

УДК 519.21:621.31

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Бородин С.В., Каитов М.Р.

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», Ставрополь,
e-mail: inf@stgau.ru

Рассмотрены методы решения задач в электроэнергетике посредством теории вероятности с помощью модели «случайное событие», классификация случайных событий, законы вероятностей случайных событий. Обзорно рассмотрены противоположные события и полная группа событий на примере вероятности отказа роботы электрической цепи и нахождения его безотказной работы через полную группу событий. Приведено определение теории вероятностей как математической науки изучающей закономерности существующей реальности. Так же на примере отсутствия напряжения на шинах низкого напряжения (НН) при наличии его на шинах источника питания и нормальной работы всех элементов схемы рассмотрено событие, которое не может произойти в результате опыта. Определена вероятность перерыва электроснабжения двумя способами: по теореме сложения для совместных событий и через противоположные события.

Ключевые слова: теория вероятности, электроэнергетика, случайное событие.

THE USE OF ELEMENTS OF PROBABILITY THEORY IN POWER SYSTEMS

Borodin S.V., Kaitov R.M.

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, e-mail: inf@stgau.ru

The methods of solution of tasks in the power industry by probability theory using the model of a «random event», the classification of random events, laws of probability random events. The review considered the opposite of the event and complete group of events-for example, the probability of failure robots electrical circuit and finding its trouble-free operation through the full group of events. Given the definition of the theory of probability as a mathematical science studying the patterns of the existing reality. As the example of the lack of voltage on the busbars of low voltage (LV) if it is available at tyre power source and normal operation of all elements of the scheme is considered an event that may not occur as a result of experience. Determined the probability of interruption of electricity supply in two ways: via the addition theorem for joint events and through the opposite event.

Keywords: probability theory, power generation, a random event

Случайность отражает объективно Теория вероятностей – это математическая наука, изучающая закономерности существующей реальности, которая находится под воздействием бесчисленного множества взаимосвязанных факторов, не поддающихся учету [3, 8].

Рассмотрим значение термина «случайный» применительно к явлениям, событиям, величинам и функциям.

Под случайным явлением понимается такое явление, которое при неоднократности воспроизведении одного и того же опыта происходит каждый раз по иному. В системах электроснабжения случайные явления – это, как правило, процессы изменения величин, характеризующих параметры режима: тока $I(t)$, напряжения $U(t)$, активной мощности $P(t)$, реактивной мощности $Q(t)$, происходящие во времени. Всякое осуществление определенных условий и действий, при которых наблюдается изучаемое случайное явление, называется опытом [5].

Например: фиксация по счетчикам активной энергии через равные промежутки времени t дискретных значений мощности P в наиболее загруженную смену или в период зимних (летних) рабочих суток.

Результаты опытов – это фиксированные последовательности дискретных значений мощности (P) группы работающих электроприемников (см. рис. 1). Каждое событие, происходящее в окружающем мире, является результатом воздействия большого числа других событий, влияющих на возможность возникновения данного [1].

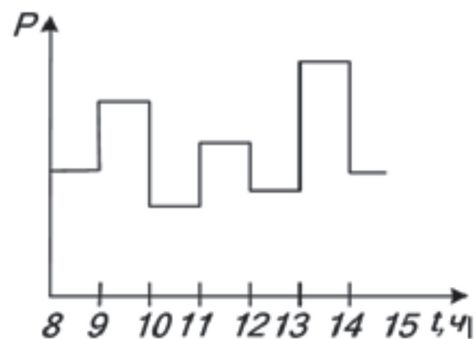


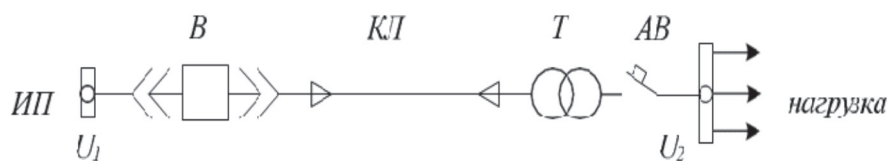
Рис. 1. Последовательность дискретных значений мощности группы ЭП

Случайным называют событие, которое в данных конкретных условиях может произойти или не произойти. Примером таких событий является состояние электроприемника – включенное или отключенное. Достоверное событие – это событие, которое в результате опытов обязательно произойдет [4, 7].

