



УДК 621.311.68

Сугаков Валерий Геннадьевич, профессор, д.т.н., профессор кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта ФГБОУ ВО «ВГУВТ»;

Ягжов Илья Игоревич, аспирант кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта ФГБОУ ВО «ВГУВТ».

«Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ЦИФРОВОЕ N-КАНАЛЬНОЕ РЕЛЕ С ФУНКЦИЕЙ САМОДИАГНОСТИКИ

Аннотация. В статье предложено устройство для регулирования частоты вращения электроагрегата, позволяющее повысить достоверность выходной информации при помощи функции самодиагностики, а также увеличить точность регулирования частоты вращения за счет измерительной системы, построенной на основе цифровых датчиков, которая посылает сигналы в систему автоматического управления электроагрегата в зависимости от состояния контролируемой величины.

Ключевые слова: интеллектуальный датчик, интеллектуальная измерительная система, самодиагностика.

В течение последнего времени наблюдается впечатляющий прогресс в научных исследованиях и изобретениях в области датчиков и связанных с ними систем обработки сигналов. Существует тесная взаимосвязь между усовершенствованием приборов и устройств измерения различных величин с улучшением качества и повышением производительности в различных областях науки и техники. В настоящее время широкое распространение получили способы и методы измерения неэлектрических величин как на основе полупроводников, так и более сложные интеллектуальные датчики на основе микропроцессоров [1,2].

Согласно ГОСТ Р 8.673-2009, интеллектуальный датчик – это адаптивный датчик с функцией метрологического самоконтроля, который как правило, имеет цифровой выход и может обеспечивать передачу информации о метрологической исправности через интерфейс.

При этом, обладая вычислительными возможностями, интеллектуальный датчик позволяет осуществлять:

- автоматическую коррекцию погрешности, появившейся в результате воздействия влияющих величин и/или старения компонентов;
- самовосстановление при возникновении единичного дефекта в датчике;
- самообучение [3].

Активно применяются аналоговые реле различного типа, содержащие измерительный преобразователь и выходной каскад, использующие различные способы измерения контролируемой физической величины [4,5]. Их недостатками являются

ограниченные функциональные возможности, в частности, достоверность выходной информации и точность настройки.

Цифровые реле, например измеритель скорости вращения, содержащий импульсный датчик, генератор эталонной частоты, счетчик импульсов, элемент задержки и электронные ключи [6], обеспечивает удовлетворительную точность. Их недостатком являются невысокие функциональные возможности, заключающиеся в наличии лишь одного выходного канала и невысокая достоверность выходной информации.

Следовательно, возникает необходимость в повышении достоверности выходной информации путем увеличения количества контролируемых каналов выходных данных.

На рис. 1 представлена схема цифрового n-канального реле с функцией самодиагностики, на рис.2 – эпюры сигналов на элементах устройства.

