

УДК 621.317.733: 621.314

М.А. КРЮКОВ, И.В. РУЖЕНЦЕВ, А.В. ДЕГТЯРЁВ

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

МОДЕЛЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ СИГНАЛОВ

В данной статье предложена модель эксплуатации измерительной информационной системы с цифровой обработкой данных на базе промышленного компьютера. При помощи данной модели может быть получено аналитическое выражение для коэффициента готовности измерительной информационной системы. В статье предлагается осуществлять установление первичного межповторочного интервала путём нахождения максимума функции зависимости коэффициента готовности от значения межповторочного интервала. Приведены модели эксплуатации для модуля АЦП и для промышленного компьютера, включающие в себя графы и выражения для совокупности вероятностных характеристик процесса эксплуатации измерительной информационной системы. Приведены выражения для коэффициента готовности.

Ключевые слова: измерительная информационная система, модель эксплуатации, полумарковские процессы, коэффициент готовности, межповторочный интервал.

Постановка проблемы

В настоящее время в различных сферах человеческой деятельности широко применяются измерительные информационные системы (ИИС) с цифровой обработкой сигналов (ЦОС).

В данной статье рассматриваются ИИС с ЦОС на базе промышленного компьютера (ПРК) и недублируемых модулей АЦП [1, 2]. Следует заметить, что ИИС такой структуры считается неработоспособной при выходе из строя как промышленного компьютера, так и любого из модулей АЦП.

Измерительная информационная система с ЦОС будет надёжной, а её эксплуатация эффективной только при условии обеспечения контроля её метрологических характеристик при периодической проверке (калибровке).

При этом проблемным является вопрос установления межповторочного интервала (МПИ), обеспечивающего, с одной стороны, требуемый уровень надёжности ИИС, а с другой стороны – эффективное использование средств метрологического обеспечения.

Таким образом, задача разработки научно обоснованной методики установления межповторочного интервала ИИС с ЦОС является актуальной.

Анализ литературы и цель работы

Известные методики установления первичных МПИ в основном опираются на статистические данные об эксплуатации аналогичных средств измерительной техники [3, 4].

Так, в [3] описаны два критерия для установления МПИ: критерий безотказной работы по метрологическим отказам и критерий скорости изменения погрешности. Первый критерий применяется в двух случаях: при первоначальной оценке МПИ, когда была проведена опытная эксплуатация ИИС с ЦОС, и в случае, когда требуется скорректировать МПИ по данным более длительной эксплуатации ИИС. В обоих случаях в формулах для расчёта МПИ в качестве исходных данных присутствует вероятность безотказной работы по метрологическим отказам, статистическая оценка которой может быть получена при условии наличия данных о доле ИИС, забракованных за период опытной эксплуатации.

Второй критерий также опирается на совокупность данных, полученных в результате опытной эксплуатации ИИС (в частности, на математическое ожидание M времени наработки ИИС до изменения погрешности на заданную величину и на количество измерительных каналов, погрешность которых превышает допустимые значения). Для оценки же M необходимо в течение достаточно длительного периода осуществлять контроль погрешности ИИС с ЦОС.

В [4] также изложена методика установления первоначального значения МПИ, основанная на использовании характеристик конкретной ИИС. Исходными данными для расчёта первоначального значения МПИ являются СКО погрешности ИИС, интенсивность отказов или среднее время безотказной работы, характеристики погрешности измеряемого параметра, заданная норма точности ИИС. Также в перечень исходных данных входит суммар-

ный факторный коэффициент, представляющий собой сумму коэффициентов, зависящих от различных свойств ИИС и условий её эксплуатации.

Анализируя содержание документов [3, 4], можно сделать вывод, что предлагаемые в них методические подходы к установлению МПИ не в полной мере соответствуют специфике ИИС с ЦОС ввиду отсутствия либо сложности получения полной совокупности требуемых исходных данных. Кроме того, в указанных источниках присутствуют термины и исходные данные, допускающие их неоднозначную трактовку, что может привести к получению ошибочных результатов при расчёте МПИ, и, как следствие, к снижению достоверности контроля метрологических характеристик ИИС.

Целью работы является разработка модели эксплуатации ИИС с ЦОС на основе теории полумарковских процессов.

