

УДК 620.004.5

НАДЕЖНОСТЬ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Бакун Т.А.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Анищенко В.А.

Одной из важных характеристик, учитываемых при проектировании, разработке и эксплуатации систем, является надежность. Надёжность — свойство объекта 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. Стоимость отказов, потери продукции, несчастные случаи, снижение производительности обходятся значительно дороже, чем стоимость ремонта. Поэтому во избежание миллионных потерь производится систематический подход к моделированию надежности проектируемых систем.

Очевидна необходимость фактического обеспечения высокой надежности самолета, космического корабля, подвесной канатной дороги или парашюта. Интенсивное развитие данных сфер деятельности человека привело к необходимости количественной оценки надежности. Такие показатели можно задавать, анализировать, измерять как конструктивный параметр. Особенно количественная характеристика стала необходима в настоящее время в связи с возрастанием сложности систем и их масштабов.

Работоспособность устройств, системы определяется совокупностью заданных параметров, характеристик и допустимыми пределами их изменений – допусками. Если изменяемый во времени параметр будет выходить за допустимые границы изменений, а его допуски будут превосходить установленные значения, наступает повреждение или отказ.

Отказы, возникающие в условиях эксплуатации, можно разделить на:

–полные и частичные (при частичных отказах электротехническое устройство теряет частично свою работоспособность);

–внезапные и постепенные (постепенные отказы характеризуются постепенным изменением и выходом за заданную границу одного или нескольких параметров; при внезапных отказах изменение параметра протекает с большой скоростью);

–независимые и зависимые (зависимые отказы зависят от отказов других устройств);

–устойчивые и неустойчивые (сбои – самоустраняющиеся отказы, приводящие к кратковременному нарушению работоспособности).

В электрооборудовании, функционирующем не постоянно во времени, отказы могут быть следующих видов:

–отказ срабатывания;

–ложное срабатывание.

Ложные срабатывания – это отказ объекта, работающего в сложном режиме, приводящий к включению его в работу при отсутствии требования на включение. Ложные срабатывания характерны как для быстродействующих, так и длительнодействующих управляющих систем, а также оборудования, выполняющего функции управления. Подобные срабатывания могут привести к неоправданным трудозатратам и расходу материальных ресурсов, отключению электроприемников, перебой электроснабжения которых может привести к ситуациям, опасным для потребителей (отключение пожарной сигнализации и т.п.).

Как следует из определения, ложные срабатывания устройств могут происходить по разным причинам, не имеющим отношения к надежности устройства. Часть внешних причин обусловлена воздействием на устройство электромагнитных помех, на которые оно реагирует так, как если бы было сформировано требование на срабатывание. Для исключения таких причин ложных срабатываний, устройства должны отвечать определенным требованиям по электромагнитной совместимости. Ложное срабатывание

также может быть спровоцировано некачественным монтажом и условиями окружающей среды. Рассмотренные внешние причины нельзя отнести к характеристикам надежности устройства.

Для характеристики надежности устройства целесообразно рассматривать только те ложные срабатывания, которые вызваны внутренними причинами, когда отказ того или иного элемента устройства приводит к срабатыванию устройства таким образом, как оно сработало бы при наличии требования на срабатывание.

Повышение надежности систем без изменения надежности отдельных элементов производится структурным резервированием. В случае релейно-контактных систем резервирование может, как повысить, так и понизить их надежность. Это зависит от преобладающего типа отказов и числа элементов, а также от топологии системы.

Рассмотрим влияние количества элементов (n) на надежность системы в целом. При рассмотрении отдельно будем учитывать влияние отказов двух типов: замыкание цепи и обрыв цепи, и влияние ложных срабатываний также двух типов: ошибочное включение при отсутствии команды на сигнал и ошибочное отключение при наличии управляющей команды.

Для определения показателей надежности используется биномиальное разложение Ньютона (рассматриваются идентичные элементы):

$$(p + q_o + q_s + r_s + r_o)^n = 1,$$

где p – вероятность исправной работы элемента;

q_o – вероятность отказа типа «обрыв» при подаче требования на замыкание контактов элемента;

q_s – вероятность отказа типа «замыкание» при подаче требования на размыкание контактов элемента;

r_s – вероятность самопроизвольного замыкания контактов элемента при отсутствии требования на срабатывание;

r_o – вероятность самопроизвольного размыкания контактов элемента при отсутствии требования на срабатывание;

n – количество элементов в устройстве.

