Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

С. М. Тоскин, Ю. В. Трошенков, Многомерное управление технологическими процессами в производстве мехатронных устройств, *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 2001, выпуск 12, 203–206

DOI: <https://doi.org/10.14498/vsgtu86>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.162.85.209

26 апреля 2023 г., 16:16:05

С.М. Тоскин, Ю.В. Трошенков

МНОГОМЕРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕХАТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Проведен анализ существующих подходов к решению задачи обеспечения качества и дано обоснование возможности применения многомерного управления технологическими процессами в производстве мехатронных устройств на основе параметрических моделей.

В последние десятилетия в мире изменился взгляд на проблему повышения качества выпускаемых изделий. Наряду с обычной задачей обеспечения соответствия изделия его техническим условиям стала играть значительную роль такая организации самого процесса производства, которая гарантировала бы устойчивое качество и его непрерывное улучшение. Это обстоятельство непосредственно связано с появлением международных стандартов серии ISO 9000, предъявляющих определенные требования к способу организации производства. Большое распространение получило понятие "системы качества", как совокупности организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для общего руководства качеством. Для потенциального заказчика стало важным не только соответствие получаемой от поставщика конкретной партии продукции его требованиям, но и гарантия стабильности качества этой продукции в долгосрочной перспективе. С другой стороны, производитель так же заинтересован в этом для надежного закрепления своих позиций на рынке и уменьшения потерь, связанных с неправильной организацией производства и рекламациями.

В решении задачи по организации производства, гарантирующего высокое качество изделий, определенную роль играет управление технологическими процессами. Например, на заводах японской фирмы "Тоета" внедрена система управления производством под названием "точно вовремя". Эта система предполагает, что 100% изделий без брака должны поступать с любого предыдущего участка производства на любой последующий. Для достижения этого на каждом участке предусмотрен автономный контроль качества, целью которого является выявление брака и предотвращение его повторения. Важно отметить, что обычно проверка готовой продукции проводится не с целью обнаружения дефектов, а либо для выявления отклонений от потребительских свойств, либо в целях совершенствования управления производством [1]. Достоверность контроля качества продукции зависит от способа его выполнения. Контроль качества, на наш взгляд, будет тем достовернее, чем меньше его результаты будут определяться входными воздействиями и реакциями изделия (детали). Наиболее точно можно оценивать свойства изделия, если учитывать взаимодействия его составных частей по их параметрам. В данной работе делается попытка реализовать процесс определения свойств изделия путем сравнения параметров взаимодействующих комплектующих с цифровой моделью, составленной из ожидаемых величин параметров этих комплектующих.

Остановимся на некоторых положениях, связанных с управлением технологическим процессом при решении задачи повышения качества мехатронных устройств:

- выходной контроль как таковой не обладает достаточной эффективностью, так как приводит лишь к констатированию уже имеющихся отклонений в готовой продукции от технических условий;

- выходной контроль не позволяет делать определенных выводов по управлению технологическим процессом с целью повышения качества продукции. Это связано со сложностью уже собранного мехатронного устройства, в котором присутствуют многочисленные механические и электромагнитные внутренние связи. Эти связи при определенных условиях могут отрицательно проявлять себя уже во время эксплуатации изделия, приводить к отклонениям от технических условий и даже к преждевременному выходу из строя;

- все отклонения параметров изделия и все его качественные показатели неизбежно связаны друг с другом в той или иной степени сложным образом. Любое отдельное изменение в технологии производства может повлиять на множество других показателей готовой продукции. Это говорит о необходимости комплексного рассмотрения технологии производства мехатронного устройства, с опорой на знания о нем как о сложной, многосвязной системе. Даже очевидное, на первый взгляд, изменение какого-либо из параметров отдельных комплектующих соби-

раемого изделия может не привести к желаемому результату и даже вызвать усиление нежелательных связей, отрицательно сказывающихся на его качественных показателях;

- в процессе производства параллельно с продвижением собираемых изделий вдоль технологической цепочки происходит продвижение большого количества информации, которая не используется в полной мере. Поступающая информация с отдельных этапов сборки позволяет выявить закономерности, которые привели бы к выводам о влиянии параметров исходных компонентов (качества их обработки) на свойства готового изделия. Получаемые таким образом практические выводы оказали бы помощь в комплексном рассмотрении технологического процесса и выработке решений по его изменению.

