

УДК 621.22; 681.527

Л. Г. Козлов, к. т. н., доц.; В. А. Ковальчук; О. В. Пионткевич; Н. П. Кориненко

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОАППАРАТАМИ НА ОСНОВЕ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ

В статье рассмотрена проблема управления гидроаппаратами с помощью пропорциональных электромагнитов. Приведены результаты экспериментального исследования статических и динамических характеристик пропорциональных электромагнитов. Разработаны рекомендации, которые могут быть использованы при проектировании гидроаппаратов с пропорциональным электромагнитным управлением.

Ключевые слова: пропорциональный электромагнит, системы управления гидроаппаратами, экспериментальный стенд.

Постановка проблемы. Гидроаппаратура с пропорциональным электрогидравлическим управлением получила широкое применение во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства, в частности в гидроприводах станков с ЧПУ, промышленных работах, разнообразном технологическом оборудовании и мобильных рабочих машинах. Системы управления такой гидроаппаратурой в общем случае включают: пульт управления, систему сбора и анализа данных, генератор управляющих сигналов и пропорциональный электромеханический преобразователь [1]. Наибольшее распространение получили системы управления, в которых функции сбора, анализа данных и формирования электрических сигналов управления выполняют программируемые микропроцессорные устройства (свободно программируемые контроллеры), а в качестве электромеханического преобразователя используют пропорциональные электромагниты.

Поскольку работа гидроприводов мобильных и технологических машин в динамических режимах характеризуется частыми изменениями режимов работы и нагрузки, то возникает необходимость разработки алгоритмов управления, корректирующих сигналы управления в соответствии с характеристиками как гидропривода, так и системы его управления. Учитывая, что расчетные мощности свободнопрограммируемых контроллеров обеспечивают высокую скорость обработки данных и линейность преобразования сигналов, то исследование статических и динамических характеристик пропорциональных электромагнитов принимает определяющее значение при проектировании системы управления гидроприводом мобильных и технологических машин [2 – 3].

Использование пропорциональных магнитов для управления распределительными золотниками не требует высоких усилий перестановки, обеспечивает простоту управления и высокую выходную мощность, однако предъявляет повышенные требования к качеству рабочей жидкости и вызывает технологические трудности при изготовлении [4, 5]. Распределители на основе клапанных элементов неприхотливы к качеству рабочей жидкости, обеспечивают высокую герметичность, но имеют повышенные габаритные размеры и меньшую точность управления. В работе [6] показано, что гидроаппаратура на основе сопла-заслонки характеризуется относительной простотой его конструкции, невысокими требованиями к классу чистоты рабочей жидкости, высокой мощностью выходного сигнала, но значительным их недостатком является то, что открытость канала сопла не обеспечивает возможности запираания канала регулируемого давления и полостей, связанных с ним, а также изменения давления управления от максимальных значений до минимальных

Постановка задания. Целью данной работы является разработка рекомендаций по

проектированию гидроаппаратуры с пропорциональным управлением и формированию сигналов управления на основе экспериментального исследования характеристик всей цепи управления и пропорциональных электромагнитов частности.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать экспериментальный стенд, включающий источник сигналов, микропроцессорное устройство управления и пропорциональный электромагнит;
- определить статические характеристики системы управления;
- определить динамические характеристики системы управления.

Основные результаты: На рис. 1 показано конструкцию предохранительно-переливной секции гидрораспределителя, включающей клапан с пропорциональным электромагнитным управлением. Секция состоит из корпуса 1, распределительного золотника 2, запорного элемента клапана 3, седла клапана 4 с дроссельным каналом 5, пропорционального электромагнита 6, а также пружин 11 и 12. Поскольку давление в рабочих линиях гидрораспределителя зависит от комбинации усилия сжатия пружины и силы на якоре электромагнита, а также от настройки рабочего хода запорного элемента клапана 3, то качество регулирования рабочих параметров в гидросистеме, содержащей данный гидрораспределитель, зависит от статических и динамических характеристик электромагнитов, а также от настройки перемещения якоря электромагнита.

