

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РУЛЕВОЙ МАШИНЫ НА КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОМ СТЕНДЕ

В системах управления (СУ) летательных аппаратов (ЛА) в качестве исполнительных элементов применяются рулевые машины (РМ). В зависимости от типа решаемой им задачи РМ являются силовыми приводами аэродинамических рулей, воротных рулевых или основных двигателей.

Применяемые в системах управления пневматические, гидравлические, электрические, электрогидравлические и другие типы РМ являются инерционными элементами. При проектировании систем управления ЛА важно знать математическую модель РМ как динамического звена. Это обусловлено тем, что РМ является "индивидуальным" звеном в СУ. Если остальные звенья СУ для различных ЛА могут быть унифицированы, то РМ такой унификации не поддаются [1].

По своему назначению в системах управления рулевые машины являются преобразователями электрического сигнала (напряжения) с усилителя или вычислительного устройства СУ в пропорциональный этому напряжению угол поворота вала РМ через соответствующую кинематику и в угол поворота аэродинамических рулей рулевых или основных двигателей.

Для ознакомления студентов с конструктивным исполнением и принципом работы рулевой машины по курсу "Автоматика и управление" используется лабораторная работа "Исследование характеристик электрогидравлической рулевой машины". При проведении данной работы студенты осваивают методику проведения статических и динамических испытаний РМ с целью экспериментального определения ее математической модели. В лабораторной работе используется электрогидравлическая установка управления которой осуществляется электрическими сигналами, а силовые функции обеспечиваются средствами гидравлики [2].

До настоящего времени при проведении лабораторной работы по курсу "Автоматика и управление", связанной с изучением конструкции, принципом работы и экспериментальным определением характеристик рулевой машины, использовался лабораторный стенд, состоящий из низкочастотного генератора периодических колебаний ГЧ-37, осциллографа (индикатора) И-6, блока питания (БП) и электрогидравлической рулевой машины РМ 8Л69 (рис. 1).

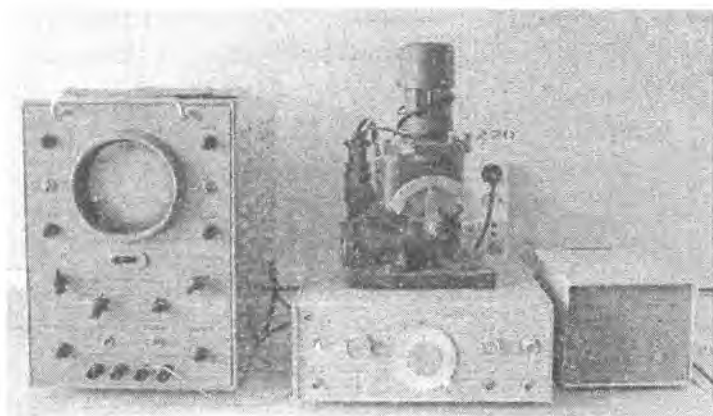


Рис. 1. Применявшийся лабораторный стенд

При проведении модернизации данного стенда была поставлена задача – внести в состав стенда персональный компьютер (ПК) и блок управления (БУ), для исключения осциллографа И-6 и низкочастотного генератора периодических колебаний ГЧ-37 (рис. 2).

На рисунке 2 представлены блок-схемы применявшегося лабораторного (а) и модернизированного стенда (б).

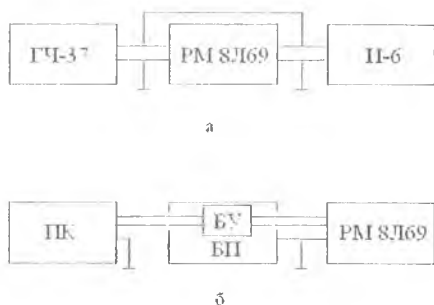


Рис. 2. Блок-схемы лабораторного стенда (а – применявшегося, б – модернизированного)

При реализации данной задачи было выполнено следующее:

– разработан и введен в состав блока питания блок управления. Блок управления включает в свой состав восьми разрядный микроконтроллер, аналогово-цифровой преобразователь (входит в состав микроконтроллера), цифро-аналоговый преобразователь, операционный усилитель, электромагнитное реле, "обвязку". Блок управления формирует управляющий сигнал для РМ в соответствии с заложенным алгоритмом и

командами управления от ПК, а так же обеспечивает передачу сигнала от РМ к ПК. Взаимодействие персонального компьютера и блока управления осуществляется посредством последовательного интерфейса RS - 232;

– разработана программа для микроконтроллера платы управления, определяющая алгоритм формирования управляющего сигнала от ПК к РМ. Программа создана с использованием среды разработки CodeVision AVR.

