

УДК 62-231.322.2

*Л.А. Савин¹, М.Б. Бородин², С.В. Мироненко²*¹Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс
Россия, г. Орел, Наугорское шоссе, 29²Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал)
Национального исследовательского технологического университета «МИСиС»
Россия, 309516, г. Старый Оскол, Белгородской области, мкр. Макаренко, 42

Адаптивное управление гидромеханических муфт на базе методов интеллектуальных систем

*L.A. Savin¹, M.B. Borodina², S.V. Mironenko²*¹The state university – educational scientific-industrial complex
Russia, Orel, Naugorskoye shosse, 29²The Stary Oskol technological institute of A.A. Ugarov (branch)
of the National research technological university «MISA»
Russia, 309516, Stary Oskol, Belgorod region, md. Makarenko, 42

Adaptive control of hydro-mechanical couplings on the basis of methods of intellectual systems

*Л.А. Савин¹, М.Б. Бородин², С.В. Мироненко²*¹Державний університет – навчально-науково-виробничий комплекс
Росія, м. Орел, Наугорське шосе, 29Старооскольський технологічний інститут ім. А.А. Угарова (філія)
Національного дослідницького технологічного університету «МІСіС»
Росія, 309516, м. Старий Оскол, Белгородської області, мкр. Макаренко, 42

Адаптивне управління гідромеханічних муфт на базі методів інтелектуальних систем

Особенностью рассматриваемой в статье гидромеханической муфты с дифференциальным передаточным механизмом является возможность управления параметрами исполнительных элементов гидросистемы в процессе работы на базе искусственного интеллекта. Это даёт возможность управлять работой привода посредством нового мехатронного узла, значительно повышая эффективность защиты элементов привода от динамических нагрузок и перегрузок.

Ключевые слова: адаптивные гидромеханические муфты, параметры управления, дифференциальный передаточный механизм, защита привода.

Feature hydromechanical coupling with the differential gear mechanism is the ability to control the parameters of the hydraulic system in the process. This enables you to control the drive through the new mechatronic unit, greatly increasing the effectiveness of protection of drive components of the dynamic loads and overloads.

Key words: adaptive hydro-mechanical couplings, control parameters, differential gear, protection of the drive.

Особливістю гідромеханічної муфти з диференційним передавальним механізмом, що розглядається у статті, є можливість управління параметрами виконавчих елементів гідросистеми в процесі роботи на базі штучного інтелекту. Це дає можливість керувати роботою привода за допомогою нового мехатронного вузла, значно підвищуючи ефективність захисту елементів привода від динамічних навантажень і перевантажень.

Ключові слова: адаптивні гідромеханічні муфти, параметри управління, диференційний передавальний механізм, захист привода.

Современные муфты в приводах машин кроме основной функции – соединения валов, как правило, выполняют ряд вспомогательных функций: предохранительную, упругодемпфирующую, пускозащитную. Таким образом, муфты, по сути, участвуют в управлении работой привода. Эффективную реализацию вспомогательных функций обеспечивают муфты с управляемыми параметрами.

Наиболее интересны, в плане реализации своих потенциальных возможностей, адаптивные гидромеханические муфты с передачей момента зацеплением (муфты с гидромеханическим исполнительным механизмом). На рис. 1 представлена гидромеханическая муфта с планетарным дифференциальным передаточным механизмом [1].

