



METHODS FOR ANALYSIS OF QUALITY INDICATORS OF FUNCTIONAL-CONVERTING ELEMENTS OF DIAGNOSTIC AND CONTROL SYSTEMS

Karimov M. M.,

Doctor of Technical Sciences, prof.,
Tashkent State Technical University.

Informtgu@mail.ru,

Sagatova F. M.

Student of the Faculty of Electronics and Automation,
Tashkent State Technical University.

fatimasmlp@gmail.com, +998946740465

Annotation

The article views the criterion for evaluating the effectiveness of functional-transforming elements, the evaluation of the speed of control devices and methods for increasing their speed. The technique of definition of the false and undetected refusals of functionally-transforming elements is proved.

Keywords: functional - converting elements, false and undetected failures, diagnostics, control.

Аннотация

В статье рассмотрены критерий оценки эффективности функционально-преобразующих элементов, оценка быстродействия устройств контроля и методы повышения их быстродействия. Обоснована методика определения ложных и необнаруженных отказов функционально-преобразующих элементов.

Аннотация

Мақолада функционал – ўзгартирувчи элементларни самарадорлигини баҳолаш мезони, назорат қурилмаларини тезкорлигини баҳолаш ва уни ошириш усуллари, йолғон ва топилмаган рад этишларни аниқлаш методикаси кўрилган. Функционал – ўзгартирувчи элементларни ёлғон ва топилмаган носозликларни аниқлаш услубияти асосланган.

Ключевые слова: функционально – преобразующие элементы, ложные и необнаруженные отказы, диагностика, контроль.

Калит сўзлар: функционал – ўзгартирувчи элементлар, ёлғон ва аниқланмаган рад этишлар, диагностика, назорат.

Введение. Одной из характерных тенденций развития современной техники является увеличение масштабов и ответственности конструкций и сооружений, аккумуляирования в них больших запасов энергии. Это газопроводы большой протяженности, энергетические установки, крупные мосты, гидросооружения, крупномасштабные подвижные объекты, связанные с перевозкой большого количества людей и др. Отклонения в режимах работы или аварии таких конструкций могут



привести к серьёзным последствиям, поэтому недостаточно прогнозировать надёжность конструкций, исходя из условий расчёта их прочности и испытаний. Большинство сооружений эксплуатируются в течение многих десятков лет и время может внести в теоретические расчёты существенные поправки. Попытка учесть их при конструировании из – за незнания действительных условий работы конструкции, как правило, приводит к увеличению коэффициентов запаса прочности. При этом существенно увеличивается вес сооружений, что приводит к расходу лишнего металла. Из сказанного становится ясным, что надёжность изделий должна обеспечиваться и жестко контролироваться как при изготовлении, так и эксплуатации. Для этой цели необходимо создавать эффективные системы контроля и диагностики, которые могут вовремя оценить критическую ситуацию и принять необходимые меры для предотвращения аварии.[1 – 3]

Материалы и методы. Традиционные методы оценки быстродействия, точности контроля и эффективности функционально-преобразующих элементов (ФПЭ) и устройств контроля не дают возможности создавать высокоэффективные устройства контроля. Из-за не совсем четкой формулировки критериев оценки перечисленных параметров нет возможности создавать или отбирать из ряда существующих эффективные решения.[4]

В основу наших исследований положены три положения, на основе которых рассматривались технические решения.

Первое – эффективность ФПЭ должна учитывать все три основных параметра: быстродействие, точность и стоимость. Это определено тем, чтобы исключить те решения, где один параметр (например, быстродействие) достигается за счет других (например, точности или сложности). Только при системном анализе можно делать выводы об эффективности технического решения. Второе - быстродействие устройств контроля не должно определяться частотой опроса одного канала, поскольку для различных структур устройств контроля мы не получим объективных оценок. Кроме того, все чаще появляются такие устройства контроля, в которых порядок контроля определяется состоянием исследуемого объекта. Для специалистов важно знать, за сколько тактов осуществляется поиск первой неисправности, пяти, десяти неисправностей. Третье - погрешность контроля. Если рассматривать устройство контроля как информационно-измерительную систему, то необходимо обеспечить высокую точность во всем диапазоне изменения контролируемых сигналов. Если учесть особенность устройства контроля, то можно реализовать более высокую точность в отдельных точках (в тех точках, в которых необходимо определить соотношение величины и поля допуска). При этом открываются перспективы реального повышения точности устройств контроля.[5]

