

УДК 621.436

**Экспериментальный стенд для исследования двигателя Стирлинга с системой
автоматического регулирования**

Харитонов С.В.

Студент, кафедра «Теплофизика» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

*Научный руководитель: Кузнецов А.Г., д.т.н., профессор кафедры «Теплофизика»
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Devilfess@mail.ru

В последние годы популярность двигателя Стирлинга заметно возросла. Зарубежные компании производят готовые решения для частных лиц по выработке электроэнергии. В России же пока нет подобного производства, хотя перспектива развития имеется.

Результаты исследований на данном стенде будут использованы при разработке промышленного образца двигателя Стирлинга.

Экспериментальный стенд представляет собой двигатель Стирлинга с системой автоматического регулирования (САР) частоты вращения вала двигателя. Стенд оборудован необходимыми измерительными и регистрирующими приборами. На стенде реализовано два метода регулирования двигателя Стирлинга: изменение теплового режима работы двигателя и дросселирование канала связи цилиндров двигателя. Общий вид установки представлен на рис.1.

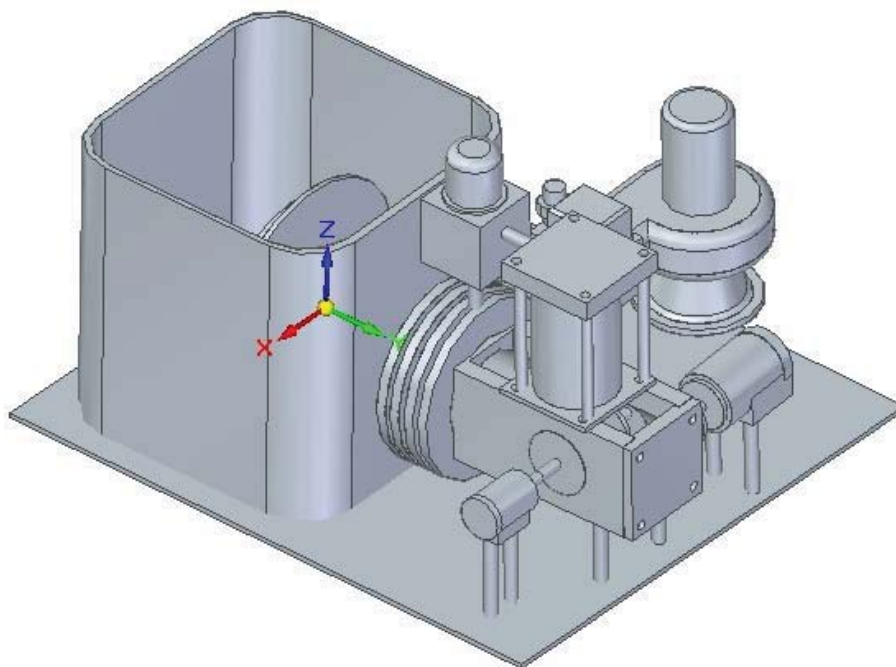


Рис. 1. Стенд для исследования двигателя Стирлинга

В состав лабораторной установки входит следующее оборудование (Рис. 2).

1. Действующая модель двигателя Стирлинга УДС-1.
2. Тахогенератор, питающий электрическую цепь для создания нагрузки на валу двигателя.
3. Регулирующий орган – заслонка, приводимая в движение шаговым двигателем.
4. Нагревательный элемент
5. Воздушный нагнетатель, обеспечивающий охлаждение цилиндра двигателя.
6. Исполнительное устройство Belimo-LM24A-SR, перемещающее регулирующий орган – заслонку перед нагнетателем.
7. Контроллер «Контар-МС8», подключенный к персональному компьютеру и обеспечивающий регулирование по установленному закону.
8. Защитный кожух.
9. Измерительные приборы:

- Тахогенератор, по значению генерируемого напряжения которого определяется частота вращения вала.
- Две термопары ХКА для определения температур нагреваемой и охлаждаемой частей цилиндра (на рисунке не показаны).

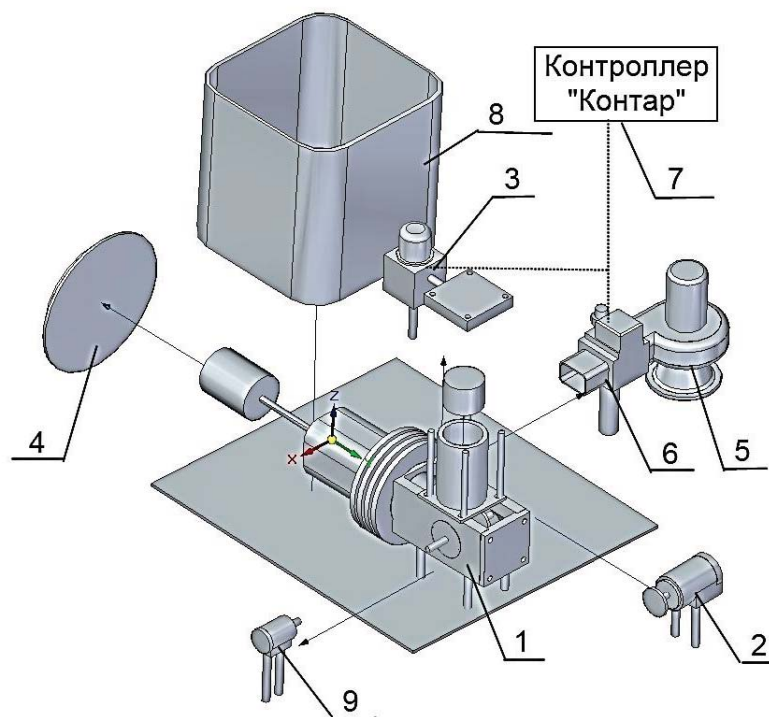


Рис. 2. Состав стенда для исследования двигателя Стирлинга

Разработанный стенд позволяет исследовать особенности рабочего процесса двигателя Стирлинга как источника энергии и обосновать подходы к созданию системы автоматического регулирования частоты вращения двигателя.

