

13 ДОСТОВЕРНОСТЬ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ЕЕ РАСЧЕТ. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СРЕДСТВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Достоверность диагностирования и контроля - численная величина, характеризующая правильность результатов, полученных на выходе СДК о состоянии ОД.

Как было показано выше, полная вероятность правильного диагностирования D оказывается в зависимости от допусков на ДП, их стабильности (σ_n), точности измерений (σ_u) и состояния средств диагностирования (P_{ci}). Однако этой информации бывает не всегда достаточно, чтобы судить о состоянии объекта и допустить его к функциональному использованию. Наиболее полной характеристикой СДК в части эффективности принимаемых решений является достоверность диагностирования D или точнее достоверность полученной диагностической информации. Чем полнее и точнее эта информация, тем больше наша уверенность в том, что ОД работоспособен и правильно допущен к функциональному использованию или ОД неработоспособен и должен пройти этап восстановления.

Информационный подход к понятию "достоверность" хорошо раскрывает ее содержание.

Количественно достоверность может быть представлена состоящей из произведения двух составляющих: методической достоверности D_M и инструментальной достоверности D_H .

Методическая достоверность - составляющая достоверности диагностики и контроля, определяемая совокупностью контролируемых параметров, полнотой контроля, методикой контроля и принятыми критериями оценки технического состояния. Соответственно инструментальная достоверность определяется стохастическими свойствами контура контроля ДП, т. е. параметрами СрДК

$$D = D_M D_H.$$

Основная составляющая D_M - полнота контроля n_k может быть рассмотрена по формуле:

$$n_k = \frac{\sum_{i \in M_G} I_{ni}}{\sum_{i=1}^n I_{ni}} = \frac{\sum_{j=1}^{n_k} H_{0j}}{\sum_{i=1}^n H_{0i}},$$

где n - общее число ДП, определяющих техническое состояние РЭС; n_k - число контролируемых параметров; I_i - информативность i -го параметра или проверки i -го параметра; M_G - множество контролируемых параметров;

$$H_{0j} = I_{ni} = -\prod_{i \in M_G} P_i \log_2 \prod_{i \in M_G} P_i - (1 - \prod_{i \in M_G} P_i) \log_2 (1 - \prod_{i \in M_G} P_i).$$

Инструментальная достоверность контроля D_{ii} может быть представлена через апостериорные вероятности работоспособного (неработоспособного) состояния. Подчеркнем следующее обстоятельство: ранее было показано, что информация в i -й проверке относительно работоспособного состояния:

$$I_{U_i \rightarrow S_p} = \log[P(S_p / U_i)] / [P(S_p)].$$

Поскольку для каждого отдельного случая $P(S_p) = \text{const}$ изменение информации $I_{U_i \rightarrow S_p} = \text{var} = k_P(S_p / U_i)$. В соответствии с этим вероятность того, что ОД, признанный работоспособным, действительно работоспособен:

$$P_p = \frac{P(S_p)P(U / S_p)}{P(S_p)P(U / S_p) + [1 - P(S_p)]P(U / 0)},$$

$$P_{н.р.} = \frac{[1 - P(S_p)]P(0 / 0)}{[1 - P(S_p)]P(0 / 0) + P(S_p)P(0 / S_p)},$$

где $P(S_p)$ -вероятность пребывания ОД в работоспособном состоянии;
 $S_p, P(0)$ -вероятность пребывания ОД в неработоспособном состоянии;

$P(U[S_p])$ - условная вероятность того, что работоспособный объект признается работоспособным;

$P(U/0)$ -условная вероятность того, что отказавший ОД признается работоспособным;

$P(0/S_p)$ -условная вероятность признания работоспособного ОД отказавшим;

$P(0/0)$ -условная вероятность того, что отказавший ОД признан неработоспособным.

Обозначим P_0 - вероятность работоспособного состояния ОД во время операции контроля, $q_{обн}$ - вероятность появления в ОД обнаруживаемых отказов, $q_{но}$ - вероятность появления в ОД необнаруживаемых отказов. Естественно, что $P_0 + q_{обн} + q_{но} = 1$.