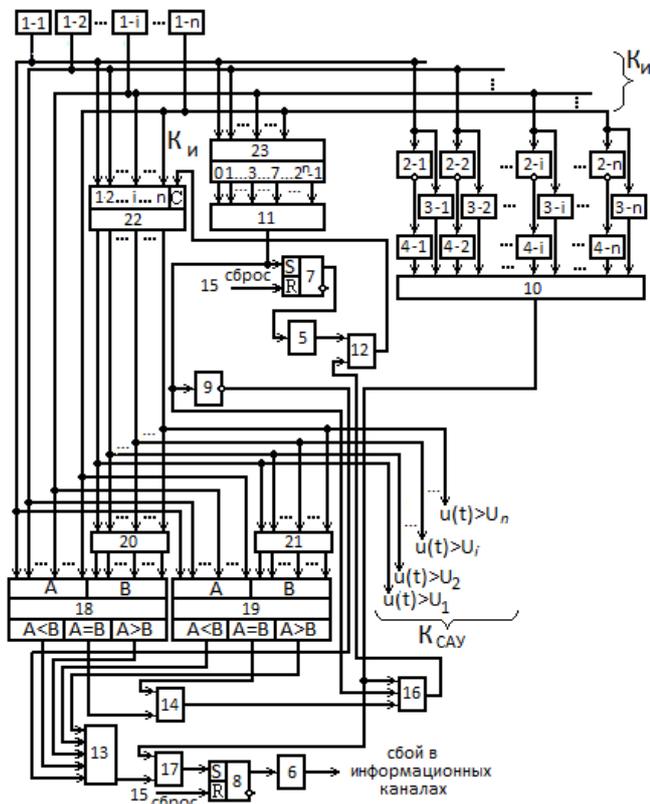


Рис.1. Схема цифрового n-канального реле с функцией самодиагностики

Реле (рис. 1) включает n приемных датчиков 1-1, 1-2..., 1-i..., 1-n соответствующих уставок, n первых логических элементов НЕ 2-1, 2-2..., 2-i..., 2-n, n первых формирователей коротких импульсов 3-1, 3-2..., 3-i..., 3-n, n вторых формирователей коротких импульсов 4-1, 4-2..., 4-i..., 4-n, третий формирователь коротких импульсов 5, индикатор 6 сбоя в информационных каналах, первый 7 и второй 8 RS-триггеры, второй логический элемент НЕ 9, первый 10, второй 11, третий 12, четвертый 13 и пятый 14 логические элементы ИЛИ, шину СБРОС 15, первый 16 и второй 17 логические элементы И, первый 18 и второй 19 числовой компаратор, первый 20 и второй 21 блок памяти, регистр памяти 22 и дешифратор 23. По адресам блока памяти 20 записаны коды, представленные в табл. 1, а по адресам блока памяти 21 – в табл.2.

Реле работает следующим образом. Датчики 1-1, 1-2, ..., 1-i, ..., 1-n настроены на параметры срабатывания соответственно $U_1, U_2, \dots, U_i, \dots, U_n$, причем $U_n > U_{n-1} \dots > U_i > U_{i-1} \dots > U_2 > U_1$ (рис. 2). При включении системы автоматического управления (САУ) подается сигнал на шину СБРОС 15, который поступает на сбросовые входы триггера 7 и 8. На прямых выходах триггеров 7 и 8 сигналы исчезают.

Код адреса												Выходной код блока 21												
№	разряды двоичного кода										десятичный	разряды двоичного кода										десятичный		
	n	n-1	...	i+1	i	i-1	...	4	3	2		1	n	n-1	...	i+1	i	i-1	...	4	3		2	1
0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0
1	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	1	1	1	...	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0
2	0	0	...	0	0	0	...	0	0	1	1	1	1	...	0	0	0	...	0	0	0	1	1	1
3	0	0	...	0	0	0	...	0	1	1	1	1	1	...	0	0	0	...	0	0	1	1	1	1
i	0	0	...	0	1	1	...	1	1	1	1	1	1	...	0	0	1	...	1	1	1	1	1	1
n	1	1	...	1	1	1	...	1	1	1	1	1	1	...	0	1	1	...	1	1	1	1	1	1

Одновременно сигнал X1 с выхода датчика 1-1 поступает на формирователь коротких импульсов 3-1. Импульс с его выхода через элемент ИЛИ 10, элемент И 16 и элемент ИЛИ 12 поступает на вход записи регистра 22, в который заносится очередной код $K_{CAУ}=K_{И}=00...000...0001_2=1_{10}$ (см. табл. 1), поступающий в САУ и на входы адреса блоков памяти 20 и 21.

При последующем возрастании контролируемой величины $u(t)$ с появлением каждого очередного сигнала XI на выходах датчиков 1-i (рис. 2) формирователь 3-i вырабатывает импульс, посредством которого в регистр 22 производится запись очередного большего кода $K_{CAУ}=K_{И}=00...011...1111_2=(2^i-1)_{10}$. Запись кода предваряется его проверкой на компараторе 18, как описано выше.

