

Разработка и исследование синхронного сервопривода рулевого механизма летательного аппарата

ГУСЕВ Н.В., КАРАКУЛОВ А.С., КАУЦМАН В.В., АМР РЕФКИ

Статья посвящена вопросам разработки и исследования системы управления автоматизированного синхронного сервопривода с интегрированным контроллером движения. Приводятся математическое описание модели сервопривода и ее реализация в среде Matlab.

Ключевые слова: сервопривод, управление, контроллер движения, регулятор

В системах рулевого управления летательных аппаратов (ЛА) наряду с хорошо зарекомендовавшими себя электрогидравлическими приводами все более широко используются электрические приводы. Это обусловлено более глубоким исследованием систем управления электроприводами и свойств электромеханических преобразователей энергии. В качестве исследуемого был выбран электропривод рулевого механизма вертолёта МИ-38, кинематическая схема которого приведена на рис. 1.

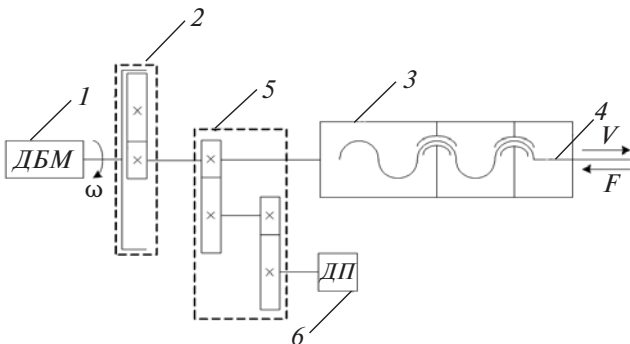


Рис. 1. Кинематическая схема электропривода

При подаче сигналов на электродвигатель 1 его ротор через одноступенчатый планетарный редуктор 2 приводит во вращение обойму ШВП 3. В соответствии с направлением вращения штоков 4 перемещается поступательно на выпуск и уборку. Одновременно с обоймой ШВП вращается двухступенчатый редуктор привода датчика положения 5 и, соответственно, вал датчика положения 6, который выдает сигналы положения выходного штока.

В качестве приводного двигателя был использован двигатель ДБМ40-0,025-4-3 со следующими техническими данными:

U_n , В	27
n_0 , об/мин	5700–7200
M_n , Нж	$^3 0,11$

Matters concerned with development and study of a system for controlling an automated synchronous servo drive with a built-in motion controller are discussed. The mathematical description of a servo drive model and its implementation in the environment of the Matlab software package are presented.

Key words: servo drive, control, motion controller, controller

$R_{20^\circ C}$, Ом	4,5–5,5
$T_{эм}$, мс	£ 0,05
C_m, C_ε	0,024–0,03
$J_{дв}$, кгж ²	0,00001
$M_{тр}$, Нж	0,0025
$I_{1м}^*$, А	10

Структура системы управления, соответствующая кинематической схеме, приведена на рис. 2, где обозначено: $k_{пр}$ – коэффициент преобразования линейного перемещения в угол поворота; РП – регулятор положения; РС – регулятор скорости; РТ – регулятор тока; $k_{от}$ – коэффициент передачи канала обратной связи по току; $k_{оп}$ – коэффициент коррективы обратной связи по положению; $k_{швп}$ – коэффициент передачи ШВП.

В качестве метода настройки регуляторов системы достаточно просто может быть применена методика Кесслера, основанная на получении передаточной функции регулятора исходя из требуемого критерия качества регулирования системы. Адекватность полученных выражений и параметров регуляторов наиболее целесообразно оценить с помощью имитационного моделирования в среде Matlab. Известно, что такой подход позволяет не только оценить работу электропривода в линейной зоне, определяемой малыми перемещениями и скоростями, но и учесть максимальное число нелинейностей в реальной системе (насыщение магнитопровода электродвигателя, задержки включения силовых транзисторов инвертора и т.д.).

