

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРИОДА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

В. А. ВОРОБЬЕВ, В. Н. ПРЯХИН, В. Б. ХРАПОВ
(Кафедра электрификации с.-х. производства)

В настоящее время техническая диагностика систем автоматики выделилась в самостоятельное перспективное научное направление. Одной из важных ее проблем является научная организация диагностирования систем в процессе испытания и эксплуатации. Правильный выбор периодичности определения технического состояния устройств повышает их эксплуатационную надежность. Очевидно, оптимальность организации диагностирования систем может быть оценена надежностью работы устройств, в частности коэффициентом готовности, и стоимостью самой диагностики с учетом периодов полных и частичных проверок [1].

В этой связи научный и практический интерес представляет определение максимально возможного значения коэффициента готовности изделия при заданных затратах на полное и частичное диагностирование.

Пусть известна функция коэффициента готовности изделия κ_r от значений периодов полного и частичного диагностирования T_1 и T_2

$$\kappa_r = f_1(T_1, T_2). \quad (1)$$

Соответственно функцию стоимости полного и частичного диагностирования изделия C можно представить следующим образом:

$$C = f_2(T_1, T_2). \quad (2)$$

Уравнение для коэффициента готовности κ_r в формуле (1) согласно [3] имеет вид $\kappa_r = \exp[-\lambda_n (T_1 - T_2)] [1 - \exp(-\lambda(\tau_{cp} - T_2))]/\lambda T_2$, (3)

где λ — интенсивность отказов диагностируемого изделия; λ_n — интенсивность возникновения неисправности, не обнаруживаемая частичным диагностированием; τ_r — затраты времени на одну контрольную проверку при частичном диагностировании; τ_{cp} — средние затраты времени на одну контрольную проверку при частичном диагностировании.

Функцию стоимости C в выражении (2) можно записать в виде

$$C = C_1 + C_2, \quad (4)$$

где C_1 и C_2 — общие затраты соответственно на полное и частичное диагностирование изделия за время t .

В свою очередь,

$$C_1 = C_{01} t / (T_1 + \tau_1), \quad (5)$$

$$C_2 = C_{02} t / (T_2 + \tau_2). \quad (6)$$

Здесь C_{01} и C_{02} — затраты на одну контрольную проверку соответственно при пол-

ном и частичном диагностировании изделия; τ_1 и τ_2 — затраты времени на одну контрольную проверку при полном и частичном диагностировании.

Так как $T_1 \gg \tau_1$ и $T_2 \gg \tau_2$, в выражениях (5) и (6) можно принять $\tau_1 \approx 0$ и $\tau_2 \approx 0$.

Учитывая последнее и подставив при этом (5) и (6) в формулу (4), получим

$$C = C_{01} t / T_1 + C_{02} t / T_2. \quad (7)$$

Сформулируем поставленную задачу математически: необходимо определить

$$\max \kappa_r(T_1, T_2) \quad (8)$$

при наличии ограничения

$$C(T_1, T_2) \leq C_3, \quad (9)$$

где $0 < \kappa_r < 1$.

Для расчета оптимальных периодов полного и частичного диагностирования T_1 и T_2 при выполнении условий (8) и (9) используем известный метод уравнивания чувствительности по отдельным элементам сложных технических систем [2, 3].

Суть использования данного метода применительно к решению поставленной выше задачи заключается в следующем.

Уравнение чувствительности l_{T_1} изделия при изменении коэффициента готовности изделия κ_r и стоимости его диагностирования C в зависимости от изменения периода при T_1 имеет вид

$$l_{T_1} = \frac{d\kappa_r}{dC} \Big|_{\Delta T_1} = \frac{\partial \kappa_r / \partial T_1}{\partial C / \partial T_1}, \quad (10)$$

где $\partial \kappa_r / \partial T_1$ — чувствительность коэффициента готовности к изменению периода полного диагностирования T_1 ; $\partial C / \partial T_1$ — чувствительность стоимости диагностирования изделия к изменению периода полного диагностирования T_1 .

Соответственно l_{T_2} при условии изменения κ_r и C от периода частичного диагностирования T_2 определяется

$$l_{T_2} = \frac{d\kappa_r}{dC} \Big|_{\Delta T_2} = \frac{\partial \kappa_r / \partial T_2}{\partial C / \partial T_2}. \quad (11)$$

Процедура оптимизации периодов T_1 и T_2 заключается в последовательном движении в направлении наибольшей скорости роста функции κ_r изделия, т. е. в последовательном повышении коэффициента готовности κ_r за счет выбора полного или частичного периода, чувствительность изделия по которому на данном этапе наибольшая.

