УДК 624.21

Роль теории вероятностей в задачах инженерного профиля

Трайго Ксения Юрьевна, Ковалёнок Константин Леонидович,
студенты 2-го курса кафедры «Робототехнические системы»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Лебедева Г.И. – канд. техн. наук, доцент)

При проектировании систем электроснабжения для выполнения поставленной задачи инженеру необходимо принимать обоснованные решения. Это может быть выбор схемы или какого-то параметра системы электроснабжения. Для выбора возможного параметра или элемента можно воспользоваться знаниями теории вероятностей.

Теория вероятностей – раздел математики, изучающий закономерности случайных явлений. Явления и процессы, которые происходят в электроэнергетических системах, зачастую зависят от различных факторов. Следовательно, эти явления носят случайный характер. Однако при неоднократном повторении одного и того же опыта проявляются устойчивые статистические закономерности, которые используются для анализа этих систем. Вопросами установления закономерностей занимается математическая статистика, где создаются и обрабатываются статистические данные для анализа систем.

В настоящее время методы теории вероятностей и математической статистики находят широкое применения в анализе и функционировании энергетических систем. С их помощью можно оценить вероятность отказов электрооборудования и влияние различных неблагоприятных факторов на работу системы.

Как правило, в электроэнергетике анализируются совокупности случайных событий, которые могут происходить одновременно или независимо друг от друга. Определение вероятности таких событий производится исходя из законов вероятности сложных событий. Например, повреждения электрооборудования в сетях являются случайными событиями. При большом количестве элементов электроэнергетической системы возможны отказы одного оборудования или отказы одновременно двух, трех и более оборудований или элементов сети. Следовательно, расчет вероятности важен для оценки надежности работы системы. Также необходимо определять вероятность отсутствия повреждений элементов сети, так как это характеризует общую надежность оборудования и устойчивость электроэнергетической системы. При этом отдельные повреждения рассматриваются как независимые совместимые случайные события, вероятность которых определяется на основе длительного наблюдения и анализа данного оборудования.

Рассмотрим примеры задач, связанные с расчетом вероятности повреждения и на количество газа.

Задача 1. Необходимо найти вероятность повреждения энергоблока, который представляет из себя последовательное соединение парового котла с паровой турбиной и электрогенератором. В свою очередь турбина получает весь пар от котла, а генератор находится на одном валу с турбиной. Вероятности повреждения элементов: $q_{\text{котла}} = 0{,}04$; $q_{\text{турбины}} = 0{,}02$; $q_{\text{генератора}} = 0{,}001$.

Для выхода из строя всего энергоблока достаточно неисправности хоть одного из элементов. Исправность (неповреждение) есть случайное событие, поэтому находим вероятности исправности элементов энергоблока:

$$p_{\text{котла}} = 1 - 0{,}04 = 0{,}96;\ \ p_{\text{турбины}} = 1 - 0{,}02 = 0{,}98;$$

$$p_{\text{генератора}} = 1 - 0{,}001 = 0{,}999.$$

Вероятность того, что все элементы энергоблока исправны находятся как произведение значений исправности:

$$p_{\text{блока}} = p_{\text{котла}} \cdot p_{\text{турбины}} \cdot p_{\text{генератора}} = 0{,}96 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}999 = 0{,}9399.$$

$q_{\text{блока}} = 1 - 0{,}9399 = 0{,}0601$ – это вероятность того, что энергоблок будет поврежден, соответственно задача решена.

Задача 2. Количество газа, потребляемое некоторым городом в течение суток, можно считать случайной величиной. Событие, состоящее в том, что потребление газа превысит величину Q(м^3/сут.), наступает с вероятностью $p = 0{,}02$. На протяжении двух лет (730 суток) проводились измерения потребления газа. Считая результаты измерений независимыми, найти границы, в которых с вероятностью 0,95 лежит относительная частота наступления заданного события.

Из неравенства Чебышева

$$P\left\{\left|\frac{k}{n} - p\right| < \varepsilon\right\} > 1 - \frac{D\left\{\frac{k}{n}\right\}}{\varepsilon^2} - 0{,}95, \text{ где } D\left[\frac{k}{n}\right] = \frac{npq}{n^2} = \frac{pq}{n},$$

следует, что

$$0{,}05 = \frac{pq}{n \cdot \varepsilon^2} \ \ => \ \ \varepsilon^2 = \frac{0{,}02 \cdot 0{,}98}{730 \cdot 0{,}05} \ \ => \ \ \varepsilon \approx 0{,}023.$$

Тогда для относительной частоты наступления события имеем:

$$0 < \frac{k}{n} < 0{,}043.$$

Можно получить более точную оценку. Так как число опытов достаточно велико, то можно считать, что относительная частота имеет приближенно нормальное распределение, то есть

$$P\left\{\left|\frac{k}{n}-p\right|<\varepsilon\right\}\approx 2\Phi\left(\varepsilon\cdot\sqrt{\frac{n}{pq}}\right)=0{,}95,$$

откуда

$$\Phi\left(\varepsilon\cdot\sqrt{\frac{730}{0{,}02\cdot 0{,}98}}\right)=0{,}475 \quad => \quad \varepsilon\cdot\sqrt{\frac{730}{0{,}02\cdot 0{,}98}}=1{,}96 \quad => \quad \varepsilon\approx 0{,}01.$$

Для относительной частоты наступления заданного события получаем интервал

$$0{,}01<\frac{k}{n}<0{,}03.$$

Как видно, дополнительная информация о законе распределения позволяет сузить интервал для относительной частоты наступления события, то есть дать более точную оценку.

Из этого можно выявить, что понимание теории вероятностей является очень важным аспектом не только в инженерных задачах, но и в различных других ситуациях, где необходимо точно подсчитать вероятность того или иного исхода. Это все значительно поможет облегчить выбор действия, уже зная вероятность различных исходов.