

АДАПТИВНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТОВ МЕЖДУ МОДУЛЯМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Дровников А.Н., Калмыков Б.Ю.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье рассмотрена обобщенная модель типового технологического процесса сельскохозяйственных машин, которая представляет собой многомерный объект, подвергающийся случайным воздействиям, со сложной взаимосвязью входных и выходных параметров. Проведено исследование адаптивных распределителей момента (АРМ). Изучена их структура, конечной целью которого является не столько анализ, сколько именно синтез общих или типовых структур АРМ. Такая обобщённость представления структур АРМ должна сочетаться с достаточной определённой обозначений и эффективностью практического использования, включая вариативность конструирования и простоту применения расчётных методов проектирования.

Ключевые слова: адаптивный распределитель момента, сельскохозяйственные машины, технологические процессы.

ADAPTIVE DISTRIBUTION OF MOMENTS BETWEEN MODULES OF AGRICULTURAL TRANSPORT AND TECHNOLOGY MACHINES

Drovnikov A.N., Kalmykov B.Yu.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Annotation. This article discusses a generalized model of a typical technological process of agricultural machinery, which is a multidimensional object subjected to random influences, with a complex relationship of input and output parameters. The study of adaptive torque distributors (AWP). Their structure has been studied, the ultimate goal of which is not so much analysis as synthesis of general or typical workstation structures. Such a generalization of the representation of AWP structures should be combined with a sufficient certainty of the notation and the effectiveness of practical use, including design variability and ease of use of design methods of design.

Key words: adaptive torque distributor, agricultural machinery, technological processes.

В работе [1] рассмотрена обобщенная модель типового технологического процесса сельскохозяйственных машин, которая представляет собой многомерный объект, подвергающийся случайным воздействиям, со сложной взаимосвязью входных и выходных параметров.

Под типовым технологическим процессом в данном случае мы подразумеваем все виды реальных технологических операций в технологической среде сельскохозяйственного производства, например, процессы обработки почвы как традиционной вспашкой, так и роторными плугами, активными дисками, почвенными фрезами и активными боронами. В этот перечень также внесём и рабочие процессы активного навесного и прицепного оборудования, к которым можно отнести бурение ям для плодовых деревьев, обрезка виноградных кустов и измельчение этих обрезков и т.д. Все эти процессы объединяются одним общим признаком – сложным взаимодействием исполнительных механизмов с технологической средой.

Таким образом, технологические процессы рассматриваемых машин и агрегатов являются результатом взаимодействия энергетических потоков машин с рабочей средой, они сопровождаются информационными процессами, часть которых отражается в специальных измерительных устройствах, а также воспринимается непосредственно человеком-оператором. Оценку части информации, воспринимаемой измерительными устройствами и оператором, формирование управляющего сигнала, введение его в исполнительное устройство и при необходимости его коррекцию обычно возлагают на специальные сравнивающие и решающие устройства, специальные исполнительные механизмы и т. д., которые известны под общим названием авторегуляторы. В то же время, как было показано выше, многие машины и агрегаты обладают достаточно высокими саморегулирующими свойствами, несмотря на отсутствие каких-либо требований к их кинематически-функциональным структурам в отношении такого саморегулирования. Возникает задача анализа существующих кинематических и

функциональных структур неавтоматических машин и агрегатов в отношении саморегулирующих способностей и синтеза таких структур, которые наиболее полно (по возможности) отвечали требованиям по саморегулированию рабочего процесса, сохраняя в то же время простоту и надежность нерегулируемых схем привода. Если построить в одних и тех же координатах механические характеристики исполнительных механизмов и технологические характеристики рабочего процесса, то точки пересечения этих характеристик определяют рабочие режимы технологической машины. Положения точек пересечения характеризуют степень использования мощности приводного двигателя (или двигателей) и, следовательно, определяют производительность технологической машины. Очевидно, максимум производительности зависит от степени согласованности механических характеристик исполнительных механизмов и технологических характеристик рабочего процесса между собой.