Средства диагностики и контроля (СрДК) могут в общем случае находиться в одном из следующих состояний:

- 1) средства диагностирования СрДК работоспособны с вероятностью $P_{ск}$;
- 2) в средствах возник сразу же обнаруживаемый отказ $d_{ск\ обч}$;
- 3) в средствах с вероятностью P^C_2 возник отказ, при котором объект признается работоспособным при любом состоянии;

4) P^c_3 - в СрДК возник отказ, при котором ОД признается всегда в неработоспособном состоянии;

5) в средствах возник отказ, при котором работоспособный объект признается неработоспособным, и наоборот.

$$P^c_1 + P^c_2 + P^c_3 + q^c_{обн} + q_{р/нр} = 1$$

Используя принятые выше обозначения, запишем выражения для

$$P(U|S_p) = P^c_1(1 - P_{л.о}) + P^c_2, \quad P(0) = q_{обн} + q_{н.о},$$

$$P(U|0) = P^c_1(1 - P_{л.о}) \frac{q_{необн}}{q_{обн} + q_{необн}} + P^c_2 + q_{р/нр} \frac{q_{обн}}{q_{обн} + q_{необн}} + P^c_1 P_{н.о} \frac{q_{обн}}{q_{обн} + q_{необн}}.$$

Отсюда формула для вероятностей:

$$P_p = \frac{P(S_p)[P^c_1(1 - P_{л.о}) + P^c_2]}{P^c_1[P_{н.о}q_{обн} + (1 - P_{л.о})(1 - q_{обн})] + P^c_2 + q_{обн}q_{р/нр}}$$

Соответственно, для вероятности:

$$P_{нр} = \frac{P^c_1[(1 - P_{н.о})q_{обн} + P_{л.о}q_{необн}] + P^c_2(q_{обн} + q_{необн}) + q_{р/нр}q_{необн}}{P^c_1[(1 - P_{н.о})q_{обн} + (1 - q_{обн})P_{л.о}] + P^c_2 + q_{р/нр} - q_{р/нр}q_{обн}}$$

Зная или задаваясь соответствующими вероятностями, по вышеприведенным формулам можно вычислить достоверность контроля. В данных формулах $P_{л.о} = P_{1,2}$ при $P^c_1 = 1$, а $P_{н.о} = P_{2,1}$ которые рассчитывают по формулам (5.17), (5.18).

Из приведенных формул следует, что причинами низкой достоверности контроля являются: недостаточная полнота, погрешности измерительных средств, приводящие к ошибкам контроля, возможные отказы СрДК.

Для высоконадежных СрДК наиболее опасными являются ошибки контрольно-измерительной аппаратуры, при которых пропускается (не обнаруживается) отказ. Для самих средств контроля наиболее опасными являются отказы, при которых работоспособные ОД признаются неработоспособными и наоборот. Поэтому величину $q_{р/нр}$ следует уменьшать, а, по возможности, вообще не допускать возникновения ошибок такого вида.

Достоверность диагностирования можно рассчитывать также на основе апостериорных вероятностей ошибок вида (i,j) - P^A_{ij} и полной вероятности правильного диагностирования.

Достоверность определения работоспособного состояния:

$$D_v = P_{1,1}/(P_{1,1} + P_{2,1}) - P_{н.к},$$

где $P_{н.к}$ - вероятность отказа в неконтролируемой части изделия.
Соответственно вероятность неработоспособного состояния:

$$D_p = P_{2,2} / (P_{2,2} + P_{2,1}) - P_{н.к}$$

С учетом приводимого ранее коэффициента полноты проверок выражения для достоверности работоспособного и неработоспособного состояния принимают вид:

$$D_p = K_{п.п} P_{1,1} / (P_{1,1} + P_{2,1})$$

$$D_{н.р} = K_{п.п} P_{2,2} / (P_{2,2} + P_{1,2})$$

Одним из показателей того является вероятность допуска к применению неработоспособного устройства - вероятность ошибки 2-го рода. Для этого случая достоверность принятия решения "допущен" принимает вид:

$$D_{1.2} = (1 - P_{н.к} - P_{2,1}) / (P_{1,2} + P_{1,1})$$

Отметим, что в прикладных задачах ошибка вида (2.1) неравнозначна ошибке вида (1.2), которая выявляется, как правило в процессе повторного ТО или повторного контроля, т. е.

$$D = \sum_{d=1}^m P_{1,2,d}$$

где $P_{1,2,d}$ - вероятность ошибки диагностирования вида (1.2) в процессе одного диагностирования из m .

