

Буторин Владимир Андреевич,
д-р техн. наук, профессор кафедры «Энергообеспечение
и автоматизация технологических процессов»,
ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ

Часовских Иван Евгеньевич,
аспирант кафедры «Энергообеспечение
и автоматизация технологических процессов»,
ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ

ОЦЕНКА КОММУТАЦИОННОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОНТАКТОВ ПУСКОЗАЩИТНОЙ АППАРАТУРЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Аннотация: В статье рассмотрена методика ранжирования факторов путём проведения экспертного опроса. Отобран для проведения опроса объем факторов, оказывающих влияние на долговечность контактов магнитного пускателя. Произведен расчет и анализ результатов опроса специалистов.

Ключевые слова: электрооборудование, электрический контакт, эрозия контактов, надежность, пускозащитная аппаратура.

Ресурс контактов магнитных пускателей зависит от износостойкости их рабочих поверхностей. С увеличением количества выпускаемого оборудования широкое распространение находят стендовые испытания деталей с физическим моделированием факторов, действующих на их изнашиваемые поверхности. Физическое моделирование требует изучения факторов, влияющих на износ деталей в условиях эксплуатации. Возникает необходимость выявления подобия ускоренных и эксплуатационных испытаний.

В зависимости от нагрузок коэффициент подобия может быть различным. В случае, когда $q_c < 1$, (коэффициент пропорциональности эксплуатационных и ускоренных испытаний) скорость изнашивания на стенде будет меньше, чем в эксплуатации. Если $q_c = 1$, скорость изнашивания на стенде соответствует эксплуатационной, что дает наиболее точные данные о долговечности испытываемых элементов. Наиболее распространенным видом испытаний является такой, при котором скорость изнашивания выше, чем в эксплуатации ($q_c > 1$), за счет увеличения какого-либо фактора. Но как показывает анализ существующих методик ускоренных испытаний форсирование того или иного фактора может значительно исказить характер изнашивания. Следовательно, при проведении ускоренных испытаний необходимо, чтобы факторы, влияющие на износ, были учтены в тех же соотношениях, что и в эксплуатации.

Оценка коммутационной долговечности контактов пускозащитной аппаратуры по результатам ускоренных испытаний основана на применении общих положений теории вероятности и математической статистики, а также методов физического моделирования и математических методов планирования многофакторного эксперимента. Это обеспечивает получение сведений о долговечности отремонтированных пускозащитной аппаратуры с учетом воздействия на их испытываемые контакты основных эксплуатационных факторов во всем практическом диапазоне их изменений.

В условиях эксплуатации контакты пускозащитной аппаратуры подвержены воздействию большого количества изменяющихся во времени факторов, оказывающих значительное влияние на коммутационный ресурс контактов, который определяется



наработкой аппарата до достижения параметров его технического состояния своего предельного значения. Проявление эксплуатационных факторов по величине, длительности и периодичности является случайным процессом [3].

При вполне определенных строго детерминированных значениях факторов изменение параметров технического состояния в зависимости от наработки описываются различными моделями. Наиболее универсальной, применительно к контактам пускозащитной аппаратуры, можно принять степенную функцию изменения параметра технического состояния изделия в зависимости от наработки [2, 3]

$$h=h_0 + Vt^\alpha \quad (1)$$

где h – изменение параметра технического состояния элемента от своей начальной величины до значения, соответствующего концу наработки t ; h_0 –изменение параметра технического состояния элемента за период приработки; V , α – постоянные показатели процесса изменения параметра технического состояния элемента; t – наработка элемента после периода приработки.

Придадим параметрам функции (1) следующий физический смысл. Параметр V характеризует внешние условия изнашивания детали и его величина определяется эксплуатационными факторами, такими как: величина нагрузки, степень агрессивности окружающей среды и т.д. Параметр α определяет характер нарастания износа детали после периода приработки и зависит от конструктивно – технологических факторов. Вид функции (1) представлен на рис 2.1.

Как показано на рис.2. 1. параметр α может принимать некоторые значения, например при $\alpha =1$ скорость изнашивания детали постоянна. Если же $\alpha <1$ и $\alpha > 1$ скорость изнашивания детали соответственно убывающая и возрастающая. После дифференцирования выражения (1) по t получим уравнение скорости изменения параметра технического состояния

$$Y=dh / dt= \alpha Vt^{\alpha-1} \quad (2)$$

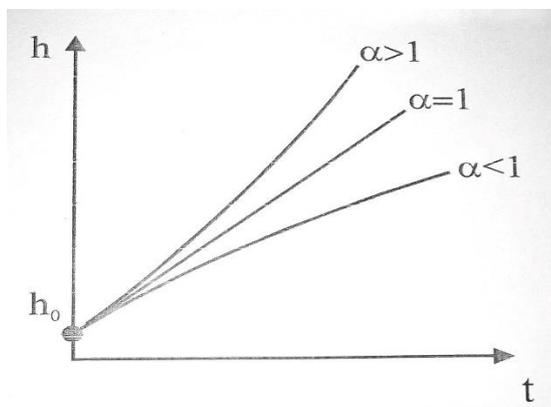


Рис 1. Характер изменения параметра технического состояния детали при постоянном условии изнашивания от наработки

При наработке $t= 1$ зависимость (2) приобретает вид

$$Y_{t=1} = \alpha \tau V \quad (3)$$

или

$$V= Y_{t=1}/ \alpha \tau \quad (4)$$

Введенный в работе [1] коэффициент размерности τ служит для придания выражению (3) логически правильного смысла и приводит к согласованию единиц измерения членов этого выражения. Величина τ количественно равняется единице, а ее размерность – степени, основание которой является единица измерения наработки, показатель степени равен $\alpha -1$.



