

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГИДРОПРИВОДА

С. А. Дубова

Самарский национальный
исследовательский университет
имени академика С. П. Королёва

Московское шоссе, 34,
г. Самара, Российская Федерация,
443086

simonau@mail.ru

Сервосистема состоит из различных отдельных частей. Маленькая математическая модель представляет каждую часть системы. Комбинация этих математических моделей дает более крупную модель, которая является математической моделью сервосистемы. Точность окончательной модели зависит от того, насколько детально разработаны подмодели и до какой степени пренебрегают очень небольшими эффективными явлениями. Вы должны построить математическую имитационную модель с помощью Matlab / Simulink, а затем сравнить ее производительность с реальной системой.

Ключевые слова: гидравлический привод; математическая модель; механизм; ПИД регулятор; разработка блок схемы; сервогидравлическая система

1 Введение

В данной работе была рассмотрена математическая модель гидравлического серво привода. Для приближения графика движения виртуальной модели к реальному была и увеличения точности был использован ПИД регулятор и упреждающий контроллер.

2 Оптимизация математической модели

В данной статье рассматривается электрогидравлическая сервосистема. Ее математическая модель основывается на законах динамики, которые мы рассмотрим ниже. Во-первых, стандартный клапан второй степени, где u - входное напряжение клапана, u_s - сигнал, собранный линейно-регулируемым дифференциальным преобразователем (LVDT) клапана, k - коэффициент усиления, коэффициент демпфирования, n - собственная угловая частота. Используемый привод представляет собой гидроцилиндр двойного действия. Используя второй закон Ньютона, уравнение движения сервогидравлической [1] системы принимает следующий вид:

$$\ddot{u}_s = k \cdot \omega_n^2 \cdot u - 2 \cdot \xi \cdot \omega_n \cdot \dot{u}_s$$

Сила трения в гидроцилиндре учитывается как внешнее возмущение. Трение обычно моделируется как прерывистое статическое отображение между скоростью и силой трения, которое зависит от знака скорости. Это часто ограничивается компонентами кулоновского и вязкого трения [2]. Однако есть несколько фрикционных свойств, наблюдаемых в системе, которую нельзя объяснить только статическими моделями.

Примерами этих сложных свойств являются скачкообразное движение, смещение перед проскальзыванием и задержка трения. Аналитическая модель динамики трения, предложенная моделью ЛюГре, учитывает все эти характеристики трения. Мотивация использования модели трения LuGre состоит в том, чтобы иметь модель трения с более высокой точностью [3], которая учитывает явления трения, которые статические модели не могут полностью объяснить. Модель определяется:

$$F_f = \sigma_0 \cdot z + \sigma_1 \cdot \frac{dz}{dt} + k_v \cdot \dot{x}_p$$

$$\frac{dz}{dt} = \dot{x}_p - \frac{|\dot{x}_p|}{g(\dot{x}_p)} z$$

$$g(\dot{x}_p) = \frac{1}{\sigma_0} \left[F_c + (F_s - F_c) \cdot e^{-\left[\frac{\dot{x}_p}{v_s} \right]^2} \right]$$

где z – внутреннее состояние, описывает часть "установившихся" характеристик модели для движений с постоянной скоростью, v_s – скорость Штрибека, F_s – статическое трение, F_c – кулоновское трение, k_v – вязкое трение, коэффициент жесткости представлен как σ , а коэффициент демпфирования σ_0 .

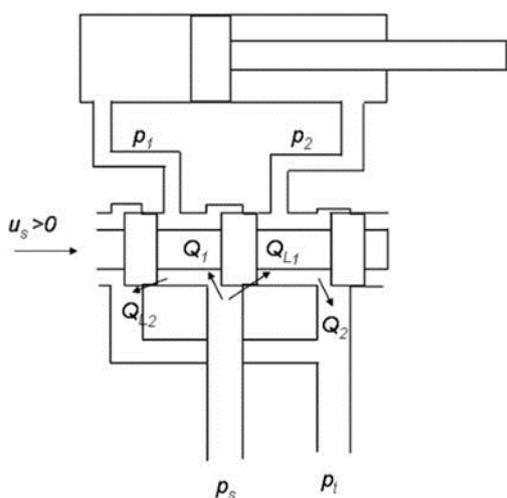


Рисунок 1. Схема утечек в гидросистеме

Поток внутренней утечки описывается как (рисунок 1):

