

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ

Гулай А. В., Зайцев В. М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь, is@bntu.by

Эффективность функционирования интеллектуальных мехатронных систем с цифровым управлением в существенной мере определяется корректностью и устойчивостью информационного взаимодействия всех ее компонентов, и, следовательно, применяемыми информационными технологиями. В контексте предлагаемого исследования в качестве основополагающего фактора, влияющего на процессы проектирования мехатронной системы с цифровым управлением, рассматривается общность информационных требований к ее интеллектуальным компонентам (подсистемам): сенсорному модулю, блоку цифрового управления, исполнительному механизму и системным каналам обмена данными. Технические характеристики основных компонентов такой системы должны обеспечивать их информационную совместимость и взаимное согласование на этапах преобразования всех видов сигналов, отображающих возможные системные состояния и воздействия. Указанное требование выдвигается на первый план в связи с усложнением логических структур и расширением функций мехатронных систем, переходом в управлении на цифровые методы обработки сигналов, введением в системы элементов технического интеллекта и увеличением фактических объемов циркулирующей и перерабатываемой информации.

В качестве основной цели, достигаемой при функционировании мехатронной системы с цифровым управлением, предлагается рассматривать общий информационный эффект и его влияние на проектные решения, при этом необходимо определение параметров, которые способны достаточно полно и объективно характеризовать процессы получения и использования системной информации [1].

Укрупненная схема движения информации в мехатронной системе с цифровым управлением предполагает реализацию двух видов процессов (рис. 1):

- восходящего процесса приема от сенсорного блока, последующего цифрового преобразования и передачи по каналам параметров и сигналов контроля текущих состояний объекта управления и системы в виде информационного вектора  $G$ ;
- нисходящего иерархического процесса программного формирования в блоке цифрового управления параметров ответных системных реакций  $R$ , их передачи по каналам и обработки исполнительными механизмами в виде физических управляющих воздействий на объект (среду) и систему.

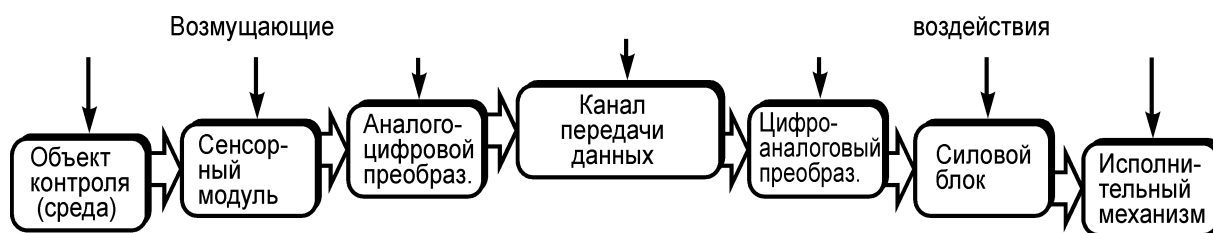


Рисунок 1 – Схема движения информации в интеллектуальной мехатронной системе

При проектировании интеллектуальной мехатронной системы необходимо выполнение всех частных требований, предъявляемых к ее компонентам (подсистемам) и к аспектам технической совместимости, что является обязательным условием обеспечения их согласованного функционирования. Однако, даже при полном соблюдении требований в мехатронной системе возможны рассогласования ее составных частей. В качестве естественных причин, приводящих к непредсказуемому изменению информации, циркулирующей в системе,

и, следовательно, к негативным отклонениям в поведении объекта управления и системы, выступают различные возмущающие воздействия.

Данные возмущающие воздействия определяются физическими свойствами среды функционирования, свойствами объекта управления, а также конструктивным построением и параметрами мехатронной системы. Эти воздействия проявляются в виде флуктуаций среды и объекта управления, изменений электромагнитных и механико-климатических условий или параметров функционирования сенсорного и актюаторного оборудования интеллектуальных модулей, воздействия помех на электронные компоненты цифрового блока управления, а также на системные каналы передачи информационных векторов и векторов управления.

