



УДК621.311.68

В.Г. Сугаков, д.т.н. профессор, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Ю.С. Малышев, к.т.н. доцент, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

И.И. Ягжов, аспирант, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

603951 Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ТРЕХКАНАЛЬНЫЙ ДАТЧИК ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ С ФУНКЦИЕЙ РЕКОНСТРУКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Ключевые слова: регуляторы частоты вращения, параллельная работа, достоверность и коррекция выходной информации, реконструктивная диагностика.

В статье предложен трехканальный цифровой датчик частоты вращения, позволяющий повысить быстродействие, точность регулирования частоты генератора, а также достоверность выходной информации путем введения в схему функции реконструктивной диагностики. Приведены схема цифрового датчика частоты вращения и этюры сигналов на основных элементах схемы.

В настоящее время практически на всех судовых источниках электрической энергии отечественного и зарубежного производства установлены механические центробежные регуляторы частоты, конструкция которых весьма разнообразна. Однако принцип их работы практически одинаков. Конструкция их проста и достаточно надежна, но их регуляторные характеристики нестабильны и непрямолинейны, что отрицательно сказывается на точности регулирования. Кроме того, механические центробежные регуляторы имеют высокую инерционность и не могут исключать заброс частоты при сбросе нагрузки [1, 2, 3].

Известны аналоговые реле частоты вращения (РЧВ) различного типа, содержащие измерительный преобразователь и выходной каскад, использующие различные способы измерения частоты [4, 5].

Их недостатками являются ограниченные функциональные возможности в частности достоверность выходной информации и точность настройки.

С развитием микропроцессорной техники появилась возможность применения электронных цифровых регуляторов частоты вращения, которые обрабатывают информацию в цифровых кодах и через электромеханические элементы передают управляющее воздействие на подачу топлива. Характеристики этих регуляторов заметно превосходят характеристики механических регуляторов. Одним из основных элементов системы автоматического регулирования частоты является датчик или реле частоты вращения.

Известен цифровой измеритель скорости вращения, содержащий импульсный датчик, генератор эталонной частоты, счетчик импульсов, элемент задержки и электронные ключи [6]. Он обеспечивает удовлетворительную точность.

Его недостатком являются невысокие функциональные возможности, заключающиеся в наличии лишь одного выходного канала и невысокая достоверность выходной информации.

Существует РЧВ с трехканальным выходом по числу уставок, содержащий формирователь коротких импульсов, преобразователь частоты в постоянное напряжение, три пороговых устройства с задатчиками уставок, шесть индикаторов состояния и выходное устройство с тремя каскадами [7]. Наличие трех выходных каналов расширяет возможности РЧВ, однако возможные сбои в измерительной части и в выходных каналах при отсутствии самодиагностики отражаются на достоверности выходной информации РЧВ и могут привести к сбою в работе системы управления.

Учитывая вышеуказанные недостатки, разработан трехканальный датчик частоты вращения с функцией реконструктивной диагностики (Рис.1). Разработанный датчик позволяет устранить указанные недостатки существующих РЧВ и выполнить расширение функциональных возможностей путем повышения достоверности выходной информации.

