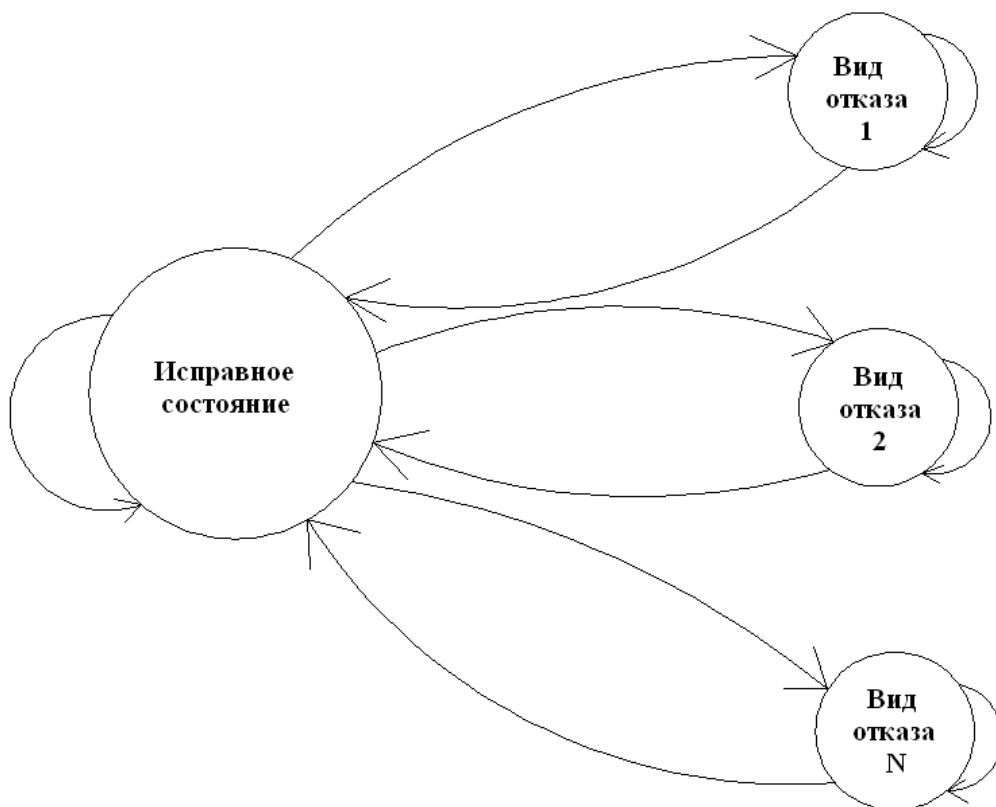


Лекция № 10.

1. Элементы с несколькими видами отказов.
2. Оценка воздействия со стороны окружающей среды и ошибочные команды. Вторичные отказы.
3. Ошибки персонала и ошибочные команды, отказы, зависящие от системы.
4. Обслуживание элементов с высокой частотой отказов.

