

Надёжность - свойство системы сохранять заданный уровень производительности

N - число ЭМ в системе

$\Omega(k)$ - производительность ВС, в которой k исправных ЭМ

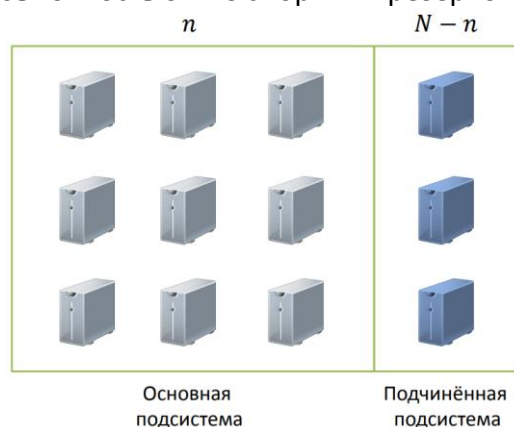
λ - интенсивность потока отказов (любой из N машин)

λ^{-1} - среднее время безотказной работы одной ЭМ (средняя наработка до отказа ЭМ)

μ - интенсивность восстановления - среднее число машин резерва, включаемых в единицу времени одним ВУ в состав ВС вместо отказавших ЭМ

$1/\mu$ - время, затраченное на обнаружение неисправной ЭМ + её восстановление

ВС со структурной избыточностью - ВС с горячим резервом



$\xi(t)$ - число исправных машин в момент времени t

$P_j(i, t)$ - вероятность того, что в системе, начавшей функционировать в состоянии $i \in E_0^N$, в момент t будет $j \in E_0^N$ исправных машин

Показатели надёжности ВС в переходном режиме:

- Функция надёжности $R(t)$
- Функция восстановимости $U(t)$
- Функция готовности $S(t)$

Функция надёжности (учёт отказов) – вероятность того, что производительность ВС, начавшей функционировать в состоянии i ($n \leq i \leq N$) на промежутке времени $[0, t)$ равна производительности основной подсистемы

$$R(t) = P\{\forall \tau \in [0, t) \rightarrow \Omega(\tau) = A_n n \omega | n \leq i \leq N\}$$

Очевидно, что $R(0) = 1, R(+\infty) = 0$

Функция восстановимости (восстановление без учета отказов) - вероятность того, что в системе, имеющей начальное состояние ($0 \leq i < n$) на заданном промежутке времени, кол-во исправных ЭМ восстановлено до числа n

$$U(t) = 1 - P\{\forall \tau \in [0, t) \rightarrow \Omega(\tau) = 0 \mid 0 \leq i < n\}$$

$$U(t) = 1 - P\{\forall \tau \in [0, t) \rightarrow \xi(\tau) < n \mid 0 \leq i < n\}$$

Очевидно, что $U(0) = 0, U(+\infty) = 1$

Функция готовности (учет отказов с восстановлением) – вероятность того, что в момент времени t число исправных ЭМ в системе с начальным состоянием ($0 \leq i \ll N$) не меньше n (числа машин основной подсистемы)

$$S(t) = P\{\xi(t) \geq n \mid i \in E_0^N\}$$

$$0 < S(+\infty) < 1$$

$$S(0) = \begin{cases} 1, & \text{если } n \leq i \leq N \\ 0, & \text{если } 0 \leq i < n \end{cases}$$

для невосстанавливаемых ВС $R(t) = S(t)$

Мини-итоги:

- **Функция надёжности** характеризует способность ВС обеспечить требуемую производительность на промежутке времени $[0, t)$
- **Функция готовности** - способность ВС обеспечить требуемую производительность в момент времени t
- **Функция восстанавливаемости** - возможности системы к восстановлению – приобретению требуемого уровня производительности после отказа всех избыточных машин и части машин основной подсистемы

Оперативные показатели надёжности ВС в стационарном режиме

Для стационарного режима (при длительной эксплуатации) ВС, показатели $R(t)$ и $S(t)$ не информативны, т.к. при $t \rightarrow \infty$ все ЭМ «когда-нибудь выйдут из строя», а система восстановления «когда-нибудь их восстановит»

$$\lim_{t \rightarrow \infty} R(t) = 0, \quad \lim_{t \rightarrow \infty} U(t) = 1$$