Изложение основных результатов работы

Для разработки модели эксплуатации применим подход, описанный, например, в [5] и применяющийся для установления первичного МПИ. При этом осуществляется поиск функциональной зависимости между коэффициентом готовности (КГ) и МПИ с последующим выбором такого значения МПИ, которое соответствует максимуму КГ. Заметим, что коэффициент готовности (безразмерная величина, представляющая собой долю времени, в течение которого ИИС пребывает в состоянии готовности к применению) определяется выражением:

$$K_{\Gamma} = \frac{T_0}{T_0 + T_{\text{НЕГ}}}, \quad (1)$$

где T_0 - время, в течение которого ИИС с ЦОС пребывает в состоянии готовности к применению;

$T_{\text{НЕГ}}$ - время, в течение которого ИИС с ЦОС пребывает в состоянии неготовности к применению (таким образом, $T_0 + T_{\text{НЕГ}}$ - время полного цикла эксплуатации ИИС).

Синтез выражения для определения КГ может быть осуществлен на основе построения модели эксплуатации ИИС с ЦОС. Для этого целесообразно применить математический аппарат полумарковских процессов (будем полагать, что процесс эксплуатации ИИС с ЦОС представляет собой полумарковский процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем). Возможные состояния и пути переходов между состояниями удобно изображать в виде графа, вершинами которого являются возможные состояния ИИС в процессе

эксплуатации, а дуги графа показывают направления возможных переходов.

Поскольку, как было отмечено выше, в состав ИИС с ЦОС входит промышленный компьютер и недублируемых модулей АЦП, необходимо рассчитать КГ для каждого из этих функциональных блоков. Рассчитать же результирующее значение коэффициента готовности ИИС с ЦОС можно путём перемножения коэффициентов готовности для каждого из модулей, входящих в состав системы. Такой подход можно обосновать следующим образом: в случае отказа любого модуля система переходит в неработоспособное состояние, следовательно, с точки зрения надёжности систему можно представить, как совокупность последовательно соединённых функциональных блоков.

Для разработки модели эксплуатации модуля АЦП проанализируем его возможные состояния. Модуль работает в исправном состоянии S_1 , однако может внезапно отказать с интенсивностью λ_{13} и перейти в неработоспособное состояние S_3 , при этом его выводят из эксплуатации и переводят в состояние ремонта S_4 . Из работоспособного состояния S_1 модуль может с периодичностью T_{Π} подвергаться проверке (S_5 - состояние проверки работоспособного модуля).

Аналогичные переходы и с той же периодичностью модуль АЦП может совершать из состояния неработоспособности со скрытым отказом S_2 .

Проверка неработоспособной ИИС (состояние S_7) может сопровождаться ошибками первого рода с условной вероятностью λ_{72} , в результате которых система переходит в состояние S_2 . Проверка работоспособной ИИС может сопровождаться ошибками второго рода с условной вероятностью λ_{56} , в результате которых система переходит в состояние ложного ремонта S_6 .

Граф модели эксплуатации модуля АЦП будет выглядеть следующим образом (рис. 1).

Определим интенсивности λ_{ij} :

$$\begin{aligned} \lambda_{12} &= \frac{1}{T_{\text{НМХ}}}, \quad \lambda_{13} = \frac{1}{T_{\text{БОР}}}, \quad \lambda_{23} = \frac{1}{T_{\text{БОР}}}, \\ \lambda_{34} &= \frac{1}{\tau_{\text{ОР}}}, \quad \lambda_{51} = \frac{1 - \alpha_{\text{ЛО}}}{\tau_{\Pi}}, \quad \lambda_{15} = \frac{1}{T_{\Pi}}, \\ \lambda_{65} &= \frac{1}{\tau_{\text{Р}}}, \quad \lambda_{45} = \frac{1}{\tau_{\text{Р}}}, \quad \lambda_{56} = \frac{\alpha_{\text{ЛО}}}{\tau_{\Pi}}, \\ \lambda_{72} &= \frac{\alpha_{\text{НО}}}{\tau_{\Pi}}, \quad \lambda_{27} = \frac{1}{T_{\Pi}}, \quad \lambda_{74} = \frac{1 - \alpha_{\text{НО}}}{\tau_{\Pi}}, \end{aligned}$$