– создана программа интерфейса "Control_Dynamic.exe" для компьютера, обеспечивающая задание управляющего сигнала с заданной частотой, обработку выходного сигнала РМ, пропорционального углу поворота выходного вала РМ, управление и визуализацию результатов работы РМ на мониторе компьютера. Программа обеспечивает передачу команд от оператора к микроконтроллеру.

После модернизации компьютеризированный лабораторный стенд принял следующий вид (рис. 3).

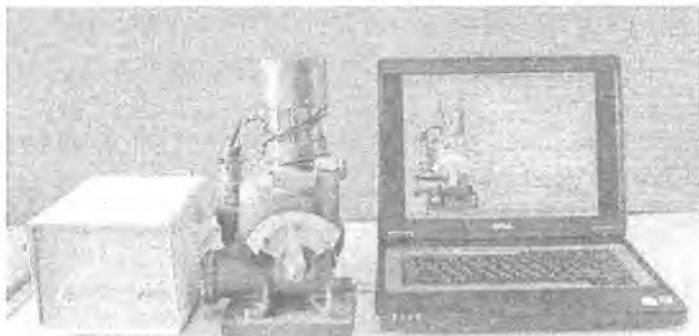


Рис. 3. Компьютеризированный лабораторный стенд

При проведении исследований на компьютеризированном стенде для изучения РМ выполняется следующая последовательность отдельных этапов:

1 Конструкция и принцип работы РМ

Принцип работы и конструктивное исполнение РМ определяются условиями эксплуатации, требованием по быстродействию и силовому моменту на выходном валу.

Принципиальная схема электрогидравлической рулевой машины приведена на рисунке 4.

Шестеренчатый насос 7 приводится во вращение электромотором 12 через редуктор 13. Рабочая жидкость по двум каналам нагнетается в полость высокого давления (цилиндр), разделенного поршнем 8. Золотниковый распределитель 3, подвешенный

пластинчатой пружине 4, перемещаясь, изменяет проходное сечение перепускных отверстий с помощью поршней 5 и 6.

При поступлении на поляризованное реле 1 командного напряжения (соответствующего по величине и знаку требуемому положению рулей), имеющего обмотку управления и обмотку обратной связи (магнитные потоки обмоток имеют противоположное направление), коромысло 2 начинает изменять свое положение в соответствии с направлением суммарного магнитного потока. Перемещение коромысла 2, соединенное с золотниковым распределителем 3, приводит к его отклонению. При этом проходное отверстие одного перепускного отверстия увеличивается, а другого уменьшается. Соответственно изменяется расход масла через отверстия.

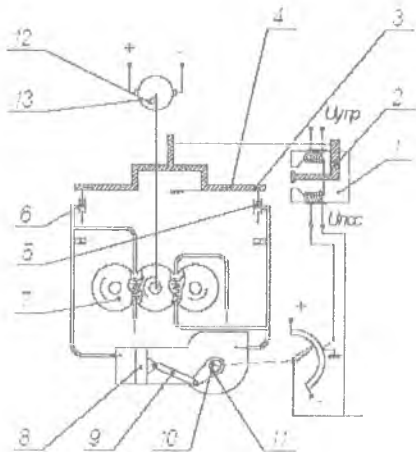


Рис. 4. Принципиальная схема электрогидравлической РМ

Давление с одной из сторон цилиндра начинает возрастать, а в другой падать. Поршень 8 начнет двигаться в сторону с меньшим давлением и через шатун 9 и кривошип 10 поворачивает выходной вал РМ 11, связанный с рулями ЛА и потенциометром 14. Сигнал с потенциометра 14, соответствующий по величине и знаку действительному угловому положению рулей, поступит на обмотку обратной связи поляризованного реле 1. Перемещение рабочего поршня 8 будет происходить до тех пор, пока магнитные потоки на обмотке управления и обмотке обратной связи не скомпенсируют друг друга.