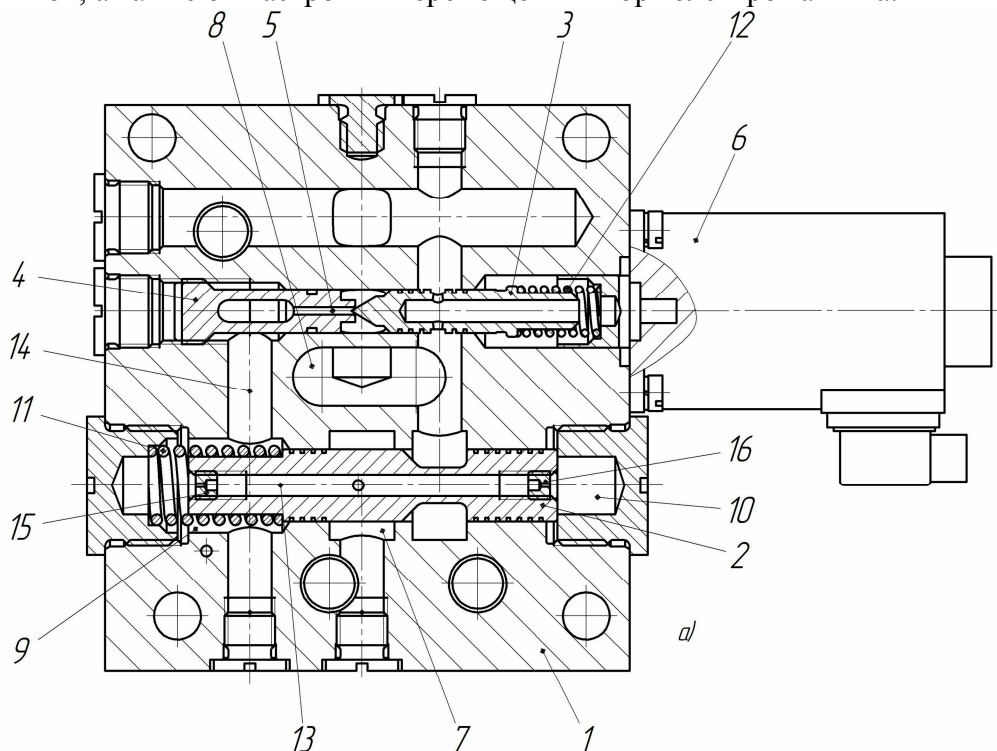


Рис. 1. Конструкция клапана с пропорциональным электромагнитным управлением

Для исследований были использованы две модели пропорциональных электромагнитов: MFZ1-5.5YC фирмы SAL (Китай) и ZO (R) -A фирмы ATOS (Италия). Для исследования статических характеристик электромагнитов была разработана экспериментальная установка, состоящая из блока питания 1, который включал вольтметр 2 и регулятор напряжения 3; исследуемого электромагнита 4, жестко закрепленного на стойке 5 с подвижным столом 7 и направляющей 6; электронных весов 8 и индикатора часового типа (см. рис. 2).

В ходе исследования статических характеристик электромагнитов была построена зависимость создаваемого усилия от перемещения якоря. Также регистрировали перемещение опорной поверхности электронных весов с целью введения коррекции

смещения якоря электромагнита относительно крайнего положения. Исследования проводили при различных уровнях напряжения в катушке электромагнита. На рис. 3 приведены результаты исследования статических характеристик пропорциональных электромагнитов при различных значениях напряжения в обмотках.

