

Пенкратик Д. И.

Научный руководитель – Кленовская И. С., ст. преподаватель

Современные технологии потребляют большое количество электроэнергии и требуют мощных систем электроснабжения, за счет этого спрос на электроэнергию растёт с каждым годом. В связи с этим требования к надёжности и эффективности систем снабжения увеличились. Также в результате перебоев электроэнергии страдает экономика. Эти требования поставили конкретные задачи: “Увеличить показатель надёжности и обеспечить регулярное поступление электроэнергии”. Благодаря математическим методам удалось найти коэффициент надёжности, при расчётах которого всё опиралось на теорию вероятности. Теория вероятности – это один из разделов математики, изучающий принципы случайных событий.

Термин надёжность включает в себя набор качественных понятий:

1) Отказ – событие, в результате которого происходит полное или частичное нарушение работоспособности элемента или системы.

2) Долговечность – свойство объекта поддерживать работоспособность до предельного состояния в системе, в которой используется данный объект.

3) Безотказность – свойство объекта непрерывно поддерживать работоспособность на заданном промежутке времени.

4) Среднее время наработки на отказ – период, на протяжении которого объект будет работать без отказа.

И все вышеперечисленные понятия характеризуют надёжность системы электроснабжения.

Расчёт количественных показателей надёжности

1) Интегральная функция распределения вероятностей безотказной работы:

$A(t) = n(t_1 > t^*) / N(t=0) = \{0, t^* = \infty; 1, t^* = 0;$ доля начального количества объектов $N(t=0)$, которые не отказали до произвольного, но фиксированного времени t^* объектов $n(t_1 > t^*)$; t_1 – время отказа.

2) Интегральная функция распределения вероятностей отказа:

$K(t) = n(t_1 \leq t^*) / N(t=0) = \{0, t^* = 0; 1, t^* = \infty;$ начальное количество объектов $N(t=0)$, которые отказали до произвольного, но фиксированного времени t^* объектов $n(t_1 \leq t^*)$.

3) Плотность вероятности отказа:

$Q(t)=n(t^*<t_1\leq t^*+\Delta t)/(N(t=0) * \Delta t)$; усреднённое количество отказов в единицу времени, которые приходятся на один объект из начального количества объектов $N(t=0)$.

Из теории вероятности известно:

$$Q(t)=dK(t)/dt= -dA(t)/dt \text{ и } \int_0^{\infty} Q(t)dt = 1$$

Из формулы представленной выше мы можем сделать вывод, что график $Q(t)$ полностью зависит от графика $K(t)$. После сравнения графиков мы приходим к выводу, что увеличивается вероятность отказа на данном промежутке времени при росте промежутка времени Δt .

4) Интенсивность отказа объектов:

$\partial(t)=n(t^*<t_1\leq t^*+\Delta t)/(n(t_1>t^*) * \Delta t)$; $n(t_1>t^*)$, среднее количество отказов в единицу времени, которые приходятся на один объект из количества объектов $n(t_1>t^*)$, не отказавших до произвольного, но фиксированного времени t^* .

На рис.1, представлен график $\partial(t)$, на котором можно чётко выделить 3 периода.