Расчет достоверностей ТО по результатам диагностики и контроля позволяет полнее представить временные затраты при диагностике, восстановлении, контроле. По аналогии с $\tau_{д}$ введем показатель $\tau_{зо}$ - среднюю оперативную продолжительность ТО, включающее $\tau_{д}$ - среднее оперативное время диагностирования и $\tau_{в}$ - среднее время восстановления. Принимая для упрощения условие, что $P_c(S_i) = 1$, выражение для среднего времени ТО запишем в следующем виде:

$$\tau_{ТО} = P_0(S_1)\tau_1 + P_0(S_2)\tau_2 + \tau_2 \prod_{k=1}^3 P_{k,1,2} - \tau_1 P_{2,1} + \gamma D_{2,1},$$

где $\prod_{k=1}^3 P_{k,1,2}$ - уменьшающая вероятность (по аналогии с нарастающей) ошибки вида (1,2); γ - дополнительное выражение, учитывающее временные затраты при отказе РЭС в процессе применения; $\tau_i = \tau_0 + \tau_{в}$, $\tau_{в} = P_0(S_2) \tau_{в2}(S_1) \tau_{в2}$; τ_{B2} - время регулировки или восстановления обслуживаемого изделия; $P(S_1) \tau_2$ - время, затрачиваемое на поиск неподтверждающегося отказа.

Для расчета трудоемкости W_{TO} и стоимости C_{TO} могут использоваться аналогичные выражения, в которых τ заменяется соответственно на W и C .

В настоящее время при эксплуатации сложных РЭС широкое применение находит стратегия ТО по состоянию, согласно которой перечень операций по ТО определяется фактическим состоянием изделия перед его началом. При реализации этой стратегии в РЭС, установленных на подвижных объектах, может быть достигнута существенная экономия затрат за счет исключения ряда работ, в том числе монтажно-демонтажных работ (МДР), и уменьшения потока вносимых отказов.

Для этой стратегии τ_{mo} (и соответственно W_{TO} и C_{TO}):

$$\tau_{NJ} = H_0(S_1) \tau_1 + P_{1,2} \tau_2 + P_{1,2} \tau_{VL/H} - P_0 \tau_{VL/H}(S_1) [P_0(S_1) \tau_1 - P_{1,2} \tau_2 + \gamma D_{1,2}]$$

Расчеты показателей ТО по вышеприведенным формулам позволяют проводить предварительные оценки эксплуатационной технологичности РЭС при его проектировании и в процессе эксплуатации.

Расчет рациональной периодичности проведения работ по определению технического состояния РЭС всегда привлекал внимание специалистов по технической эксплуатации. Известны простейшие формулы для этого расчета, а также методологические основы подхода к решению этого вопроса. Предварительно отметим, что для повышения достоверности информации о техническом состоянии РЭС, т. е. увеличения нашей информированности, контроль состояния должен применяться достаточно часто. В идеале он должен быть непрерывным. Однако, учитывая, что режимы диагностирования и контроля в сложных системах требуют выведения РЭС из функционального использования, значительных затрат, времени на диагностирование и контроль, определенной квалификации инженерно-технического персонала, с экономической точки зрения контроль рационально проводить по возможности реже. Казалось бы, что при такой ситуации должен иметь место оптимум зависимости эффективности диагностирования от периодичности контроля T_k . На самом деле экстремальные выражения для T_k появляются только в случае, когда результатом диагностирования является восстановление РЭУиС, т. е. затраченное на диагностику время τ_d является составной частью времени выполнения операции по изменению вероятности безотказной работы путем регулировок, профилактических замен и других операций.

Если вероятность безотказной работы РЭС подчиняется экспоненциальному закону, а время для проведения диагностирования с восстановлением $\tau_d + \tau_{\text{в}} = \tau_k$, то график зависимости $H(t)$ будет иметь вид, представленный на рисунке 13.1, кривая 1, в случае возникновения отказа - кривая 2.