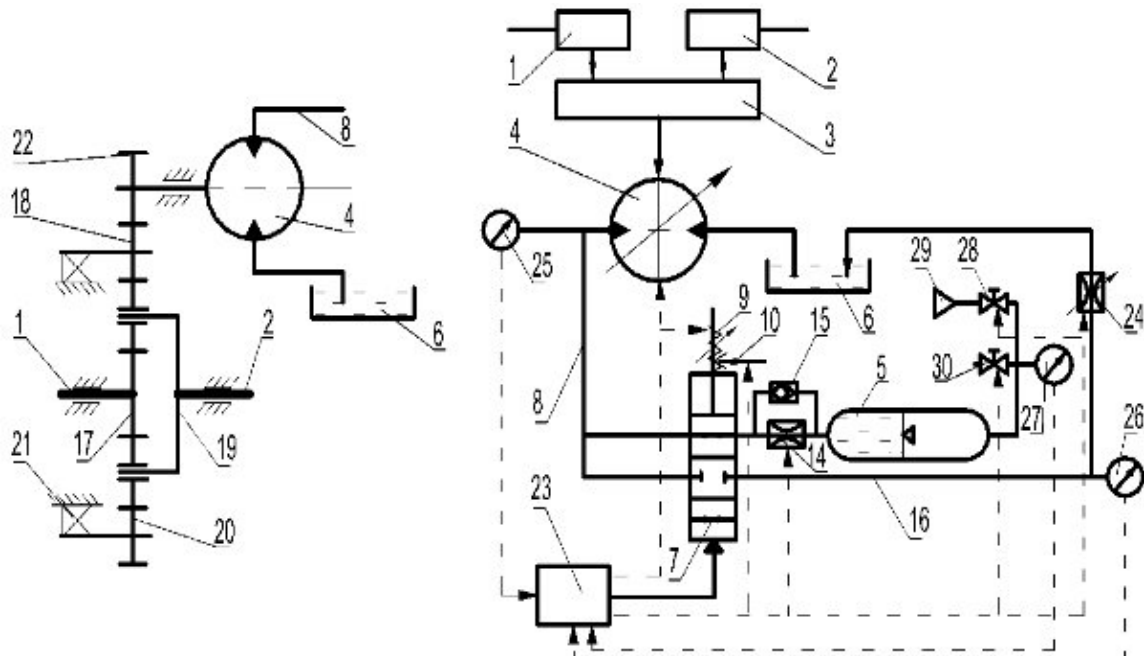


Рисунок 1 – Гидромеханическая муфта с планетарным дифференциальным передаточным механизмом: а) планетарный механизм; б) гидросхема муфты
 1, 2 – полумуфты; 3 – передаточный механизм; 4 – гидромашина; 5 – гидропневмодемпфер;
 6 – слив; 7 – гидрораспределитель; 8, 16 – гидролинии; 9 – упругий элемент; 10 – фиксатор;
 14 – гидродроссель; 15 – обратный клапан; 17 – солнечное колесо; 18 – сателлиты;
 19 – водило; 20 – коронное колесо; 21 – подшипник; 22 – шестерня; 23 – система управления;
 24 – управляемый гидродроссель; 25, 26, 27 – датчики давления;
 28, 30 – вентили; 29 – источник высокого давления газа

На установившемся режиме работы технологической машины момент от ведущей полумуфты 1 через солнечное колесо 17 (рис. 1, а) передается через сателлиты 18 на водило 19, связанное с ведомой полумуфтой 2. В этом состоянии подвижный элемент золотникового гидрораспределителя 7 находится в нижнем положении (на рис. 1, б), что обеспечивает гидравлическую связь напорной линии гидромашины 4 с гидродемпфером 5. При этом коронное колесо 20 удерживается от поворота шестерней 22, связанной с гидромашинной 4, вал которой не вращается, когда давление в гидромашине 4 равно давлению в гидродемпфере 5.

При возрастании момента на полумуфте 2 коронное колесо 18 проворачивается, и гидромашина 4, демпфируя нагрузку, начинает работать в режиме насоса, закачивая жидкость через дроссель 14 в гидродемпфер 5, до тех пор, пока давление в гидромашине 4 не уравновесится давлением в гидродемпфере. При этом накапливается в гидродемпфере 5 часть энергии.

В случае снижения момента на полумуфте 2, гидромашина 4 начинает работать в режиме мотора, проворачивая коронное колесо 18 в обратную сторону и возвращая энергию, накопленную в гидродемпфере 5, в привод до тех пор, пока не установится равновесное состояние. Ускоренное возвращение жидкости в гидромашину 4 обеспечивается обратным клапаном 16. При этом в линии 8 создаётся давление, пропорциональное передаваемому моменту.

При кратковременном (ударном) возрастании рабочей нагрузки выше допустимой, возрастает давление в напорной линии 8. Часть жидкости при этом перетекает в гидродемпфер 5, сжимая в нем рабочее тело. При этом из-за гидравлических сопротивлений в системе и в дросселе 14 происходит рассеивание части энергии и затухание возможного колебательного процесса. Это позволяет исключить «ложное» срабатывание муфты.

Если момент на муфте превышает допустимый достаточно продолжительное время, то растёт давление в напорной магистрали 8 и датчик давления 25 передаёт сигнал системе управления 23, которая смещает вверх золотник гидрораспределителя 7. При этом сжимается упругий элемент 11 и срабатывает фиксатор 10. Рабочая жидкость из гидромашин 4 поступает на слив 6 по магистрали 16, резко падает давление в гидросистеме, и гидромашина 4 не удерживает коронное колесо 20 дифференциального передаточного механизма 3. Гидромашина 4 работает в режиме холостого хода насоса, коронное колесо 20 вращается, что обеспечивает остановку полумуфты 2, связанной с водилом 19. Это практически означает размыкание (срабатывание) предохранительной муфты.

После снижения нагрузки до допустимой величины или после устранения причины перегрузки привода система управления открывает фиксатор 10, упругий элемент 11 возвращает золотник гидрораспределителя 7 в исходное положение, вытесняя рабочую жидкость через обратный клапан 13 в гидросистему. Гидродемпфер 5 соединяется с гидромашинной 4, которая, работая как гидромотор, проворачивает коронное колесо 20, и муфта приходит в исходное состояние, то есть самовосстанавливается.