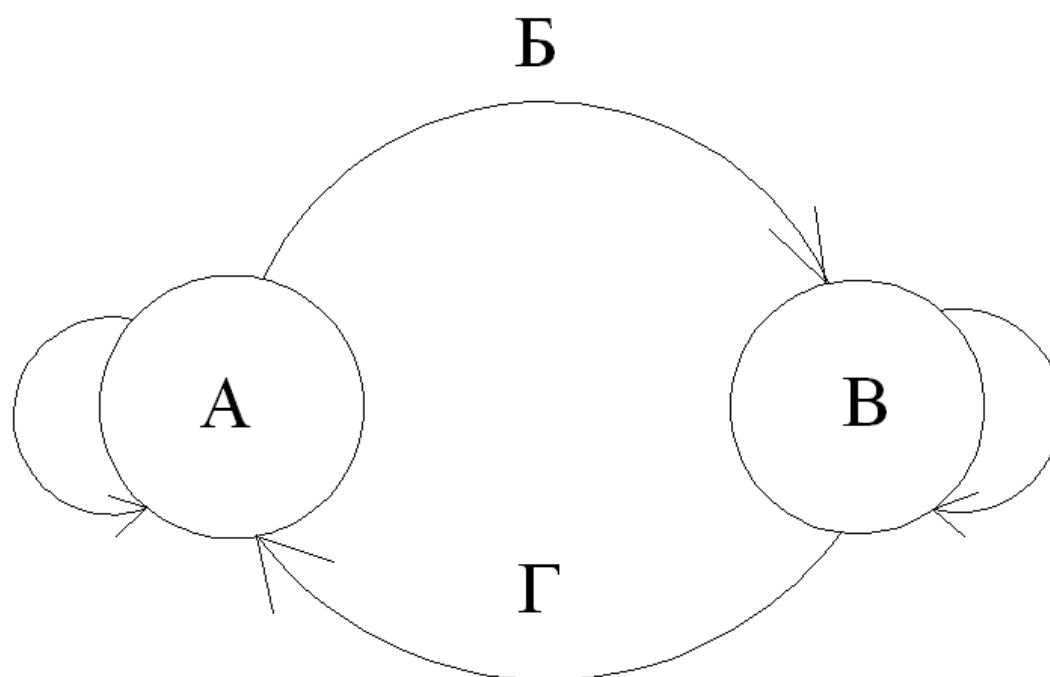
Многие элементы имеют несколько видов отказов. При любом практическом применении дерева отказов, если исходное событие является отказом элемента, необходимо установить точный вид отказа. Когда исходное событие относится к нескольким видам отказов, оно может быть разработано с помощью логических элементов «ИЛИ» до более элементарных исходных событий, каждое из которых относится к одному виду отказов. Таким образом, можно принять, что каждое исходное событие связано только с одним видом отказа, хотя сам элемент может подвергаться различным видам отказов. Переходы из одного состояния в другое для подобных элементов представлены на рис.1.

Рис.1. Диаграмма переходов для элементов с несколькими видами отказов.



Предположим, что нас интересует одно исходное событие, связанное с одним видом отказа, например, вид отказа на рис.1. Тогда исправное состояние и виды отказа со 2^{го} по N соответствуют не появлению данного исходного события, и это можно выразить так, как показано на рис.2.

Рис.2. Диаграмма переходов для исходного события.



А- отсутствие исходного события (исправное состояние или отказы видов 2-N);

Б- происходит отказ вида I;

В- существует исходное событие (отказ вида I);

Г- отказ вида I устранен.

В данном случае показатель надежности $R(t)$ есть вероятность появления отказа вида I к моменту t , коэффициент простоя $Q(t)$ есть вероятность существования отказа вида 1 в момент t .

Например, для системы наполнения резервуара жидкостью предусматривается закрытие клапана при достижении уровня жидкости в резервуаре определенного уровня. Если мы строим дерево отказов для перелива жидкости при заполнении ею резервуара, то для нас исходным событием будет «клапан заел в открытом положении», а клапан заел в «закрытом положении» не является отказом для этого случая. Поэтому в НДО будут входить собственно наработка до «заедания в открытом

положении» + наработка до «заедания в закрытом положении» + продолжительность ремонта после «заедания в закрытом положении».

Пример: Определить С.Н.Д.О для исходного события «клапан заел в открытом положении», если средняя наработка до отказа клапана как в закрытом, так и в открытом положении равны между собой и равны 2 года. Средняя продолжительность ремонта после отказа в открытом положении 5 дней, а после отказа в закрытом положении 10 дней.

Средняя наработка до отказа в открытом положении равна:

$$С.Н.Д.О. = 2 + 2 + \frac{10}{365} = 4,027 \text{ года} \rightarrow \lambda = \frac{1}{С.Н.Д.О.} = 0,248$$

Показатель ненадежности через год:

$$F = (1 - e^{-\lambda t}) = 1 - e^{-0,248 \cdot 1} = 0,22$$

2. Различают два вида воздействия окружающей среды:

- 1) воздействия со стороны окружающей среды являются причиной вторичных отказов элементов;
- 2) воздействия окружающей среды являются причиной ошибочных команд на элементы.

Количественная оценка ошибочной команды сводится к рассмотрению этой неправильной команды. Фактически неправильные команды появляются в дереве отказов в качестве исходных событий, например, отказ в сети электропитания.