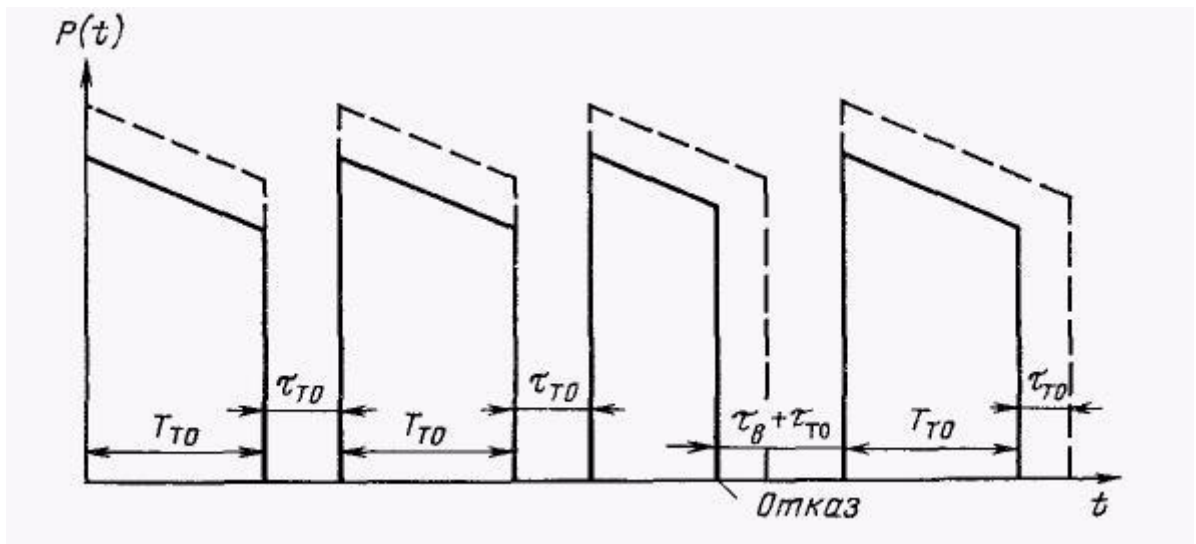


Рисунок 13.1 - изменение вероятности безотказной работы РЭС при диагностировании и восстановлении

Средняя готовность при периодическом графике:

$$A(T_k) = \frac{1}{T_k} \int_0^{T_k} [\exp\{-\lambda_0 t\}] dt = \frac{1}{\lambda_0 T_k} [1 - \exp\{-\lambda_0 (T_k - \tau_k)\}]$$

При заданной готовности $A(T_k)$ - T_{kopt} является корнем трансцендентного уравнения вида:

$$C_1 T_k + C_2 \exp\{-\lambda_0 T_k\} = 1,$$

где $C_1 = A(T_{kзад}) \lambda_0$; $C_2 = \exp\{\lambda_0 \tau_k\}$.

Период $T_{kopt} \sim \partial A \left(\frac{T_k}{\partial T_k} \right) = 0$, откуда находим, что $T_{kopt} \approx \sqrt{2\tau_k T_0}$, $T_0 = \frac{1}{\lambda}$.

В случае резервированного объекта с нагруженным резервом вероятность безотказной работы $R(t) = 2 \exp\{-\lambda_0 t\} - \exp\{-2\lambda_0 t\}$.

Заданная готовность РЭС :

$$A(T_k) = \frac{3}{2\lambda_0 T_0} + \frac{1}{2\lambda_0 T_k} \exp\{-2\lambda_0 (T_k - \tau_k)\} - \frac{1 - \exp\{\lambda_0 \tau_k\}}{\lambda_0 T_k} \exp\{-\lambda_0 T_k\}.$$

Из этого уравнения можно определить период контроля работоспособного состояния дублированного объекта, чтобы обеспечить заданное значение средней готовности.

Если закон распределения $P(t)$ неизвестен, то в общем виде задачу определения T_{kopt} можно сформулировать следующим образом, каждой конкретной СДК соответствует реализация $r_A(t_0+t)$ случайного процесса, представляющая зависимость аппаратной погрешности измерений от времени. Эта составляющая входит составной частью в полную погрешность процесса $r(t)$. Случайный процесс $r(t)$ будем описывать одномерным

распределением $w[r(t)]$ полной погрешности r для множества реальных систем с начальным временем работы t_0 .

