

Н.Г. Топольский, С.Ю. Бутузов, Е.Н. Минеев
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: free-abcent9001@mail.ru)

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАРАБОТКИ НА ОТКАЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ

Разработана методика экспериментального определения показателей надёжности электрических аппаратов защиты.

Ключевые слова: электрические аппараты защиты, экспериментальное исследование, методика.

N.G. Topolsky, S.Yu. Butuzov, E.N. Mineev

TECHNIQUE OF EXPERIMENTAL DEFINITION OF THE TIME BETWEEN FAILURES OF ELECTRIC DEVICES OF PROTECTION

The technique of experimental definition of indicators of reliability of electric devices of protection is developed.

Key words: electric devices of protection, pilot study, technique.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 10 июля 2014 г.

Каждый **электрический аппарат защиты (ЭАЗ)** имеет определенные, гарантируемые заводом изготовителем [1] показатели, при которых он должен выполнять свои функции. Однако надежное выполнение им своих функций возможно лишь при условии поддержания его в надлежащем техническом состоянии [2].

Цель проведенного авторами исследования: определение фактических показателей безотказности, характеризующих эксплуатационную надежность ЭАЗ.

Для определения количественных показателей безотказности ЭАЗ и выявления их наименее надежных элементов необходимы как минимум [3]:

- данные об ЭАЗ (наименование и тип ЭАЗ, системы регулирования или контроля, а также его изготовитель и др.);
- данные о наработке ЭАЗ (моменты включения и отключения ЭАЗ во время подконтрольной эксплуатации);
- сведения о причине возникновения отказа.

Экспериментальные исследования ЭАЗ начинаются с того, что его подключают к источнику электропитания с напряжением, при котором он должен нормально работать, и проверяют его функционирование. Надо учитывать, что в процессе экспериментального исследования возможно возникновение некоторой механической деформации механизмов и соединений и следует проверить их надежность, чтобы не впасть при дальнейших исследованиях в ошибку и не принять за неисправность то, что может получиться в результате дефектов.

Для проведения исследований используется экспериментальная установка (рис. 1), которая позволяет построить принципиальные схемы в зависимости от предназначения ЭАЗ. В качестве испытуемых образцов были выбраны устройства защитного отключения и автоматические выключатели.