$$Q_{Li} = L_i \cdot (p_2 - p_1)$$

В этом уравнении L_i – коэффициент потока с ламинарной утечкой. Модель потоков внешней утечки в уравнении была построена следующим образом:

$$Q_{L1} = L_1 \cdot (p_1 - p_t)$$

$$Q_{L2} = L_2 \cdot (p_2 - p_t)$$

В данной работе мы предполагаем, что контроллер используется в системе обратной связи единства с обратной связью. Переменная e обозначает ошибку отслеживания, которая отправляется на ПИД-регулятор. Управляющий сигнал u от контроллера к объекту равен пропорциональному усилению (K_P), умноженному на величину ошибки плюс интегральное усиление (K_I), умноженное на интеграл ошибки плюс производное усиление (K_D), умноженное на производную от ошибки.

$$u = K_P e + K_I \int e dt + K_D \frac{de}{dt}$$

S-образная кривая реакции может быть охарактеризована двумя константами [4], временем задержки L и постоянной времени T , которые определяются путем проведения касательной линии в точке перегиба кривой и нахождения точек пересечения касательной с осью времени и осью уровня (рисунок 2).

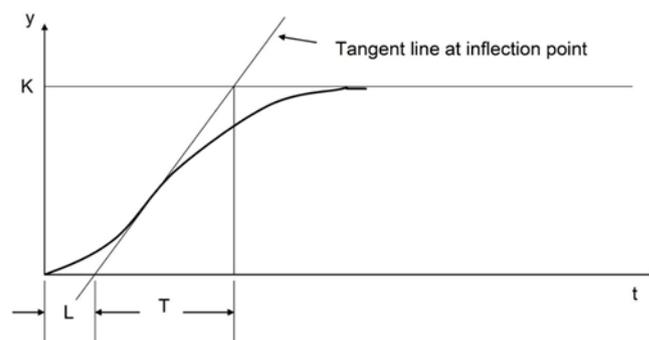


Рисунок 2. S-образная кривая реакции

3 Заключение

Разработанная установка позволяет преобразовывать волновую энергию водной поверхности в электрическую энергию для потребителей.

Дальнейшие исследования и модернизация установки направлены на расширение возможностей её использования и увеличения эффективности преобразования энергии.

Список использованных источников

- [1] REN21 Renewables 2017 Global Status Report/ под ред. А. Зевроса – Париж, 2017. – 302 с. – ISBN 978-3-9818107-6-9.
- [2] REN21 Renewables 2015 Global Status Report/ под ред. А. Зевроса – Париж, 2015. – 251 с. – ISBN 978-3-9815934-6-4.
- [3] Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина; ИНЭИ РАН – Московская школа управления Сколково – Москва, 2019. – 210 с. - ISBN 978-5-91438-028-8
- [4] Энергоэффективность пневматического отбора мощности для волнового преобразователя энергии / М. Лиерманн, С. Атшан, О. Самхури; Международный журнал морской энергетики – 2015. – 14 с.

Dubova S. A. **RESEARCH AND OPTIMIZATION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE HYDRAULIC DRIVE**

Samara National Research University

34, Moskovskoe shosse, Samara,
443086, Russian Federation

simonau@mail.com

The objective of this project is to develop a simulator based on a real 1D hydraulic slider. Once a suitable simulator based on a mathematical drive model has been prepared, you need to check the simulator output for different types of inputs. The next step is to use the same input in the current system and then compare the current outputs of the system and the simulator together.

Keywords: *alternative energy; renewable energy sources; wave generator; hydraulic circuit design; strength calculation; efficiency calculation*

References

- [1] REN21 (2017), Renewables 2017 Global Status Report, ISBN 978-3-9818107-6-9, Paris, 302 p.
- [2] REN21 (2015), Renewables 2015 Global Status Report, ISBN 978-3-9815934-6-4, Paris, 251 p.
- [3] Makarov, A. (2019), Forecast of energy development in the world and in Russia.[Prognoz razvitiia energetiki v mire I Rossii], ISBN 978-5-91438-028-8, ERIRAS, Moscow, 210 p.
- [4] Liermann, M. (2015), "Energy Efficiency of Pneumatic Power Take-Off for Wave Energy Converter", International Journal of Marine Energy, October 2015, pp.1-31.