Например: наличие напряжения на шинах силового трансформатора при нормальной работающей системе электроснабжения (см. рис. 2) [9].

Рассмотрим противоположные события. События A и B называются противоположными, если они являются несовместимыми и образуют полную группу событий. Если происходит событие A , то не происходит событие B в полной группе событий, и наоборот [2].

Что же такое полная группа событий? С этим важным понятием теории вероятностей в электроэнергетике встречаются довольно часто.



ИП – источник питания; В – выключатель; КЛ – кабельная линия;
Т – силовой трансформатор; АВ – автоматический выключатель.

Рис. 2. Схема электроснабжения

Вероятность появления такого события, назовем его событием A , равна 1:

$$p(A) = 1.$$

Невозможное событие – это событие, которое не может произойти в результате опыта. Примером является отсутствие напряжения на шинах низкого напряжения (НН), то есть $U_2=0$, при наличии его на шинах источника питания и нормальной работы всех элементов схемы (рис. 1); одновременный отказ и работа электроприемника. Вероятность появления невозможного события равна нулю:

$$p(A) = 0.$$

Только на основании большого числа опытов наблюдающий может установить является событие случайным, достоверным или невозможным.

Случайные события $A_1, A_2, \dots, A_n$ образуют полную группу событий, если в результате опыта обязательно появится хотя бы одно из них. Сумма вероятностей случайных событий, составляющих полную группу событий, равна 1 [6]:

$$p(A) = p(A_1) + p(A_2) + p(A_3) + \dots + p(A_n) = 1. \quad (1)$$

Отсюда, сумма вероятностей противоположных событий A и B равна 1:

$$p(A) + p(B) = 1. \quad (2)$$

Например, зная вероятность отказа элемента электрической цепи $q(t)$, можно найти вероятность его безотказной работы $p(t)$, т. к. отказ и работа – противоположные случайные события:

$$p(t) = 1 - q(t). \quad (3)$$

Задача. Определить вероятность прерыва электроснабжения в схеме, показанной на рис. 3.

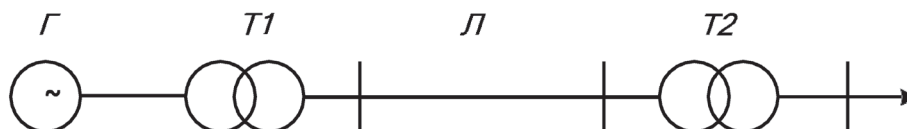


Рис. 3. Схема электропередачи

Известны вероятности отказов элементов схемы:

$$q_{\Gamma} = 2 \cdot 10^{-3}; \quad q_{T1} = 2 \cdot 10^{-5};$$

$$q_{\text{Л}} = 2 \cdot 10^{-3}; \quad q_{T2} = 4 \cdot 10^{-5}$$

Определим вероятности безотказной работы каждого элемента схемы как противоположное событие:

$$p_{\Gamma} = 1 - q_{\Gamma} = 1 - 2 \cdot 10^{-3} = 0,998;$$

$$p_{T1} = 1 - q_{T1} = 1 - 5 \cdot 10^{-5} = 0,99995;$$

$$p_{\text{Л}} = 1 - q_{\text{Л}} = 1 - 2 \cdot 10^{-3} = 0,998;$$

$$p_{T2} = 1 - q_{T2} = 1 - 4 \cdot 10^{-5} = 0,99996.$$

Эту задачу можно решить двумя способами: по теореме сложения для совместных событий (I способ) и через противоположные события (II способ).