2 Ознакомление с методикой проведения статических и динамических испытаний

В процессе испытаний на вход РМ подается типовой управляющий сигнал. В качестве типового сигналов используются ступенчатое, импульсное и гармоническое входные управляющие воздействия.

Выходным параметром РМ является угол поворота выходного вала РМ. Контроль выходного параметра РМ (угла поворота вала) осуществляется измерением угла поворота вала по установленной для этих целей на РМ шкале и путем контроля напряжения с потенциометра обратной связи, установленного на выходном валу РМ.

При статических испытаниях РМ на вход подаются различные по величине знаку напряжения, для каждого фиксированного входного управляющего напряжения замеряется угол поворота выходного вала РМ. По результатам статических испытаний строится статическая характеристика РМ и определяется коэффициент усиления РМ. Статическая характеристика рулевой машины приведена на рисунках 5 и 7. Размерность коэффициента передачи РМ - градус на вольт (град./В).

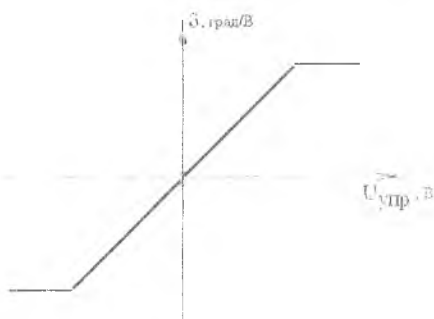


Рис. 5. Статическая характеристика РМ

на выходном валу РМ.

При частотных испытаниях РМ входное управляющее напряжение изменяется по гармоническому закону. Закон изменения угла поворота выходного вала РМ по времени имеет гармонический характер. Для каждого фиксированного значения частоты входного управляющего напряжения измеряется отношение амплитуд и фазовый сдвиг угла поворота выходного вала РМ и управляющего напряжения. Контроль угла поворота вала РМ осуществляется по напряжению с потенциометра обратной связи РМ.

3 Снятие экспериментальной переходной и статической характеристик при проведении частотных испытаний

Для проведения исследований на компьютеризированном стенде необходимо:

1. Включить блок питания и ПК.
2. Запустить программу "Control Dynamic.exe".

При запуске программы на экране монитора появится окно программы (рис.6)

должно изменяться по ступенчатому закону. Реакция РМ на ступенчатый входной сигнал, т.е. зависимость угла поворота выходного вала РМ от времени, представляет собой переходную характеристику РМ. Угол поворота вала РМ контролируется напряжению с потенциометра обратной связи, установленному



Рис. 6. Окно программы "Control Dynamic.exe" при запуске

Для определения статических свойств рулевой машины на экране монитора нужно нажать клавишу "Часть 1. Определение статических свойств рулевой машины". В результате чего на экран монитора выводится следующее окно (рис. 7).



Рис. 7. Окно программы при исследовании статических свойств РМ

В данном окне последовательно в блок исходных данных, в окно "Uвх=" вводится значение напряжения. При нажатии клавиши "Пуск" программа (через блок управления) подает напряжения на обмотку управления поляризованного реле РМ. В ответствии со значением и знаком напряжения вал РМ отклоняется на соответствующий напряжению угол. Отклонение угла отклонения вала контролируется на пика-

ле, установленной на РМ, и на экране монитора строится статистическая характеристика РМ. Для занесения результатов в таблицу необходимо нажать клавишу "Снять результаты".

Эксперимент повторяется необходимое количество раз для получения полной картины отклонения вала при различных задающих напряжениях. По результатам статистических испытаний определяется коэффициент усиления РМ.

Для выхода из режима необходимо нажать клавишу "Завершить эксперимент".

Для определения переходных характеристик рулевой машины на экране монитора нужно нажать клавишу "Часть 2. Определение переходных характеристик рулевой машины". В результате чего на экран монитора выводится следующее окно (рис. 8).