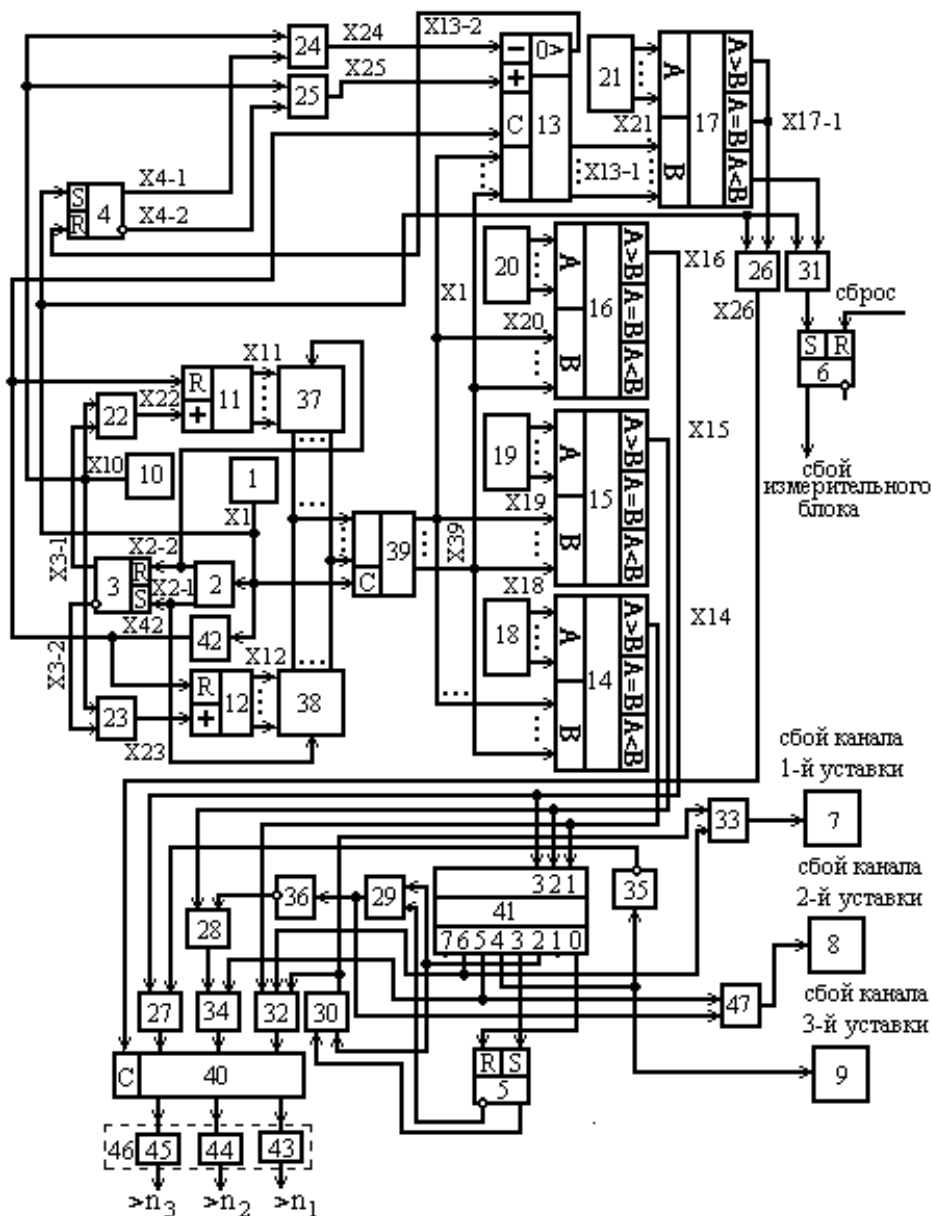


Рис. 1. Трехканальный датчик частоты вращения с функцией реконструктивной диагностики. 1 - формирователь коротких импульсов; 2 - распределитель импульсов; 3, 4, 5, 6 - RS-триггеры; 7, 8, 9 - индикаторы состояния; 10 - генератор импульсов стабильной частоты; 11, 12 - счетчики импульсов; 13 - реверсивный счетчик; 14, 15, 16, 17 - числовые компараторы; 18, 19, 20, 21 - задающие регистры; 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 - логические элементы И; 32, 33, 34, 47 - логические элементы ИЛИ; 35, 36 - логические элементы НЕ; 37, 38 - электронные ключи; 39, 40 - регистры памяти; 41 – дешифратор; 42

- элемент задержки; 43, 44, 45 выходные каскады, которые образуют выходное устройство 46.

Принцип действия датчика частоты вращения заключается в следующем: 1 - измерительный блок который содержит: генератор импульсов стабильной частоты 10, распределитель импульсов 2, первый 11 и второй 12 счетчики, первый 22 и второй 23 логические элементы И, первый 37 и второй 38 электронные ключи, элемент задержки 42, первые RS-триггер 3 и регистр памяти 39, выдает цифровую информацию о частоте вращения; 2 - блок диагностики измерительного блока, содержащий: третий 24, четвертый 25, пятый 26 и десятый 31 логические элементы И, второй 4 и четвертый 6 RS-триггеры, реверсивный счетчик 13, четвертые числовой компаратор 17 и задающий регистр 21, контролирует работу измерительного блока и предотвращает прохождение недостоверной информации; 3 - блок диагностики каналов уставок контролирует исправность каналов уставок и корректирует выходную информацию при возникновении сбоев содержит: дешифратор 41, второй регистр памяти 40, шестой 27, седьмой 28, восьмой 29 и девятый 30 логические элементы И, первый 32, второй 33, третий 34 и четвертый 47 логические элементы ИЛИ, первый 35 и второй 36 логические элементы НЕ и третий RS-триггер 9.

Результаты обработки кода частоты поступят на выход реле и далее в систему управления при условии исправности измерительной части, что оценивается по величине приращения кода частоты следующим образом.