Когда контролируемая величина $u(t)$ достигает предельного значения в момент времени t_4 (рис. 2) и появляется сигнал XN на выходе датчика 1-n формирователь 3-n вырабатывает импульс, которым в регистр 22 записывается единичный код $K_{CAУ}=K_{И}=11...111...1111_2=(2^n-1)_{10}$.

Таким образом, по мере монотонного возрастания контролируемой величины $u(t)$ и исправном состоянии информационных каналов они формируют естественную последовательность кодов: $K_{И}=00...000...0000_2=0_{10}$, $K_{И}=00...000...0001_2=1_{10}$, $K_{И}=00...000...0011_2=3_{10}$, ..., $K_{И}=00...011...1111_2=(2^i-1)_{10}$, ..., $K_{И}=11...111...1111_2=(2^n-1)_{10}$, поступающих в САУ. Приведенная естественная последовательность кодов подчиняется закону $K_{И}=(2^i-1)_{10}$, при $i=0, 1, 2, 3, \dots, n$.

При уменьшении контролируемой величины $u(t)$ в момент времени t_5 (рис. 2) исчезает сигнал XN на выходе датчика 1-n, и на первый вход компаратора 19, входы регистра 22 и дешифратора 23 поступает код $K_{И}=01...111...1111_2=(2^{n-1}-1)_{10}$. Появляется сигнал на выходе дешифратора 23, который через элемент ИЛИ 11 подготавливает элемент И 16 по первому входу. По единичному коду, поступающему с выхода регистра 22 на вход адреса блока памяти 21 последний выдает на второй вход компаратора 19 код равный коду на первом его входе (см табл. 2). Сигнал с выхода РАВНО компаратора 19 через элемент ИЛИ 14 подготавливает элемент И 16 по второму входу. Одновременно с исчезновением сигнала XN на выходе датчика 1-n, появляется сигнал на выходе элемента НЕ 2-n, который поступает на вход формирователя 4-n. Импульс с выхода формирователя 4-n через элемент ИЛИ 10 поступает на третий вход элемента И 16. Импульс с выхода элемента И 16 через элемент ИЛИ 12 поступает на вход записи регистра 22, в который производится запись нового кода $K_{CAУ}=K_{И}=01...111...1111_2=(2^{n-1}-1)_{10}$, поступающего в САУ.

По мере дальнейшего уменьшения контролируемой величины $u(t)$ в момент времени t_6 (рис. 2) исчезает сигнал XI на выходе очередного датчика 1-i, а на выходе элемента НЕ 2-i сигнал появляется, и по его фронту формирователь 4-i вырабатывает импульс, с участием которого в регистр 22 заносится новый меньший код

$K_{CAУ} = K_{И} = 00...011...1111_2 = (2^i - 1)_{10}$. Перед записью код проверяется на компараторе 19, как описано выше.

Аналогично происходит перезапись кода в регистр 22 при последующем уменьшении контролируемой величины.

В результате при монотонном уменьшении контролируемой величины и исправности измерительных каналов в САУ поступают коды из указанной выше естественной последовательности кодов.

Таким образом, при любом поведении контролируемой величины и исправности измерительных каналов в САУ поступают коды, входящие в естественную последовательность кодов. Появление сбойного кода, не принадлежащего этой последовательности, или нарушение очередности появления кодов является признаком неисправности измерительного канала.

Поступление сбойного кода предотвращается устройством при помощи дешифратора 23, на вход которого поступает код $K_{И} = 11...111...1110_2$. При этом сигнал на выходе элемента ИЛИ 11 исчезает, закрывая элемент И 16, предотвращая перезапись кода в регистр 22.

Одновременно с исчезновением сигнала X1 на входе датчика 1-1 появляется сигнал на выходе элемента НЕ 2-1, далее формирователь 4-1 вырабатывает импульс, поступающий через элемент И 17 на единичный вход триггера 8 и он меняет состояние. Сигнал с прямого выхода триггера 8 включает индикатор 6, указывающий на сбой в информационных каналах.