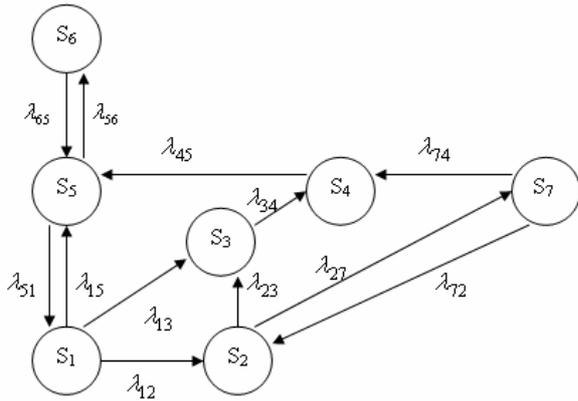


Рис. 1. Граф модели эксплуатации модуля АЦП

где $T_{НМХ}$ – среднее время, в течение которого метрологические характеристики (МХ) модуля АЦП находятся в диапазоне допустимых значений;

$T_{БОР}$ – среднее время безотказной работы модуля АЦП;

$\tau_{ОР}$ – среднее время ожидания ремонта;

$\tau_{П}$ – среднее время, затрачиваемое на поверку;

$\tau_{р}$ – среднее время, затрачиваемое на ремонт;

$T_{П}$ – межповерочный интервал;

$\alpha_{ЛО}$ – вероятность ложного отказа;

$\alpha_{НО}$ – вероятность необнаруженного отказа.

Как известно [6, 7], полумарковский процесс можно описать, задав матрицу вероятностей $P(t)$ пребывания системы в каждом из возможных состояний. Для этого необходимо для каждого перехода определить вид независимой функции распределения $Q_{ij}(t)$ времени ожидания перехода (ij) , т.е. такой функции распределения, которая имела бы место, если бы дуга (ij) была бы единственным направлением выхода модуля из i -го состояния. Для ИИС с ЦОС получим:

$$Q_{12} = 1 - e^{-\lambda_{12}t}, \quad Q_{13} = 1 - e^{-\lambda_{13}t}, \quad Q_{15} = \begin{cases} 1, & t \geq T_{П}, \\ 0, & t < T_{П}. \end{cases}$$

$$Q_{23} = 1 - e^{-\lambda_{23}t}, \quad Q_{27} = \begin{cases} 1, & t \geq T_{П}, \\ 0, & t < T_{П}. \end{cases}$$

$$Q_{34} = \begin{cases} 1, & t \geq \tau_{ОР}, \\ 0, & t < \tau_{ОР}. \end{cases} \quad Q_{45} = \begin{cases} 1, & t \geq \tau_{р}, \\ 0, & t < \tau_{р}. \end{cases}$$

$$Q_{51} = \begin{cases} 1 - \alpha_{ЛО}, & t \geq \tau_{П}, \\ 0, & t < \tau_{П}. \end{cases}$$

$$Q_{56} = \begin{cases} \alpha_{ЛО}, & t \geq \tau_{П}, \\ 0, & t < \tau_{П}. \end{cases} \quad Q_{65} = \begin{cases} 1, & t \geq \tau_{р}, \\ 0, & t < \tau_{р}. \end{cases}$$

$$Q_{72} = \begin{cases} \alpha_{НО}, & t \geq \tau_{П}, \\ 0, & t < \tau_{П}. \end{cases} \quad Q_{74} = \begin{cases} 1 - \alpha_{НО}, & t \geq \tau_{П}, \\ 0, & t < \tau_{П}. \end{cases}$$

Далее необходимо получить зависимости для полной вероятности каждого перехода в соответствии с выражением

$$p_{ij}(t) = \int \prod_{0 \leq k \neq j} [1 - Q_{ik}(x)] dQ_{ij}(x). \quad (2)$$

