

На этом основании при $q_2 = 0$ $2^{q_2} \cdot t_{пр} = 4t_{л} > t_p = 2t_{л}$ и

$$T_o = t_{л} + 10t_{л} + 10t_{л} + t_{л} + 4 \cdot 2^{q_2} \cdot t_{л}.$$

Окончательно функционал по быстродействию запишется в виде:

$$F_f = T_o = t_{л} (22 + 2^{q_2 + 2}).$$

Отсюда частота смены выходного кода определится как:

$$f_k = 1/T_o = [t_{л} (22 + 2^{q_2 + 2})]^{-1}.$$

Частота смены кода при вращении вала определяется в основном частотой сигнала с младшей кодовой дорожки кодирующего элемента, число элементов на которой равно $2^{q_{\Sigma} - q_2}$.

Таким образом, частота вращения выходного вала ЦИП определится как:

$$F_f = f_c = [(22 + 2^{q_2 + 2}) \cdot 2^{q_{\Sigma} - q_2} \cdot t_{л}]^{-1}.$$

Описанный функционал позволяет оценить быстродействие разрабатываемого ЦИП.

Список использованных источников

1. В.М. Гречишников, А.В. Данилов, А.С. Капустин. Оптоэлектронный цифровой преобразователь угол - код с волоконными световодами. - Теория и проектирование систем автоматического управления и их элементов. Уфа, 1984, с. 83-86.
2. Интегральные микросхемы. Справочник. Под ред. Б.В.Тарабина. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 528с

НАДЕЖНОСТЬ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Капустин А.А., Капустин А.С.

Задача анализа надежности является одной из основных задач проектирования цифровых измерительных преобразователей (ЦИП). В связи с этим требуется разработка формальных методов оценки надежности ЦИП на этапе структурного и функционального проектирования.

Основными показателями надежности ЦИП могут быть вероятность безотказной работы $P(t)$, среднее время наработки на отказ T_o , среднее время безотказной работы T_c , среднее время восстановления T_b , коэффициент готовности K_r , который определяется из выражения:

$$K_r = T_o / (T_c + T_b).$$

Последние два показателя надежности свойственны только восстанавливаемым ЦИП. Под отказом ЦИП понимается событие, заключающееся в полной или частичной утере его работоспособности.

Конструктивная надежность ЦИП порождает конструктивный (внезапный) отказ. Отклонение основной метрологической характеристики ЦИП за пределы допустимого значения рассматривается как метрологи-

ческий отказ. Метрологический отказ является следствием возрастания погрешности ЦИП выше допустимого значения.

Время возникновения конструктивных отказов для невозстанавливаемых и нерезервированных ЦИП обычно подчинено экспоненциальному закону распределения. В этом случае вероятность безотказной работы ЦИП с учетом только конструктивных отказов определяется выражением:

$$P_k(t) = \exp \left[-t \sum_{\phi \in \Phi} A_{\phi} \lambda_{\phi} \right], \quad \forall \phi \in \{B\},$$

где A_{ϕ} - число однотипных функциональных узлов,

λ_{ϕ} - интенсивность отказа реализации ϕ -го функционального узла.

Принимая закон распределения погрешности δ ЦИП нормальным, частоту метрологических отказов можно определить из известного выражения:

$$f(\delta, t) = \frac{1}{\sigma_{\delta(t)} \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\delta - \bar{\delta}(t))^2}{2\sigma_{\delta(t)}^2} \right],$$

где $\bar{\delta}(t)$ и $\sigma_{\delta(t)}$ - соответственно математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение погрешности δ в момент времени t . Тогда вероятность отсутствия метрологического отказа $P_m(t)$, т.е. вероятность того, что погрешность δ ЦИП в момент времени t меньше допустимого значения δ_d определяется из выражения:

$$P_m(t) = P\{\delta \leq \delta_d\} = 0,5 + \Phi \left[\frac{\delta_d - \bar{\delta}(t)}{\sigma_{\delta(t)}} \right],$$

где $\Phi \left[\frac{\delta_d - \bar{\delta}(t)}{\sigma_{\delta(t)}} \right]$ - функция Лапласа или интегральная функция нормального распределения.