В связи с выше сказанным можно сделать вывод о том, что готовое изделие, успешно прошедшее выходной контроль на производстве, может оказаться негодным или неконкурентоспособным в реальных условиях эксплуатации. Вся собранная система в целом при определенных условиях может выходить из режима нормального функционирования даже при соответствии учитываемых параметров заданным нормам. Более того, по мере дрейфа тех или иных параметров во время эксплуатации, возникающие изменения могут инициировать и усиливать другие нежелательные явления. Причем, учесть возможные сценарии развития подобных процессов становится еще более трудным делом, если в изделии заведомо присутствуют скрытые или неучтенные отличия параметров в тех или иных комбинациях. Эти отклонения могут не проявлять себя при проведении выходного контроля, который предполагает получение требуемых выходных величин путем подачи стандартных входных воздействий.

Таким образом, распространенные сигнальные методы выходного контроля недостаточны, так как не позволяют обнаружить по возможности все, в той или иной мере значимые, связи в изделии и оценить их влияние. Возникает естественный вопрос, как обеспечить заложенную в изделие на этапе проектирования функциональность и предупредить возникновение других, непредусмотренных свойств после сборки? Для этого необходимо иметь в распоряжении набор соотношений между параметрами изделия - идеальную модель, которая бы определяла структуру изделия и обеспечивала его идеальное функционирование. Тогда, по известной степени отличия структуры изделия от теоретически заданной, можно будет с уверенностью говорить о его качестве. Другими словами, можно сказать, что задачей производства является закрепление в изделии необходимых связей в требуемых пропорциях и устранение нежелательных. Критерием качества должна быть именно степень совпадения структуры изделия со структурой его идеальной модели, что обеспечило бы правильное функционирование, а не наоборот.

Приведем простой пример [2]. Пусть требуется изготовить рычаг в виде стержня, закрепленного в одной точке с заданным соотношением плеч (рис. 1). Зависимость между силами и скоростями на концах плеч можно представить в виде матричного уравнения вида

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ V_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \alpha & -\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_2 \\ V_2 \end{bmatrix}.$$

Р и с. 1. Схема рычага

Предположим, что при изготовлении такого рычага длины плеч стержня оказались уменьшенными или увеличенными, причем так, что их отношение осталось равным заданному. Тогда между силами и скоростями на концах плеч передаточные отношения останутся прежними. Обнаружить такой дефект путем изменения сил или скоростей на одном конце рычага и измерения соответствующей величины на другом конце будет невозможным. Однако, при последующем включении рычага в состав другого более сложного механизма, силы и скорости на его концах окажутся связанными некоторыми сложными соотношениями, которые будут определяться массами, размерами и силами, присутствующими в этом механизме. И допущенный дефект неизбежно скажется на работе всего механизма. Если при изготовлении рычага одновременно будет изменена длина стержня и смещена точка шарнирного крепления к опоре, то окажется вообще невозможным выяснить на каком этапе технологического процесса имел место дефект. Действительно, в этом случае

$$\alpha = \frac{\Delta_o}{(L_1 + L_2) - \Delta_o + \Delta_L},$$

где Δ_0 - смещение точки опоры от левого конца стержня; Δ_L - величина изменения общей длины стержня.

Можно подобрать множество таких комбинаций величин смещения опоры и изменения длины стержня, для которых приведенное отношение будет сохранено.

Разрабатываемый авторами метод многомерного управления технологическими процессами основан на формальном представлении производимого изделия в виде соотношений между потоковыми и разностными величинами [2]. В получаемую таким образом модель заранее закладывается набор параметров изделия и образующих ядро модели в некотором параметрическом пространстве. Выбор этих параметров осуществляется на основе априорной информации и в зависимости от преследуемых целей управления технологическим процессом. Причем, такая модель потенциально обеспечивает учет всех возможных связей в системе в пределах заданного параметрического пространства. Задачей является поиск таких связей и оценка их величины. Эти связи могут быть учтены непосредственно в технологическом процессе для его управления на любой стадии производства. Непрерывно получаемая при этом информация о результатах управления может быть использована для формирования выводов, позволяющих оперативно дополнять модель новыми ранее неучтенными свойствами, а также принимать решение об изменении технологического процесса. Преимуществом предлагаемого метода является возможность оперативного вмешательства в технологический процесс на любой его стадии для предотвращения выхода бракованной продукции именно на стадии ее производства. Другими словами, осуществляется попытка в организации такого управления технологическим процессом, при котором мы смогли бы заранее знать о свойствах изделия, прежде чем оно будет собрано на конвейере. Сущность управления состоит в непрерывном сравнении параметров собираемого на технологической линии изделия с параметрами его непрерывно наращиваемой модели. В результате такого сравнения оказывается возможным выявить новые связи в изделии в виде дополнительных коэффициентов, а так же их отличие по величине от заложенных в модели. Получаемый результат дает возможность вырабатывать управляющие сигналы для соответствующего изменения качества обработки поступающих на сборку деталей, а так же делать выводы о полноте используемой модели и последующего учета других параметров исходных деталей или материалов. Отметим, что предлагаемый метод позволяет организовывать целенаправленный контроль на всех стадиях технологического процесса, учитывать наиболее значимые для качественной работы изделия параметры, а так же исключать контроль менее значимых (увеличивать допуски). То есть, возникает альтернатива сплошному контролю соответствия деталей неким установленным нормам, наличие которых еще не гарантирует правильную работу устройства в собранном виде.