С учётом этой формулы, получим:

$$p_{12} = \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{12} + \lambda_{13}} \left(1 - e^{-(\lambda_{12} + \lambda_{13})T_{П}} \right),$$

$$p_{13} = \frac{\lambda_{13}}{\lambda_{12} + \lambda_{13}} \left(1 - e^{-(\lambda_{12} + \lambda_{13})T_{П}} \right),$$

$$p_{15} = e^{-(\lambda_{12} + \lambda_{13})T_{П}}, \quad p_{23} = 1 - e^{-\lambda_{23}T_{П}},$$

$$p_{27} = e^{-\lambda_{23}T_{П}}, \quad p_{34} = 1, \quad p_{45} = 1, \quad p_{51} = 1 - \alpha_{ЛО},$$

$$p_{56} = \alpha_{ЛО}, \quad p_{65} = 1, \quad p_{72} = \alpha_{НО}, \quad p_{74} = \alpha_{НО}.$$

Получим выражения для безусловной функции распределения времени пребывания модуля в каждом из состояний при помощи формулы

$$F_i = 1 - \prod_{j \neq i} (1 - Q_{ij}(t)). \quad (3)$$

При помощи этого выражения получим:

$$F_1 = \begin{cases} 1 - e^{-(\lambda_{12} + \lambda_{13})t}, & t < T_{П}, \\ 1, & t \geq T_{П}. \end{cases}$$

$$F_2 = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda_{23}t}, & t < T_{П}, \\ 1, & t \geq T_{П}. \end{cases} \quad F_3 = \begin{cases} 0, & t < \tau_{ОР}, \\ 1, & t \geq \tau_{ОР}. \end{cases}$$

$$F_4 = \begin{cases} 0, & t < \tau_{р}, \\ 1, & t \geq \tau_{р}. \end{cases} \quad F_5 = \begin{cases} 0, & t < \tau_{П}, \\ 1, & t \geq \tau_{П}. \end{cases}$$

$$F_6 = \begin{cases} 0, & t < \tau_{р}, \\ 1, & t \geq \tau_{р}. \end{cases} \quad F_7 = \begin{cases} 0, & t < \tau_{П}, \\ 1, & t \geq \tau_{П}. \end{cases}$$

Определяем безусловные средние длительности пребывания в каждом из состояний, используя выражение

$$\mu_i = \int_0^{\infty} [1 - F_i(t)] dt. \quad (4)$$

В результате имеем

$$\mu_1 = \frac{1}{\lambda_{12} + \lambda_{13}} \left(1 - e^{-(\lambda_{12} + \lambda_{13})T_{П}} \right);$$

$$\mu_2 = \frac{1}{\lambda_{23}} \left(1 - e^{-\lambda_{23}T_{П}} \right); \quad \mu_3 = \tau_{ОР}; \quad \mu_4 = \tau_{р};$$

$$\mu_5 = \tau_{П}; \quad \mu_6 = \tau_{р}; \quad \mu_7 = \tau_{П}.$$

Для определения вероятности перехода модуля АЦП i -е состояние запишем систему линейных уравнений, пользуясь формулой

$$\pi_i = \sum_j \pi_j p_{ji}, \quad (5)$$

где π_i – вероятность перехода модуля АЦП в i -е состояние.

Таким образом, получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} \pi_1 = \pi_5 P_{51}, \\ \pi_2 = \pi_1 P_{12} + \pi_7 P_{72}, \\ \pi_3 = \pi_1 P_{13} + \pi_2 P_{23}, \\ \pi_4 = \pi_3 P_{34}, \\ \pi_5 = \pi_1 P_{15} + \pi_4 P_{45} + \pi_6 P_{65}, \\ \pi_6 = \pi_5 P_{56}, \\ \pi_7 = \pi_2 P_{27}. \end{cases}$$

В силу отсутствия свободного члена во всех уравнениях данной системы необходимо дополнить её нормировочным условием:

$$\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 + \pi_5 + \pi_6 + \pi_7 = 1.$$

Заменим одно из уравнений системы нормировочным условием, тогда получим:

$$\pi_1 = 1 / \left(1 + \frac{P_{12} + P_{12}P_{27} + P_{12}P_{23} + P_{12}P_{23}P_{34}}{1 - P_{27}P_{72}} + P_{13} + P_{13}P_{34} + \frac{1 + P_{56}}{P_{51}} \right).$$