На этапе эксплуатации ограничения роста погрешностей во времени можно сформулировать в виде требования:

$$P[r(t) > \Delta], \quad t \in (t_0, t_0 + T) \leq \varepsilon$$

Задача уменьшения погрешности РЭС на этапе эксплуатации заключается в выборе метода контроля и регулировки, а также числа и расстановки моментов проведения этих операций. Если методы контроля и регулировки выбраны, то качественная сторона процесса предстанет наглядно (рис. 13.2).
Кривые плотностей вероятностей

$$\omega[r(t_0)], \quad \omega[r(t_1)], \quad \dots, \omega[r(t_k)]$$

случайного процесса $r(t)$ соответствуют различным моментам времени $t_0, t_1, \dots, t_k$.

Вероятность превышения полной погрешностью системы допустимого значения Δ определяется выражением:

$$P[r(t) > \Delta] = \int_{\Delta}^{\infty} P[r(t)] dr$$

Кривая $P[r(t) > \Delta]$ имеет тенденцию с течением времени возрастать. Для того чтобы РЭС была в норме, необходимо в определенный момент времени подвергать ее повторной регулировке, после которой кривая плотности вероятности $\omega[r(T_p - 0)]$ вырождается в кривую $\omega[r(T_p^*)]$ (время регулировки не учитываем).

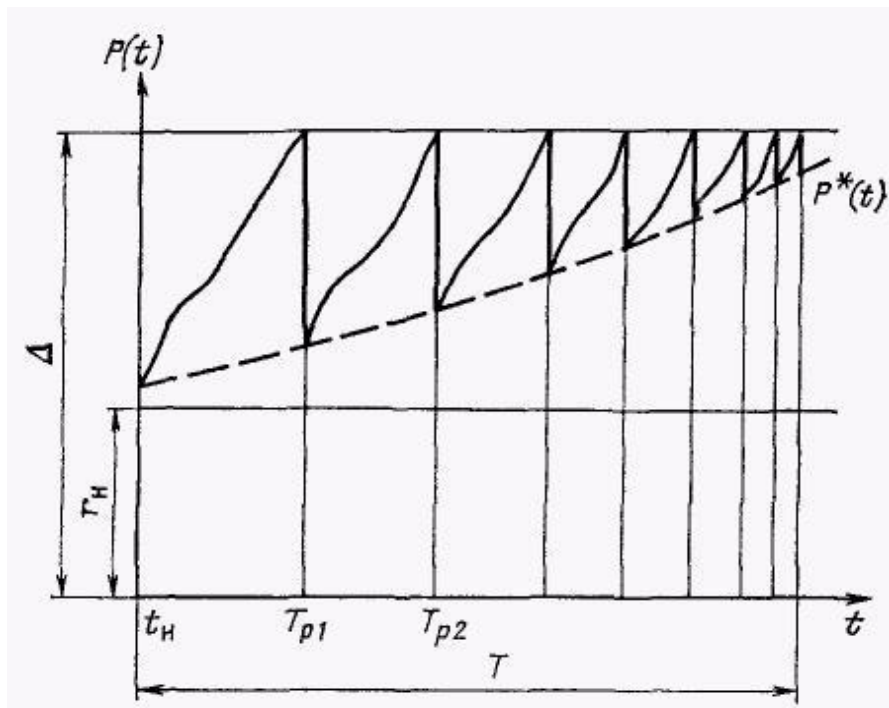


Рисунок 13.1 - К выбору периодичности диагностирования РЭС

Таким образом, можно считать, что функция изменяется скачком, от величины $P(T_{p1}-0)$ до величины $P(T_{p1}+0)$, зависящим от качества регулировки. Подчеркнем, что при оптимальной регулировке параметры РЭС в общем случае не могут быть приведены в начальное состояние из-за ухода нерегулируемых параметров. Если функция $P(t)$ задана, то можно получить выражения для межповерочных интервалов $T_{p2+1} - T_{p2}$.