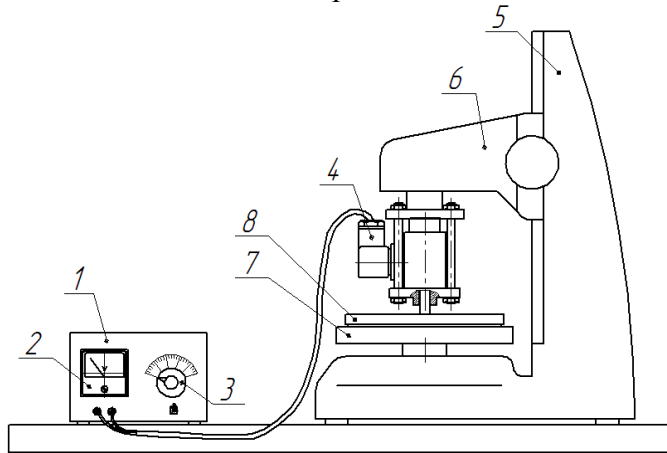
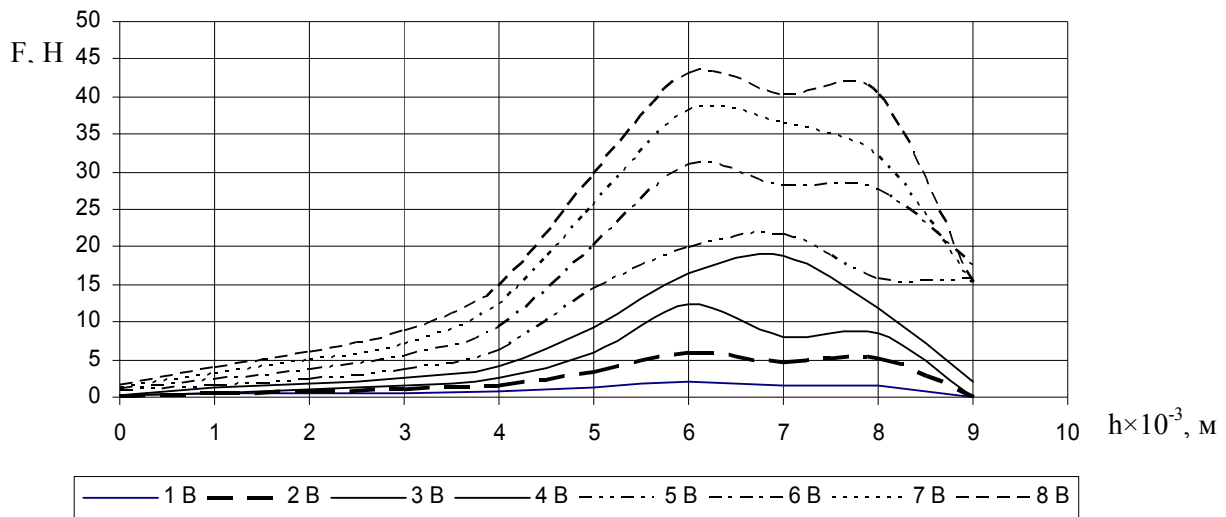
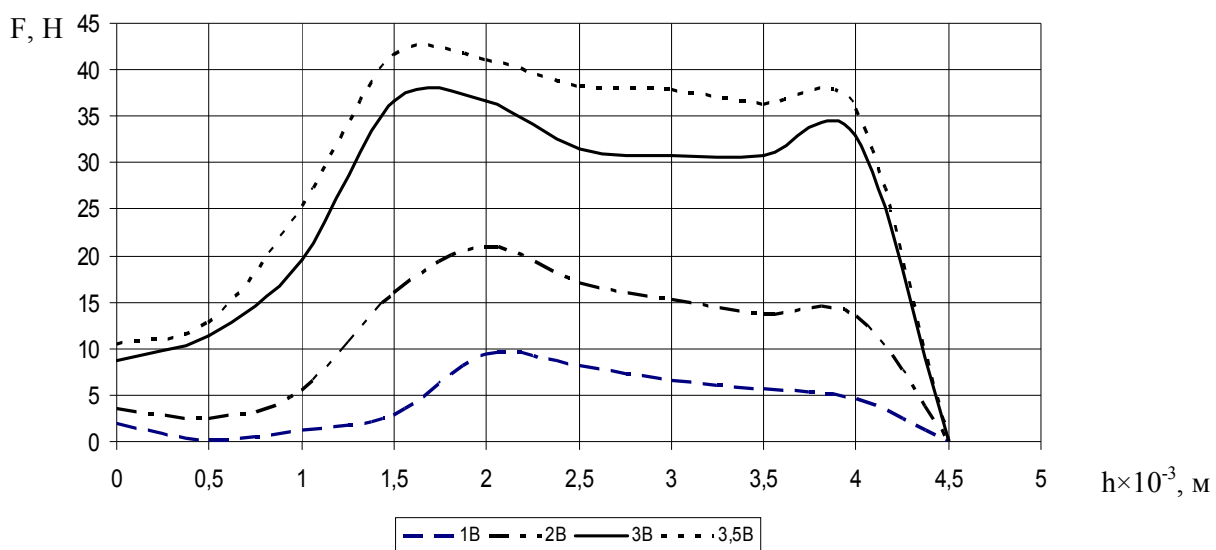


