

- Мн.: УП «Технопринт», 2002. с 27-33.; 13. Панов А.Н. Анализ потенциальных рисков несоответствий продукции (на примере несущих конструкций)// Современные методы проектирования машин. Расчет, конструирование и технология изготовления. Сборник научных трудов. Вып.1. В 3-х т.-Т.2/ Под общ. ред. П.А. Витязя. - Мн.: УП «Технопринт», 2002. с 33-37.; 14. Ускоренные ресурсные испытания кузова автобуса ЛиАЗ 5256 с элементами подвески на гидропульсаторном стенде. Отчет о НИР. Тема 213-10. НАМИ, 1987. 123 с.; 15. Ковалев Ю.Л., Ажмегов В.Ф., Гокк В.О. и др. Метод определения микропрофиля автомобильных дорог. Труды ВКЭИ автобуспром, 1975. с 10-23.; 16. Акопян Р.А., Хрунь В.М. Спектральный анализ в элементах несущей системы автобуса ЛАЗ 698 при разных эксплуатационных параметрах. Труды ВКЭИ автобуспром, 1976. с 3-30.; 17. Ковалев Ю.Л., Ажмегов В.Ф., Гокк В.О. и др. Исследование качественных факторов эксплуатационной нагруженности автобусного кузова рамной конструкции. Труды ВКЭИ автобуспром, 1977. с 124-133; 18. Хрунь В.М., Акопян Р.А. Особенности динамики нагружения несущих систем автобусов. Труды ВКЭИ автобуспром, 1978. с 3-20.; 19. Ташлыцкая А.С., Чугунов Б.М. К вопросу оценки прочности автобусных кузовов. Труды ВКЭИ автобуспром, 1989. с 73-84; 20. Панов А.Н. Системное моделирование повреждений несущих элементов машин// Тракторы и сельхозмашины. – 2002. N 11 с. 40-42.; 21. Панов А.Н. Прогнозирование надежности машин на этапе анализа проекта// Вестник МВТУ. Серия машиностроение. – 2002, №4 с. 45-51.; 22. РД 37.001.109–89 Руководящий документ. Инспекционные испытания автотранспортных средств, программа и методы испытаний.; 23. РД 37.001.014-83 Автотранспортные средства. Типовая программа методика междуведомственных испытаний на подтверждение ресурса до капитального ремонта; 24. ISO/TS 16949-2002 Quality management systems – Particular requirements for the application of ISO 9001-2000 for automotive production and relevant service part organizations; 25. СТП МАЗ 9001.4.19.00-2002 Стандарт предприятия. Система качества. Обслуживание. Техническое обслуживание.

УДК 681.527.3

Л.Д. Бельчик, Е.Я. Строк

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

*Институт механики и надежности машин НАН Беларуси
Минск, Беларусь*

Одним из основных элементов систем автоматического регулирования навесных устройств мобильных машин, от характеристик которого существенно зависят динамические свойства, надежность и качество регулирования, является управляющее распределительное устройство. Оно предназначено для управления исполнительным механизмом путем перераспределения потока рабочей жидкости между насосом, баком и силовым гидроцилиндром по определенному закону управления при изменении величины тока в соленоидах электромагнитов.

В настоящее время развитие техники в области гидравлических приводов мобильных машин выдвигает проблему энергетической экономии при эффективном управлении исполнительными механизмами. Поэтому целесообразно уже на этапе проектирования в зависимости от задач управления правильно выбрать

принципиальную схему и обосновать параметры распределительных элементов, которые обеспечивают рациональную работу компонентов всей гидросистемы.

Распространенным способом управления скоростью движения рабочих органов мобильной машины является дроссельное регулирование потока рабочей жидкости, поступающего от источника питания к исполнительному механизму. Известные схемные и конструктивные решения построены на вариации сопротивления энергетическому потоку, направляемому в силовой гидроцилиндр. К гидроприводам с дроссельным регулированием скорости исполнительного механизма предъявляется сложный комплекс требований, обеспечивающий его надежную работу, а также высокие динамические и эксплуатационные характеристики в условиях широкого диапазона температур, перегрузок, вибраций, сильной запыленности и т.д. Кроме того, для снижения непроизводительных затрат энергии двигателя гидравлическая система должна быть разгружена по давлению в холостых режимах, что уменьшает быстродействие управления навесным устройством, т.к. время вывода насоса из режима перепуска зависит от инерционности соответствующих элементов электрогидравлического распределителя.

Тракторы класса 6...30 кН, как правило, оснащены гидросистемами, содержащими насос постоянной подачи, разгруженный в холостом режиме под давлением перепуска 3...5 бар [1]. Конструкция гидросистемы постоянного расхода предполагает зависимость давления в ней от нагрузки силового гидроцилиндра. Излишек жидкости при этом отводится в бак через дроссель, образованный кромкой перепускного клапана. Основным недостатком этой системы является пониженная жесткость и необходимость отдельных для каждого потребителя источников питания. При этом точность регулирования скорости и ее стабильность в этом случае ниже, чем в гидросистемах постоянного давления, однако рабочая жидкость нагревается меньше. Это обусловлено тем, что лишь при максимальной величине нагрузки давление в гидросистеме достигает значения настройки предохранительного клапана насоса.