Предполагая вероятность $P_k(t)$ и $P_m(t)$ независимыми, вероятность безотказной работы ЦИП с учетом метрологических и конструктивных отказов представляется произведением:

$$P(t) = P_k(t) \cdot P_m(t).$$

При оценке надежности проектируемого ЦИП будем рассматривать функциональные узлы, интенсивности их отказов, а также интенсивности отказов работ, связанных с монтажом ЦИП, влияющих на точность формируемого выходного кода и на распределение информационной загрузки между ГО и ТО, а именно:

λ_n - интенсивность отказов источников излучения;

λ_{ϕ} - интенсивность отказов фотоприемников;

λ_k - интенсивность отказов элементов кодовых шкал;

λ_s - интенсивность отказов электронных элементов, куда входят интенсивности отказов масштабирующих усилителей $\lambda_{и\lambda}$, компараторов и

операционных усилителей λ_{oy} , схемы записи в регистр $\lambda_{c.з}$, схема устранения неоднозначности $\lambda_{c.ун}$, регистра $\lambda_{регз}$, преобразователя кодов λ_{np} , разьема λ_p , интегральных схем $\lambda_{и.с}$,

λ_n - интенсивность отказов пайки одного контакта.

Из анализа обобщенной функциональной схемы ЦИП и структурной схемы блока электроники при общем числе разрядов выходного кода q_Σ , состоящем из q_1 (грубый отсчет) и q_2 (точный отсчет), следует, что функционал по надежности или вероятность безотказной работы при отсутствии катастрофических отказов определится как:

$$F_p = P_\Sigma(t) = \exp \left\{ -t \left[(2^{q_2} + q_\Sigma - q_2)(\lambda_n + \lambda_\phi) + \lambda_k \sum_{i=0}^{q_\Sigma - q_2} 2^{q_\Sigma - q_2 - i} + \lambda_k k (2^{q_2} + 1) + 2(2^{q_2} + q_\Sigma - q_2)\lambda_{oy} + (2^{q_2 + 1} + 4q_2 + 1)\lambda_{и.с} + (q_\Sigma - q_2)\lambda_{рег} + (28 \cdot 2^{q_2} + 24q_\Sigma - 8q_2 + 8)\lambda_n + (q_\Sigma + 4)\lambda_p + \lambda_{под} + \lambda_{мех} \right] \right\},$$

где $\lambda_{под}$ и $\lambda_{мех}$ - соответственно интенсивности отказов подшипникового узла и конструктивных элементов ЦИП.

Список использованных источников

1. В.М.Гречишников, А.С.Капустин, Н.Е.Конюхов. Оптоэлектронный цифровой преобразователь угла.-Измерительная техника, № 12,1986,с.5-7.
2. К.А.Ибюду. Расчет надежности вычислительных и управляющих машин и систем летательных аппаратов. - М.:Ротапринт, МАИ,1987.-56с.
2. Б.С.Сотсков. Основы теории и расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники.-М.:Высшая школа, 1970. - 270с.

УДК 621.396..72

СИСТЕМЫ ЭНЕРГОПИТАНИЯ АУТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ С МАХОВИЧНЫМИ НАКОПИТЕЛЯМИ ЭНЕРГИИ

Бакирова С.Я., Смирнов Д.П.

Первоначально в качестве бортовых энергоустановок использовались комбинации панелей солнечных элементов с серебряно-цинковыми АБ. Однако из-за необходимости увеличения сроков службы АО (увеличения количества разрядно зарядных циклов) в системах энергопитания стали применять никель-кадмиевые АБ, например, на космическом аппарате "Скайлеб" (США). В некоторых случаях оказывается целесообразным применение на одном АО различных АБ.

Необходимо отметить, что процесс заряда АБ, а также их разряда при выполнении штатных операций на борту КА носит сложный характер. В докладе приведён характер изменения тока в нагрузке в зависимости от режима работы одного из серийных АО. Рассмотрены вопросы