Рис. 2. Экспериментальная установка для исследования статических характеристик пропорциональных электромагнитов



а)



б)

Рис. 3. Статические характеристики пропорциональных электромагнитов: а) MFZ1-5.5YC и б) ZO (R) -A при различных значениях напряжения в обмотке управления

По результатам исследований установлено, что рабочим ходом для электромагнита MFZ1-5.5YC является диапазон 6 – 8 мм перемещения якоря, а для электромагнита ZO (R) - А – 2,5 – 4 мм. Кроме того для малых напряжений характерен более значительный дрейф характеристик с отклонением усилия в пределах 5 – 12% для электромагнита MFZ1-5.5YC и 3 – 7% для электромагнита

ZO (R) -А. В целом исследования показали, что у электромагнита ZO (R) -А статическая характеристика имеет более широкий участок рабочего хода, а колебания усилия на этом участке не превышают 7% и с повышением напряжения уменьшаются. Для электромагнита MFZ1-5.5YC характерна достаточно широкая зона (от 0 до 4 мм перемещения), в пределах которой усилие возрастает минимально, что может быть связано с конструктивными особенностями выполнения обмотки катушки электромагнита.

Для проведения исследования динамических характеристик важно определить влияние всех составляющих системы управления, в том числе нормализаторов и преобразователей сигналов, на форму и величину выходного электрического сигнала. В ходе исследования характера переходного процесса регистрировали электрические параметры входного сигнала, который создавался генератором низкочастотных сигналов ГЗ-112 / 1, выходного сигнала микропроцессорного устройства и напряжения в обмотке катушки пропорционального электромагнита.

На рис. 4 приведена блок-схема стенда для определения динамических характеристик пропорциональных магнитов.

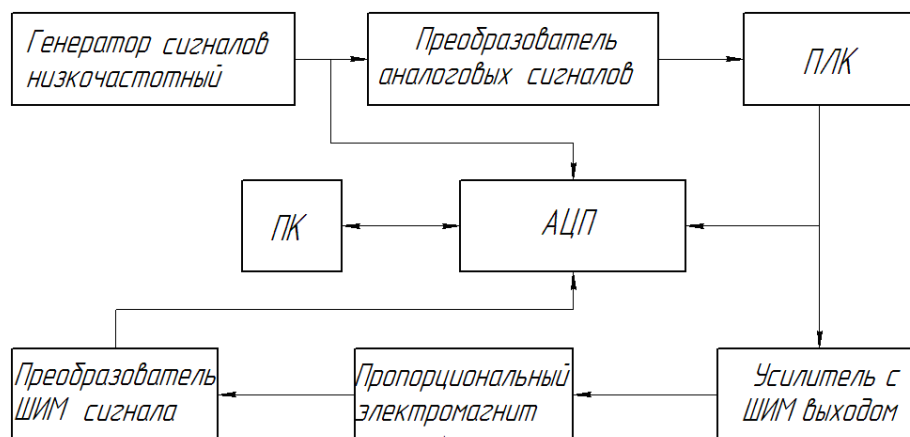


Рис. 4. Блок-схема стенда для определения динамических характеристик пропорциональных электромагнитов

Полученный в ходе исследований вид переходного процесса в системе управления при подаче ступенчатого и гармонического сигналов на вход системы управления приведены на рис. 5.

Полученный переходный процесс имеет апериодический затухающий характер с перерегулированием по величине напряжения в катушке электромагнита $\sigma = 15\%$ и временем регулирования $t_p = 0,08$ с. При подаче на вход системы управления сигнала, который плавно изменяется (например, по синусоидальному закону), величина перерегулирования уменьшается до 3%, а время регулирования составляет $t_p = 0,05$ с.

