

ОБНАРУЖЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОТКАЗОВ ДАТЧИКОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

В.И.Клепиков, В.В.Астафьев (ОАО "НПП "ЭГА")

Рассматривается проблема обнаружения системой управления отказов датчиков типа "ступенька", "медленный дрейф", "замерзание". Показано, что аппарат нечеткой логики позволяет эффективно выполнять синтез алгоритмов обнаружения подобных отказов. Отмечается, что применение даже не вполне точной модели сигнала позволяет повысить точность обнаружения параметрических отказов.

Обнаружение параметрических отказов датчиков в условиях динамических процессов, протекающих в системе управления, и в реальной шумовой обстановке является сложной и актуальной задачей. Резервирование датчиков не обеспечивает решение данной задачи, поскольку наличие расхождений в показаниях, связанное с различием характеристик датчиков и помех измерения, не дает ответа на вопрос о том, который (которые) из датчиков выдают неверные показания. Прямое использование модельных оценок сигнала также не всегда приемлемо, так как точность модели часто соизмерима с величиной самого параметрического отказа. Дискретная процедура переключения с отказавшего датчика на исправный или на модельную оценку вызывает в системе регулирования нежелательные переходные процессы.

Задача обнаружения и парирования параметрических отказов резервированных датчиков может быть сформулирована следующим образом:

- в процессе работы необходимо вычислять и использовать в системе наиболее достоверную (робастную) оценку измеряемого сигнала;
- робастная оценка должна складываться из взвешенных показаний всех доступных датчиков данного сигнала и его модельной оценки;
- при обнаружении расхождений в показаниях датчиков необходимо до момента выявления отказавшего датчика продолжать вычислять и использовать в системе робастную оценку, постепенно повышая весовые коэффициенты датчиков, выдающих более достоверные показания;
- после выявления отказа плавно (без скачков и дребезга) исключить показания отказавших датчиков из процесса вычисления робастной оценки;
- продолжать контролировать показания датчиков, признанных отказавшими, и при достаточной их близости к показаниям исправных датчиков они вновь могут быть включены в работу;
- модель сигнала с темпом на несколько порядков ниже динамических свойств объекта подстраивается (идентифицируется) по показаниям исправных датчиков.

Рассмотрим решение данной задачи, используя аппарат нечеткой логики [1,2].

Структурная схема рассматриваемой системы представлена на рис. 1. Система включает модуль управления объектом (Controller), модуль вычисления коэффициентов достоверности сигналов (Fuzzy) и модуль вычисления робастной оценки сигнала (Merge). Модуль управления объектом выполняет измерение некоторого параметра при помощи двух датчиков и вычисляет модельную оценку данного параметра. Показания датчиков (s_1 , s_2) и модельная оценка (sm) передаются в модуль Fuzzy, где для них вычисляются коэффициенты достоверности (c_1 , c_2 и cm). Перечисленные данные передаются в модуль Merge, где по ним вычисляется робастная оценка (rob), поступающая далее в модули Controller и Fuzzy. Кроме того, модуль Fuzzy вычисляет коэффициент фильтрации (flt) робастной оценки.

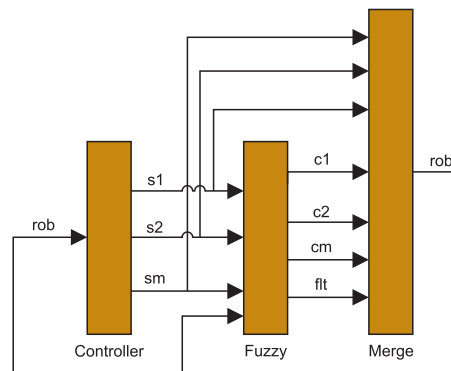


Рис. 1. Структурная схема рассматриваемой системы

В дальнейшем для простоты изложения будем полагать, что показания первого датчика (s_1) с точ-

ностью до шумов измерения соответствуют фактическому изменению сигнала. Показания второго датчика (s_2) могут искажаться одним из следующих способов (моделей отказов): ступенчатое изменение, линейный дрейф, "замерзание", т.е. при фактическом изменении сигнала показания датчика остаются постоянными с точностью до шумов измерения. Модельная оценка сигнала содержит собственный шум измерения, плюс статическую и динамическую ошибки относительно фактического поведения сигнала. Процедура идентификации модели в рассматриваемых примерах отключена.