Объектом регулирования является двигатель Стирлинга. В качестве нагревателя используется электроплитка, как наиболее безопасный способ в лабораторных условиях. При включении или отключении нагрузки в электрической цепи генератора изменяется момент сопротивления на валу двигателя, тем самым изменяя частоту его вращения. Для восстановления требуемой частоты вращения используется два метода. Первый основывается на дросселировании с помощью клапана проходного сечения трубопровода, соединяющего рабочий цилиндр с вытеснительным. Второй метод основан на изменении интенсивности охлаждения

рабочего цилиндра потоком воздуха за счет изменения расхода воздуха при повороте регулирующей заслонки в патрубке нагнетателя.

Закон регулирования загружается в контроллер «Контар-МС8» путём программирования с персонального компьютера посредством специально созданной программы в среде КОНГРАФ (функциональный алгоритм контроллера) и системы АРМ SCADA (автоматизированное рабочее место диспетчера). Используемая рабочая среда предоставлена заводом-изготовителем контроллера – ОАО МЗТА (Московский завод тепловой автоматики).

Контроллер «Контар-МС8»

Контроллер предназначен для формирования необходимых преобразований в соответствии с ПИД-законом регулирования частоты вращения двигателя Стирлинга и вывода информации о параметрах установки на персональный компьютер.

Алгоритм работы контроллера, соответствующий ПИД-закону регулирования частоты вращения вала двигателя Стирлинга, реализованный в среде программирования КОНГРАФ, представлен на рис.3.

Для управления шаговым двигателем применены дискретные выходы, а для управления заслонкой с исполнительным механизмом «Belimo» — аналоговый выход.

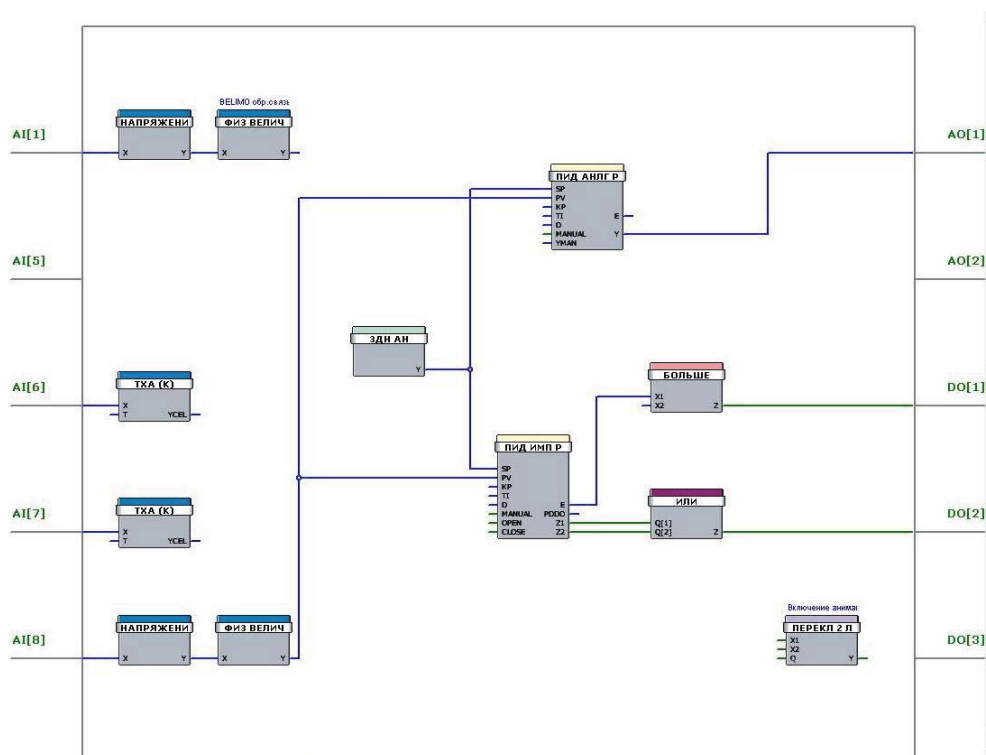


Рис.3. Функциональная схема алгоритма контроллера «Контар-МС8»

Выводы

1. Разработан экспериментальный стенд для исследования рабочего процесса двигателя Стирлинга и системы автоматического регулирования частоты вращения вала двигателя.
2. Стенд позволяет получить необходимые данные для разработки промышленных образцов двигателей Стирлинга и их систем автоматического регулирования.

Список литературы

1. Двигатели Стирлинга. Под ред. М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1977. 150 с.
2. Уокер Г. Двигатели Стирлинга. Стирлинга./ Пер. с англ. Б В. Сутугина и Н В. Сутугина. М.: Машиностроение. 1985. 408 с.
3. C.M. Hargreaves. The Philips Stirling engine. Amsterdam.: Elsevier Science Publishers B.V. 1991. 457 с.