В то же время закономерности построения адаптивных механизмов представляют собой первый и очень важный этап изучения их структуры, т. е. строения механизмов, причем играют большую роль не только при анализе известных, уже спроектированных механизмов, но и особенно при синтезе новых механизмов. Наиболее распространенный в настоящее время вид адаптивных механизмов – адаптивные распределители момента, т. е. такие распределители момента, ведомые звенья которых замкнуты через технологический процесс.

Постановка проблемы адаптивности механизмов и ее решение создают реальные возможности для изобретения целого семейства новых механизмов с рациональными, а иногда и оптимальными качествами. Потребность в адаптивных механизмах возникает, когда приложенные к его ведомым звеньям воздействия изменяются случайно в столь широких пределах, что не представляется возможным обеспечить не только оптимальную, но даже рациональную, а в некоторых случаях просто устойчивую работу механизма. Такой вид механизма, который обладает свойством адаптации, т. е. способностью автоматически изменять свои характеристики в благоприятную для хода технологического процесса сторону, позволяет обеспечить требуемый режим и качество работы. В этом случае мы получаем новый, весьма обширный класс механизмов, который после разработки методов их анализа и синтеза сможет найти в машиностроении (особенно в различных автоматах) разностороннее применение. Адаптивные механизмы отличаются от обычных изучаемых в теории механизмов и машин и поэтому требуют специального исследования.

Как показал анализ современного состояния теории адаптивных механизмов, пока не создана универсальная систематизация адаптивных распределителей момента (АРМ), основанной на изучении их структуры. Поэтому проблема создания законченной системы классификации АРМ, вытекающей из общей структурной теории адаптивных механизмов, до сих пор не решена.

Во всех этих случаях ставится задача обеспечить лучшее функционирование системы технологической машины, чем то, которое может быть получено на основании недостаточной априорной информации о параметрах внешних воздействий со стороны рабочего процесса. Поставленная таким образом задача, может быть решена не только за счет применения различных устройств автоматического управления и регулирования, в частности адаптивных систем управления [2], но и за счет придания самим исполнительным механизмам технологической машины способности корректировать характеристики в направлении, обеспечивающем улучшение определенных показателей качества функционирования, по назначению которых можно судить об эффективности работы технологической машины. Очевидно, в самом общем случае такие механизмы должны обладать определенными свойствами приспособления, адаптации. Анализ существующих конструкций многих технологических машин показывает, что далеко еще не все возможности в этом отношении использованы. Особенно это относится к построению рациональной структуры исполнительного механизма. Автоматическое регулирование технологического режима можно осуществить путем использования перекрестных или обратных (ре-циклических) связей в самой структуре привода машины. Решить основные вопросы авторегулирования за счет особо организованной структуры привода в рассматриваемых технологических процессах можно применением двухконтурной (двухканальной) системы, один из контуров которой в частном случае следит за изменением нагрузки по каналу усилия подачи, а другой – по каналу момента вращения. Это не исключает других видов нагрузки по указанным каналам, например, моментов вращения или сил сопротивления перемещению рабочих органов по обоим каналам или вообще использование только одного канала нагрузки. В последнем случае сложный механизм регулирования вырождается в более простой, аналогичный муфте скольжения.

В этих условиях важное значение приобретает путь создания таких структур механизмов, которые способствовали бы наиболее яркому проявлению реальных саморегулирующих свойств машин и агрегатов, т. е. механизмов, которые без специальных авторегуляторов или систем автоматического управления непрерывно учитывают все или только основные показатели, характеризующие рабочий процесс, и непрерывно вносят соответствующие поправки в режимные параметры путем изменения

закономерностей движения своих звеньев, т. е. обеспечивают соответствующее саморегулирование своих характеристик в тех пределах, которые диктуются параметрами процесса. Говоря о совокупности элементов, из которых должен состоять такой механизм, следует иметь в виду, что он не может иметь неразветвленную кинематическую цепь жесткой структуры. Разветвленность его кинематической цепи обеспечивает передачу движения по двум или более каналам нагрузки, а гибкость структуры – соответствующую гибкость механических характеристик исполнительных механизмов. Гибкость структуры механизма согласно классическим положениям механики машин можно обеспечить только наличием дополнительных степеней подвижности, т. е. такие механизмы должны иметь по меньшей мере две структурные степени свободы, например, дифференциальные механизмы различной сложности. К таким механизмам будут относиться дифференциалы с одним ведущим и двумя ведомыми звеньями, например, автомобильный дифференциал.

