

Секция «КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ»

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОНТАКТОРОВ

М. А. Артюхова, К. А. Богачев, В. В. Жаднов (научные руководители)

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
101000, Москва, ул. Мясницкая, 20
E-mail: maya.artukhova@gmail.com*

Рассматриваются методы прогнозирования надёжности электромагнитных контакторов.

Данное научное исследование (№ 14-05-0038) выполнено при поддержке Программы «Научный фонд НИУ ВШЭ» в 2014 г. В различных отраслях человеческой жизни довольно широкое применение получили электромеханические управляющие элементы. Рассмотрим, что влияет на надёжность подобного элемента. В общем виде модель интенсивности отказов подобного элемента можно представить как [1]

$$\lambda = \lambda_C + \lambda_K,$$

где λ_C – интенсивность отказов соленоида; λ_K – интенсивность отказов контактора.

Соленоид позволяет переводить электрическую энергию в механическую. Из определения соленоида следует, что это разновидность электромагнита. Соленоид – это одно-слойная катушка цилиндрической формы, витки которой намотаны вплотную, а длина значительно больше диаметра. Характеризуется значительным соотношением длины намотки к диаметру оправки, что позволяет создать внутри катушки относительно равномерное магнитное поле. Соленоиды могут использоваться для контроля движения различных компонентов, таких как клапан или контактор.

Надёжность типичного соленоида зависит от конструкции катушки, длины шага и окружающей среды, в которой он эксплуатируется [2]. Первичные модели отказа соленоида включают в себя одно или более замыкание витка или открытость катушки (размыкание обмотки), обычно вызываемую перегревом.

Базовая интенсивность отказа, основанная на данных производственного опыта, может быть использована как оценка интенсивности отказа соленоида λ_C в его рабочей среде [3]:

$$\lambda_C = \lambda_0 \cdot C_T \cdot C_{II} \cdot C_{\Phi},$$

где λ_0 – базовая интенсивность отказов соленоида; C_T – температурный коэффициент; C_{II} – коэффициент применения; C_{Φ} – используемая частота операций/час.

Оценка температурного коэффициента C_T проводится по следующей формуле [3]:

$$C_T = \left(\frac{1}{1.5^{\Phi}} \right),$$

где

$$\Phi = \frac{(T_D - T_P) - 20}{10},$$

где T_D – допустимая температура работы соленоида; °С; T_P – температура работы соленоида, °С.

Часто соленоиды применяют в электромагнитных контакторах как управляющий элемент. Контактторы предназначены для включений и отключений силовых электрических

цепей при нормальных режимах работы. Частота операций может достигать до нескольких тысяч в час. Применяются, в основном, в промышленности для коммутации постоянного или переменного тока, при управлении мощными электродвигателями.

Срок службы контактора обычно ограничивается контактами, зависящими от физических, химических и электрических явлений. Отказ электрического контакта обычно определяется путем повышения контактного сопротивления на величину, превосходящую начальное значение примерно в два раза. Интенсивность отказов контактора записывается как [3]

$$\lambda_K = \lambda_{K.б} \cdot V^m \cdot I^n, \quad (1)$$

где λ_K – интенсивность отказов контактора, отказов/ 10^6 операций; $\lambda_{K.б}$ – базовая интенсивность отказов, отказов/ 10^6 часов; V – напряжение, проходящее через контактор, В; I – ток через контактор, А; m – константа напряжения; n – константа тока.

Формулу (1) можно переписать в более общем виде для резистивной нагрузки по переменному току [3]:

$$\lambda_K = \lambda_{K.б} \cdot C_V \cdot C_I,$$

где λ_K – интенсивность отказов контактора, отказов/ 10^6 операций; $\lambda_{K.б}$ – базовая интенсивность отказов контактора с резистивной нагрузкой, 1,1·отказов/ 10^6 операций; C_V – коэффициент зависящий от напряжения контактора, C_I – коэффициент, зависящий от тока контактора.

Коэффициент C_V для контакторов переменного тока (рис. 1) определяется из следующего уравнения [3]:

$$C_V = \left(\frac{V}{V_0} \right)^{0,75},$$

где V – рабочее напряжение, В; V_0 – номинальное напряжение, В.