Для определения полосы пропускания в системе управления была построена ее амплитудно-частотная характеристика. Для этого на вход системы управления подавали синусоидальный сигнал в диапазоне частот от 0,5 до 45 Гц. На рис. 6 приведена зависимость отношения амплитуд входного к выходному сигналов от частоты. Установившееся значение отношения амплитуд сохраняется до частоты в 10 Гц, а при частоте 25 Гц выходная амплитуда уменьшается на 30%, а поэтому использование такой системы управления на частотах свыше 25 Гц не допустимо.

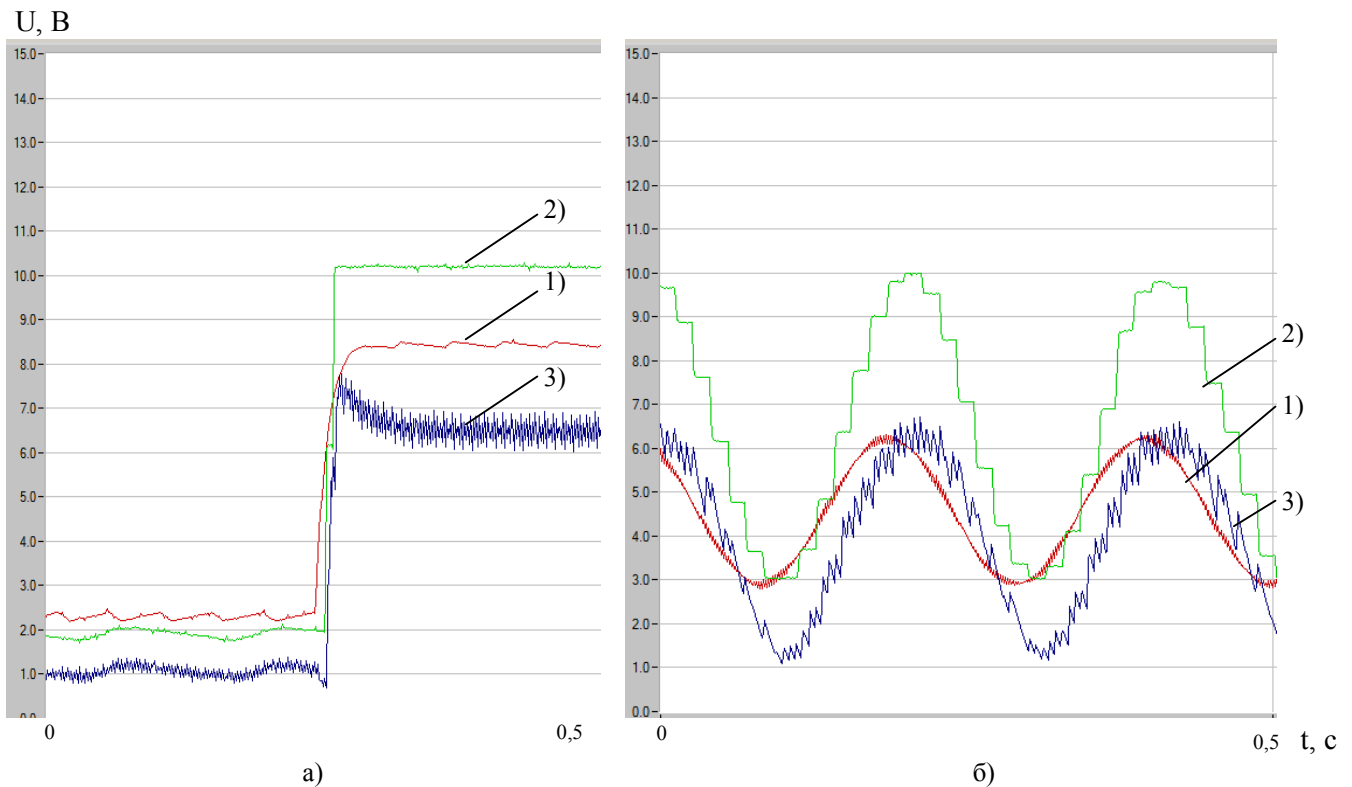


Рис. 5. Характер переходного процесса при подаче на вход системы управления:

а) ступенчатого сигнала; б) синусоидального сигнала.