Примерами более сложных механизмов, также имеющих две структурные степени подвижности, но с тремя и более ведомыми звеньями, являются все более широко применяющиеся приводы различных машин и агрегатов, в том числе бурильных, землеройных и погрузочных машин, металлорежущих станков и т. д. [3]. В таких механизмах можно выделить звенья, назначение которых состоит не только в передаче движения от звена к звену, но и в выполнении иных функций, а именно функций автоматического управления и регулирования. Поэтому в этих механизмах, как и в системах автоматического регулирования, имеются информационные процессы. Другими словами, такие механизмы представляют собой одновременно системы автоматического регулирования, поэтому и функциональная схема такого механизма в обобщенном виде в основном совпадает с аналогичными схемами систем автоматического регулирования. Следовательно, в этом случае можно отметить соприкосновение задач теории, механизмов и автоматического регулирования. Таким образом, согласно требованиям типовых рабочих процессов, рассмотренных выше, необходимо построение механизмов с самоизменяющимся в соответствии с ходом рабочего процесса относительным движением звеньев. Такие механизмы в дальнейшем будем называть адаптивными, так как в любом случае такой механизм исполняет надлежащий закон движения с учетом конкретных ситуационных условий рабочего процесса. Такие механизмы по числу структурных связей являются системами с двумя и более степенями свободы, поэтому при одном ведущем звене движение их ведомых звеньев определяется дополнительными внешними связями, которые могут иметь различное физическое происхождение.

В машиностроении широко применяются зубчатые (или иные) механизмы с одним ведущим и двумя и более ведомыми звеньями, обеспечивающими заданные постоянные отношения крутящих моментов на ведомых звеньях по отношению к величине крутящего момента на ведущем звене. Такие механизмы принято называть распределителями крутящего момента или просто распределителями момента. При этом за распределителями момента, имеющими 2 ведомых звена, закреплено краткое название «2-распределители момента» или 2-РМ, за распределителями момента, имеющими 3 ведомых звена, закреплено название «3-распределители момента» или 3-РМ и т.д. [4]

Исследование адаптивных распределителей момента (АРМ) целесообразно начинать с изучения их структуры, конечной целью которого является не столько анализ, сколько именно синтез общих или типовых структур АРМ. Очевидно, что без такого обобщения трудно устранить элементы случайности и произвола в проектировании конкретных конструкций АРМ для определённых задач. Но такая обобщённость представления структур АРМ должна сочетаться с достаточной определённостью обозначений и эффективностью практического использования, включая вариативность конструирования и простоту применения расчётных методов проектирования.

В этой связи весьма полезно обратиться к работе [5], пожалуй, впервые применено символическое обозначение элементов кинематических схем, названное авторами «структурными составляющими трансмиссий». Примерами структурных составляющих трансмиссий являются ими принятые обозначения:

O – двигатель;

1,2,3 - исполнительные устройства;

B – барабан лебёдки;

B - механизм поворота (вращения);

K - коробка передач без уточнения типа;

KП - коробка передач с неподвижными осями колёс;

ПКП - планетарная коробка передач;

П - дополнительная передача;

P - реверс (редуктор-реверс);

X - механизм передвижения (хода);

D - механизм с двумя степенями свободы;

