \text{const}$) и что отказы следуют экспоненциальному закону:

$$\Lambda_{ja} \rightarrow \bar{T}_{j0a} \rightarrow P_{ja}(t), \quad (4)$$

где \bar{T}_{j0a} – среднее время между двумя соседними отказами при выполнении j -той функции (наработка на отказ);

$P_{ja}(t)$ – вероятность безотказной работы аппаратных средств системы управления в интервале $(0, t)$ при выполнении j -той функции.

Некоторые устройства, приборы, аппараты современных автоматических и автоматизированных систем управления представляют собой аппаратно-программные комплексы (программируемые логические контроллеры, микропроцессоры, микроЭВМ, компьютеры). Поэтому при оценке надежности систем управления необходимо учитывать не только надежность технических средств, но и возможность отказов системы по вине МО, ПО и ИО. Отрицательное влияние на надежность системы управления ее математического обеспечения может быть сведено к минимуму путем четких формулировок и требований как к системе в целом, так и к ее математическому обеспечению, а также обоснованным выбором методов решения задач обработки данных и выработки сигналов управления, проверкой адекватности разработанных математических моделей, обеспечением корректности (недопущением ошибок) математического обеспечения. Кроме того, дополнительной проверкой МО является тестирование, автономная и комплексная отладка системы. Поэтому при оценке надежности автоматической или автоматизированной системы управления будем учитывать безотказность ее программного и информационного обеспечения.

8. Определение значения интенсивности отказов программного обеспечения системы при выполнении j -той функции:

$$\Lambda_{jp} = \lambda_{1jp} + \lambda_{2jp} + \dots + \lambda_{ijp} + \dots + \lambda_{mjp}, \quad (5)$$

где $\lambda_{1jp}, \lambda_{2jp}, \dots$ – значения интенсивностей отказов (ошибок) устройств, приборов, аппаратов, участвующих в выполнении j -той функции, по вине его программного обеспечения;

i – индекс устройства, прибора, аппарата, имеющего в своем составе программное обеспечение и участвующего в выполнении j -той функции, $i = \overline{1, m}, m \leq n$; j – индекс рассматриваемой функции, $j = \overline{1, J}$.

9. Вычисление других характеристик надежности программного обеспечения системы. Так же как и для аппаратных средств, принимаем следующие допущения: полагаем, что рассматривается период нормальной эксплуатации системы ($\lambda = \text{const}$) и что отказы следуют экспоненциальному закону:

$$\Lambda_{jp} \rightarrow \bar{T}_{j0p} \rightarrow P_{jp}(t), \quad (6)$$

где \bar{T}_{j0p} – среднее время между двумя соседними отказами (ошибками) по вине программного обеспечения при выполнении j -той функции (наработка на отказ);

$P_{jp}(t)$ – вероятность безотказной работы программного обеспечения системы управления в интервале $(0, t)$ при выполнении j -той функции.

10. Определение значения интенсивности отказов информационного обеспечения системы при выполнении j -той функции:

$$\Lambda_{jq} = \lambda_{1jq} + \lambda_{2jq} + \dots + \lambda_{ijq} + \dots + \lambda_{mjq}, \quad (7)$$

где $\lambda_{1jq}, \lambda_{2jq}, \dots$ – значения интенсивностей отказов (ошибок) устройств, приборов, аппаратов, участвующих в выполнении j -той функции, по вине его информационного обеспечения;

i – индекс устройства, прибора, аппарата, имеющего в своем составе информационное обеспечение и участвующего в выполнении j -той функции, $i = \overline{1, m}, m \leq n$;

j – индекс рассматриваемой функции.

11. Вычисление других характеристик надежности информационного обеспечения:

$$A_{jq} \rightarrow \bar{T}_{j0q} \rightarrow P_{jq}(t), \quad (8)$$

где \bar{T}_{j0q} – среднее время между двумя соседними отказами (ошибками) по вине информационного обеспечения при выполнении j -той функции (наработка на отказ);

$P_{jq}(t)$ – вероятность безотказной работы информационного обеспечения системы управления в интервале $(0, t)$ при выполнении j -той функции.

12. Вычисление значений интенсивности отказов автоматической или автоматизированной системы управления при выполнении j -той функции:

$$A_{jc} = A_{ja} + A_{jp} + A_{jq}. \quad (9)$$

13. Вычисление других характеристик надежности системы:

$$A_{js} \rightarrow \bar{T}_{j0s} \rightarrow P_{js}(t). \quad (10)$$

14. Анализ результатов расчета надежности системы при выполнении j -той функции. Осуществляется путем сравнения полученного уровня надежности проектируемой системы управления с требованиями, указанными в нормативных документах и технических заданиях. Если окажется, что полученная надежность недостаточна, то должны быть приняты решения по ее повышению [3, 4, 5]. На какие устройства, приборы, аппараты следует обратить внимание, покажут результаты расчетов по формулам (3), (5) и (7).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 928 с.
2. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. В 2-х кн. – М., ДЕАН. 1-я кн. – 2006. – 944 с; 2-я кн. – 2009. – 928 с.
3. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов. – М.: Питер, 2005. – 478 с.
4. Тихомиров А.А., Семенов В.С., Зуб В.А. Пути повышения надежности программного обеспечения автоматизированных систем управления технологическими процессами нефтедобывающего предприятия // Естественные и технические науки. – № 3. – 2013. – С. 253–257.
5. Шишмарев В.Ю. Надежность технических систем. – М.: Академия, 2010. – 304 с.

Статья поступила в редакцию 20 января 2015 г.

ESTIMATION OF RELIABILITY OF AUTOMATIC AND AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

V.S. Semenov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

This paper deals with the structure of automatic and automated control systems (AACS), importance of high reliability of such systems and emphasizes the idea that analysis and estimation of the AACS reliability is to be performed according to each function performed by the system. The paper proposes the classification of methods of estimation of control system reliability. The paper studies the order of estimation of control system reliability with consideration of operation modes and operation conditions according to every function performed by the system. If the analysis of estimation results shows insufficient system reliability, measures are to be taken to improve it. Results of calculations performed according to the given formulas will point out the aspects to pay attention to.

Keywords: *refuse; frequency of refuse; the methods of calculation of reliability; analysis of result of calculation reliability.*