Таким образом, воздействие со стороны окружающей среды можно оценивать количественно тем же способом, что и элементы системы.

Пример: Если С.Н.Д.О=0,75 года и С.П.Р=40 мин для отказа в сети электропитания. Вычислить R(t) и Q(t) при t=1 год.

Решение:

$$\lambda \approx \frac{1}{С.Н.Д.О} = \frac{1}{0,75} = 1,33 \text{ год}^{-1}$$

$$\mu = \frac{1}{С.П.Р} \approx \frac{1}{40/(365 \cdot 24 \cdot 60)} = 1,314 \cdot 10^4 \text{ год}^{-1}$$

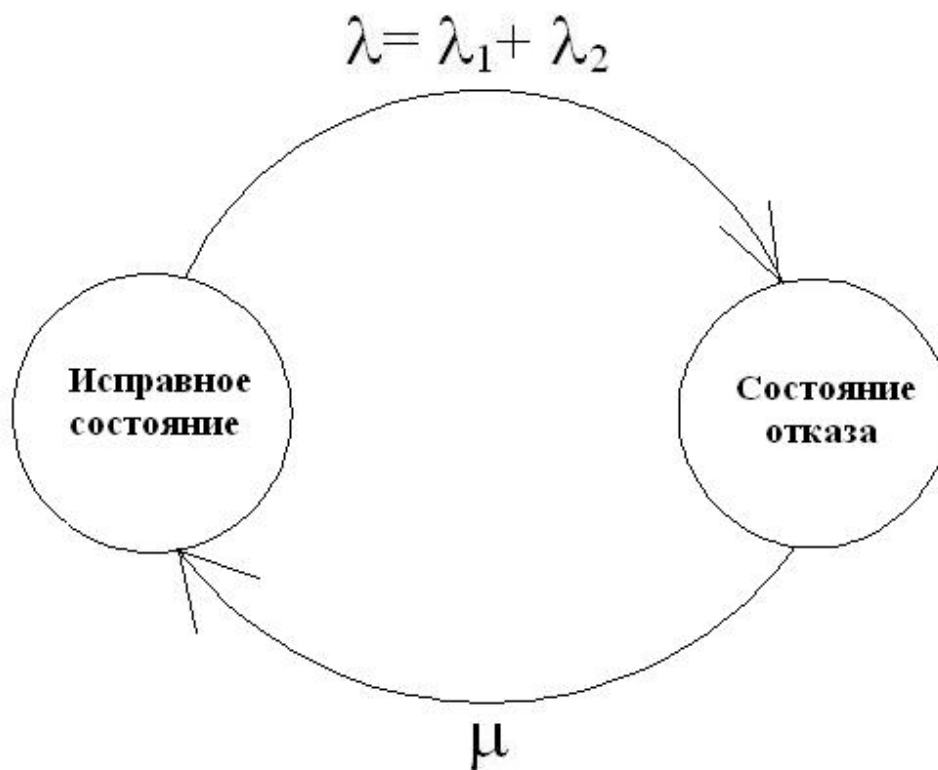
$$R(1) = e^{-1,33} = 0,264$$

$$Q(1) = \frac{1,33}{1,33 + 13140} \cdot (1 - e^{-(1,33 + 13140)}) \approx \frac{1,33}{13140} \approx 10^{-4}$$

Вторичный отказ отличается от первичного тем, что сам этот элемент не считается ответственным за данный отказ. При проведении качественного анализа с использованием дерева отказов первичный отказ и соответствующий ему вторичный объединяются в единое исходное событие.

Таким образом, естественной является количественная оценка результирующего исходного события. Это событие имеет место, если случается первичный отказ либо вторичный отказ. Если принять постоянную частоту отказов и постоянную частоту ремонтов для этих двух отказов, можно построить диаграмму переходов, изображенную на рис.3.

Рис.3. Диаграмма перехода для первичных и вторичных отказов.



λ_1 и λ_2 - условные интенсивности отказов для первичного и вторичного отказов соответственно, а μ - интенсивность ремонтов для первичного и вторичного отказов.