Вычислив π_1 , можно определить π_i по формулам:

$$\pi_2 = \frac{\pi_1 P_{12}}{1 - P_{27}P_{72}}; \quad \pi_3 = \pi_1 \left(P_{13} + \frac{P_{12}P_{23}}{1 - P_{27}P_{72}} \right);$$

$$\pi_4 = \pi_1 \left(P_{13}P_{34} + \frac{P_{12}P_{23}P_{34}}{1 - P_{27}P_{72}} \right); \quad \pi_5 = \frac{\pi_1}{P_{51}};$$

$$\pi_6 = \frac{\pi_1 P_{56}}{P_{51}}; \quad \pi_7 = \frac{\pi_1 P_{12}P_{27}}{1 - P_{27}P_{72}}.$$

Далее необходимо вычислить среднюю длительность цикла по формуле:

$$\mu = \pi_1 \mu_1 + \pi_2 \mu_2 + \pi_3 \mu_3 + \pi_4 \mu_4 + \pi_5 \mu_5 + \pi_6 \mu_6 + \pi_7 \mu_7;$$

Вычислить вероятность пребывания системы в каждом из состояний можно вычислить по формуле:

$$P_i = \frac{\pi_i \mu_i}{\mu},$$

откуда

$$P_1 = \frac{\pi_1 \mu_1}{\mu}$$

Поскольку, как было отмечено выше, КГ – относительная величина, физическим смыслом которой является среднее время пребывания ИИС в состоянии готовности к применению, в данном случае временные интервалы можно заменить на соответствующие вероятности. Таким образом, формула для коэффициента готовности (1) примет вид:

$$K_{\Gamma} = \frac{P_0}{P_0 + P_{\text{НЕГ}}},$$

где P_0 и $P_{\text{НЕГ}}$ – соответственно вероятности пребывания системы в состояниях готовности и неготовности к применению.

Таким образом,

$$K_{\Gamma \text{ АЦП}} = \frac{P_1}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7};$$

а поскольку $P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 = 1$,

$$K_{\Gamma \text{ АЦП}} = P_1. \quad (6)$$

Модель эксплуатации промышленного компьютера несколько проще модели эксплуатации модуля АЦП, поскольку промышленный компьютер не обладает метрологическими характеристиками, которые необходимо контролировать. Он может пребывать в четырёх состояниях: работоспособном S'_1 , неработоспособном S'_2 , в состоянии ремонта S'_3 и в состоянии техобслуживания S'_4 . Граф будет выглядеть следующим образом:

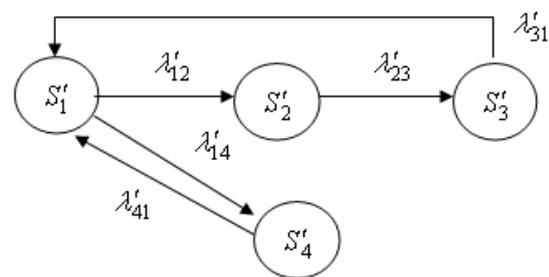


Рис. 2. Граф модели эксплуатации промышленного компьютера

Определим интенсивности λ'_{ij} :

$$\lambda'_{12} = \frac{1}{T_{\text{БПК}}}; \quad \lambda'_{23} = \frac{1}{\tau_{\text{ОРПК}}}; \quad \lambda'_{31} = \frac{1}{\tau_{\text{РПК}}};$$

$$\lambda'_{14} = \frac{1}{T_{\text{ТО}}}; \quad \lambda'_{41} = \frac{1}{\tau_{\text{ТО}}},$$

где $T_{\text{БПК}}$ – среднее время безотказной работы ПРК;

$\tau_{\text{ОРПК}}$ – среднее время ожидания ремонта ПРК;

$\tau_{\text{РПК}}$ – среднее время ремонта ПРК;

$T_{\text{ТО}}$ – средний интервал между техобслуживаниями ПРК;

$\tau_{\text{ТО}}$ – средняя продолжительность техобслуживания ПРК.

Последовательность действий, необходимых для вычисления вероятности пребывания ПРК в каждом из состояний, такая же, как и при аналогичных расчетах для модуля АЦП. Результаты расчётов соответствующих величин приведены ниже.

