

УДК 62-82.001.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ ИСТОЧНИКОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИРТУАЛЬНОГО СИМУЛЯТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

А.В. ЗАХАРОВ

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Одним из самых распространенных методов построения сейсмических профилей при геологических изысканиях является вибрационное просвечивание по методу «Вибросейс» [1] с использованием в качестве возбудителя гармонических колебаний источников сейсмических сигналов вибрационного типа (ВИСС).

Производителем ВИСС в Беларуси является НПО «Сейсмотехника–БГУ», выпускающее источники на базе электрогидравлических следящих приводов, обеспечивающих неоспоримые преимущества: возможность получения сейсмических сигналов большой мощности в широком диапазоне частот. Однако в условиях жесткой конкуренции необходима не только разработка новых схемных реализаций ВИСС, но и существенное повышение качества существующих конструкций. При этом, учитывая высокую стоимость опытных образцов, весьма перспективным направлением может стать моделирование сейсмических источников, позволяющее отработать блочное взаимодействие составляющих конструкции на этапе проектирования.

Одним из наиболее экономически эффективных способов моделирования может стать электронное моделирование, основанное на идентичности математических уравнений, описывающих элементы различной физической природы [3].

Рассмотрим построение электронной модели системы гидравлического питания с постоянным давлением на выходе (обратная связь по давлению на выходе) ВИСС [4] (рис. 1) как одной из основных составляющих виброисточника, [4, 5]. Такой принцип управления в ВИСС, производимых НПО «Сейсмотехника–БГУ», реализуется в насосах типа РНА1Д (г. Шахты, Россия).

Система управления с постоянным давлением на выходе насоса (рис. 1) имеет в своем составе регулируемый источник гидропитания, который управляется так, что создаваемый расход всегда равен расходу, потребляемому нагрузкой [5]. Управление насосом 1 осуществляется при помощи золотника 2, на один торец которого подается давление из напорной магистрали, а на другой действует усилие эталонной пружины. Как показано на схеме (рис. 1), давление в напорной магистрали используется в качестве давления питания золотника 2.

В начальный момент времени управляющий орган насоса должен быть настроен на максимальную величину подачи насоса. Как только расход, создаваемый насосом, достигнет величины, достаточной для данной нагрузки и компенсации утечек внутри нагрузки, давление в напорной магистрали начнет возрастать. С увеличением давления до номинального значения, определяемого величиной поджатия эталонной пружины и площадью торца золотника, стабилизатор начнет функционировать, перемещая с помощью поршня 3 исполнительного механизма управляющий орган насоса. Если расход, потребляемый нагрузкой, равен нулю, то управляющий орган насо-

са перемещается в положение, соответствующее минимальному расходу, создавая только расход, необходимый для компенсации утечек [5].

В модели насосов типа РНА1Д поршень 3 гидроцилиндра 8, приводящий в движение механизм регулирования подачи насоса 1, с одной стороны управляется жидкостью, подводимой через золотник 2, а с другой стороны – пружиной 7, предназначенной для компенсации разности площадей штоковой и бесштоковой полостей гидроцилиндра 8 и потоком рабочей жидкости [4].

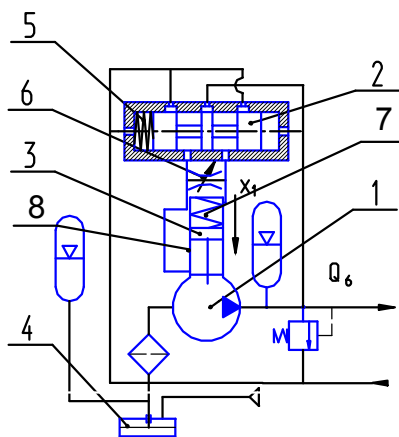


Рис. 1. Система управления гидропитанием с обратной связью по давлению: 1 – насос; 2 – управляющий золотник; 3 – поршень цилиндра механизма регулирования подачи насоса; 4 – гидробак; 5 – эталонная пружина; 6 – регулируемый линейный дроссель; 7 – компенсационная пружина; 8 – гидроцилиндр

В описанную систему управления были внесены конструктивные изменения (см. рис. 1), направленные на устранение некоторых недостатков [6].