Диаграмму, изображенную на рис.3, можно использовать для количественных оценок исходного события, включая вторичный отказ элемента, являющийся результатом воздействия со стороны окружающей среды.

Пример: В среднем один раз за 60 лет случается ураганный ветер, способный повлиять на пролив жидкости из бака. Примерно каждый второй раз резервуар может разгерметизироваться при урагане. В нормальных условиях С.Н.Д.О=30 лет для разгерметизации бака. В среднем бак ремонтируется 0,1 года. Вычислить $R(10)$ и $Q(10)$ для исходного события, полученного в результате объединения первичного и вторичного отказов.

Решение:

$$\lambda_2 = \frac{1}{60 \cdot 2} = 8,33 \cdot 10^{-3} (\text{год}^{-1})$$

$$\lambda_1 = \frac{1}{30} = 3,33 \cdot 10^{-2} \text{ (год}^{-1}\text{)}$$

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 = 4,163 \cdot 10^{-2} \text{ (лет}^{-1}\text{)}$$

$$\mu = \frac{1}{0,1} = 10 \text{ (лет}^{-1}\text{)}$$

Таким образом, при $t=10$ лет:

$$R(10) = e^{-(4,163 \cdot 10^{-2}) \cdot 10} = 0,659$$

$$Q(10) = \frac{4,163 \cdot 10^{-2}}{4,163 \cdot 10^{-2} + 10} \cdot (1 - e^{-(4,163 \cdot 10^{-2} + 10) \cdot 10}) \approx 4,16 \cdot 10^{-3}$$

3. Действия операторов на предприятии являются реакцией на какие-то требования. Типичное дерево отказов включает ошибки оператора как отказ оператора. В эти отказы включены ошибки, которые происходят при рутинной работе и при ошибках на запрос. Оператор включается в дерево отказов как элемент.

Когда действия оператора вызывают поломку какого-то элемента, он является причиной вторичного отказа. Например, если оператор непреднамеренно открывает клапан, то этот клапан испытывает вторичный отказ, потому что он не может закрыться сам по себе. Этот вид вторичного отказа можно оценить количественно, используя диаграммы перехода, подобные показанной на рис.3. Единственная разница заключается в том, что параметр λ_2 необходимо оценить, основываясь на частоте запросов и частоте ошибок оператора на данный вид запроса.

Пример: Оператор получает запрос «закрыть клапан» один раз в месяц. Имеется возможность того, что оператор откроет клапан или оставит его открытым, эти возможности оцениваются $\approx$ в 0,5%. По техническим условиям клапан может отказать в открытом положении один раз в 20 лет. В среднем требуется 10 часов на то, чтобы отремонтировать клапан. Вычислить $R(t)$ и $Q(t)$ для исходного события «не закрытие клапана».

Решение: Среднее время между запросами составляет 1/12 года, среднее

время до ошибки оператора равно: $\frac{1}{12} \frac{100}{0,5}$ года.

$$\lambda_1 = \frac{1}{20} = 0,05$$

$$\lambda_2 = \frac{1 \cdot 0,5 \cdot 12}{100} = 0,06$$

$$\lambda_{\Sigma} = 0,05 + 0,06 = 0,11$$

$$C.P.P = \frac{10}{24 \cdot 365}; \quad \mu = \frac{365 \cdot 24}{10} \approx 876 \text{ (лет}^{-1}\text{)}$$

Таким образом, при $t=1$ год:

$$R(1) = e^{-0,11} = 0,869$$

$$Q(1) = \frac{0,11}{0,11+876} \cdot (1 - e^{-(0,11+876)}) \approx 1,26 \cdot 10^{-4}$$

Наконец следует рассмотреть исходные события, зависящие от системы в целом. Типичным примером такого события является вторичный отказ предохранителя. Этот отказ также можно проанализировать с помощью диаграммы рис.3., когда в качестве причины вторичного отказа предохранителя можно взять короткое замыкание в кабеле и пульсации напряжения в генераторе.