Момент T_{p1} первой регулировки находим из уравнения:

$$\Delta t = T_{p1} P(t_0 + \Delta t) = \varepsilon$$

решив его относительно Δt . В момент T_{p1} функция $P(t)$ изменилась от значения ε до значения P^*_1 . Момент T_{p2} второй регулировки находим аналогично

$$\Delta t = \frac{T_{p2}}{P(t_1 + \Delta t)} = \varepsilon$$

в результате $P^*_2 = P[T_{p1} + (T_{p2} + 0)]$. т. е. зная момент i -й регулировки, можно определить момент следующей $(i+1)$ регулировки из рекуррентного соотношения:

$$\Delta t = \frac{T_{pi}}{P(T_{pi} + \Delta t)} = \varepsilon \quad \text{при} \quad T_{pi} = \sum_{k=1}^i T_{pk}$$

Для того чтобы пользоваться этими соотношениями, надо знать функцию $P(t)$, представив ее достаточно правдоподобной моделью процесса $r(t)$. В качестве такой модели удобно использовать выражение $r(t) = a(t)r_-(t) + b(t)$; $t(t_0, t_0 + T)$, где

$a(t)$ и $b(t)$ - неотрицательные, возрастающие детерминированные функции, $r_-(t)$ - стационарный случайный процесс с нулевым математическим ожиданием и плотностью распределения вероятности $\omega(r)$ Для этого случая:

$$\omega[r(t)] = \frac{1}{a(t)} \omega\left[\frac{r_- - b(t)}{a(t)}\right]$$

Причем если интегральный закон записывается в виде:

$$\Phi(\Delta, t) = \int_0^{\Delta} \omega(r_-) dr_- ,$$

то

$$P(t) = \int_{\Delta}^{\infty} P[r(t)] dr = 1 - \Phi\left[\frac{\Delta - b(t)}{a(t)}\right],$$

$$R(t) = \int_0^{\infty} r p[r(t)] dr < \Delta_R :$$

а погрешность по типу

$$R(t) = b(t)$$

При этом функция $R(t)$ неслучайна, ее вид напоминает функцию $P(t)$.
Выражение, устанавливающее связь между $P(t)$ и $R(t)$, принимает вид:

$$P(t) = P[r(t) > \Delta] = \frac{R(t)}{\Delta}.$$

В заключение отметим, что, поскольку с течением времени функция $P^*(t)$ возрастает, длительность межрегулировочных интервалов уменьшается. Общая стоимость регулировочных работ будет возрастать и, начиная с определенного момента, эксплуатация РЭС может стать нерентабельной.

Одним из подходов к оптимизации периодичности диагностирования РЭС является метод, основанный критерием максимума коэффициента технического использования - $\max \{K_{ТИ}\}$. Целесообразность использования этого критерия заключается в том, что $K_{ТИ}$ - один из комплексных показателей системы высшего иерархического уровня - системы управления безотказностью, а ОД - РЭС в большинстве случаев применения работают в режимах ожидания функционального использования, начало и конец которого распределены случайным образом коэффициент готовности таких систем $K_g \rightarrow 1$. Очевидно, что режим диагностирования РЭС должен помогать управлять показателями ее качества и ни в коем случае не снижает таковые. Тестовое диагностирование, с одной стороны, выводит РЭС из режима применения, с другой стороны, позволяет обнаруживать дефекты или скрытые отказы, выявление и устранение которых по результатам диагностирования повышает вероятность пребывания РЭС в состоянии исправности. Для решения поставленной задачи - оптимизация T_d следует использовать модели

вероятностных процессов. Составляя модель, целесообразно учитывать такие состояния, как исправное, работоспособное (развивается дефект), функционирования (скрытый отказ), нефункционирование, диагностирование РЭС в первых трех состояниях с последующим восстановлением исправности и восстановлением исправного состояния в случае возникновения отказа.