Сформированный в предыдущем цикле измерения, например на выходе счетчика 11, код частоты X_{11} (Рис. 2), заносится в регистр 39 импульсом X_1 с выхода формирователя и далее в реверсивный счетчик 13 импульсом X_{42} с выхода элемента задержки 42. Одновременно с приходом импульса X_1 с выхода формирователя 1 начинается формирование очередного кода частоты, а триггер 4 переводится в единичное состояние, подготавливая по второму входу элемент И 24. Через первый вход элемента И 24 с выхода генератора 10 на вычитающий вход счетчика 13 начинают поступать импульсы, и код X_{13-1} на выходе счетчика 13 уменьшается. К концу $(i+1)$ -го цикла измерения частоты на выходе счетчика 13 формируется код разности кодов частоты, сформированных при предыдущем X_{39_i} и последующем $X_{39_{i+1}}$ измерении, $X_{13-1_{i+1}} = |X_{39_i} - X_{39_{i+1}}|$. Этот код характеризует приращение частоты. Он поступает на второй вход компаратора 17 и сравнивается с кодом X_{21} (Рис. 2) допустимого приращения частоты (периода), поданным на первый вход компаратора 17 с выхода регистра 21.

Если произошел сбой в измерительной части реле и очередное измерение частоты имеет запредельное приращение, то к моменту завершения цикла измерения, когда появится импульс X_1 , элемент И 31 будет подготовлен сигналом X_{17-2} со второго выхода компаратора 17. Импульс X_1 с выхода формирователя 1 через элемент И 31 поступит на единичный вход триггера 6 который изменит свое состояние и выдаст сигнал «сбой измерительного блока» в систему управления. Одновременно компаратором 17 блокируется элемент И 26, препятствуя записи в регистр 40 недостоверной информации.

Если приращение частоты (периода) соответствует механической постоянной времени контролируемого объекта, то к моменту завершения цикла измерения появляется сигнал X_{17-1} (Рис. 2) на первом выходе компаратора 17, который подготавливает по второму входу элемент И 26. С приходом импульса X_1 с выхода формирователя 1 элемент И 26 открывается и подает импульс X_{26} на вход записи регистра 40 в который записывается новая информация. Аналогично выполняется анализ при снижении частоты.

Анализ исправности каналов уставок реле осуществляется по последовательности появления сигналов уставок.

При монотонном возрастании частоты вращения вала контролируемого объекта код X_{39} частоты (периода) соответственно уменьшается. В начальный момент разгона вала на выходах компараторов 14, 15 и 16 сигналы X_{14} , X_{15} и X_{16} отсутствуют, и на разрядах входа дешифратора 41 оказывается нулевой код (000_2) . По мере разгона появляется сигнал X_{14} на выходе компаратора 14, который поступает на младший разряд

входа дешифратора 41 (код на входе дешифратора 001_2). Дальнейшее увеличение частоты приводит к появлению сигнала X15 на выходе компаратора 15, а на входе дешифратора появляется код 011_2 . При достижении третьей уставки частоты дополнительно появляется сигнал X16 на выходе компаратора 16 и на вход дешифратора поступает код 111_2 . Последовательность появления кодов 000_2 , 001_2 , 011_2 и 111_2 является естественной последовательностью кодов при разгоне и исправности каналов уставок. Они без коррекции записываются в регистр 40 и выдают соответствующие сигналы на выходные каскады 43, 44 и 45.

Появление на входе дешифратора 41 дефектных кодов (010_2 , 100_2 , 101_2 и 110_2) не входящих в естественную последовательность служит признаком выхода из строя канала определенной уставки. В этом случае до записи в регистр 40 код требует коррекции следующим образом.