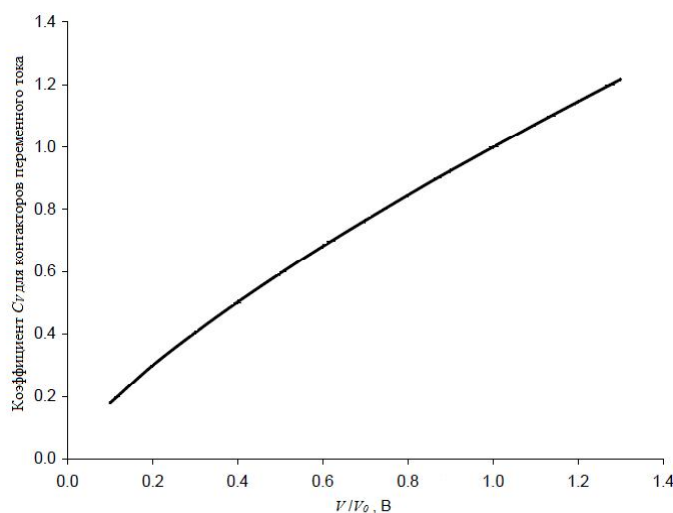


Рис. 1. Зависимость коэффициента C_V от соотношения рабочего и номинального напряжений

Коэффициент C_I для контакторов переменного тока (рис. 2) определяется из следующего уравнения [3]:

$$C_I = 3,50 \left(\frac{I}{I_0} \right)^{1,14},$$

где I – рабочий ток, А; I_0 – номинальный ток, А.

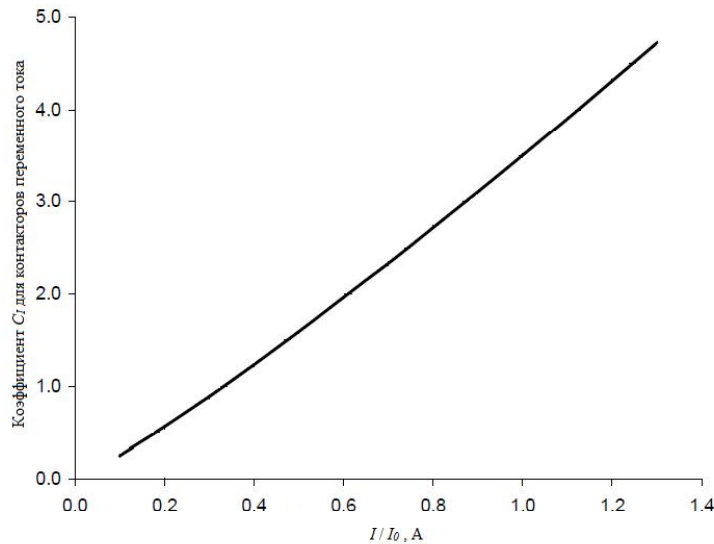


Рис. 2. Зависимость коэффициента C_I от соотношения рабочего и номинального токов

Для индуктивной нагрузки по переменному току добавляется коэффициент мощности и формулу (1) принимает следующий вид [3]:

$$\lambda_K = \lambda_{K.б} \cdot C_V \cdot C_I \cdot C_M,$$

где λ_K – интенсивность отказов контактора, отказов/ 10^6 операций; $\lambda_{K.б}$ – базовая интенсивность отказов контактора с индуктивной нагрузкой, 3,6·отказов/ 10^6 операций; C_V – коэффициент зависящий от напряжения контактора; C_I – коэффициент, зависящий от тока контактора; C_M – коэффициент, учитывающий мощность.

Нагрузки по постоянному току образуют большой дуговой разряд, чем нагрузки по переменному току. Уравнение интенсивности отказов контактора с нагрузками постоянного тока записывается следующим образом [3]:

$$\lambda_K = \lambda_{K.б} \cdot C_V \cdot C_I,$$

где λ_K – интенсивность отказов контактора, отказов/ 10^6 операций; $\lambda_{K.б}$ – базовая интенсивность отказов контактора с постоянной нагрузкой, 2,5·отказов/ 10^6 операций; C_V – коэффициент зависящий от напряжения контактора, C_I – коэффициент, зависящий от тока контактора.