Независимые функции распределения:

$$Q_{12}' = 1 - e^{-\lambda_{12}' t}, \quad Q_{14}' = \begin{cases} 1; & t \geq T_{TO}, \\ 0; & t < T_{TO}. \end{cases}$$

$$Q_{23}' = \begin{cases} 1; & t \geq \tau_{ОРПК}, \\ 0; & t < \tau_{ОРПК}. \end{cases}, \quad Q_{31}' = \begin{cases} 1; & t \geq \tau_{РПК}, \\ 0; & t < \tau_{РПК}. \end{cases}$$

$$Q_{41}' = \begin{cases} 1; & t \geq \tau_{ТО}, \\ 0; & t < \tau_{ТО}. \end{cases}$$

Применяя формулу (2), получаем полные вероятности переходов:

$$p_{12}' = 1 - e^{-\lambda_{12}' T_{TO}}, \quad p_{14}' = e^{-\lambda_{12}' T_{TO}},$$

$$p_{23}' = 1, \quad p_{31}' = 1, \quad p_{41}' = 1.$$

На основании (3) можно определить безусловные функции распределения времени.

$$F_1' = \begin{cases} 1; & t \geq T_{TO}, \\ 1 - e^{-\lambda_{12}' t}; & t < T_{TO}. \end{cases}, \quad F_2' = \begin{cases} 1; & t \geq \tau_{ОРПК}, \\ 0; & t < \tau_{ОРПК}. \end{cases}$$

$$F_3' = \begin{cases} 1; & t \geq \tau_{РПК}, \\ 0; & t < \tau_{РПК}. \end{cases}, \quad F_4' = \begin{cases} 1; & t \geq \tau_{ТО}, \\ 0; & t < \tau_{ТО}. \end{cases}$$

Используя формулу (4), получаем:

$$\mu_1' = \frac{1}{\lambda_{12}'} \left(1 - e^{-\lambda_{12}' T_{TO}} \right); \quad \mu_2' = \tau_{ОРПК};$$

$$\mu_3' = \tau_{РПК}; \quad \mu_4' = \tau_{ТО}.$$

Составляем систему уравнений, исходя из (5):

$$\begin{cases} \pi_1' = \pi_3' p_{31}' + \pi_4' p_{41}', \\ \pi_2' = \pi_1' p_{12}', \\ \pi_3' = \pi_2' p_{23}', \\ \pi_4' = \pi_1' p_{14}'. \end{cases} \quad (7)$$

Дополняя систему (7) нормировочным условием

$$\pi_1' + \pi_2' + \pi_3' + \pi_4' = 1, \text{ получим:}$$

$$\pi_1' = \frac{1}{1 + p_{12}' + p_{12}' p_{23}' + p_{14}'};$$

Остальные неизвестные можно получить с использованием (7).

Далее рассчитываем μ' :

$$\mu' = \pi_1' \mu_1' + \pi_2' \mu_2' + \pi_3' \mu_3' + \pi_4' \mu_4',$$

получаем:

$$P_1' = \frac{\pi_1' \mu_1'}{\mu'}.$$

Выражение для КГ промышленного компьютера:

$$K_{Г\text{ ПРК}} = \frac{P_1'}{P_1' + P_2' + P_3' + P_4'} = P_1'. \quad (8)$$

Таким образом, результирующее выражение для коэффициента готовности будет иметь вид:

$$K_{Г\text{ Р}} = K_{Г\text{ ПРК}} \times \prod_i K_{Г\text{ АЦП } i}.$$

Выражение для $K_{Г\text{ Р}}$ позволяет найти максимум функциональной зависимости коэффициента готовности от значения МПИ. Для этого можно продифференцировать зависимость $K_{Г\text{ Р}}$ по T_{Π} и отыскать корень получившегося выражения. Однако, выражение для КГ является достаточно громоздким, поэтому на практике дифференцирование и решение полученного уравнения – ресурсоёмкая задача. Поэтому для отыскания значения T_{Π} имеет смысл воспользоваться прямыми методами поиска, например, методом Фибоначчи [8].

Выводы

В работе предложена модель эксплуатации ИИС с ЦОС. При помощи данной модели может быть получено выражение для коэффициента готовности, исследование зависимости которого от межповторочного интервала позволяет установить оптимальную его протяженность.