Пример: Резервуар теряет герметичность в результате первичного отказа в среднем каждые 100 лет. Резервуар предназначен для хранения жидкости, имеющей высокое давление паров. В процессе эксплуатации резервуара в нем может повыситься давление 1) из-за перегрева жидкости, когда не сработает предохранительный клапан, что происходит в среднем каждые 20 лет, 2) из-за слишком долгого заполнения резервуара и достижения состояния перелива, что происходит в среднем каждые 30 лет. Разгерметизация резервуара происходит один раз в 10 случаях повышения давления. На восстановление резервуара уходит в среднем 10 дней. Определить $R(t)$ и $Q(t)$ при $t=1$ год.

Решение:

$$\lambda_1 = \frac{1}{100} = 10^{-2} \text{ год}^{-1}$$

$$\lambda_2' = \frac{1}{20 \cdot 10} = \frac{1}{200} \approx 5 \cdot 10^{-3}$$

$$\lambda_2'' = \frac{1}{30 \cdot 10} \approx 3,33 \cdot 10^{-3}$$

$$\lambda_{\Sigma} = 1,833 \cdot 10^{-2}$$

$$\mu = \frac{1 \cdot 365}{10} = 36,5$$

$$R(1) = e^{-1,833 \cdot 10^{-2}} = 0,982$$

$$Q(1) = \frac{1,833 \cdot 10^{-2}}{1,833 \cdot 10^{-2} + 36,5} \cdot (1 - e^{-(1,833 \cdot 10^{-2} + 36,5)}) \approx 5 \cdot 10^{-4}$$

4. При анализе минимальных аварийных сочетаний может оказаться, что значимость одного или нескольких минимальных АС на порядок превышают значимость всех остальных АС. То есть одно или несколько аварийных сочетаний определяют поведение системы в целом. В этом случае представляется возможность повысить надежность всей системы в целом введя операцию диагностического обслуживания часто отказывающегося элемента.

Пример: Определить частоту проверки датчиков обнаружения пролива, с последующей их заменой в случае необходимости. Если вероятность перелива системы при заполнении $4,0 \cdot 10^{-2}$ год, а частота отказа датчика

$\lambda = 0,2 \text{ год}^{-1}$. Работает два датчика одновременно. Цель обслуживания: повысить надежность системы $\approx$ в 4 раза.

Решение: Ориентировочное желательное значение надежности системы в целом характеризуется отказом $Q=10^{-2}$ (в четыре раза).

Вероятность отказа min А.С., состоящего из двух датчиков:

$$P_{d_1} = (1 - e^{-\lambda t})^2 = (1 - e^{-0,2})^2 = 0,033$$

Оценка вероятности отказа по остальным min А.С.:

$$P = Q - P_{d_1} = 0,040 - 0,033 = 0,007 = 7 \cdot 10^{-3}$$

Необходимо, чтобы новая вероятность аварийного сочетания из двух датчиков составила:

$$10^{-2} - 7 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-3}$$

Так как датчика два, то коэффициент простоя одного датчика:

$$Q_1 = (3 \cdot 10^{-3})^{1/2} \approx 5,5 \cdot 10^{-2}$$

Для того, чтобы датчик с частотой отказов $\lambda=0,2$ имел коэффициент простоя $5,5 \cdot 10^{-2}$ необходимо, чтобы частота ремонта удовлетворяла условию:

$$\frac{\lambda}{\lambda + \mu} (1 - e^{-(\lambda + \mu) \cdot 1}) \leq 5,5 \cdot 10^{-2}$$

$$\frac{0,2}{0,2 + \mu} (1 - e^{-(0,2 + \mu)}) \leq 5,5 \cdot 10^{-2}$$

$$\mu > 3,5$$

Полученный результат означает, что необходимо 4 раза в год осматривать датчики, то есть проверять на работоспособность. Если датчик не работает, его заменяют новым. Проведенная оценка проведена с запасом, так как предполагается, что датчик находится в ремонте, то есть не работает всё время между осмотрами, то есть отказал сразу после последнего осмотра. На самом деле вероятность отказа датчика в течение 3 месяцев равна:

$$F\left(\frac{1}{4}\right) = \left(1 - e^{-\frac{0,2}{4}}\right) = 0,05$$