Из выражения (4) следует, что V численно можно рассматривать как скорость изменения параметра технического состояния при наработке $t=1$, уменьшенную в α раз. Выражение (1) в данном случае примет вид

$$h=h_0+ Y_{t=1} t^\alpha / \alpha \tau \quad (5)$$

На рис.2. представлена схема формирования отказа детали объекта до и после ремонта при строго постоянных условиях изнашивания. Отрезок ОА характеризует время работы объекта до ремонта. Если изменения параметра технического состояния детали не превышает предельно допустимого значения, то при ремонте она заменяться не будет, и впоследствии, после ремонта объекта формирование ее износа будет проходить согласно кривой 1. В случае превышения износа детали предельно допустимого значения ее заменяют на менее изношенную, износ которой не превышает указанного значения. При этом износ детали будет развиваться по кривой 2. Если изношенная деталь заменяется на новую, ее ресурс. Полностью восстанавливается, и износ данной детали будет протекать по кривой 3.

Пунктирная линия, являющаяся продолжением кривой 2, имеет начало в точке, соответствующей износу детали после приработки. Точка О' является условным временем начала эксплуатации рассматриваемого объекта, после периода приработки. Данная точка смещается в точку О, а кривая 2 становится кривой 1 в случае, если при ремонте объекта замена детали не проводилась. Смещение точки О в точку А, а кривой 2 в кривую 3 соответствует замене изношенной детали на новую. При анализе кривой 2, как наиболее общей в данном случае, параметры h_p и t_1 , составляют соответственно износ и наработку до ремонта, h_2 и t_2 – износ и наработку до и после ремонта [1].

Значения t_1 и t_2 согласно формуле (5) имеют вид

$$t_1 = \sqrt[\alpha]{\frac{(h_p - h_0)\alpha \tau}{Y_{t=1}}}, t_2 = \sqrt[\alpha]{\frac{(h_2 - h_0)\alpha \tau}{Y_{t=1}}} \quad (6)$$

Нарботка детали после ремонта t_2-t_1 составляет Δt :

$$\Delta t = \sqrt[\alpha]{\frac{(h_2 - h_0)\alpha \tau}{Y_{t=1}}} - \sqrt[\alpha]{\frac{(h_p - h_0)\alpha \tau}{Y_{t=1}}} \quad (7)$$

При достижении износа предельного значения H послеремонтная наработка соответствует послеремонтному ресурсу T :

$$T = \sqrt[\alpha]{\frac{\alpha \tau}{Y_{t=1}}} \sqrt[\alpha]{(H - h_0)} \sqrt[\alpha]{(h_2 - h_0)} \quad (8)$$

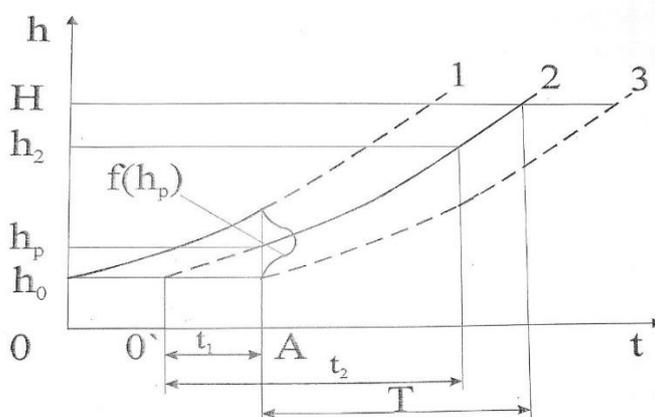


Рис 2. Схема формирования отказа до и после ремонта детали



Ввиду того, что H , h_0 , α , τ каждой детали электропривода имеют вполне определенные значения, распределение ее ресурса зависит от распределений h_p и $Y_{t=1}$ [20].

Если изношенная деталь заменяется на новую, то $h_p=h_0$ и ее коммутационный ресурс определяется выражением:

$$T = \alpha \sqrt{\frac{(H - h_0)\alpha \tau}{Y_{t=1}}} \quad (9)$$

Таким образом, коммутационный ресурс контактов пускозащитной аппаратуры можно определить, имея информацию о величине предельного изменения параметра их технического состояния H , показателе α , коэффициенте размерностей τ , величине изменения параметра технического состояния за период приработки h_0 , и скорости изменения параметра технического состояния при наработке, равной единице, $Y_{t=1}$.

Список литературы:

1. Оценка послеремонтной долговечности деталей электрооборудования / В.А. Буторин [и др.] // Вестник ЧГАУ, Челябинск, том 28 – 1999, С. 164-168.
2. Котелнец Н.Ф., Кузнецов Н.Л. Испытание и надежность электрических машин. – М.:В. школа, 1988, 231с.
3. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техникой. – М.:Колос,1986, 335с.
4. Швецов М.С. Оценка послеремонтной надёжности магнитных пускателей в животноводстве методом ускоренного определения коммутационного ресурса их контактов: дис.... на соискание ученой степени канд. тех. наук: 05.20.02 / Швецов Максим Сергеевич. – Челябинск, 2001. – 168 с.
5. Реут Е.К., Саксонов И.Н. Электрические контакты. – М.: Воениздат, 1971. – 160 с.
6. Надёжность технических систем и техногенный риск [Электронный ресурс]. URL: <http://www.obzh.ru/nad> (дата обращения 03.12.2024). 415
7. Конвенский И.М., Кулемина А.А., Поветкин В.В. Влияние условий электроосаждения и отжига на структуру и свойства металлических покрытий // Вестник Курганской ГСХА. – 2015. – № 4. – С. 48-51.