Коэффициент C_V для контакторов постоянного тока равен [3]:

$$C_V = \left(\frac{V}{V_0} \right)^{1,33}.$$

Коэффициент C_I для контакторов постоянного тока равен [3]:

$$C_I = 4,20 \left(\frac{I}{I_0} \right)^{1,30}.$$

Применение контакторов в ответственных узлах различных электронных систем делает важной задачу оценки их надежности [4]. При этом стоит отметить, что к контакторам относятся не только громоздкие промышленные электромагнитные устройства, которые применяются для замыкания цепей с большими токами, но и различные пускатели и реле, применяемые повсеместно.

Создание программного модуля на основе приведенной модели позволит разработчикам с повышенной точностью прогнозировать надежность на ранних этапах проектирования электронных средств [5, 6].

Список литературы

1. MIL-HDBK-217. Reliability Prediction of Electronic Equipment.
2. Артюхова, М.А. Оценка безотказности соленоидов / М.А. Артюхова // Науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых специалистов НИУ ВШЭ: материалы конф. – М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2014. – С. 192.
3. NSWC-11. Handbook of Reliability Prediction Procedures for Mechanical Equipment.
4. Маркин, А.В. Методы оценки надежности элементов механики и электромеханики электронных средств на ранних этапах проектирования / А.В. Маркин, С.Н. Полесский, В.В. Жаднов // Надежность. – 2010. – № 2. – С. 63–70.
5. Zhadnov, V. Methods and means of the estimation of indicators of reliability of mechanical and electromechanical elements of devices and systems / V. Zhadnov // Reliability: Theory & Applications. – 2011. – Vol. 2, No 4. – P. 94–102.
6. Жаднов, В.В. Методы и средства оценки показателей надежности механических и электромеханических приборов и систем / В.В. Жаднов // Датчики и системы. – 2013. – № 4. – С. 15–20.

ПРОЕКТНАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ С УЧЁТОМ УСЛОВИЙ ГЕРМЕТИЗАЦИИ

Д. О. Карчевский, С. Н. Полесский (научный руководитель)

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
101000, Москва, ул. Мясницкая, 20
E-mail: dokarchevskiy_1@edu.hse.ru*

Для наиболее эффективной работы бортовой радиоэлектронной аппаратуры, необходима герметизация. Интенсивность отказов прокладки напрямую влияет на вероятность успешной работы устройства в герметичных условиях. Интенсивность отказов прокладки в свою очередь зависит от многих факторов.

Данное научное исследование (№ проекта 14-05-0038) выполнено при поддержке Программы «Научный фонд НИУ ВШЭ» в 2014/2015 гг. В нашей области надёжностью является свойство радиоэлектронной аппаратуры сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. В бортовой радиоэлектронной аппаратуре согласно ГОСТ РВ 20.39.304.98 [1] пятый класс аппаратуры подразделяется на четыре группы:

- 5.1 – условия, пригодные для человека, например, это относится к оборудованию, расположенному на МКС, коэффициент надёжности аппаратуры в этих условиях равен 1.
- 5.2 – условия, при которых аппаратура находится в герметичной полости, заполненной газом, коэффициент надёжности аналогичен предыдущему – 1.
- 5.3 – условия, в которых отсутствует полная герметизация, что может привести к некорректной работе оборудования. Коэффициент надёжности увеличивается в четыре раза по сравнению с вышеприведёнными.
- 5.4 – условия отсутствия защиты от попадания космического мусора на оборудование.

Коэффициент может колебаться от восьми до тридцати двух(!).

От этого коэффициента зависит надёжность каждой детали, а значит и надёжность всего аппарата в целом. Причём, так как аппарат зачастую состоит из множества деталей, коэффициент надёжности каждой из которых зависит от её герметичности, то можно представить, насколько сильно изменится надёжность и вероятность безотказной работы всего