Функция $R^*(t)$ – вероятность того, что производительность системы, которая в начальный момент времени находится в состоянии i ($n \leq i \leq N$), с заданной вероятностью P_i , равна на промежутке времени $[0, t)$ производительности подсистемы

$$R^*(t) = P\{\forall \tau \in [0, t) \rightarrow \xi(\tau) \geq n \mid P_i, i \in E_n^N\}$$

Функция $U^*(t)$ – вероятность того, что в ВС, находящейся в начальный момент времени в состоянии i ($0 \leq i < n$), с вероятностью P_i , на промежутке времени $[0, t)$ будет восстановлен уровень производительности основной подсистемы

$$U^*(t) = 1 - P\{\forall \tau \in [0, t) \rightarrow \xi(\tau) < n \mid P_i, 0 \leq i < n\}$$

Функция готовности, введенная для переходного режима, может быть использована и в стационарном режиме работы ВС

Показатели надёжности для **переходного режима** позволяют определить:

- Сможет ли пользователь успешно решить свою задачу до отказа системы
- Как быстро можно ожидать восстановления требуемого уровня производительности, если в момент поступления задачи производительность ВС низка
- Будет ли ВС иметь необходимую производительность в момент поступления задачи в систему

Показатели надёжности для **стационарного режима** позволяют определить:

- Могут ли быть решены поступающие задачи, если система длительно эксплуатируется. Иначе, могут ли быть решены задачи, если в момент их поступления достоверно неизвестно, в каком состоянии находится система
- Насколько быстро можно ожидать восстановления требуемой производительности, если ВС длительно эксплуатируется
- Будет ли система иметь необходимую производительность в любой момент поступления задачи, если она уже достаточно долго находится в эксплуатации

Как понимаю, в переходном режиме показатели отказов могут иметь сильные перепады, пока не выйдут на какое-то плато...Т.е. пока система не перейдет в стационарный режим. В стационарном режиме поток отказа имеет некоторое константное значение

В таком случае функции надежности и восстановимости для стационарного режима не подходят, т.к. в первом случае «когда-то кол-во отказов превысит размер основной подсистемы» и значение просто будет лежать в 0, а во втором – наоборот «когда-нибудь все машины восстановятся» и значение станет равным 1

Важно, чтобы в структурной избыточности были машины (больше 0), т.к. в этом случае система уйдет в состояние отказа...Т.к. мы не сможем поддерживать заданный уровень производительности. Заданный уровень производительности зависит от количества работоспособных ЭМ

Для дэбилов:

Функция оперативной надежности:

Мы хотим оценить – как долго система протянет в безотказном состоянии, для этого необходимо, чтобы был какой-то резерв (условие безотказной работы). Как долго мы сможем поддерживать резервные машины, чтобы резерв не истощился настолько, чтобы не было отказов в основной подсистеме

Оперативная восстановимость:

Насколько быстро система сможет восстановиться до работоспособного состояния

Функция готовности не меняется, т.к. (коэффициент готовности применяется в инженерной практике...)

Под этим коэффициентом «скрыты» и функция надежности и восстановимости

График оперативной надежности по времени t

Оперативная надежность падает с течением времени

Чем меньше резерв, тем меньше надежность

График оперативной восстановимости: вероятность восстановления с большей структурной избыточностью ближе к 1...Все графики сходятся в точку, т.к. со временем система так или иначе восстановится

Табличка

Коэффициент готовности

В момент времени t (зафиксирован по условию задачи, типа)

Какая вероятность того, что производительность равна основной подсистеме

Чем больше ВУ, тем более плавное и менее заметное падение производительности

Когда кол-во восстанавливающих устройств равно количеству ЭМ в основной подсистеме, готовность практически константная (отличие только из-за того, что нужно время на восстановление). Отличие только из-за того, что в конкретный момент времени система все еще будет восстанавливаться (не успеет восстановиться к моменту времени t)