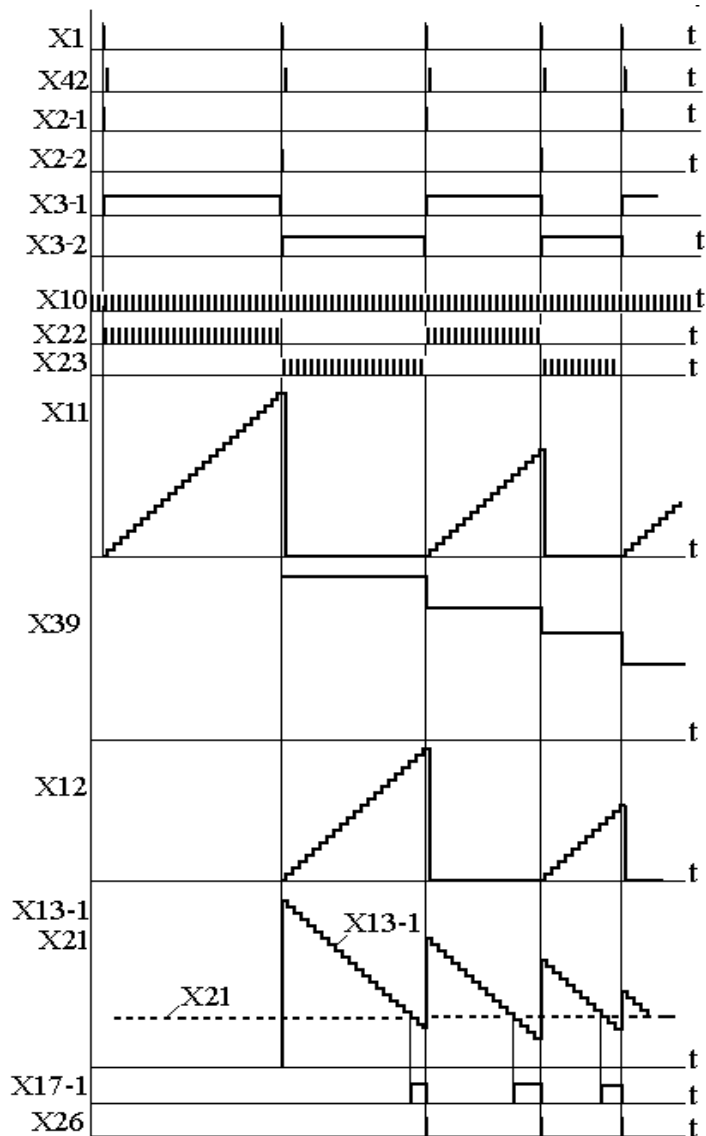


Рис. 2. Эпюры сигналов на основных элементах схемы

Например код 010_2 на входе дешифратора 41 возникает при сбое в канале второй или первой уставки. В обоих случаях появляется сигнал на втором выходе дешифратора 41, который подготавливает по вторым входам элементы И 29 и 30. Если коду 010_2 предшествовал код 000_2 , при котором триггер 5 переходит в сбросовое состояние, то появляется сигнал на выходе элемента И 29, который поступает через элемент ИЛИ 47 на индикатор 8, указывая причину неисправности «сбой канала 2-й уставки». В то же время

исчезает сигнал на выходе элемента НЕ 36, закрывая элемент И 28. На входах элемента ИЛИ 31 сигналы отсутствуют, поэтому на вход второго разряда регистра 41 подается «0» и в него записывается исправленный код 000₂. Если коду 010₂ предшествовал код 011₂, при котором триггер 5 переводится в единичное состояние, то появляется сигнал на выходе элемента И 30. Сигнал с выхода элемента И 30 через элемент ИЛИ 33 поступает на вход индикатора 7 для указания поврежденной части реле «сбой канала 1-й уставки», а через элемент ИЛИ 32 – на первый разряд входа регистра 40 для коррекции кода. В регистр 40 заносится исправленный код 011₂. Подобным образом корректируются все дефектные коды.

Код 100₂ возникает на входе дешифратора 41 при сбое в канале третьей уставки и корректируется для дальнейшей работы в код 000₂.

Причиной установки кода 101₂ на входе дешифратора 41 является сбой в канале второй уставки, его исправленный код 111₂.

Код 110₂ поступает на вход дешифратора 41 при сбое в канале первой уставки. В регистр 40 при этом записывается исправленный код 111₂.

В результате происходит коррекция каждого дефектного кода и выдача на выходное устройство 46 достоверной информации.

Таким образом, реле имеет расширенные функциональные возможности, заключающиеся в повышении достоверности выходной информации путем введения функций реконструктивной диагностики измерительной части и каналов уставок реле и коррекции информации при сбоях.

Список литературы:

- [1]. Сугаков, В.Г. Системы автоматического регулирования параметров электрической энергии судовых электростанций. Ч. 1. Автоматическое регулирование частоты судовых источников электрической энергии: учеб. пособие для студ. оч. и заоч. обучения. В.Г. Сугаков, О.С. Хватов – Н. Новгород: Издательство ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2010. – 91 с.
- [2]. Яковлев Г. С. Судовые электроэнергетические системы. Учебник для вузов. – СПб.: Судостроение, 2012. – 387 с.
- [3]. Архангельский В.С. Регуляторы частоты вращения судовых дизелей. – Л.: Судостроение, 1982. 180 с.
- [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]. Цифровой измеритель скорости вращения Описание изобретения к авторскому свидетельству RU 1075167, 1984.
- [7]. Комплекс средств контроля дизеля КСКД 17.5. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ЗУ2.008.006 ТО. 1994. С. 35-37.

A THREE-CHANNEL SPEED TRANSDUCER WITH THE FUNCTION OF RECONSTRUCTIVE DIAGNOSTIC

V.G. Sugakov, Y.S. Malyshev, I.I. Yagzhov

Keywords: the speed controllers, parallel operation, integrity and correction of the output information, reconstructive diagnostic.

The article describes a three-channel speed transducer which permits to increase high-speed performance, generator frequency control accuracy and output information validity by including reconstructive diagnostic operations into a scheme. It also describes a digital sensor scheme and signals representations on the main scheme elements.