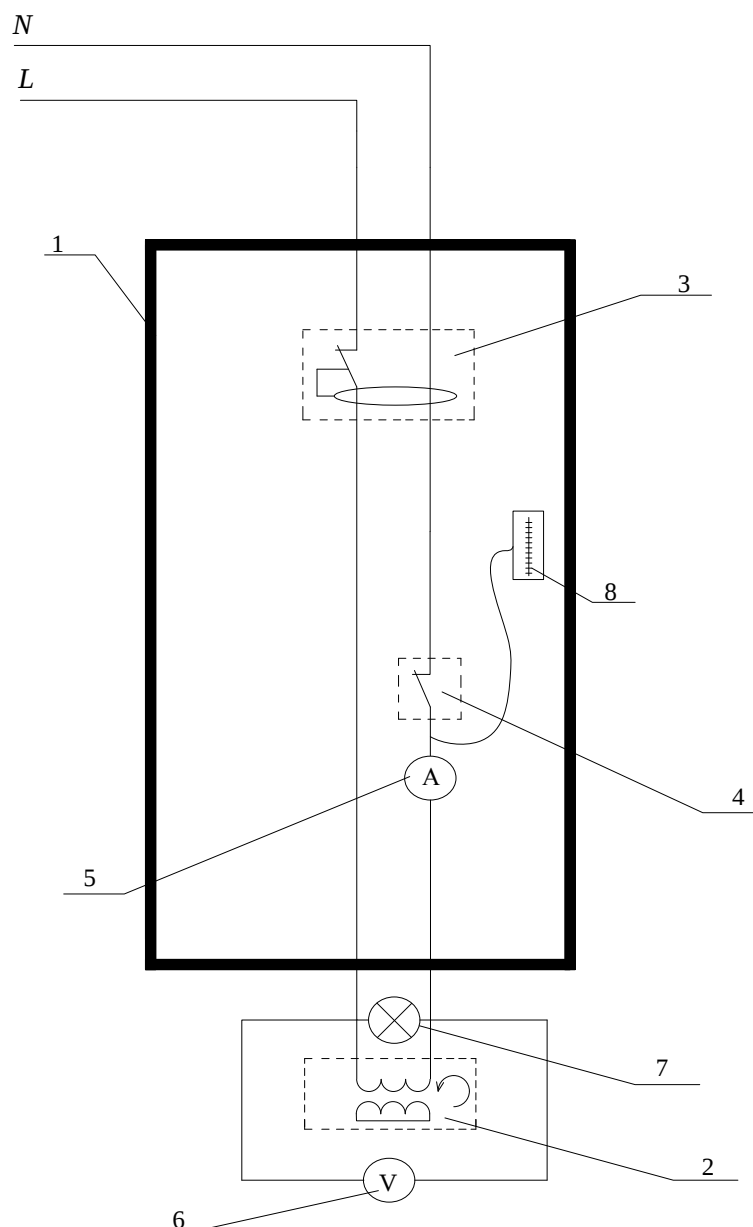


Рис. 1. Принципиальная схема испытательной установки электрических аппаратов защиты:

- 1 – электропит, 2 – реостат, 3 – устройство защитного отключения,
 4 – автоматический выключатель, 5 – амперметр, 6 – вольтметр,
 7 – сопротивление (лампа); 8 – термометр; L – фаза, N – ноль

Как известно устройство защитного отключения предназначено для защиты человека от поражения электрическим током, при контакте с частями электроустановки находящимися под напряжением или при его неисправностях, а также для предупреждения пожаров, связанных с токами утечки и замыканием на землю. Автоматические выключатели предназначены для многократной защиты электрических установок от перегрузок и коротких замыканий.

Исследования устройств защитного отключения и автоматических выключателей на отказы проводятся при создании аварийного режима.

Схема испытательной установка представляет собой конструкцию электрического щита, состоящего из автоматических выключателей и устройств защитного отключения. В состав схемы, для фиксации параметров физических величин были подключены следующие измерительные приборы: амперметр 5, вольтметр 6. Для измерения температуры в процессе экспериментальных исследований в установку был встроен термометр 8. Также необходимым условием проведения экспериментального исследования повышенным сопротивлением, является подключение реостата 2. Наблюдается характер реагирования ЭАЗ в зависимости от сечения проводов, при плавном повышении сопротивления.

На основании изложенного, был разработан алгоритм испытания ЭАЗ на экспериментальной установке (рис. 2).

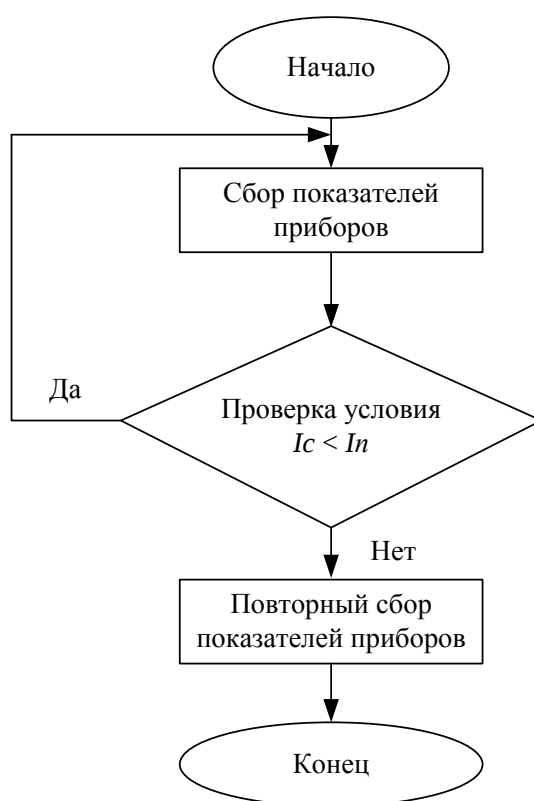


Рис. 2. Блок-схема алгоритма испытания электрического аппарата защиты на экспериментальной установке

Перед исследованием производится сборка экспериментальной установки: подключение соответствующих аппаратов защиты, установление измерительных приборов, проверка надежности соединения всех частей установки, а также подключение установки в электрическую сеть.

Первый этап. Осуществляется сбор и обработка первичной информации показателей приборов, характеризующих надежность электрического аппарата защиты в условиях аварийной работы электрооборудования.