К преимуществам таких гидросистем можно отнести возможность использования насоса постоянного рабочего объема, отличающегося простой конструкцией и невысокой стоимостью, а также относительно небольшими затратами мощности на управление. В случае одновременно действующих потребителей, не требующих в широких пределах регулирования скорости исполнительного движения, такая система является более рациональной и отличается большей долговечностью и высоким коэффициентом полезного действия.

При дроссельном изменении скорости исполнительного механизма электрогидравлический распределитель может иметь пропорциональную или релейную характеристики. При пропорциональном законе управления в гидросистеме с насосом постоянной подачи дросселирование потока осуществляется в напорной или сливной магистралях пропорционально управляющему току. К недостаткам этого принципа управления следует отнести кроме непроизводительных затрат мощности на дросселирование недостаточную стабильность и надежность работы из-за влияния трения на баланс действующих на распределительные элементы управляющих сил, что приводит к статической ошибке.

Конструирование электромеханических преобразователей, исключаящих трение в первом каскаде гидроусилителя (например, гидроусилитель типа «сопло-заслонка»), предъявляет высокие требования к тонкости фильтрации рабочей жидкости. Применение этих устройств на мобильных машинах ограничено условиями эксплуатации и обслуживания.

Разработка двухкаскадных систем управления с маломощными электромагнитами предполагает использование для переключения перепускного клапана распределителя

давления перепада на его дроссельном отверстии. Этим обусловлена чувствительность гидросистемы к загрязнению рабочей жидкости и изменению ее температуры. При этом дроссельное регулирование скорости движения поршня силового гидроцилиндра при подъеме орудия сопровождается, как указывалось, непроизводительными затратами мощности энергомашины тракторного агрегата.

Так, например, многие зарубежные производители сельскохозяйственных тракторов используют для управления навесными устройствами электрогидравлические системы управления фирмы BOSCH-REXROTH, разработанные с использованием современных микропроцессорных средств [2]. Указанными системами оборудуются также партии перспективных моделей тракторов «Беларус».

Электрогидравлический распределитель указанной системы управления EHR-5 содержит размещенные в корпусе перепускной золотник, впускной клапан, аксиально расположенные выпускной клапан и управляющий им сервоэлемент, а также обратный клапан. Впускной клапан и сервоэлемент выпускного клапана кинематически соединены с соответствующими электромагнитами. При включении электромагнитов регулятора согласно определенному алгоритму впускной клапан или упомянутый сервоэлемент, перемещаясь, создают перепады давлений на соответствующих жиклерах малых диаметров и в полостях управления соответственно перепускным золотником или выпускным клапаном. Под действием этих перепадов давлений пропорционально току управления на обмотках электромагнитов происходит перемещение соответствующего запорно-распределительного элемента и корректирующее движение навесного орудия с определенной скоростью.

К недостаткам конструкции следует отнести использование для управления распределительными элементами перепада давлений на жиклерах малых диаметров, чувствительных к загрязнению и температуре рабочей жидкости. Кроме этого, сервоуправление перепускным золотником осуществляется посредством впускного клапана относительно большого диаметра и массы, на который воздействует через толкатель якорь электромагнита. Это ухудшает частотные свойства распределителя и надежность возврата упомянутого клапана при малых ходах якоря. Для уменьшения влияния указанного фактора используется осцилляция клапана посредством подключения электромагнита к высокочастотному генератору.

С точки зрения надежности работы наиболее предпочтительными являются системы с релейным законом управления электрогидравлическим распределителем. Основным условием их применения является обеспечение устойчивости и качества управления рабочими органами. Возможность создания релейных систем управления на базе бесконтактных коммутирующих устройств и микропроцессорных средств позволяет придать этим системам новые свойства. При релейном управлении в автоматических системах стабилизации регулируемых параметров необходимые качества достигаются путем форсирования сигнала обратной связи за счет введения дополнительного сигнала в виде первой и второй производных от величины регулируемого параметра. В этом случае управляющее воздействие всегда превосходит по величине силы сопротивления движению.

Появление разнообразных возможностей создания релейных элементов на новых принципах, не требующих контактных устройств и допускающих изменение их параметров, позволяет придать этим системам новые свойства. Дискретный способ формирования сигналов управления предполагает посредством распределительного устройства перераспределение энергетического потока между потребителем и отводящей магистралью без существенного влияния на его величину, что уменьшает диссипацию. Однако указанный способ регулирования предполагает создание