Работа системы заключается в следующем. Рассматривая робастную оценку сигнала как опорную величину, вычислим отклонения от нее текущих показаний датчиков и модельной оценки, например, для первого датчика: $d1 = abs(rob - s1)$.

Далее, зная характеристики шумов измерения, построим для каждого из отклонений Гауссовские функции распределения вида:

$$f(x,y,c) = e^{\frac{-(x-c)^2}{2\sigma^2}}.$$

На их основе построим нечеткие функции принадлежности, показанные на рис. 2. Кривая ok соответствует нормальному функционированию датчика, кривые $small$ и big обозначают соответственно облас-

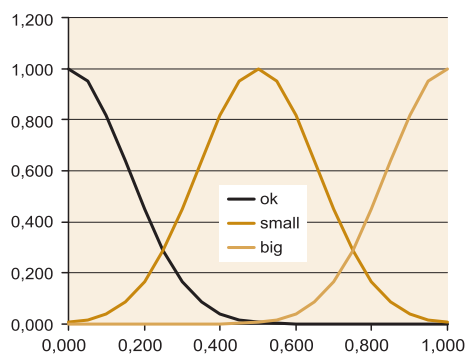


Рис. 2. Вид функций принадлежности для показаний датчиков и модельной оценки

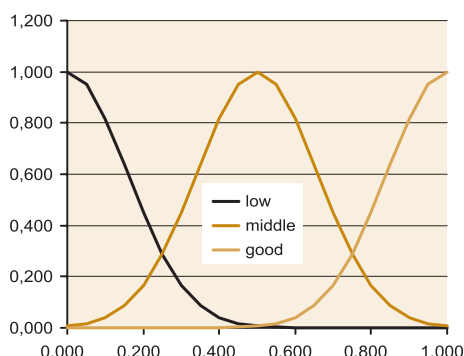


Рис. 3. Функции принадлежности выходных переменных

- if d2 is ok then c2 is good;
- if dm is ok then cm is good;
- if d1 is small and d2 is small then flt is middle and c1 is middle and c2 is middle;
- и т.д.

Полученные значения коэффициентов используются в модуле Merge, в-первых, для вычисления взвешенного среднего значения сигнала в соответствии с выражением:

$$sc = \frac{s1 \times c1 + s2 \times c2 + sm \times cm}{c1 + c2 + cm}.$$

Во-вторых, путем фильтрации взвешенного среднего вычисляется робастная оценка сигнала:

$$rob = sc + flt \times (sc - rob).$$

Из последних двух выражений ясен смысл выходных переменных модуля Fuzzy: чем более достоверными являются показания датчиков, тем больший

ти небольших и чрезмерных отклонений измеренного значения от базового.

Для выходных переменных модуля Fuzzy (коэффициентов достоверности c1, c2 и cm) построим аналогичные функции принадлежности в диапазоне 0...1 (рис. 3). Зададим диапазон изменения переменной flt=0,3...0,7. Лингвистическим переменным дадим имена low, middle и good.

Для модуля Fuzzy составим во многом очевидный и интуитивно понятный набор правил нечеткой логики, например:

- if d1 is ok then c1 is good;