Система управления 23 осуществляет управление параметрами *исполнительных устройств* муфты в соответствии с решениями, принятыми *программой управления приводом вращения*, на основании *экспертных оценок* данных, полученных от *измерительной системы* (рис. 2).

Управляемыми *исполнительными устройствами* являются элементы гидросистемы:

- гидропневмоаккумулятор 5, в газовой полости которого можно менять давление, управляя клапанами 28 и 30 (сброс через вентиль 30, подкачка через вентиль 28 насосом 29),
- управляемый гидродроссель 24,
- гидрораспределитель 7 с фиксатором 10, которые по сигналу системы управления переключают либо размыкают полумуфты, либо восстанавливают их связь.

Измерительная система состоит из датчиков давления 24, 25, 26, с помощью которых регистрируется давление в гидролиниях 8, 16 и газовой полости гидропневмоаккумулятора 5, и датчика момента, регистрирующего момент сопротивления на ведомой полумуфте.

Экспертные оценки данных базируются на теоретически и экспериментально полученных закономерностях работы муфты и требованиях к работе привода конкретной технологической машины на разных режимах её работы. Эта информация

хранится в *базе знаний*, которая может пополняться в процессе работы стандартными алгоритмами реагирования на часто повторяющиеся изменения в работе привода.



Рисунок 2 – Схема активного управления адаптивной гидромеханической муфты

Для определения возможностей и диапазонов регулирования параметров исполнительных устройств и влияния этих параметров на работу привода необходимо построить теоретические зависимости параметров работы муфты (время срабатывания, коэффициент динамичности) от изменяемых параметров исполнительных элементов (давление в гидропневмодемфере 5, сопротивление течению жидкости в гидродросселе 24) и проверить их экспериментами.

Рассмотрим влияние параметров исполнительных элементов на примере исследований гидросистемы гидромеханической муфты с передаточным механизмом винт-гайка [2], [3].

Управление изменением давления в газовой полости демфера 5 позволяет управлять упругими характеристиками муфты, что даёт возможность избежать «ложных» срабатываний от кратковременных перегрузок [2], увеличивая время срабатывания, при котором двигатель не испытывает перегрузок (рис. 3 а) и регулировать коэффициент динамичности муфты (рис. 3 в) на разных этапах работы, избегая таким образом резонансных зон [3].

Зависимость на рис. 3 б позволяет выбрать параметры дросселя, при которых коэффициент динамичности муфты минимален. Таким образом, гидромеханическая муфта нового типа является мехатронным узлом, активно влияющим на работу привода машины.