малоинерционных преобразователей с высоким быстродействием, т.е. специализированных технических средств. Таким образом, применение релейных систем управления в сочетании с соответствующим алгоритмическим и аппаратным обеспечением дает возможность исключить недостатки систем с дроссельным регулированием путем улучшения динамических свойств управляющих распределителей. Поэтому актуальным представляется для систем управления навесными устройствами мобильных машин создание образцов с использованием пьезоэлектрических преобразователей для дискретного воздействия через специальное колебательное звено на плунжер, переключающий энергетический поток рабочей жидкости между гидроцилиндром и гидробаком. Эффективность данного способа управления обусловлена высокими показателями надежности и энергетики, т.к. пьезоэлектрические преобразователи не содержат трущихся магнитопроводящих элементов, а перераспределение энергетического потока не сопровождается его диссипацией. Преобразователи, выполненные на основе поликристаллических сегнетоэлектриков, представляющих собой химическое соединение или твердый раствор компонентов, отличаются технологичностью и невысокой стоимостью. По химическому составу это сложный оксид, включающий ионы двухвалентного свинца или бария, а также ионы четырехвалентного титана или циркония. Путем изменения основного соотношения исходных материалов и введения добавок синтезируют разные составы пьезокерамики, обладающие определенными электрофизическими и пьезоэлектрическими характеристиками. Многослойные пакетные актюаторы, построенные по принципу обратного пьезоэффекта, могут развивать значительные усилия при очень малых отклонениях рабочей части. Примером их использования для управления гидравлическими клапанами могут служить последние зарубежные разработки пьезокерамических быстродействующих клапанов как для топливной аппаратуры дизельных двигателей автомобилей, так и для газораспределительных систем дизелей и двигателей внутреннего сгорания.

Использование указанного способа формирования воздействия на исполнительный механизм системы управления гидроприводом мобильной машины предполагает, что в несилowych промежуточных цепях этой системы имеется хотя бы одно звено с дискретной характеристикой. При микропроцессорном управлении указанное звено представляет собой релейный ключ в виде электрогидравлического усилителя, назначение которого состоит в перераспределении постоянного потока энергии без существенного влияния на его величину. Следовательно, наиболее благоприятным режимом включения дискретного электрогидравлического усилителя является режим, характеризуемый насыщением по расходу и отсутствием дроссельных потерь энергии потока рабочей жидкости. Этим обусловлены высокие показатели данного гидропривода по надежности и мощностному балансу.

С целью повышения надежности и упрощения конструкции распределителей гидравлических навесных устройств тракторов предлагается использовать при их работе принцип переключения однокаскадных затворов. Конструкция перепускного элемента представляет собой подпружиненный однокромочный плунжер, который непосредственно связан с толкателем электромагнита и образует на кромке управляемый дроссель между насосом и баком гидросистемы. Указанные конструктивные признаки устройства разгрузки насоса обеспечивают его нечувствительность к загрязнению рабочей жидкости и высокое быстродействие. Выпуск рабочей жидкости из напорной полости гидроцилиндра под действием собственного веса навесного устройства предлагается также реализовать по аналогичной схеме.

В целях исключения непроизводительного дросселирования рабочей жидкости и повышения надежности работы электрогидравлических распределительных устройств возможно использование одновременного включения при релейном законе управления двух распределительных элементов. Тогда один из них обеспечивает подвод рабочей жидкости в напорную полость исполнительного органа, а другой – ее отвод на слив, что позволяет управлять эффективной подачей рабочей жидкости. При этом предполагается для переключений в релейной системе при коррекции переходных процессов использование управляющего воздействия противоположного знака. Клапаны электрогидравлического распределителя, кинематически связанные с электромагнитами, обеспечивают подъем или опускание навесного орудия без дросселирования потока рабочей жидкости.

В начале переходного процесса, соответствующего подъему навесного устройства, одновременно с основным управляющим воздействием, которое устраняет рассогласование, реализуется управляющее воздействие противоположного знака для уменьшения энергии потока рабочей жидкости, поступающей от насоса, и устранения перерегулирования. Точка отключения исполнительного движения определяется микропроцессором с учетом форсированного сигнала обратной связи. Аналогично при опускании навесного орудия также реализуется управляющее воздействие противоположного знака для демпфирования потока, отводимого из рабочей полости гидроцилиндра на слив, потоком рабочей жидкости от насоса.

Результаты лабораторных испытаний подтвердили работоспособность и высокую надежность функционирования опытных образцов электрогидравлических распределителей систем управления навесными устройствами тракторов, разработанных с использованием указанных предложений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ксеневиц И.П. Современные проблемы прикладной механики наземных тягово-транспортных систем/ Приводная техника, №4(38). – 2002. – С. 2–38.; 2. Колчин С.Н. Электронно-гидравлическая система автоматического регулирования навесного устройства фирмы Bosch/ Тракторы и сельскохозяйственные машины, №8. – 1992. – С.43–44.

УДК 621.185.532

А.Г. Капсаров, С.Е. Бельский, Н.М. Чигринова

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЛОЖНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ

*Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь*

Многие рабочие органы машин приводятся в движение с помощью гидроприводов. Для обеспечения их надежности и долговечности необходимо в расчетах на прочность таких элементов гидросистем как цилиндры, штоки, трубопроводы учитывать весь комплекс воздействий, включающий статическую нагрузку, а также вибрации различной частоты и интенсивности. Для решения этой