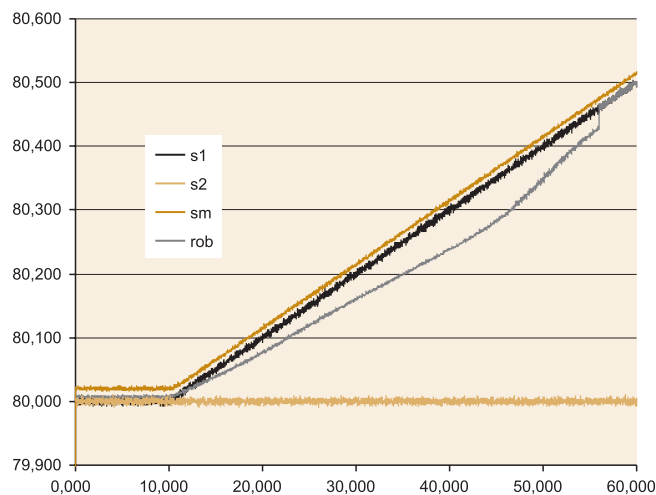


Рис. 4. Парирование отказа типа "замерзание" сигнала

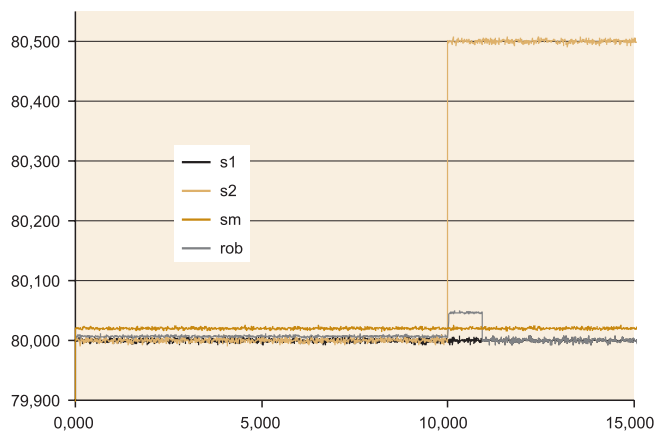


Рис. 6. Парирование отказа типа "ступенька"

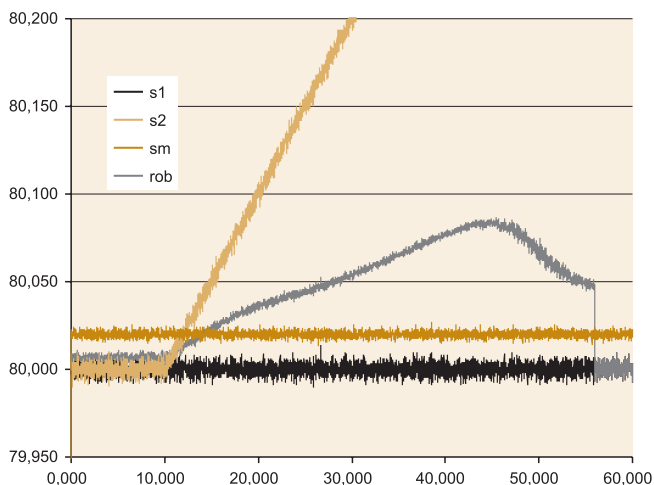


Рис. 5. Парирование отказа типа "медленный дрейф"

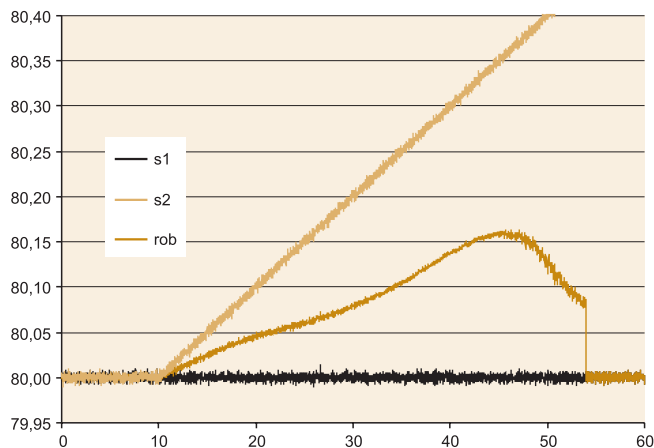


Рис. 7. Парирование отказа типа "дрейф" без использования модельной оценки

вес они имеют при вычислении робастной оценки. Снижение достоверности измерения приводит к уменьшению его влияния на результирующую оценку вплоть до полного его исключения.

На рис. 4–6 показаны процессы парирования отказов типа "замерзание", "дрейф" и "ступенька". Характерной чертой работы алгоритма является незначительное отклонение в течение ограниченного отрезка времени робастной оценки от фактического значения сигнала (s_1), и отсутствие резких скачков значения робастной оценки при парировании отказов.

Отметим два важных свойства рассмотренного подхода. Во-первых, модель сигнала, построенная на показаниях других датчиков, также может "отказаться". Алгоритм при этом сохраняет работоспособность с ухудшением качественных показателей. На рис. 7 представлен процесс парирования отказа типа "дрейф" без использования модельной оценки. Видно

(рис. 5, 7), что без использования модели отклонение робастной оценки от фактического значения сигнала возрастает практически в два раза. Во-вторых, можно сделать вывод о том, что при использовании данного подхода эффективным является применение даже не вполне статически и динамически точных моделей сигналов. То есть, даже не вполне точная модель обеспечивает повышение коэффициента достоверности исправного датчика по сравнению с отказавшим. При этом возможно использование модельной оценки только для процесса обнаружения отказа и не использование ее для целей управления.