1) входной сигнал; 2) сигнал на выходе микропроцессорного устройства; 3) колебания уровня напряжения в катушке пропорционального электромагнита

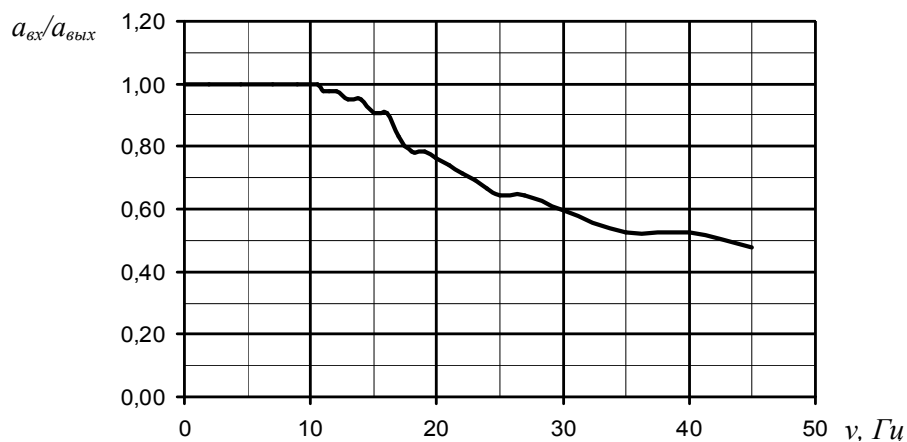


Рис. 6. Амплитудно-частотная характеристика системы управления на основе электромагнитов с пропорциональным регулированием рабочих параметров

Выводы

1. При проектировании гидроаппаратуры следует ориентироваться на экспериментально определенные участки рабочего хода пропорциональных электромагнитов: для электромагнита MFZ1-5.5YC – 6 – 8 мм, а для электромагнита ZO (R) -A – 2,5 – 4 мм;

2. Система управления на основе свободно программируемых контроллеров и пропорциональных электромагнитов MFZ1-5.5YC или ZO(R)-A может применяться при частотах, не превышающих 25 Гц;

3. Астатизм системы измерения в целом составляет 8% для электромагнита ZO (R) -A и 12% для электромагнита MFZ1-5.5YC.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наземцев А. С. Гидравлические и пневматические системы. Ч. 2. Гидравлические приводы и системы / Наземцев А. С. – М.: Форум, 2007. – 304 с.
2. Козлов Н. П. Электромагнитные пропорциональные управляющие элементы / Н. П. Козлов, И. М. Крассов. – М. – Л.: издательство «Энергия», 1966. – 112 с.
3. Квашнин А. И. Элементы гидравлических систем и объемного гидропривода: учеб. пособ. / Квашнин А. И. – Пермь: изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – 274 с.
4. Боровин Г. К. Математическое моделирование гидравлической системы управления шагающей машины / Г. К. Боровин, А. В. Костюк, А. К. Платонов // Математичні машини і системи. – 2009. – № 4. – С. 127 – 138.
5. Лурье З. Я. Математическое моделирование динамики гидроагрегата навесного оборудования трактора / З. Я. Лурье, В. А. Макей, Е. Н. Цента // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2008. – № 2. – С. 36 – 41.
6. Скворчевський О. Е. Галузі застосування багатфункціональних пропорційних електрогідравлічних перетворювачів / О. Е. Скворчевський // Вісник Східноукраїнського державного університету. – 2007. – № 3. – С. 140 – 144.

Козлов Леонид Геннадиевич – к. т. н., доцент, профессор кафедры технологии и автоматизации машиностроения, osna2030@gmail.com.

Ковальчук Вадим Анатолиевич – инженер I-ой категории учебно-научного центра автоматизации производства и ЧПУ технологий, vadkovalchuk@gmail.com.

Пионткевич Олег Владимирович – аспирант кафедры технологии и автоматизации машиностроения.

Кориненко Николай Петрович – магистрант института машиностроения и транспорта.
Винницкий национальный технический университет.