Результаты и обсуждение. Для оценки эффективности технических решений нами предлагается критерий, в котором учитываются перечисленные параметры и вероятность безотказной работы. Этот критерий может быть дополнен другими параметрами, если будет установлена зависимость между ними и точностью или быстродействием, либо сложностью

$$\frac{T_2}{T_1} \gg_K \sqrt{\frac{B_1}{B_2}}, \quad \frac{T_2}{T_1} \gg_K \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}, \quad \sqrt{\frac{B_2}{B_1}} \gg_K \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}, \quad \frac{T_2}{T_1} \sqrt{\frac{B_2}{B_1}} \gg_K \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}, \quad \frac{T_2}{T_1} \sqrt{\frac{B_2 \ln(1-P_2)}{B_1 \ln(1-P_1)}} \gg_K \sqrt{\frac{C_2}{C_1}},$$



где 2 - техническое решение, для которого определяется эффективность по сравнению с 1 техническим решением; k - коэффициент, устанавливающий нижний порог эффективности.

Нами принята модель входных сигналов устройств контроля систем управления, радиоэлектронных комплексов, в которой частота отказов ансамбля контролируемых параметров распределяется по равномерному закону, а распределение значений параметра отдельного канала подчиняется нормальному закону.

Быстродействие устройств контроля предложено определять как математическое ожидание времени поиска k неисправных каналов из общего числа каналов n . Например, математическое ожидание времени поиска k неисправных каналов для системы последовательного действия с n каналами определяется как:

$$M_i = \sum_{i=k}^n T_i * P_i,$$

где T_i - время контроля i каналов (если время контроля канала t_i постоянно и одинаково для всех каналов, то $T_i=i*t_i$); P_i - вероятность определения неисправных каналов,

$$P_i = \frac{C_i^k - C_{i-1}^k}{C_n^k} = \frac{k(i-1)!(n-k)!}{(i-k)!n!}.$$

Таким образом,

$$M_i = \sum_{i=k}^n \frac{k \cdot i!(n-k)!t_i}{(i-k)!n!}.$$

На основе предлагаемого критерия оценки быстродействия поставлена задача поиска новых алгоритмов и структур устройств контроля с параметрами по быстродействию, близкими к структурам параллельного и параллельно-последовательного действия, а по сложности - близкими к структурам последовательного действия. Предложено устройство контроля с двухступенчатым поиском неисправностей, в котором, в первую очередь, контролируются экстремальные сигналы Q групп сигналов. При определении выхода величины сигнала j -ой группы за допустимую зону контролируются сигналы этой группы. После окончания контроля сигналов этой группы контролируются экстремальные сигналы $(j+1)$, $(j+2)$ групп и т.д. Максимальное время определения одного неисправного канала при двух - допусковом контроле составляет

$$T_{k_{\max}} = \sum_1^{2q} t_i + \sum_1^{n/q} t_i,$$

где n - количество контролируемых каналов; t_i - время контроля одного канала; q - количество, на которое разбиваются каналы.

При $t_i = \text{const}$,

$$T_{k_{\max}} = 2qt_i + t_i n/q,$$

а оптимальное значение

$$q = 2\sqrt{2n_i} \cdot t_i$$

и тогда

$$T_{k_{\max}} = 2\sqrt{2n_i} \cdot t_i.$$

При одно-допусковом контроле

$$T_{k_{\max}} = 2\sqrt{n_i} \cdot t_i, \quad q = \sqrt{n}.$$

Особенностью такого устройства контроля является то, что оно работает при



нормализованных по величине сигналах и их допустимых отклонениях. Математическое ожидание времени поиска k неисправных каналов определяется выражением

$$M_2 = M_2' + (Q-1) \cdot t_i \cdot \frac{n}{q} + M_2'',$$

где M_2' - математическое ожидание времени поиска всех групп, в которых находятся неисправные каналы

$$M_2' = \sum_{i=Q}^q T_i \cdot P_i = \sum_{i=Q}^q \frac{C_{i-1}^{Q-1}}{C_q^Q} \cdot i \cdot t_i,$$