Список литературы

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир. 1976.
2. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб. 2003.

Клепиков Владимир Иванович — канд. техн. наук, начальник отделения научно-технического обеспечения ОКР.

Виталий Валерьевич Астафьев — ведущий инженер ОАО "НПП "ЭГА".

Контактный телефон (495) 257-14-21. E-mail: viklepikov@mail.ru

Новая плата Digital-Logic в формате EBX на базе процессорного модуля SmartModule915

Новую встраиваемую процессорную плату представила компания Digital-Logic (Швейцария). Плата выполнена в формате EBX на базе процессорного модуля SmartModule915 и получила название MSEBX915.

SmartModule915, как и другие Smart-модули компании Digital-Logic, представляет собой многочиповый модуль, включающий функциональные возможности ПК. Он разработан на чипсете Intel 915GM, имеет встроенный процессор Intel Pentium M 760 2,0 ГГц с частотой системной шины 533 МГц. В состав SM915 входит видеоконтроллер с объемом видеопамати до 128 Мб. Также он имеет встроенную поддержку 8 каналов USB 2.0, одного канала Ethernet 10/100 Base-T, аудио AC'97 и набора необходимых портов ввода/вывода. Объем оперативной памяти можно варьировать 256...1024 Мб DDR RAM. Модуль SM915 представляет собой производительное решение с более расширенным спектром функциональных возможностей, в частности, он имеет большие графические возможности и поддержку двух каналов SATA. Плата MSEBX915 вместе с установленным на борту процессорным модулем SM915 представляет платформу для создания отказоустойчивых компактных систем. Небольшие размеры, низкий уровень

энергопотребления и высокая производительность обеспечивают широкую сферу его применений, особенно при построении малогабаритных мобильных устройств и систем. Она обладает достаточным для подобных применений уровнем надежности. Кроме того, может эксплуатироваться в сложных условиях отрицательных температур, вибрации и при других неблагоприятных внешних факторах. Отметим, что модуль SM915 полностью совместим со всеми платами, разработанными ранее под процессорные модули с шиной SM855 Bus, поэтому с помощью SM915 можно быстро модернизировать существующие системы, сделав их более производительными, функциональными и отвечающими требованиям современных приложений. MSEBX915 работает в температурном диапазоне -25...50°C. Время наработки на отказ составляет более 200 000 часов, что подтверждает высокую надежность этих процессорных плат. Габаритные размеры платы 204x140x29 мм.

Поставки процессорной платы MSEBX915 и другого оборудования Digital-Logic осуществляет компания "Индустриальные компьютерные системы" (ИККОС), официально представляющая продукцию этой фирмы в России.

[Http://www.ipc2U.ru](http://www.ipc2U.ru)

WLAN/Wi-Fi – для вычислительного модуля CM-X270 CompuLab

Компания CompuLab представила свою новую разработку – модуль WLAN/Wi-Fi, интегрированный в вычислительный модуль CM-X270, а, следовательно, и в одноплатный компьютер SBC-X270. Это первое и в настоящее время единственное решение для беспроводной связи, доступное на рынке CoM (Computer-on-Module), позволяющее вывести применение этих модулей на более высокий уровень.

Интегрированный модуль Wi-Fi работает в стандарте 802.11b, поддерживает скорость передачи 10 Мбит/с и использует полосу частот 2,4 ГГц. Модуль поддерживает одиночную или двойную антенну, а также комбина-

цию антенн для увеличения дальности и стабильности. Интерфейс Wi-Fi установлен на CoM CM-X270L, который содержит процессор Intel PXA270, SDRAM, Flash Disk, шину PCI, Ethernet, Audio, Touchscreen и другие устройства. Образы ОС Linux и WinCE, доступные на сайте компании, включают драйверы WLAN. Технология Wi-Fi позволит расширить сферы применений одноплатного компьютера SBC-X270, базирующегося на модуле CM-X270.

В дальнейшем CompuLab планирует интегрировать Wi-Fi на модуль CM-X270W, а также ввести поддержку стандарта 802.11g – до 54 Мбит/с.

[Http://www.fiord.com](http://www.fiord.com)