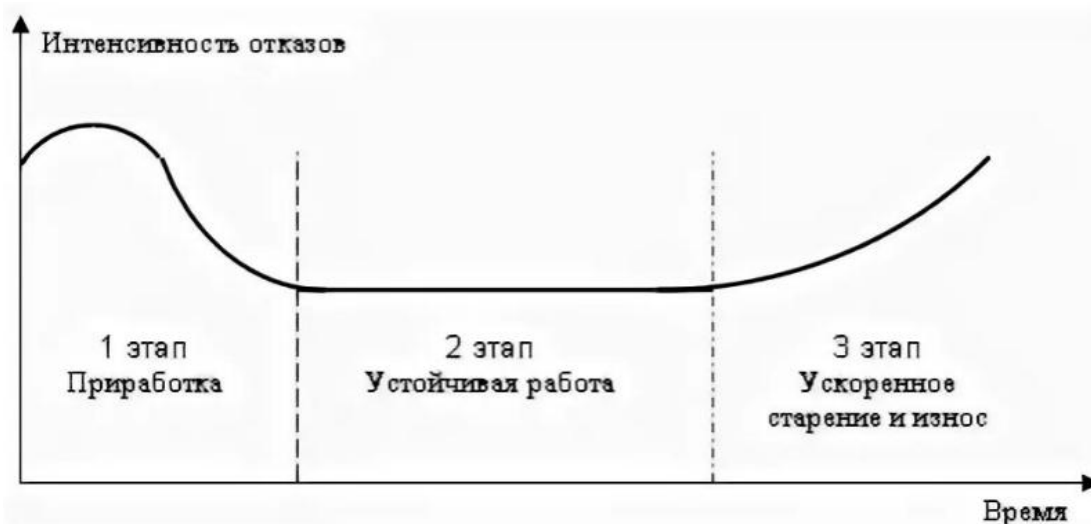


Рис. 1

Период приработки объекты проходят на заводе, который их изготовил, либо после включения в работу на протяжении 72 часов. Объект допускается до работы только при условии, если он прошёл период приработки. Наиболее важным и значимым является период нормальной эксплуатации. Данный период показывает, на протяжении какого времени будет работать определённый объект. Именно ему уделяют наибольшее внимание при использовании расчётных формул, его хотят сделать как можно больше, увеличив при этом работоспособность объекта. И третий период – это период естественного износа. Как только время подходит к

периоду износа объект либо модернизируют, что позволяет продлить срок службы, либо заменяют на новый.

1) Также была введена величина, получившая название среднее время на отказ, которая рассчитывается по формуле $t_c = 1/\delta$ при $\delta = \text{const}$.

Так как $\delta = \text{const}$, отсюда следует и $t_c = \text{const}$. В связи с этим средняя время наработки и интенсивность отказов могут быть табулированы, то есть эти величины вычисляются по формулам и вносятся в таблицы объектов систем электроснабжения.

Расчётные формулы показателей надёжности

С учётом $\delta(t) = \delta = \text{const}$ получим

$$A(t) = e^{-\int_0^t \delta(x) dx} = e^{-\delta t} = e^{-\frac{t}{t_c}}; \quad (1)$$

$$K(t) = 1 - e^{-\int_0^t \delta(x) dx} = 1 - e^{-\delta t} = 1 - e^{-\frac{t}{t_c}}; \quad (2)$$

$$Q(t) = \delta(t) * e^{-\int_0^t \delta(x) dx} = \delta * e^{-\delta t} = t_c^{-1} * e^{-\frac{t}{t_c}}; \quad (3)$$

Надёжности каждого объекта можно рассчитать, используя формулы 1-3. Исходя из целей исследования надёжности, время t задаётся расчётчиком. И на основании полученных результатов также формируются таблицы, в которые вносятся полученные данные, для наиболее распространённых объектов эксплуатации.

Таким образом теория вероятности широко используется в расчётах энергоснабжения. Она позволяет увеличить длительность эксплуатации объектов.

В расчётах систем электроснабжения теория вероятности позволяет учитывать случайные факторы и принимать обдуманные решения при проектировке и эксплуатации оборудования. В основном теория вероятности применяется при расчётах надёжности систем электроснабжения. Все элементы системы электроснабжения (трансформаторы, генераторы, линии электропередач и т. д.) с течением определённого периода времени имеют вероятность отказа. Теория вероятности даёт возможность на основе статистики отказов определить наработки элементов системы.

Литература

1. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. “Теория вероятностей”. -М.: Наука, 1969.
2. Гнеденко Б.В. Математические методы в теории надёжности. -М.: Наука, 1965.-524 с.
3. Эндрени Дж. Моделирование при расчётах надёжности в электроэнергетических системах. -М.: Энергоатомиздат, 1983,-336 с.
4. Фокин Ю.А. Применение методов теории вероятностей в энергетике.