Противодействие отрицательным явлениям и сохранение информационного согласования компонентов интеллектуальной системы на различных уровнях структуры и на различных этапах функционирования может быть достигнуто за счет применения специальных методов и приемов из арсенала современных интеллектуальных системных технологий. Теоретический и практический интерес представляет исследование влияния информационных эффектов на принятие системотехнических решений.

Разнообразие возможных макросостояний  $XS^*$  объекта управления и мехатронной системы определяется комбинациями текущих микросостояний ее основных составных частей с учетом влияния на них фактических возмущений. Очевидно, что из-за бесконечного многообразия микросостояний множество состояний  $XS^*$  по своей природе является бесконечным. Для реализации процессов цифрового управления множество  $XS^*$  в соответствии с целевыми задачами системы нуждается в предварительной кластеризации [1]. Каждому выделенному кластеру макросостояний требуется поставить в соответствие либо более предпочтительные системные состояния, либо принять решение о сохранении текущего состояния. При необходимости должны быть созданы условия реализации требуемых переходов по состояниям с использованием тех или иных сигналов и команд управления вектора  $R$ .

Такой подход предполагает в каждом цикле управления выполнение операций сопоставления фактической информации текущего вектора  $G$  с результатами предварительной кластеризации. Это, в принципе, обеспечивает фактическое преобразование множества возможных исходных состояний объекта управления и системы  $XS^*$  в дискретное множество (дискретный базис)  $XD$ , а также использование полученного дискретного базиса для идентификации состояний и выработки параметров (координат) векторов управления  $R$  [1].

Разнообразие и параметры элементов структуры мехатронной системы с цифровым управлением должны, с одной стороны, обеспечивать полноценное отображение выделенных дискретных состояний, а с другой стороны,— наиболее правдоподобную идентификацию состояний по текущим параметрам информационных векторов  $G$ . В идеальном случае требуется, чтобы неопределенность относительно текущего состояния объекта управления и системы полностью отсутствовала, а оценка нахождения объекта и системы в фактическом состоянии выполнялась с вероятностью, равной 1.

В качестве функционально-информационного критерия эффективности управления в каждом цикле работы системы целесообразно выбрать степень соответствия синтезированных параметров вектора управления  $G$  и результатов идентификации текущего состояния. В соответствии с законом У. Р. Эшби о необходимом системном разнообразии управляемость и соответствующие ограничения в поведении объекта управления и системы могут быть достигнуты исключительно за счет выработки системой достаточного количества различных векторов управления  $R$  [2]. При этом энтропию состояний объекта и системы можно понизить исключительно на величину информации, содержащейся в блоке управления относительно возможных состояний. В информационном аспекте условие указывает на невозможность снижения энтропии при отсутствии управления, что в известной мере соответствует второму началу термодинамики о невозможности невосполняемого кругового энергообмена. Для обеспечения управления необходимо принятие таких системных проектных решений, которые обеспечивают ограничения возможного разнообразия в поведении объекта управления и системы, и, следовательно, минимизируют энтропию.

В этом вопросе важнейшее значение имеет схема кластеризации, которая активно влияет на построение алгоритмов функционирования цифрового блока в цепи управления мехатронной системы. Анализ проблемы показывает, что эффективные результаты можно ожидать, прежде всего, при использовании эвристико-алгоритмических методов и приемов. Для выполнения кластеризации состояний предложено применить достаточно универсальный допусковый принцип, многократно апробированный в различных непрерывных системах контроля электромеханического и электронного оборудования [3].

Состояние объекта управления и мехатронной системы в каждом цикле функционирования естественно оценивать по текущим значениям параметров (координат) информационных векторов  $R$ . В состав вектора  $R$  в терминологии У. Р. Эшби должны включаться только «главные параметры» [2]. На стадии системного анализа целесообразно полагать координаты вектора  $R$  взаимно независимыми, что соответствует наилучшим условиям оценки энтропии. Для формирования возможных состояний  $XS$  необходим набор значений ожидаемых вероятностей  $P_1, P_2, \dots, P_r$  нахождения каждого из параметров (координат) в пределах требуемых допусков [3].