I Способ

Одновременно могут отказать и один, и любые два, и любые три, и четыре элемента, поэтому вероятность перерыва в электроснабжении будет:

$$q_{cx} = p(0) = \sum q_i - \sum q_i q_j + \sum q_i q_j q_k - \prod_{i=1}^4 q_i =$$

$$= q_{\Gamma} + q_{T1} + q_{\text{Л}} + q_{T2} - q_{\Gamma} q_{T1} - q_{\Gamma} q_{\text{Л}} - q_{\text{Л}} q_{T2} -$$

$$- q_{T1} q_{\text{Л}} - q_{T1} q_{T2} - q_{\Gamma} q_{T2} + q_{\Gamma} q_{T1} q_{\text{Л}} + q_{\Gamma} q_{\text{Л}} q_{T2} +$$

$$+ q_{T1} q_{\text{Л}} q_{T2} + q_{\Gamma} q_{T1} q_{T2} - q_{\Gamma} q_{T1} q_{\text{Л}} q_{T2}.$$

Подставляем вместо вероятностей отказов их значения, получим:

$$q_{cx} = 0,00408546 = 4,08546 \cdot 10^{-3}.$$

Учитывая, что произведение двух и более вероятностей отказов – величины практически равные нулю, можно записать:

$$q_{cx} = q_{\Gamma} + q_{T1} + q_{\text{Л}} + q_{T2} =$$

$$= 2 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-5} + 2 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 10^{-5} = 4,09 \cdot 10^{-3}$$

Сравнивая два результата, видно, что погрешность второго решения составляет 0,9%. Следовательно, в электроэнергетике при последовательном соединении небольшого количества элементов вероятность отказа схемы (перерыва в электроснабжении)

определяется как сумма вероятностей отказов ее элементов.

II Способ

В предыдущем случае точные расчеты громоздки, а допущения о пренебрежительности произведения вероятностей при увеличении числа элементов схемы будет приводить к увеличению погрешности расчета. Возможен другой путь. Определим вероятность передачи электроэнергии в рассматриваемой схеме. Для того, чтобы потребитель получил электроэнергию все элементы схемы должны работать, тогда по теореме умножения для совместных событий:

$$p_{cx} = p_{\Gamma} p_{T1} p_{\text{Л}} p_{T2};$$

а вероятность отказа схемы определяется как противоположное событие:

$$q_{cx} = 1 - p_{cx} = 1 - p_{\Gamma} p_{T1} p_{\text{Л}} p_{T2} = 4,08546 \cdot 10^{-3}$$

Список литературы

1. Бондаренко В.А., Цыплакова О.Н. Задачи с экономическим содержанием на занятиях по дифференциальному исчислению // Актуальные вопросы теории и практики бухгалтерского учета, анализа и аудита: ежегодная 75-я научно-практическая конференция / Редколлегия: В.З. Мазлюев, А.В. Ткач, И.С. Санду, И.Ю. Скляр, Е.И. Костюкова, ответственный за выпуск А.Н. Бобрышев. – 2011. – С. 124–127.
2. Бондаренко В.А., Цыплакова О.Н. Некоторые аспекты интегрированного подхода изучения математического анализа // Учетно-аналитические и финансово-экономические проблемы развития региона: ежегодная 76-я научно-практическая конференция Ставропольского государственного аграрного университета «Аграрная наука – Северо-Кавказскому региону». – 2012. – С. 280–283.
3. Гулай Т.А., Жукова В.А., Мелешко С.В., Невидомская И.А. Математика (методические указания) // АГРУС.: Ставрополь, 2015. – 130 с.
4. Гулай Т.А., Мелешко С.В., Литвин Д.Б., Долгополова А.Ф., Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие. – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет (АГРУС), 2013. – 257 с.
5. Долгополова А.Ф., Колодяжная Т.А. Руководство к решению задач по математическому анализу // Международный журнал экспериментального образования. – 2011. – №12. – С. 62–63.
6. Долгополова А.Ф., Гулай Т.А., Литвин Д.Б. Руководство к решению задач по математическому анализу. Часть 2 // Международный журнал экспериментального образования. – 2012. – №2. – С. 81–82.
7. Литвин Д.Б., Гулай Т.А., Жукова В.А., Мамаев И.И. Модель экономического роста с распределенным запаздыванием в инвестиционной сфере // Вестник АПК Ставрополья. – 2017. – № 2 (26). – С. 225–228.
8. Невидомская И.А., Мелешко С.В., Гулай Т.А. Элементы теории вероятностей случайных событий (учебное пособие) // Международный журнал экспериментального образования. – 2012. – С. 76.
9. Элементы теории вероятностей случайных событий: Рабочая тетрадь / И.А. Невидомская, С.В. Мелешко, Т.А. Гулай. – Ставрополь: Сервисшкола, – 2015.