Для проведения эксперимента по определению переходных характеристик РМ необходимо нажать на клавишу "Пуск". Программа через блок управления на обмотку управления РМ подаст через одну секунду постоянное напряжение (ступенчатое воздействие), равное 12 В. На экран монитора будут выведены напряжение управляющего сигнала и напряжение с потенциометра. Поворот угла отклонения вала контролируется на шкале, установленной на корпусе РМ, и на экране монитора строится реакция РМ на ступенчатый входной сигнал. Значения результатов эксперимента заносятся в таблицу. По результатам определяются параметры передаточного звена РМ.

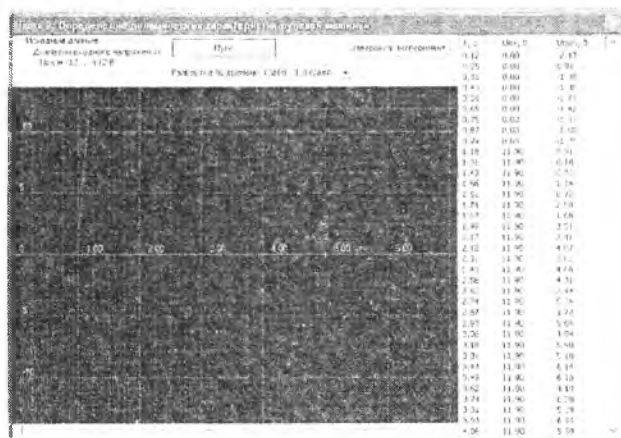


Рис. 8. Определение переходных характеристик РМ

Для выхода из режима необходимо нажать клавишу "Завершить эксперимент".

Для проведения частотных испытаний рулевой машины на экране монитора нужно нажать клавишу "Часть 3. Проведение частотных испытаний рулевой машины". В результате чего на экран монитора выводится следующее окно (рис. 9).

В данном эксперименте на вход управляющей обмотки РМ подается напряжение с амплитудой, равной ± 12 В и частотой от 0.1 Гц до 10 Гц.



Рис. 9. Окно программы при проведении частотных испытаний РМ

Для проведения эксперимента нужно в окне "Частота f , Гц" задать необходимое значение частоты из выбранного списка, выбрать развертку по времени (масштаб) и нажать клавишу "Пуск". Программа через плату управления будет моделировать и передавать на управляющую обмотку РМ синусоидальный сигнал с заданной амплитудой и частотой и принимать с обмотки обратной связи напряжение, пропорциональное углу отклонения управляющего вала РМ. Результаты эксперимента выводятся на экран монитора, как в табличном виде, так и в виде графика.

Отношение амплитуд $A(\omega)$ и фазовый сдвиг $\varphi(\omega)$ для каждого фиксированного значения частоты рассчитываются по известным формулам (рис. 9).

$$A(\omega) = \frac{2 \cdot A_{\text{вых}}(\omega)}{2 \cdot A_{\text{вх}}(\omega)},$$

$$\varphi(\omega) = 360^\circ \cdot \frac{I(\omega)}{I(\omega)} = 180^\circ \cdot \frac{I(\omega)}{I(\omega)/2}.$$

По результатам частотных испытаний строятся экспериментальные ЛАЧХ и ФЧХ рулевой машины.

Для выхода из режима – нажать клавишу "Завершить эксперимент".

По результатам проведенных экспериментов проводится обработка результатов испытаний и расчет математической модели РМ.

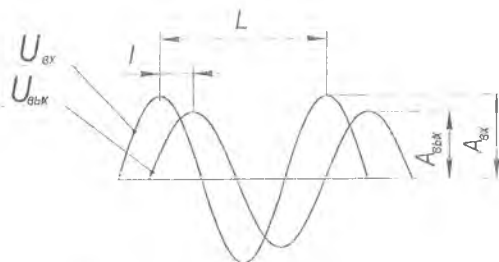


Рис. 9. Отношение амплитуд и фазовый сдвиг на выбранной частоте

Библиографический список

1. Айзенберг Я.Л., Сухорезный В.Л. Проектирование систем стабилизации носителей космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1986.
2. Разыграев А.Н. Основы управления полетом космических аппаратов: Учеб пособие для вузов. – 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990.