Р и с. 2. Схема управления технологическим процессом сборки

Следует подчеркнуть, что сравнение модели с реально собираемым изделием проводится не с точки зрения соответствия его выходных сигналов требуемым, а путем изменения любых доступных и более удобных в условиях производства режимов его функционирования с одновременным учетом этих же изменений в сравниваемой модели. Потому что, возвращаясь к выше изложенному, важно выявить отличия в самой структуре изделия от наилучшей. Так, в выше приведенном примере с рычагом, можно было бы зафиксировать один из концов стржня и нагрузить на другой его конец известную массу. Эту же операцию следует просчитать численно в ЭВМ, опираясь на хранящуюся в ее памяти модель рычага. Сравнив величину получившегося прогиба плеча с подсчитанной, можно оценить отличие в его длине от заданной. Если же окажется, что упругие свойства стержня существенно отличаются от одного изделия к другому, то это сильно скажется на его динамических характеристиках, а значит и на работе всего будущего устройства, наравне с дефектами его длины и смещения точки шарнирного крепления. В этом случае принимается решение о дополнительном учете его упругих свойств и поперечных размеров путем расширения модели.

Опишем возможную структуру системы управления технологическим процессом сборки. Предположим, что некоторое устройство последовательно собирается из ряда отдельных деталей (рис. 2). Причем, некоторые детали могут подвергаться дополнительной обработке перед сборкой. Каждой детали можно поставить в соответствие набор некоторых параметров, связывающих все интересующие нас воздействия на эту деталь (входы) с результатом этого воздействия (выходы). Причем, могут быть учтены воздействия любой природы (механические, электромагнитные, тепловые). Для этого все их необходимо связать с соответствующими выходами самыми общими уравнениями на основе соотношений между потоковыми и разностными величинами [2]. По мере сборки изделия параметры каждой из исходных деталей вступают во взаимодействие, образуя новый набор параметров собранной части с новыми связями. Во вновь полученных соотношениях могут возникнуть новые связи в виде новых коэффициентов, которые свидетельствуют либо о ранее неучтенных параметрах исходных деталей, либо о качестве самой сборки. Сравнивая параметры получаемых на каждом этапе сборки частей будущего изделия с параметрами их моделей, построенных на основе знаний о параметрах исходных элементов, по имеющимся отличиям можно фиксировать информацию о нежелательных изменениях в параметрах и связях, возникающих при сборке.

Собираемая одновременно со всех этапов сборки информация о параметрах получаемых частей будущих изделий используется для формирования модели изделия в целом. При обнаружении недопустимых отличий в параметрах (структуре) будущих изделий от их идеальной модели принимается решение о проведении тех или иных мероприятий. Такими мероприятиями могут быть, например, наиболее доступное в условиях данного производства изменение допусков на обработку исходных комплектующих для компенсации обнаруженных изменений, осуществление повторной сборки или обработки дефектных деталей, кратковременная остановка работы того или иного участка для наладки оборудования, изменение порядка сборки и т.д. При этом возможно одновременное смягчение допусков на некоторые другие параметры деталей с целью удешевления производства, при условии сохранения потребительских свойств готовой продукции.

Наши исследования, проведенные для электрических структур, показывают полную состоятельность изложенных методов управления технологическими процессами [3]. Очевидно, что распространение этих методов на производство мехатронных устройств позволит упростить решение задачи управления качеством продукции на отечественных производствах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Монден Я. "Тоета": Методы эффективного управления. Сокр. пер. с англ. М.: Экономика, 1989.
2. Милых А.Н., Шидловский А.К. Принцип взаимности и обратимость явлений в электротехнике. Киев: Наукова думка, 1967.
3. А.С. 1802617 СССР, (МКИ) Н 05 К 13.08. Устройство гибкой автоматизированной системы сборки электронных изделий / С.М. Тоскин и др.