Q - математическое ожидание количества групп, в которых находятся неисправные каналы

$$Q = \sum_{i=1}^q i \cdot P_i = \sum_{i=1}^q \frac{(C_{in}^k - \sum_{j=1}^{i-1} F_j \cdot C_i^j) \cdot C_q^i}{C_n^k} \cdot i, \quad F_i = C_{in}^k - \sum_{j=1}^{i-1} F_j \cdot C_i^j,$$

M_2'' - математическое ожидание времени поиска $\frac{K}{Q}$ неисправных каналов в пределах одной группы

$$M_2'' = \sum_{i=\frac{K}{Q}}^{\frac{n}{q}} i \cdot t_i \cdot P_i = \sum_{i=\frac{K}{Q}}^{\frac{n}{q}} i \cdot t_i \cdot \frac{C_{i-1}^{\frac{K}{Q}-1}}{C_{\frac{n}{q}}^{\frac{Q}{Q}}}$$

Оценку эффективности (с точки зрения быстродействия различных устройств контроля) следует определять, как отношение математических ожиданий времени поиска k возможных неисправных каналов: $E = M_1 : M_2$.

Предложен метод и структура устройства контроля с контролем по предупредительному уровню. В таком устройстве совмещен процесс контроля и поиск сигналов, превышающих предупредительный уровень. Частота опроса одного канала в таком устройстве $f = \frac{1}{kt_i}$, где k - количество сигналов, превысивших предупредительный уровень.

В связи с тем, что количество каналов, сигналы которых значительно отклонились от своих номинальных значений, обычно невелико ($k \ll n$), то быстродействие такого

устройства увеличивается в $\frac{n}{k}$ раз, причем- $\frac{n}{k} \gg 1$.

Такое устройство контроля может работать как при нормализованных, так и при ненормализованных по величине и допустимым отклонениям сигналах.

Высокого быстродействия в устройстве контроля с одним каналом преобразования и обработки можно достичь, используя контроль экстремальных сигналов, выделенных из совокупности входных. При выходе экстремального сигнала за допустимую зону производится отключение сигнала, фиксируется отказ по адресу экстремального сигнала. Далее экстремальный сигнал из (п-1) входных подвергается контролю, и процесс контроля повторяется до тех пор, пока очередной (п-и) сигнал не окажется в допустимой зоне. Время, затрачиваемое на поиск одного неисправного канала, равно t_i , а на поиск k неисправных каналов - $k t_i$. Частота опроса одного неисправного канала



составляет $f = \frac{1}{(k+1) \cdot t_i}$.

Характеристики рассмотренных устройств контроля по быстрдействию и математические ожидания времен поиска k неисправных каналов практически совпадают. Основной функцией устройств контроля и управления является установление соотношения между состоянием объекта контроля и заданной его нормой. Для этого системы контроля и управления должны выполнять следующие операции: восприятие, преобразование контролируемых сигналов, реализацию описаний норм, сопоставление значений контролируемых сигналов и описаний норм, формирование суждения о состоянии объекта контроля, выдачу результатов контроля. В состав устройств контроля входят: коммутаторы, преобразователи, устройства обработки, устройства сравнения, устройства индикации, сигнализации, устройства выделения экстремальных значений, устройстве управления и др. При контроле могут иметь место необнаруженные и ложные отказы. Вероятность появления ложного отказа ($P_{ЛО}$) и необнаруженного отказа ($P_{НО}$) зависит от выбора точности измерения и поля допуска.