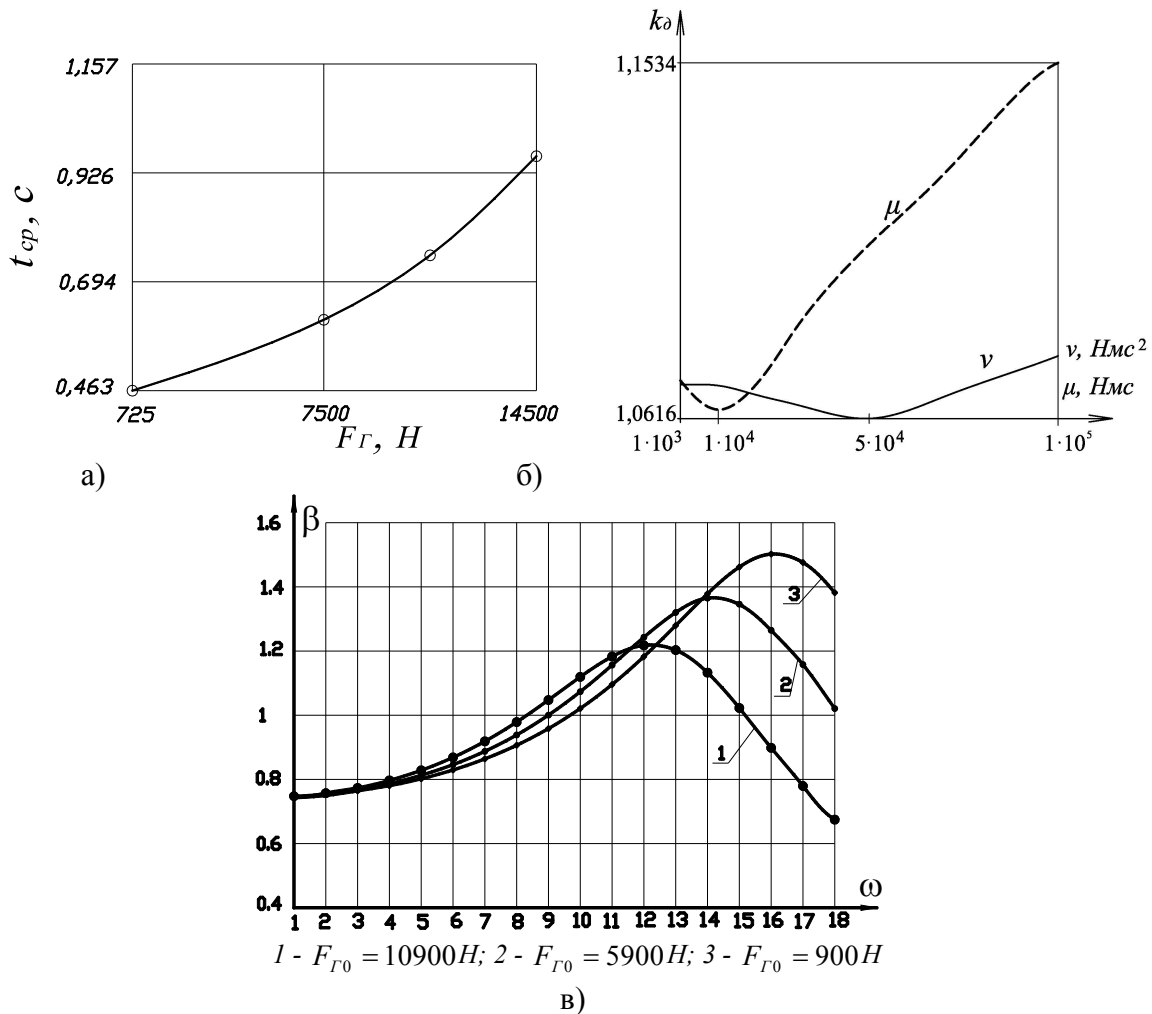


Рисунок 3 – Влияние параметров исполнительных элементов муфты на параметры работы привода:

- а) влияние начальной силы на штоке гидроцилиндра на время срабатывания муфты;
- б) влияние ламинарного (μ) и турбулентного (ν) течения в дросселе на коэффициент динамичности муфты;
- в) влияние начальной силы на штоке гидроцилиндра на коэффициент динамичности муфты

Материалы статьи сформированы на основании результатов, полученных при поддержке государственного Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе УМНИК (Госконтракт № 14227).

Литература

1. Бородин М.Б., Савин Л.А., Шевченко Б.А. Шевченко А.Г. Гидромеханическая муфта. Заявка на патент РФ на изобретение № 2012110183 (015291) от 19.03.2012.
2. Бородин М.Б. Комплексные исследования динамики предохранительной муфты с гидромеханическим исполнительным механизмом / М.Б. Бородин, Л.А. Савин // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – 2010. – № 4. – С. 20-27.
3. Бородин М.Б. Влияние начального давления зарядки гидродемфера в гидромеханической муфте на упруго-демпфирующие свойства / М.Б. Бородин // *Материалы X международной НТК «Вибрация-2012. Вибрационные машины и технологии»*: сборник научных трудов КГТУ. – Курск, 2012. – С. 92-97.

Literature

1. Borodina M.B., Savin L.A., Shevchenko B.A., Shevchenko A.H. Hydro-mechanical coupling. An application for patent for invention number 2012110183 (015291) on 19.03.2012
2. Borodina M.B., Savin L.A. Comprehensive study of the safety coupling with hydraulic actuator // Fundamental and applied problems of engineering and technology, № 4, 2010 - p. 20-27.
3. Borodina M.B. Effect of the initial charge pressure in the hydraulic damper hydromechanical coupling on the elastic-damping properties. Proceedings of the X international STC 'Vibration -2012. Vibratory equipment and technology ": Proceedings of the KSTU. Kursk, 2012 - pp. 92-97

RESUME

L.A. Savin, M.B. Borodina, S.V. Mironenko

Adaptive control of hydro-mechanical couplings on the basis of methods of intellectual systems.

The paper invited to perform system control of parameter a adaptive coupling with hydro-mechanical differential gear mechanism on the basis of methods of intelligent systems.

In the developed the scheme of active adaptive control hydromechanical coupling identified all the elements of the scheme in the performance coupling with a planetary differential gear mechanism. This variant gear of allows to realize the safety, start-protecting and elastic-damping function of the coupling that allows for the most efficient of any mechanism to protect the drive.

Is studied theoretically coupling with one of the differential gears and found the theoretical dependence of the parameters coupling (response time, dynamic factor) of variable parameters of actuators, it is important to select the most efficient algorithm parameter control actuator coupling. These theoretical dependences are confirmed by experiments carried out on the bench.

Статья поступила в редакцию 05.04.2013.