При возникновении других сбойных кодов работа устройства осуществляется, как описано выше.

Коды, входящие в естественную последовательность, должны появляться в определенном порядке. За кодом $K_{И} = (2^i - 1)_{10}$ при росте контролируемой величины должен следовать код $K_{И} = (2^{i+1} - 1)_{10}$, а при уменьшении – код $K_{И} = (2^{i-1} - 1)_{10}$. Нарушение такой последовательности появления кодов является признаком сбоя в информационных каналах. В таких случаях устройство работает следующим образом. В блоке памяти 20 по адресам записаны последующие коды при возрастании контролируемой величины, а в блоке памяти 21 – при снижении контролируемой величины. Пусть в регистр 22 записан код $K_{CAУ} = K_{И} = 00...000...0011_2$ при возрастании контролируемой величины, а в результате сбоя в информационных каналах одновременно появляются сигналы X3, X4 на выходах датчиков 1-3, 1-4 и формируется код $K_{И} = 00...000...1111_2$, который поступает на входы регистра 22, дешифратора 23 и первые входы компараторов 18 и 19. По адресу заданному регистром 22 на выходе блока памяти 20 установится код $00...000...0111_2$ (см. табл. 1), который поступает на второй вход компаратора 18. На выходе БОЛЬШЕ ($A > B$) компаратора 18 появляется сигнал, который поступает на третий вход элемента ИЛИ 13, далее подается импульс на единичный вход триггера 8, который меняет своё состояние и включает индикатор 6, указывающего на сбой в информационных каналах. Вместе с тем по адресу заданному регистром 22 на выходе блока памяти 21 установится код $00...000...0001_2$ (см. табл. 2), который подается на второй вход компаратора 19, поэтому сигнал появляется на его выходе БОЛЬШЕ ($A > B$). На выходах РАВНО компараторов 18 и 19 сигналы отсутствуют, потому сигнал отсутствует на выходе элемента ИЛИ 14, а элемент оказывается закрытым по второму входу, препятствуя записи в регистр 22 недостоверного кода $K_{И}$.

При других случаях нарушения последовательности появления кодов устройство работает аналогично описанному выше.

Таким образом, реле имеет расширенные функциональные возможности, заключающиеся в повышении достоверности выходной информации путем предотвращения поступления в САУ информации по необходимому числу n каналов при их сбое.

Список литературы:

1. Джексон Р.Г. Новейшие датчики / Перевод с английского языка под редакцией В.В. Лучинина – Москва: Техносфера, 2007. – 384 с.
2. Комплекс средств контроля дизеля КСКД 17.5. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ЗУ2.008.006 ТО. 1994. С. 35-37.
3. ГОСТ Р 8.673-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). «Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные термины и определения». Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. N 1098-ст Москва: Стандартинформ, 2019
4. Сугаков В. Г. Основы автоматизации военных передвижных источников электрической энергии: учеб. пособие. – Кстово: НФВИУ, 2003. 168 с.
5. Дудченко В. Н., Аверкиев А. Н. Измерение неэлектрических величин: конспект лекций. – Кстово: НВВИКУ, 1997. 54 с.
6. Патент на изобретение № 1075167, СССР, МПК: G01P 3/54. Цифровой измеритель скорости вращения / В.И Петрович. Оpubл. 23.02.1984. Бюл. № 7.

DIGITAL N-CHANNEL RELAY WITH THE SELF-DIAGNOSIS FUNCTION

Valeriy G. Sugakov, Ilya. I. Yagzhov

Keywords: smart sensor, smart instrumentation system, self-diagnosis.

Annotation. The article deals with a rotation frequency control unit for power generating sets which permits to enhance the credibility of output data by a self-diagnosis function and to achieve the accuracy of rotation frequency control by a measuring system based on digital sensors which sends signals to an automatic control system of a power generating set depending on a controlled value status.