Если обозначить функцию распределения плотности вероятности контролируемого параметра через $f_2(x)$, а функцию распределения плотности вероятности результатов измерений через $f_1(m)$, то по принятой методике нормирования вероятность ложных отказов составляет

$$P_{ЛО} = \int_{A_H}^{A_B} f_2(x) \left[\int_{-\infty}^{A_{H+E}} f_1(m_1 x) dm + \int_{A_{B-E}}^{\infty} f_1(m_1 x) dm \right] dx,$$

а вероятность существования необнаруженных отказов

$$P_{НО} = \int_{A_H}^{\infty} f_2(x) \left[\int_{A_{H+E}}^{A_{B+E}} f_1(m_1 x) dm \right] dx + \left[\int_{-\infty}^{A_H} f_2(m_1 x) dm \right] dx.$$

Применение такого метода нормирования параметров контроля на практике затруднительно, что обусловлено сложностью аналитических выражений и недостаточной точностью графоаналитических методов.

В методике нормирования параметров контроля принимается, что контролируемый параметр изменяется как случайная величина во всем диапазоне поля допустимых значений A_B - A_H . Однако при контроле параметров, характеризующих работоспособность функциональных блоков радиоаппаратуры, наибольшее распространение получили такие сигналы, которые подвержены медленным дрейфам, а случайная составляющая в величине параметра занимает небольшой удельный вес по сравнению с полем A_B - A_H .

В связи с изложенным предлагается вероятность ложных отказов нормировать и определять в точке, удаленной от значения A_B на величину систематической погрешности в сторону увеличения значения $P_{ЛО}$. Выражение $P_{ЛО}$ для закона нормального распределения плотности вероятности случайной составляющей погрешности контроля будет иметь вид

$$P_{ЛО} = \frac{1}{2\pi} \int_{l-\varepsilon/\sigma}^{\infty} \exp\left[-\frac{x^2}{2}\right] dx, \quad \text{где } l = \frac{d - \sigma_{сисм}}{\sigma},$$



$d = \frac{A_B - A_H}{K}$ (здесь K может принимать значения 10, 20, 100...); $\sigma_{сис}$ - величина систематической составляющей погрешности контроля; σ - величина среднеквадратического отклонения погрешности контроля; ε - величина ужесточения поля допуска.

Вероятность обнаруженных отказов предлагается нормировать и определять в точке, удаленной от максимального предельно допустимого значения параметра на величину систематической погрешности в сторону увеличения P_{HO}

$$P_{HO} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\frac{\varepsilon - s}{\sigma}} \exp\left[-\frac{x^2}{2}\right] dx, \quad \text{где } s = \frac{\sigma_{сис}}{\sigma}.$$

Заключение и предложения. Такая методика дает возможность получать сравнительно хорошие качественные характеристики, не зависящие от параметров контролируемых сигналов. Кроме того, не сложно на практике провести экспериментальную проверку значений $P_{до}$ и P_{HO} .

Таким образом, в данной работе нами предложены критерий оценки технических решений на основе сравнения таких параметров, как точность, быстродействие, стоимость и вероятность безотказной работы ФПЭ и методика оценки быстродействия устройств контроля, с различными структурными схемами. Эта методика основана на сравнении математических ожиданий времен поиска возможных неисправных каналов и позволяет получить эффективные сравнительные характеристики для устройств контроля, в которых порядок контроля каналов определяется, в основном, состоянием объекта контроля.

Использованная литература:

1. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник / В.В.Клюев, Ф.Р. Соснин, А.В. Ковалёв и др.: Под общей ред. Клюева В.В. –М.: Машиностроение, 2003. -656 с.
2. Царапенко М.П. Измерительные информационные системы.: - М.: Энергоатомиздат, 1985. – 440 с.
3. Трухачев А.А. Анализ процедур и алгоритмов обнаружения сигналов. – М.: Радио и связь, 2003. – 248 с.
4. А.Ф. Верлань, А.А. Сытник, Сагатов М.В. Методы математического и компьютерного моделирования измерительных преобразователей и систем на основе интегральных уравнений. «Фан», Ташкент, 2011, с.344.
5. Сагатов М.В., Аскарходжаев Б.С. Улучшение метрологических характеристик измерительных преобразователей. Научно-технический журнал ФерПИ, №1, 2004, -с. 69-72.