

ТАРИРОВКА ТАХОГЕНЕРАТОРНОГО РАСХОДОМЕРА

CALIBRATION OF A TACHOGENERATOR FLOWMETER

Маковская И. А., ст. преп., **Сокол В. А.**, ст. преп.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
I. Makouskaya, Senior Lecturer, V. Sokol, Senior Lecturer,
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

В статье описана методика тарировки расходомера тахогенераторного типа, приводится схема испытательного стенда и оценка погрешности измерений

The article describes the methodology of calibrating of a tachogenerator meter, provides a diagram of a test bench and shows the estimation of the measurement error

Ключевые слова: расход, расходомер тахогенераторного типа, испытательный стенд, тарировка, оценка погрешности.

Keywords: flow rate, tachogenerator meter, test bench, calibration, error estimation.

ВВЕДЕНИЕ

Определение расхода (потока) жидкости – актуальная задача исследования и испытания гидропривода. Его величина является одной из основных характеристик системы. По расходу диагностируют работоспособность системы и подбирают все составляющие элементы. По значению расхода (для насоса это подача) рассчитывают гидравлическую мощность привода и, как следствие, основную энергетическую характеристику системы – КПД.

Существует прямой и косвенный методы измерения расхода.

При прямом методе непосредственно измеряется поток жидкости приборами. В этом случае используется тахометрические, крыльчатые, шариковые расходомеры и другие измерительные приборы.

Косвенные методы основаны на применении объемных или массовых способов. В качестве расходомеров используются также гид-

ромоторы. Способ заключается в измерении времени заполнения мерного сосуда при протекании жидкости через счетчик [2].

Тахогенераторный расходомер, описываемый в статье, относится к устройствам, которые определяют расход косвенным методом. Он представляет собой преобразователь механической величины (скорости потока жидкости) в электрическую (напряжение, измеряемое потенциометром).

ТАРИРОВКА ТАХОГЕНЕРАТОРНОГО РАСХОДОМЕРА

Для того чтобы пользоваться любым из указанных видов расходомеров, нужно провести тарировку. Тарировка – это нахождение функциональной зависимости между выходным и выходным параметрами. Относительно расходомера тахогенераторного типа измеряемым входным параметром является расход (количество протекаемой жидкости), а выходным – напряжение.

Тарировку тахогенераторного расходомера предлагается проводить на установке, собранной на базе оборудования учебного стенда FESTO. Схема установки представлена на рис. 1.

Установка состоит из насосной станции НС, включающей в себя насос Н и предохранительный клапан ПК; манометра МН; дросселя ДР; гидромотора ГМ; тахогенератора ТГ; мультиметра V; мерной емкости Б с ручкой, открывающей сливную линию.

Жидкость от насосной станции НС через регулируемый дроссель ДР поступает в гидромотор ГМ, вал которого соединен с тахогенератором ТГ. Частота вращения вала в тахогенераторе преобразуется в ток определенного напряжения, фиксируемый мультиметром.

В свою очередь от гидромотора жидкость поступает в мерную емкость Б, по времени заполнения которой определяется расход.

Из комплекта оборудования подбираются необходимые элементы и собирается схема в соответствии с рис. 1.

Подключается мультиметр к тахогенератору, запитывается тахогенератор от источника постоянного тока напряжением 24 В.

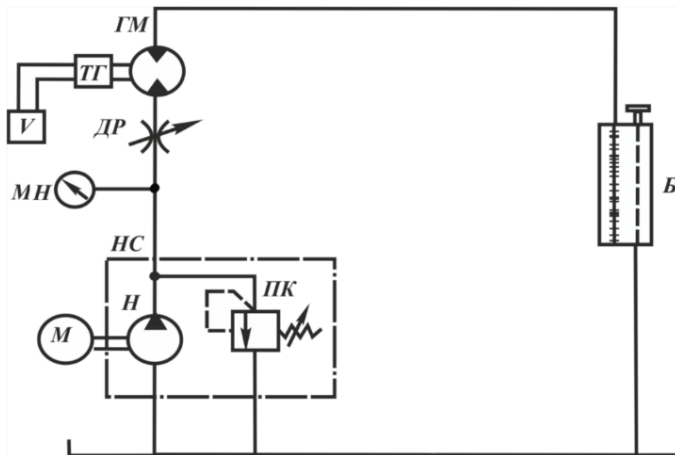


Рисунок 1 – Установка для тарировки тахогенераторного расходомера

Предохранительным клапаном устанавливается давление 40 атм. (4,0 МПа).

Нагружающим элементом в системе является дроссель ДР. Изменяя его открытие от максимального до минимального, меняем расход жидкости в системе и, соответственно, частоту вращения вала гидромотора ГМ. Частота вращения вала в тахогенераторе преобразуется в электрический сигнал (напряжение U , В), величина которого фиксируется мультиметром и заносится в таблицу испытаний. Для высокой достоверности измерений ступеней нагружения должно быть от 5 до 10. Диапазон измерений составит от 4,0 до 0,5 В с шагом 0,5 В.