Для устройства в целом имеем соответствующие нормируемые показатели надежности, удовлетворяющие условию:

$$P + Q_o + Q_s + R_s + R_o = 1.$$

При параллельном соединении элементов имеем:

$$P = (1 - q_s)^n + (1 - r_s)^n - q_o^n - r_o^n - 1; \quad Q_o = q_o^n; \quad Q_s = 1 - (1 - q_s)^n; \\ R_o = r_o^n; \quad R_s = 1 - (1 - r_s)^n; \quad Q_\Sigma = 1 - P.$$

При последовательном соединении имеем:

$$P = (1 - q_o)^n + (1 - r_o)^n - q_s^n - r_s^n - 1; \quad Q_s = q_s^n; \quad Q_o = 1 - (1 - q_o)^n; \\ R_s = r_s^n; \quad R_o = 1 - (1 - r_o)^n; \quad Q_\Sigma = 1 - P.$$

Параллельное резервирование снижает вероятности отказа типа «обрыв» и самопроизвольного размыкания релейно-контактной системы, но повышает вероятности отказов типа «замыкание» и самопроизвольного замыкания системы. При последовательном соединении элементов вероятности отказа типа «обрыв» и самопроизвольного размыкания релейно-контактной системы увеличиваются, а вероятности отказов типа «замыкание» и самопроизвольного замыкания системы уменьшаются.

Построим графики зависимостей надежности показателей от количества идентичных элементов от одного до четырех при следующих значениях:

- для параллельного соединения:

$$p = 0,98; \quad q_o = 0,006; \quad q_s = 0,004; \quad r_s = 0,005 \quad r_o = 0,005.$$

- для последовательного соединения:

$$p = 0,98; \quad q_o = 0,004; \quad q_s = 0,006; \quad r_s = 0,005 \quad r_o = 0,005.$$

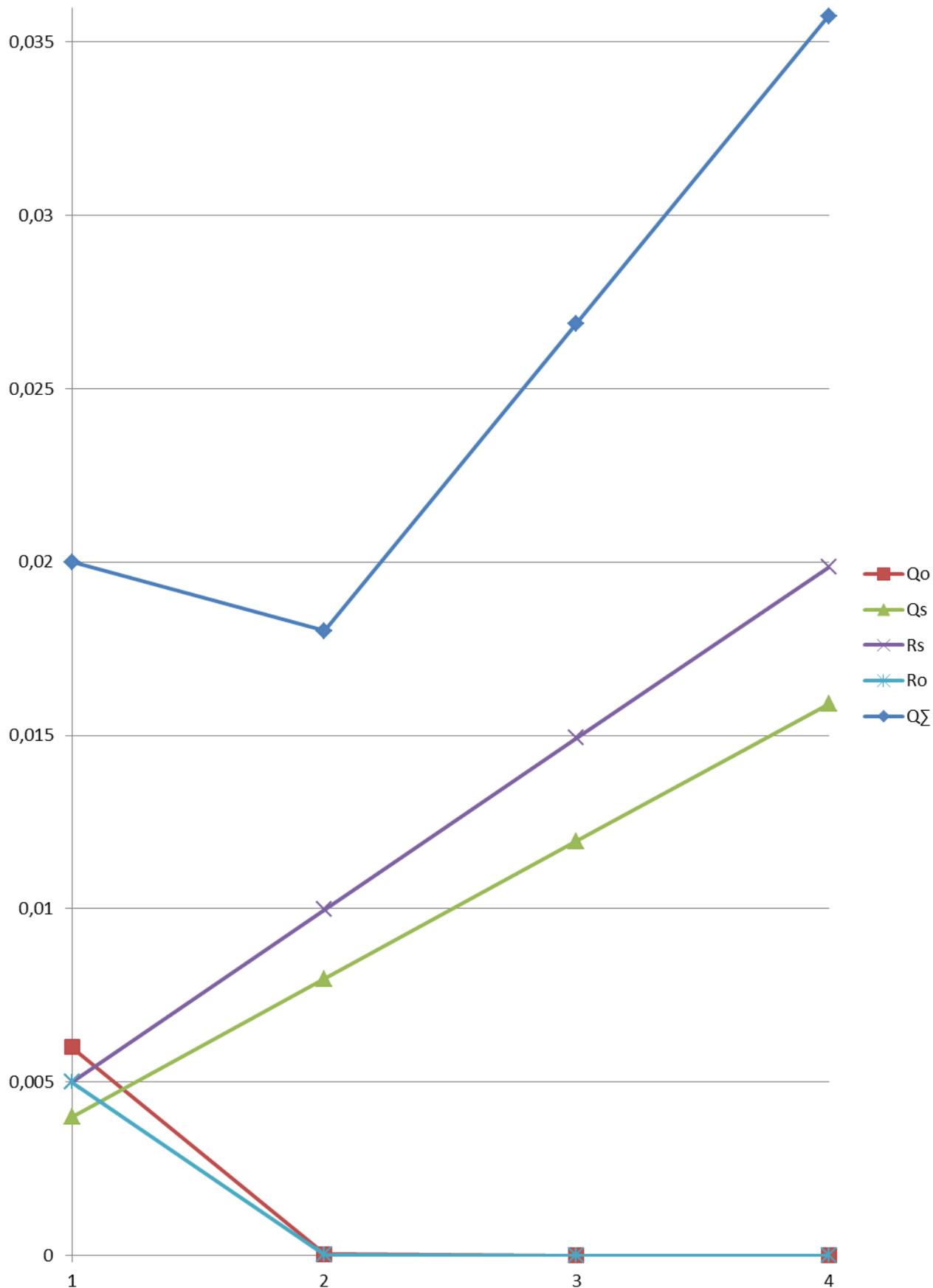


Рисунок 1 – Графики зависимости $Q_o(n)$, $Q_s(n)$, $R_s(n)$, $R_o(n)$ и $Q_\Sigma(n)$ для параллельного соединения элементов