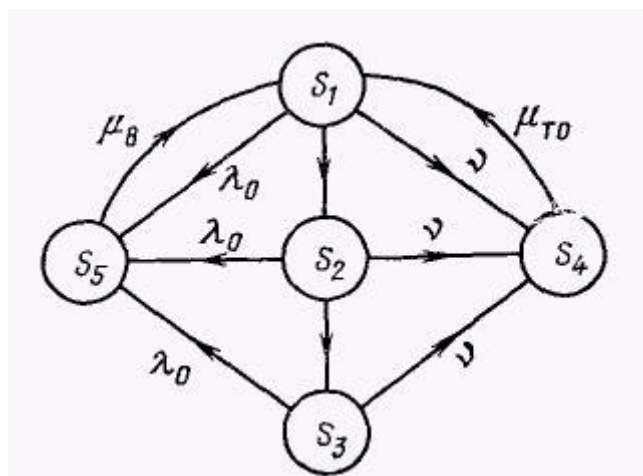


Рисунок 13.2 - Граф состояний РЭС для расчета зависимости коэффициента технического использования от периода диагностирования

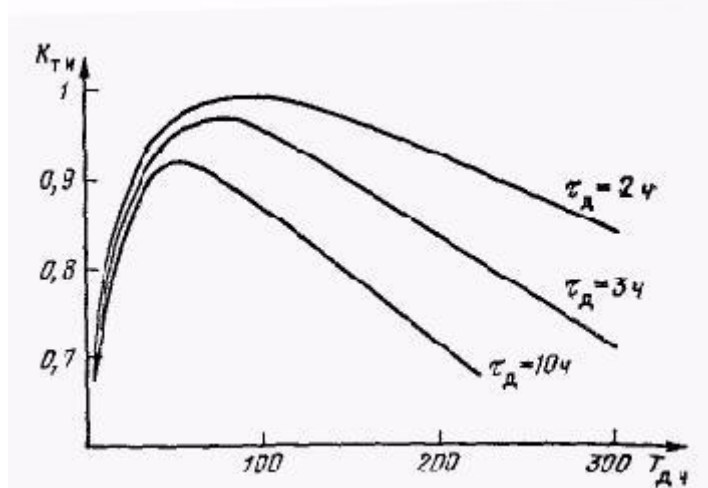


Рисунок 13.3 - Зависимость коэффициента технического использования РЭС от периодичности диагностирования и среднего времени диагностирования

На рисунке 13.2 приведен ориентированный граф состояний, представляющий следующие ситуации:

S_1 - ОД готов к использованию и находится в исправном состоянии;

S_2 - ОД готов к использованию, в нем возник дефект, РЭС в работоспособном состоянии;

S_3 - ОД в неработоспособном, но функционирующем состоянии (скрытый отказ);

S_4 - ОД в режиме диагностирования и восстановления;

S_5 - ОД восстанавливается после отказа с интенсивностью.

Задача решается следующим образом: составляется система дифференциальных уравнений Колмогорова - Чепмена (процесс изменения состояний полагаем марковским и стационарным), которая трансформируется в систему алгебраических уравнений.

Коэффициент технического использования находится как сумма вероятностей $p(S_1) + p(S_2) = K_{\text{ти}}$.

После решения системы уравнений для графа (рис. 13.2) получаем выражение:

$$K_{\text{ти}} = \frac{\gamma\mu(\lambda_0 + \nu + 2\lambda_1)(\lambda_0 + \nu)}{(\gamma\mu + \nu + \lambda_0\mu)[(\lambda_0 + \nu)(\lambda_0 + \nu + 2\lambda_1)] + \lambda_1^2},$$

где $\gamma = \mu_e = \frac{1}{\tau_e}$; $\mu = \mu_{\text{го}} = \frac{1}{\tau_d}$; λ_0, λ_1 - параметры потока перехода РЭС в различные состояния, $\nu = \frac{1}{\tau_d}$.

Оптимум выражения $K_{\text{ти}} = f(T_d)$ может быть получен либо аналитическим путем $\left\{ \frac{d[K_{\text{ти}}(T_k)]}{dT_k} \right\} \rightarrow 0$, либо путем расчета зависимости $K_{\text{ти}}$ от T_d на ЦВМ (микроЭВМ), что предпочтительнее. В результате этих расчетов вычисляются зависимости, представленные на рисунке 13.3, по которым можно не только определять оптимальные значения T_d , но проследивать влияние других параметров, например τ_e, τ_d на $K_{\text{ти}}$.