Состав «главных параметров» и пределы требуемых допусков могут быть заданы исключительно экспертами — высококвалифицированными системными аналитиками в области создания и использования мехатронных систем конкретного функционального назначения. Набор ожидаемых вероятностей нахождения каждого из параметров в пределах требуемых допусков устанавливается путем моделирования процессов формирования и получения блоком цифрового управления векторов. Существенными и определяющими факторами, которые влияют на вероятности  $P_1, P_2, \dots, P_r$ , являются чувствительность сенсоров, точностные параметры трактов измерения, достоверность передачи параметров векторов  $G, R$  по системным каналам, техническая надежность аппаратуры, алгоритмы оцифровки и обработки измерительной информации и другие. Эти аспекты составляют предмет самостоятельного исследования и в настоящей работе не рассматриваются.

При  $r$ -размерности информационного вектора  $G$  максимальное количество дискретных состояний объекта управления и системы, которые могут быть выделены при использовании предлагаемой схемы кластеризации, равно  $2^r$ . Первое состояние  $XD_1$  множества  $XD$  задается как состояние нахождения всех параметров вектора  $G$  в пределах требуемых допусков. Такое состояние является единственным. Ко второй группе состояний  $XD_2, XD_3, \dots, XD_{(r+1)}$  могут быть отнесены состояния нахождения всех параметров вектора  $G$ , за исключением любого одного параметра, в пределах требуемых допусков; количество таких состояний  $r$ . К третьей группе состояний могут быть отнесены состояния  $XD_{(r+2)}, XD_{(r+3)}, \dots, XD_{(r(r-1)/2+2)}$  нахождения всех параметров вектора  $G$ , за исключением любых двух параметров, в пределах требуемых допусков. Количество таких состояний равно  $r(r-1)/2!$ . Аналогичным образом строятся остальные группы состояний с номерами 4, 5, ...,  $(r-1)$ , кроме последней. К последней группе с номером  $r$  может быть отнесено состояние нахождения всех параметров вектора  $G$  вне пределов требуемых допусков. Такое состояние также является единственным и в циклах управления.

Предложен метод расчета вероятностей и энтропии выделенных состояний. Показано, что если координаты информационного вектора  $G$  составлены действительно из «главных параметров», а второстепенные и другие малозначащие параметры экспертами отсеяны, то фактическое уменьшение энтропии принципиально возможно двумя способами:

- с помощью округления информации и искусственного уменьшения размерности  $r$ ;
- за счет дополнительной иерархической кластеризации состояний на втором или на более высоких уровнях.

Первый способ может быть реализован путем установления практической границы системной различимости состояний, при этом специфицируется первое состояние, состояния второй группы, состояния третьей группы и так далее до границы различимости. Остальные состояния заменяются одним укрупненным состоянием с суммарной вероятностью реализации. Такой способ ведет к упрощению алгоритмов функционирования цифрового блока

управления и к сокращению общего времени выработки ответных реакций. Правомерность указанного проектного решения определяется экспертами индивидуально, в зависимости от конкретного функционального назначения мехатронной системы. Однако этот прием допустим не для всех классов и типов мехатронных систем. Второй способ ведет к усложнению структуры множества  $XD$ , и, следовательно, к неминуемому усложнению структуры всей мехатронной системы, что сопровождается увеличением временной продолжительности выработки управляющих воздействий.

#### Литература

1. Гулай, А. В. Интеллектуальные технологии синтеза стратегических решений при создании сложных систем / А. В. Гулай, В. М. Зайцев // Электроника-инфо. — 2014. — № 5.
2. Эшби, У. Р. Введение в кибернетику / У. Р. Эшби. — М.: Иностранная литература, 1959.
3. Карибский, В. В. Основы технической диагностики / В. В. Карибский, П. П. Пахоменко, Е. С. Согомонян, В. Ф. Халчев. — М.: Энергия, 1976.

#### РЕФЕРАТ

Исследовано влияние основополагающих информационных факторов на процессы проектирования мехатронной системы с цифровым управлением. В качестве информационного критерия эффективности управления системы выбрана степень соответствия параметров векторов управления, синтезируемых системой, и результатов идентификации текущих состояний. Проанализирован комплексный информационный подход к выработке и принятию системотехнических проектных решений, которые после отработки управляющих воздействий исполнительным механизмом обеспечивают существенные ограничения возможных негативных отклонений в поведении объекта управления и системы.