Литература

1. Липин А. Информационно-измерительная система на отечественном оборудовании «Л-КАРД» [Электронный ресурс] / А. Липин, Н. Шилов // Электроника наука технология бизнес – 2002. – № 2. – Режим доступа до журналу: <http://www.electronics.ru/issue/2002/2/8>.
2. Система измерительная для учета массы Альбатрос ТанкСупервайзер [Электронный ресурс] / Neftegaz.Ru Каталог – Продукция – Системы контроля уровня. – 2010. – Режим доступа до сторінки: <http://www.neftegaz.ru/catalogue/product/view/1180341>
3. МИ 2002-89 Системы информационно-измерительные. Организация и порядок проведения метрологической аттестации. – Взамен МИ 162-78; введ. 01.01.90. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 35 с.
4. Вимірювальні інформаційні системи. Методика встановлення міжповторочних інтервалів: РМУ 018-2004 – введ. 15.04.2004. – Львів: Держспоживстандарт України, ДП «НДІ «Система»», 2004. – 17 с.

5. Чинков В.М. Напівмарковська модель метрологічного обслуговування типу засобу вимірювальної техніки військового призначення / В.М. Чинков, В.С. Спренне // Збірник наукових праць Одеського ордену Леніна Інституту сухопутних військ. – Вып. 12. – Одесса, 2006. – С. 136-141.

6. *Современные математические методы анализа и синтеза сложных систем: учебник* / Г.А. Беркетов, В.В. Блаженков, Л.И. Кравец, В.И. Оселедец;

под ред. В.В. Блаженкова. – М.: Министерство обороны СССР, 1984. – 395 с.

7. Блаженков В.В. Введение в прикладную теорию полумарковских моделей эксплуатации сложных систем / В.В. Блаженков. – М.: Министерство обороны СССР, 1979. – 70 с.

8. Зайченко Ю.П. Исследование операций / Ю.П. Зайченко. – К.: Выща школа. 1988. – 552 с.

Поступила в редакцию 3.03.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. авиационных приборов и измерений Н.Д. Кошевой, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Харьков.

МОДЕЛЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ЦИФРОВОЮ ОБРОБКОЮ СИГНАЛІВ

М.О. Крюков, І.В. Руженцев, О.В. Дегтярьов

У даній статті запропоновано модель експлуатації вимірювальної інформаційної системи з цифровою обробкою даних на базі промислового комп'ютера. За допомогою даної моделі може бути отримано аналітичний вираз для коефіцієнта готовності вимірювальної інформаційної системи. У статті пропонується здійснювати встановлення первинного міжповірного інтервалу шляхом знаходження максимуму функції залежності коефіцієнта готовності від значення міжповірного інтервалу. Наведено моделі експлуатації для модуля АЦП і для промислового комп'ютера, які включають у себе графі і вирази для сукупності ймовірнісних характеристик процесу експлуатації вимірювальної інформаційної системи. Наведено вирази для коефіцієнта готовності.

Ключові слова: вимірювальна інформаційна система, модель експлуатації, напівмарковські процеси, коефіцієнт готовності, міжповірочний інтервал.

MODEL OF OPERATION OF MEASURING THE INFORMATION SYSTEM WITH DIGITAL SIGNAL PROCESSING

M.A. Kriukov, I.V. Ruzhentsev, A.V. Degtyarev

The operational model of the information-measuring system with digital data processing based on an industrial computer is given in this article. With this model, we can derive an analytic expression for the availability of the information-measuring system. The article proposes to establish a primary calibration interval by finding the maximum of availability-calibration interval relation. The operational models for the ADC module and for the industrial computers, that include graphs and expressions for the set of probabilistic characteristics of the information-measuring system operating process, are given. The expressions for availability are given.

Keywords: Information-measuring system, operational model, semi-Markov processes, availability factor, calibration interval.

Крюков Михаил Александрович – аспирант Харьковского национального университета радиоэлектроники, Харьков, Украина, e-mail: mak1999@yandex.ru.

Руженцев Игорь Викторович – д-р техн. наук, проф., зав. каф. Метрологии и измерительной техники Харьковского национального университета радиоэлектроники, Харьков, Украина.

Дегтярьов Александр Валентинович – канд. техн. наук, старший преподаватель Харьковского национального университета радиоэлектроники, Харьков, Украина.