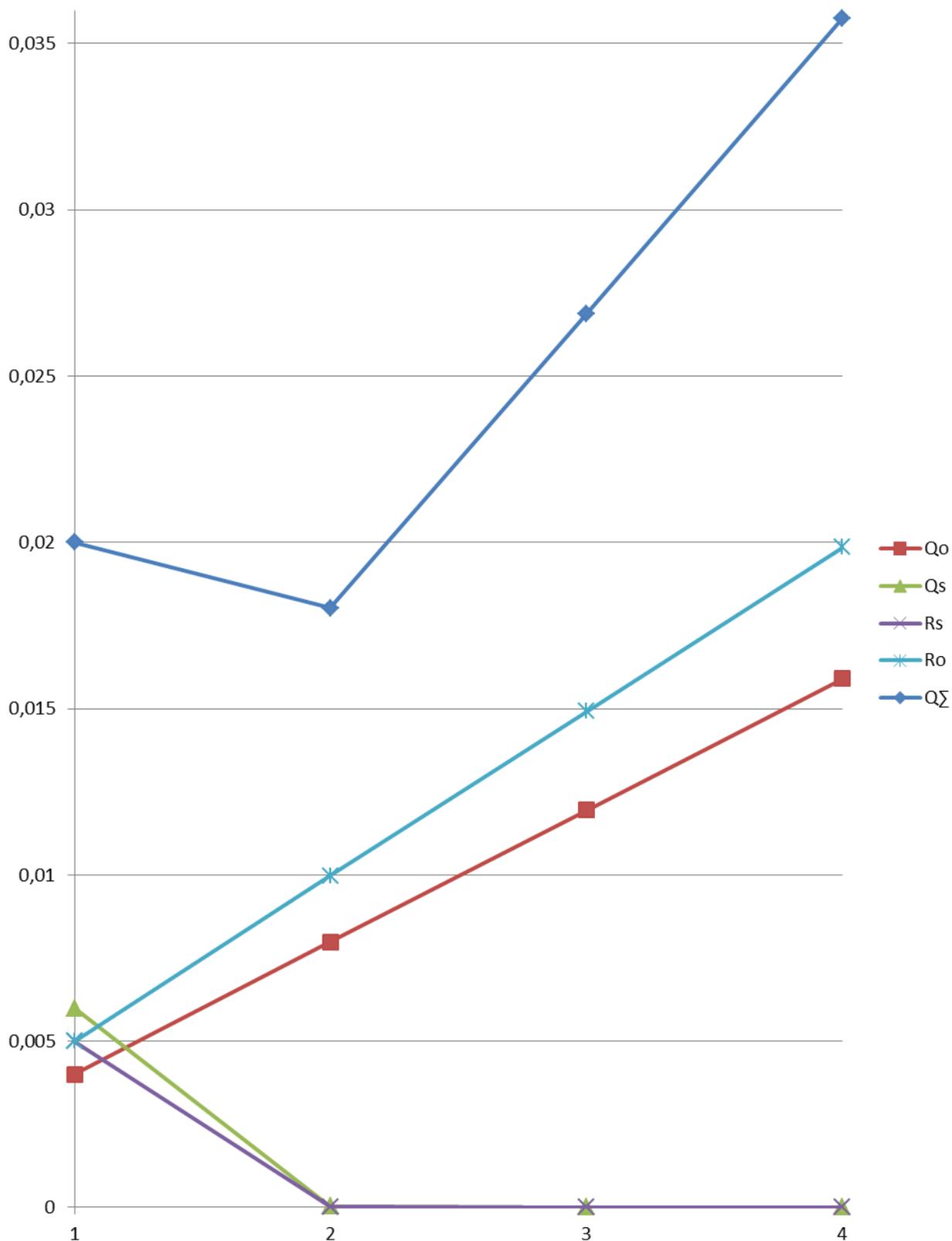


Рисунок 2 – Графики зависимости $Q_o(n)$, $Q_s(n)$, $R_s(n)$, $R_o(n)$ и $Q_\Sigma(n)$ для последовательного соединения элементов

Литература:

1. Диллон, Б.С. Инженерные методы обеспечения надежности систем: пер.с англ. / Б. Диллон, Ч.Сингх. – М.: Мир, 1984. – 318 с., ил.