В связи с тем, что в гидросистеме вибрационных источников сейсмических сигналов имеется первоначальное давление подпора (давление в гидробаке 4 $p_{сл} = 0,5$ МПа), возникает необходимость соединить гидробак с торцевой полостью управляющего золотника 2, в которой установлена эталонная пружина 5. Таким образом, начальный уровень срабатывания системы при изменении давления устанавливается на величину $p_{сл} = 0,5$ МПа, т. е. золотник управления в этом случае будет отслеживать только изменение эффективного давления $p_o = p_n - p_{сл}$ [4]. В системе регулирования подачи насоса РНА1Д (рис. 1) между каналами, подводщими жидкость к полостям гидроцилиндра 3 (трубопроводами), установлен регулируемый линейный дроссель 6. Это дополнение в схеме позволяет отслеживать скорость изменения давления, сделать систему менее чувствительной к незначительным колебаниям давления и, как следствие, повысить ее устойчивость и долговечность [4, 6].

Структурная схема системы управления ВИСС с обратной связью по давлению на выходе насоса, описание звеньев и коэффициентов структурной схемы изложены в работе [4].

В литературных источниках встречаются схемы электронных моделей гидравлических систем. В частности известны электронные модели, позволяющие анализировать сложные математические модели динамики гидравлических исполнительных механизмов [8]. Также описаны электронные модели элементов гидравлических систем импульсного действия [9].

Согласно теории автоматического управления, основные динамические звенья различной физической природы описываются дифференциальными уравнениями одного вида. На основании структурной схемы [4], с учетом схемных реализаций типовых динамических звеньев [7], можно получить электронную модель системы гидравлического питания с обратной связью по давлению ВИСС. На рис. 2 пред-

ставлена структурная схема виртуальной электронной модели системы управления гидравлическим питанием с постоянным давлением на выходе насоса.

Математическому описанию (2) соответствует электронная схема модели (рис. 2) (здесь и далее представлены схемы, адаптированные для анализа с помощью виртуального симулятора электронных схем на базе ПК).

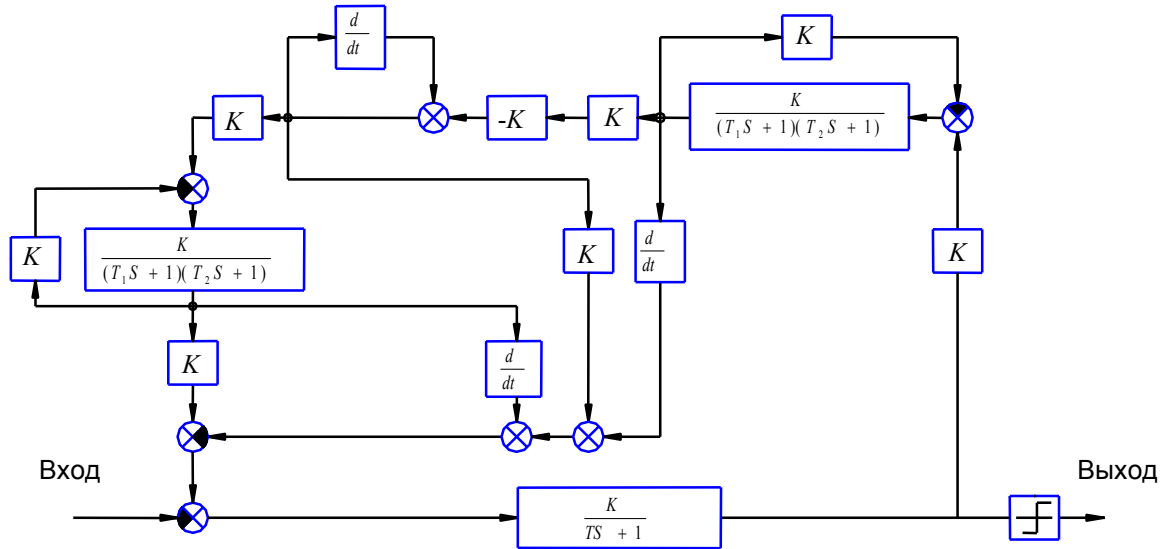


Рис. 2. Структурная схема виртуальной электронной модели системы управления гидравлическим питанием с постоянным давлением на выходе насоса

На основе экспериментальных исследований можно оценить адекватность моделирования. В частности, получены сравнительные АЧХ (рис. 3) и ФЧХ давления на выходе насосной установки, полученные путем исследования виртуальной модели, теоретических и экспериментальных исследований системы управления гидравлическим питанием с постоянным давлением на выходе при уровне давления в гидросистеме 12 МПа. Смещение фазы выходного сигнала для исследованного диапазона частот (20÷176 Гц), по данным теоретических и модельных исследований, составило постоянную величину, равную π (рад), а по данным экспериментальных исследований, смещение фазы выходного сигнала в среднем составило $0,92 \pi$ (рад).

