Оценка надёжности резервированных систем

Надежность автоматизированной системы является комплексной характеристикой системы и состоит из нескольких показателей, основными из которых являются **безотказность** и **ремонтопригодность**.

Безотказность численно характеризуется средней наработкой до отказа, обозначается буквой *T*, или интенсивностью отказов λ , а также вероятностью безотказной работы *P(t)* в течение заданного времени *t*.

Ремонтопригодность характеризуется средним временем восстановления после отказа $T_в$ или вероятностью восстановления в течение заданного времени.

Для расчета показателей надежности сложных систем, состоящих из большого количества элементов, используют метод декомпозиции (расчет надежности по частям).

Если показатели надежности отдельных элементов (в том числе резервированных) заданы или рассчитаны, то вероятность безотказной работы системы рассчитывают следующим образом.

Событие, состоящее в безотказной работе *i*-того элемента системы, обозначают символами A_i, а противоположное событие (отказ элемента) обозначают как $\underline{A}_i$. Отказ системы без резервирования наступает при отказе хотя бы одного элемента. Поэтому событие, состоящее в безотказной работе системы , равно произведению событий

$$A_{\Sigma} = \prod_{i=1}^{N} A_i,$$

где N – количество элементов

Оценка надёжности резервированных систем

Вероятность произведения независимых событий равна произведению вероятностей событий. Поэтому вероятность работоспособного состояния системы равна

$$P\left(A_{\Sigma}\right)=P\left(\prod_{i=1}^{N}A_i\right)=\prod_{i=1}^{N}P\left(A_i\right)$$

Учитывая зависимость вероятности безотказной работы элементов от времени $P(t)=e^{-\lambda t}$ для каждого *i*-того элемента, предыдущее выражение можно записать в виде

$$P\left(A_{\Sigma}\right)=\prod_{i=1}^{N}e^{-\lambda t}=e^{\left(-\sum_{i=1}^{N}\lambda_i t\right)}=e^{\left(-\lambda_c t\right)}$$

Где $\lambda_c=\sum_{i=1}^{N}\lambda_i$ интенсивность отказов всей системы.

Поскольку в эксплуатационной документации обычно указывают среднюю наработку до отказа, которая связана с интенсивностью отказов соотношением

$$T_c=1/\lambda$$

то, наработку до отказа всей системы можно представить в виде

$$T_c=\left(\sum_{i=1}^{N}1/T_i\right)^{-1}$$

где T_i – наработка на отказ отдельного элемента.

Оценка надёжности резервированных систем

В частности, для системы из N одинаковых элементов с наработкой $T_i = T_0$

$$T_c = T_0 / N,$$

т. е. наработка на отказ системы обратно пропорциональна количеству ее элементов.

Резервированный элемент (контроллер, датчик и др.) при расчете надежности **можно рассматривать как один элемент системы**, если для него найдены показатели надежности.

Поскольку в системах автоматизации используются, как правило, только два вида резервирования: горячее резервирование замещением и резервирование методом голосования, то при расчете их показателей безотказности можно обойтись без аппарата цепей Маркова, ограничившись алгеброй случайных событий и теорией вероятностей.

При расчете вероятности отказа "теплое" резервирование не отличается от горячего.

В случае горячего резервирования два элемента (например, два ПЛК) находятся постоянно во включенном состоянии и при отказе одного из них в работу включается второй. Если считать, что общие элементы, обеспечивающие процесс резервирования, **абсолютно надежны**, то безотказная работа резервированной системы A_Σ, состоящей из двух ПЛК, будет обеспечена, если работоспособен хотя бы один из них. Обозначим событие, состоящее в безотказной работе 1-го элемента как A_1, 2-го как A_2, а противоположные им события (отказы элементов) как $\underline{A}_1$ и $\underline{A}_2$.

Оценка надёжности резервированных систем

Тогда событие, состоящее в работоспособности резервированной системы (в данном примере система состоит из двух ПЛК), будет иметь место, если работоспособен первый ПЛК и одновременно работоспособен второй (A_1A_2) ИЛИ работоспособен первый и отказал второй ($A_1\underline{A_2}$) ИЛИ отказал первый и работоспособен второй: ($\underline{A_1}A_2$), т.е.

$$A_\Sigma = A_1A_2 + A_1\overline{A_2} + \overline{A_1}A_2 = A_1\left(A_2 + \overline{A_2}\right) + \overline{A_1}A_2 = A_1 + \overline{A_1}A_2$$

Найдем теперь вероятность работоспособности системы, пользуясь тем, что события A_1A_2, $A_1\overline{A_2}$ и $\overline{A_1}A_2$ несовместны (т.е. не могут иметь место в одно и то же время), следовательно, вероятность суммы событий равна сумме вероятностей каждого из них, а вероятность произведения событий равна произведению вероятностей, получим

$$P\left(A_\Sigma\right) = P\left(A_1A_2 + A_1\overline{A_2} + \overline{A_1}A_2\right) = P\left(A_1\right) + P\left(\overline{A_1}\right)P\left(A_2\right).$$

Учитывая что, $P\left(A_1\right) + P\left(\overline{A_1}\right) = 1$, и $P\left(A_1\right) = P\left(A2\right) = P_0$, получим

$$P\left(A_\Sigma\right) = P_\Sigma = 2P_0 = P_0^2.$$

Через интенсивность отказов

$$P_\Sigma = 2e^{-\lambda_0 t} - e^{-2\lambda_0 t}.$$

Плотность распределения времени до отказа (частота отказов) равна

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{d\left[1 - P(t)\right]}{dt}$$

$$f_\Sigma(t) = 2\lambda_0\left(e^{-\lambda_0 t} - e^{-2\lambda_0 t}\right).$$

Резервирование ПЛК и устройств ввода-вывода

Общие принципы резервирования

Резервирование замещением

Процессорные модули

Горячее резервирование замещением

Основной сложностью при резервировании процессорного модуля является обеспечение синхронизации между основным и резервным процессором. Для того, чтобы перейти в рабочее состояние, резервный процессор должен иметь возможность:

- синхронизировать с основным процессором работу прикладной программы, накопленные данные, состояния регистров, состояния входов и выходов, таблицы неисправностей;
- обнаружить отказ основного процессора;
- заместить отказавший процессор.

При первоначальном включении резервного процессора из выключенного состояния или после горячей замены он должен получить от основного следующую информацию:

- все данные, полученные со входов;
- все данные, отправленные на выходы;
- состояния ПИД-регуляторов;
- уставки и другие значения, заданные пользователем в процессе работы системы;
- содержимое регистров, в том числе счетчиков-таймеров;
- другие данные, которые пользователь считает нужным синхронизировать.