Второй этап. Проведение проверки контролируемого параметра путем сравнения его с соответствующими пороговыми значениями. Идентификация состояния производится путем определения степени превышения контролируемым параметром соответствующего порога. Если контролируемый параметр находится в допустимых пределах $I_c < I_n$ (где I_c – значение силы тока, протекающего в электрической сети; I_n – пороговое значение силы тока, при котором должен сработать ЭАЗ), то такое состояние идентифицируется как исправное и происходит возврат в начало алгоритма для последующей проверки. В случае, если контролируемый параметр находится в пределах $I_c > I_n$, то такое состояние идентифицируется как отказ.

Третий этап. В случае возникновения отказа происходит фиксация показателей приборов и сравнение их с показателями, гарантируемыми заводом изготовителем для соответствующих аппаратов защиты.

Организация сбора показателей приборов заключается в фиксации параметров, выдаваемых приборами. Также обязательной частью сбора показателей приборов являются контрольные записи.

После проведения исследований составляется документация по проведению эксперимента. Также необходимо группировать параметры, полученные экспериментальным путем по одинаковым признакам. Выбор признаков, по которым проводится группировка, диктуется особенностями испытываемой аппаратуры и целями исследования. Проверка возможности объединения результатов различных испытаний требуется в том случае, если имеются различия в условиях эксплуатации либо различия в конструкции изделий.

После группировки необходимо проверить качество информации, а также определить характеристики надежности.

Для решения этой задачи экспериментального исследования проводилось моделирование реализации случайной величины X – времени безотказной работы [4, 5] электрических аппаратов защиты, которое распределено по показательному закону.

Плотность распределения X вычисляется по формуле

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t},$$

где λ – параметр экспоненциального распределения.

По полученным данным параметр λ вычисляется по формуле

$$\lambda = \frac{N(t)}{\sum_{i=1}^{N(t)} t(i) + (n - N(t)) \cdot \tau},$$

где N – количество отказавших деталей;

n – количество подконтрольных ЭАЗ;

τ – назначенный ресурс ЭАЗ;

$\sum_{i=1}^{N(t)} t(i)$ – сумма часов отказов ЭАЗ.

1. Производится группировка данных об отказах и выбирается длина интервала. Определяются середины интервалов и число отказов на каждом интервале α_i . Определяется относительная частота f_i .

$$f_i = \frac{\alpha_i}{n \cdot \Delta t_i}.$$

2. Определяется эмпирическая функция надёжности на интервале:

$$P(t) = \frac{n - N(t)}{n}.$$

3. Определяется эмпирическая функция интенсивности отказов $\lambda(t)_i$:

$$\lambda(t)_i = \frac{f_i}{P(t_{i-1})}.$$

4. Вычисляется средняя наработка на отказ (математическое ожидание):

$$T = \Delta t \sum_{i=1}^n P(t_i).$$

5. Определяется параметр экспоненциального распределения:

$$T = \Delta t \sum_{i=1}^n P(t_i).$$

Для простоты дальнейшего вычисления определяется произведение

$$\lambda \cdot t_1.$$

Определяется значение $e^{-\lambda \cdot t_1}$.

6. Вычисляется значение функции распределения:

$$F(t_i) = 1 - e^{\lambda \cdot t_i}.$$

7. Вычисляется значение плотности распределения:

$$f(t_i) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t_i}.$$

Необходимо определить периодичность **технического обслуживания (ТО)** ЭАЗ при заданном уровне вероятности безотказной работы $P(t) = 0,9$.

$$P(t) = e^{-\lambda \cdot t_i} = 0,9.$$

Применение данной методики позволит определить число отказов на каждом интервале времени, относительную частоту отказов, эмпирическую надёжность, функцию и плотность распределения, математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратичное отклонение и вероятность безотказной работы электрических аппаратов защиты в течение заданного времени. На основе полученных числовых характеристик определяется время, через которое нужно проходить ТО, и необходимое количество запасного оборудования.

Литература

1. **Штерн В.И.** Испытания масляных выключателей 6-35 кВ. М.: Энергия, 1975.
2. **Крикун И.В.** Испытания заземляющих устройств. М.: Энергия, 1967.
3. **Ястребенецкий М.А., Соляник Б.Л.** Определение надежности аппаратуры промышленной автоматики в условиях эксплуатации. М.: Энергия, 1968.
4. **Прус Ю.В., Ле Тхань Бинь, Алехин Е.М., Климовцов В.М.** Методика оценки показателей надёжности автомобильной пожарной техники // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. Вып. № 2 (54). 2014. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
5. **Бутузов С.Ю., Любавский А.Ю.** Оценка времени наработки на отказ накопителей информации автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. Вып. № 6 (40). 2011. <http://ipb.mos.ru/ttb>.