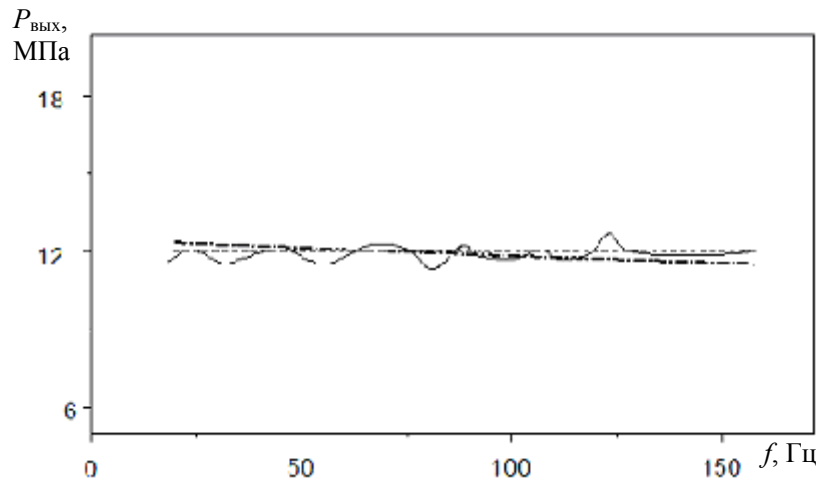


Рис. 3. Сравнительные АЧХ давления на выходе насосной установки при уровне давления в гидросистеме 12 МПа: - - - - - теория; - · - · - модель; — — — — эксперимент

Основные результаты и выводы

Получена электронная виртуальная модель системы гидравлического питания с постоянным давлением на выходе насосной установки.

Для проверки адекватности моделирования был проведен сравнительный анализ характеристик виртуальной электронной модели, математической модели и результатов экспериментальных исследований, в результате которого выявлено, что максимальное отклонение модельной и экспериментальной характеристик лежит в пределах 10 %, что удовлетворяет требованиям поставленной задачи.

Полученная модель в целом может быть включена в электронную модель ВИСС при совместных исследованиях электронных блоков управления виброисточника и его гидравлической системы.

Литература

1. Метод «Вибросейс»: Пат. США № 3159233; 1954.
2. Динамика сейсмических вибраторов с электрогидравлическим сервоприводом /А.С. Шагинян //Исследование Земли невязрывными сейсмическими источниками. – М.: Наука, 1981. – С. 184-190.
3. Попов, Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем /Д.Н. Попов. – М.: Машиностроение, 1987.
4. Шагинян, А.С. Анализ динамики привода гидравлического питания вибрационных источников сейсмических волн /А.С. Шагинян, А.В. Захаров //Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-техн. навук. – 1999. – № 2. – С. 109-114.
5. Льюис, Э. Гидравлические системы управления /Э. Льюис, Х. Стерн. – М.: Мир, 1966.
6. Патент № 5297 РБ, МПК G 01 V 1/133. Источник сейсмических сигналов /Шагинян А.С., Захаров А.В., Андрианов Д.Н., Болотский В.В. (РБ). – № a19980864; заявл. 21.09.98; опубл. 30.06.03, Бюл. ИПМиПО № 2. – 26 с.
7. Титце, У. Полупроводниковая схемотехника: справочное руководство: [пер. с нем.] /У. Титце, К. Шенк. – М.: Мир, 1982. – 512 с., ил.
8. Хохлов, В.А. Электрогидравлический следящий привод /В.А. Хохлов. – М.: Наука, 1966. – 239 с.: ил.
9. Могендович, Е.М. Гидравлические импульсные системы /Е.М. Могендович. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отд-ние, 1977. – 216 с.: ил.

Получено 11.12.2003 г.