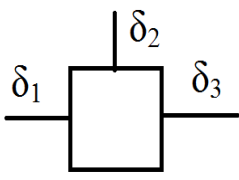
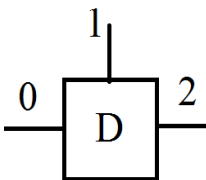
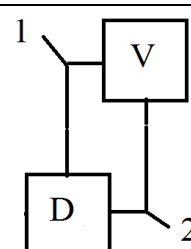
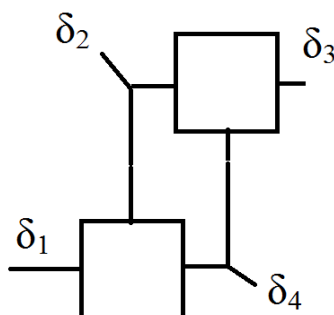
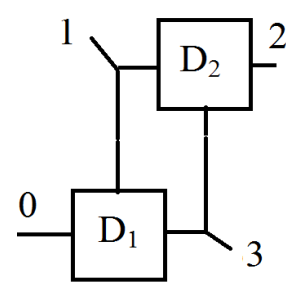
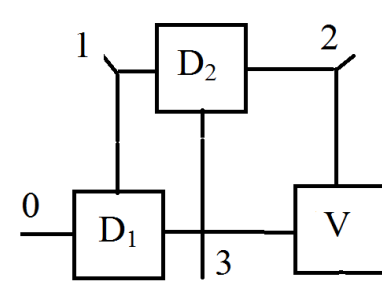
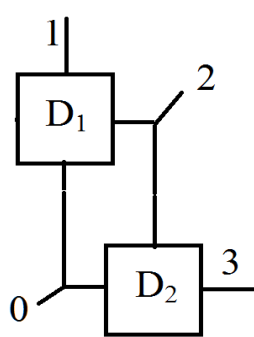
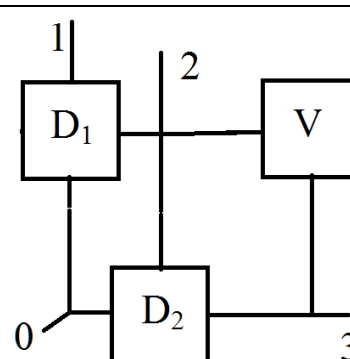
F - механизм с тремя степенями свободы;

V - замыкающий механизм с переменными параметрами, например вариатор.

В исследованиях структуры механизмов и, в частности, сложных планетарных механизмов (СПМ) используется понятие о структурной цепи механизма [6].

Пользуясь этим понятием структурной цепи механизма и вышеуказанными символическими изображениями и краткими обозначениями элементов кинематических схем сведём обобщённые структурные схемы классических распределителей момента 2-PM и 3-PM, а также адаптивных распределителей момента 2-APM и 3-APM в общую таблицу 1.

Таблица 1 - Обобщённые структурные схемы классических распределителей момента

Структура цепи	Структура PM	Структура APM
		
	 Тип А	 Тип А
	 Тип Б	 Тип Б

В приведенной выше таблице с помощью понятия о структурной цепи механизма мы обозначили и вышеуказанный технологический процесс V с двумя каналами внешних нагрузок. Так как технологический процесс V является по сути своей внешней связью, то он на данных структурных схемах связывает выходные звенья APM.

Действительно, при замыкании выходных звеньев PM с двумя степенями свободы внешней связью через технологический процесс V, он превращается в адаптивный механизм, а конкретно в APM. Адаптивное распределение моментов в такой системе будет осуществляться, во-первых, из-за фактической вариативности технологического процесса, а во-вторых, благодаря соответствующей структуре APM, позволяющей реализовать регулирующий тренд реального технологического процесса.

При этом следует добавить, что в таблице показано существование 2-х типов 3-APM, соответствующих 3-м типам 3-PM согласно двум вариантам присоединения двигателей 0 и исполнительных устройств 1, 2 и 3.

В качестве исполнительных устройств в нашем случае выступают различные механизмы и агрегаты, подключаемые к валам отбора мощности двигателя сельхозмашины.

Список использованных источников

1. A.N. Drovnikov and B Yu Kalmykov. Technological bases of the improvement of agricultural transport-technological machines / Published under licence by IOP Publishing Ltd IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 632, Number 1.
2. Адаптивное управление станками/ под ред. Б.С. Балакшина. - М.: Машиностроение, 1973. – 688.
3. Дровников А.Н. Адаптивные структуры механизмов и машин. – Ростов н/Д.: Изд-во Ростовского ун-та, 1984. – 128 с.
4. Крейнес М.А., Розовский М.С. Зубчатые механизмы, М., «Машиностроение», 1972, 428 с.
5. Волков Д.П., Крайнев А.Ф. Трансмиссии строительных и дорожных машин. Справочное пособие. М., «Машиностроение», 1974, 424 с.
6. Кирдяшев Ю.Н., Иванов А.Н. Проектирование сложных зубчатых механизмов. Л., 1973, 352 с.