Процесс повторяется до тех пор, пока стоимость диагностирования при полном и частичном диагностировании не будет равна или немного меньше заданной C_3 . При

этом происходит уравнивание чувствительностей, которые равны оптимальной l_0 :

$$l_{T_1} = l_{T_2} = l_0. \quad (12)$$

Для реализации описанной процедуры

$$l_{T_1} = \frac{[1 - \exp \lambda (\tau_{cp} - \tau_2)] \exp [-\lambda_n (T_1 - T_2)] (-\lambda_n) T_1^2}{-\lambda T_2 C_{01} t}; \quad (13)$$

$$l_{T_2} = \frac{\exp [-\lambda_n (T_1 - T_2)] (\lambda_n T_2 - 1) [1 - \exp \lambda (\tau_{cp} - \tau_2)]}{-\lambda C_{02} t}. \quad (14)$$

Используя (13) и (14), условия уравниваемой чувствительности при полном и частичном диагностировании изделий (12), а также выражение (7) при ограни-

чения оптимальных T_1 и T_2 , подставляя формулы (3) и (7) в выражение (11), после некоторых преобразований соответственно получим

$$l_0 = \frac{[1 - \exp \lambda_n (\tau_{cp} - \tau_2)] \exp [-\lambda_n (T_1 - T_2)] (-\lambda_n) T_1^2}{-\lambda T_2 C_{01} t} \quad (15)$$

$$l_0 = \frac{\exp [-\lambda_n (T_1 - T_2)] (\lambda_n T_2 - 1) [1 - \exp \lambda (\tau_{cp} - \tau_2)]}{-\lambda C_{02} t} \quad (16)$$

$$C_3 = \frac{C_{01} t}{T_1} + \frac{C_{02} t}{T_2}. \quad (17)$$

Поскольку левые части уравнений (15) и (16) равны, приравняем их правые части. В результате преобразований получим

$$T_1 = \sqrt{\frac{T_2 (1 - \lambda_n T_2)}{\lambda_n}} \cdot \frac{C_{01}}{C_{02}}. \quad (18)$$

Определяя из формулы (17) T_1 и подставляя его значение в (18), получим

$$T_2 = \frac{(C_3 - C_{02} t)^2}{\lambda_n [C_{01}^2 t^2 + (C_3 - C_{02} t)^2]}. \quad (19)$$

Методика оптимизации периодов частичного и полного диагностирования по двум критериям — коэффициент готовности и стоимость определения технического состояния изделия — заключается в следующем:

1. По формуле (19) при известных входных параметрах λ_n , C_{01} , C_{02} , t и заданном ограничении на стоимость диагностирования C_3 определяют оптимальный период частичного диагностирования технического состояния изделия T_2 .

2. По формуле (18) вычисляют оптимальный период полного диагностирования изделия T_1 .

3. По формуле (7) проводят проверку условия (9) ограничения по стоимости диагностирования изделия $C \leq C_3$.

4. По формуле (3) находят максимально возможный коэффициент готовности изделия K_T при оптимальных значениях периодов полного и частичного диагностирования T_1 и T_2 .

Предложенный метод расчета обладает высокой точностью и прост в применении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев В. А., Дегтерев Г. П., Пряхин В. Н. О надежности некоторых типов автоматизированных систем управления поливом, подкормкой и увлажнением воздуха. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 4, с. 188—193. — 2. Дедков В. К., Северцев Н. А. Основные вопросы эксплуатации сложных систем. М.: Высшая школа, 1976. — 3. Кулаков Н. Н., Заго-

руйко А. О. Методы оценки повышения надежности технических изделий по технико-экономическим показателям. М.: Наука, Сиб. отд., 1969. — 4. Храпов В. Б. Оптимизация запасных изделий. — Механизация и электрификация социалистич. сельск. хоз-ва, 1978, № 1.

Статья поступила 24 ноября 1982 г.

SUMMARY

Method of calculation of optimum periods of partial and all-round control over the technical condition of automatic systems according to the criteria of reliability of a system and the cost of diagnosis were worked out. The method of calculation is simple as to its application and is of high accuracy.