Рассмотренная модель представляет состояния диагностирования и восстановления исправности как единые, между тем в реальной ситуации выбора оптимального значения T_d должны учитываться такие показатели, как достоверность диагностирования D в различных ситуациях и длительность диагностирования T_d . На рисунке 13.4 приведен граф состояний РЭС, в котором отображены следующие ситуации:

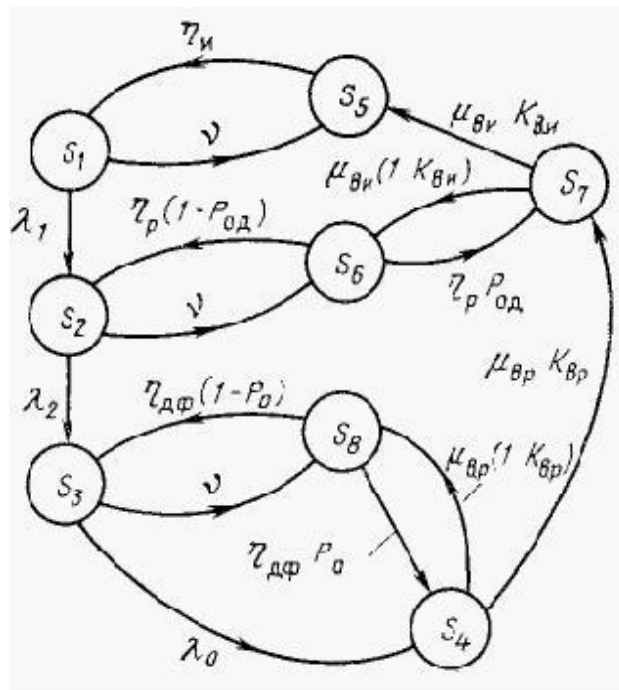


Рисунок 13.4 - Граф состояний РЭС для исследования зависимости коэффициента технического использования от показателей диагностирования

S_1 - ОД исправен и готов к функциональному использованию;

S_2 - ОД работоспособен, готов к функциональному использованию, но в нем есть дефект;

S_3 - ОД готов к функциональному использованию, но в нем скрытый отказ;

S_4 - ОД отказал, в нем восстанавливается работоспособное состояние;

S_5 - диагностируется исправный ОД и с интенсивностью

$$\eta_n = \frac{1}{\tau_{дн}}$$

возвращается в состояние готовности;

S_6 - диагностируется работоспособный ОД, с вероятностью $P_{од}$ в нем обнаруживается дефект и устраняется в состоянии;

S_7 - восстановление исправности с интенсивностью $\mu_{ви} = 1/m_{в.и}$;

S_8 - диагностируется функционирующий объект, с вероятностью P_0 в нем обнаруживается отказ, после чего РЭС переводится в состояние восстановления работоспособности с интенсивностью $\mu_{в.р}$. Качество восстановления исправного состояния определяется коэффициентом $K_{ви}$, а работоспособного, $K_{в.р}$, которые могут быть связаны с показателями контролепригодности ОД.

Учитывая, что на практике показатели достоверности диагностирования велики, вероятности $P_{од}$, P_0 и коэффициенты $K_{в.р}$ и $K_{ви}$ близки к 0,9, то

оптимальное значение T_{∂} оказывается близким к указанному выше, а форма зависимости $K_{ТИ} = f(T_{\partial})$ -аналогичной (рис. 13.3).

Необходимо отметить, что введенные вероятности P_0 и P_{OP} и коэффициенты качества восстановления зависят от вероятностных характеристик ДП и заданных допусков на их нижнее и верхнее значения. Жесткий допуск на ДП может привести к тому, что значение $T_{\partial opt}$ сдвинется влево (см. рис. 13.3), частота проверок возрастет и появится большое количество неоправданных операций в связи с возникновением ложных отказов.

Контрольные вопросы к 13 разделу

1. Раскройте понятие достоверность диагностирования и контроля
2. Что такое методическая и инструментальная достоверность?
3. Что является причинами низкой достоверности контроля ?
4. Какие отказы СрДК существуют? Какие из них являются наиболее опасными и почему?
5. Для чего рассчитывается достоверность ТО?
6. Какой вид имеет график зависимости $H(t)$?
7. Как определяется период контроля работоспособного состояния дублированного объекта?
8. Как определяется момент регулировки из рекуррентного соотношения?