Одновременно при определенных показаниях мультиметра отмечаем время t заполнения мерной емкости Б и заносим в таблицу 1. Объем емкости $W = 2 \text{ л} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$. Рассчитывается расход жидкости по формуле $Q_i = W/t$, где W – объем мерной емкости, м^3 ; t – время заполнения емкости, с .

Значения расхода Q_i также заносятся в табл. 1.

В результате строится тарировочный график зависимости расхода от напряжения $Q = f(U)$, находится соответствие между расходом и напряжением.

Таблица 1 – Значения замеренных параметров

№	Давление p , Па	Время заполнения бака t , с	Объем бака W , м ³	Расход Q_i , м ³ /с	Напряжение U_i , В
1.					

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Обработка результатов тарировки сводится к нахождению функциональной зависимости между показанием электрического прибора (напряжения U , В) и значением расхода (Q , м³/с), а также к определению масштабного коэффициента K_m , наиболее точно удовлетворяющего всем опытным данным тарировки, и к оценке точности его определения.

Обычно зависимость $Q=f(U)$ линейная или может быть приведена к этому виду.

Опытные данные тарировки описываются, как правило, нормальным уравнением:

$$\sum Q_i \cdot U_i - K_m \cdot \sum U_i^2 = 0. \quad (1)$$

Обработывая опытные данные по мето наименьших квадратов, из уравнения (1) получается выражение для масштабного коэффициента:

$$K_m = \frac{\sum Q_i \cdot U_i}{\sum U_i^2}.$$

При этом среднеквадратичная погрешность оценки масштабного коэффициента определяется по формуле:

$$\sigma = \pm \left[\frac{\sum (Q_i - K_m \cdot U_i)^2}{(n-1) \cdot \sum U_i^2} \right]^{\frac{1}{2}},$$

где n – общее число замеров.

Приведенная относительная погрешность оценки масштабного коэффициента определяется зависимостью

$$\delta = \pm \frac{\sigma}{K_m}.$$

Для вычисления суммарной погрешности результатов тарировки дополнительно находят погрешность замеров объема. Суммарная приведенная относительная погрешность тарировки

$$\Delta = \delta + \delta_n,$$

где δ_n – приведенная относительная погрешность определения объема. Она определяется как отношение цены деления шкалы мерного бака к максимальному значению объема его измерения.

Суммарная среднеквадратичная погрешность определения масштабного коэффициента (в процентах) вычисляется по выражению

$$\sigma_{\Sigma} = \pm 100 \cdot \Delta K_m.$$

Погрешность определения масштабного коэффициента учитывают при оценке точности обработки результатов испытаний [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная методика позволяет проводить тарировку расходомера тахогенераторного типа и оценку погрешности испытаний. Эксперимент показал очень хорошую сходимость результатов, суммарная среднеквадратичная погрешность определения масштабного коэффициента составила 0,5 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исследования и испытания гидропневмосистем машин: учебно-методическое пособие для вузов / Б. Ю. Желтовский [и др.] – Минск : УП «Технопринт», 2004. – 204 с.
2. Богдан, Н. В. Гидропневоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмосистем: Учеб. пособие / Н. В. Богдан, П. Н. Кишкевич, В. С. Шевченко; под ред. Н. В. Богдана. – Мн. : Ураджай, 2001. – 396 с.

3. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебн. пособие для вузов / В. Е. Гмурман. – М. : Высшая школа, 1972. – 368 с.

4. Коломиец, Л. В. Метод наименьших квадратов: метод. Указания / Л. В. Коломиец, Н. Ю. Поникарова. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. – 32 с.

Представлено 20.04.2023

УДК 629.366.064(07)

**СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ НАВЕСНЫМ УСТРОЙСТВОМ**

**TEST BENCH FOR ELECTROHYDRAULIC CONTROL
SYSTEM OF SUSPENDED DEVICE**

Захаров А. В.², канд. техн. наук, доц.,

Клоков Д. В.¹, канд. техн. наук, доц.,

Ермилов С. В.¹, ст. преп., **Захарова И. О.²**, асс.,

¹Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

²УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь

A. Zakharov², Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

D. Klokov¹, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

S. Ermilov¹, Senior Lecturer, I. Zakharova², assistant,

¹Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

²Belarusian state agrarian technical University. Minsk, Belarus

В статье описан стенд, разработанный для воспроизведения режимов регулирования тракторных электрогидравлических систем управления навесного устройства.

The article describes a stand designed to reproduce control modes of tractor electrohydraulic control systems of a suspended device.

Ключевые слова: трактор, электрогидравлическая система, стенд, переходные характеристики, навесное устройство.