Для настройки системы автоматического управления целесообразно использовать математическое описание синхронной машины с постоянными магнитами в ортогональной системе координат d, q , ось d которой ориентирована по магнитной оси ротора:

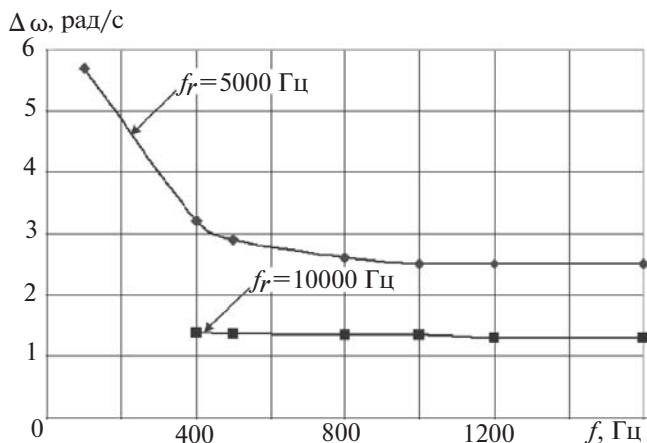


Рис. 3. Зависимость скорости ошибки в контуре скорости от частоты квантования при фиксированных частотах контура тока

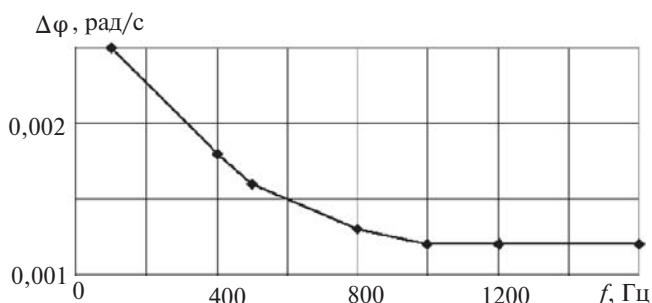


Рис. 4. Зависимость скорости ошибки в контуре положения от частоты квантования при фиксированной частоте контура тока 10 кГц

времени — исходя из требований к установке и полученных зависимостей (рис. 3 и 4).

Полученная имитационная модель нелинейного синхронного сервопривода включала систему следящего электропривода; блок, имитирующий зазор в механической передаче; блок, вычисляющий жёсткость системы в зависимости от положения штока; блок, учитывающий инерционность второй массы; коэффициент передачи редуктора привода ШВП; коэффициент передачи ШВП; коэффициент вязкости системы; блоки задания положения штока; блоки задания момента нагрузки активного характера.

Для примера на рис. 5 показаны кривые отработки электроприводом перемещения 1,5 мм.

Главными характеристиками синхронного электропривода являются характеристики статической и динамической точности. Так, для задания на положение 0,5; 1,5; 3 мм были получены значения времени переходных процессов 0,0541; 0,08; 0,114 с соответственно при допустимом времени переход-

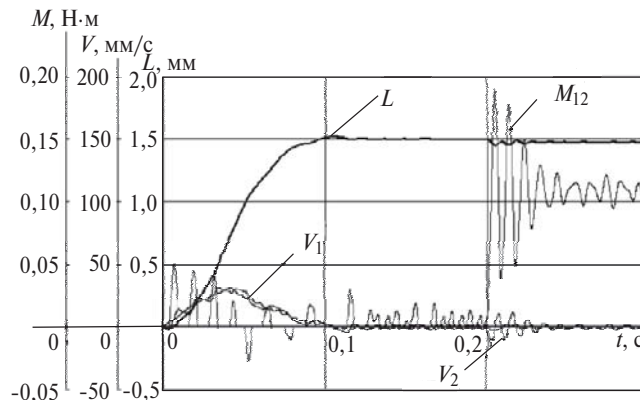


Рис. 5. Отработка электроприводом перемещения 1,5 мм с набросом максимальной нагрузки 980 кг с в момент времени 0,2 с

ного процесса 0,2 с, что удовлетворяет требованиям. Для задания на положение 10 мм время переходного процесса составило 0,2696 с при допустимом времени переходного процесса до 10 с. Перерегулирование во всех случаях составило 0%, что удовлетворяет требованиям к форме переходного процесса. Статическая ошибка отработки положения составила 8 мкм при максимально допустимой ошибке 0,1 мм. Статическая ошибка при набросе максимальной нагрузки 980 кгс составила 18 мкм для задания на положение 0,5 мм и 32 мкм в остальных случаях при максимально допустимой ошибке 85 мкм. Таким образом, разработанный электропривод полностью отвечает требованиям к установке. Небольшие колебания положения (0,015 мкм) возникают из-за ограниченной точности датчика положения, увеличение которой позволит полностью устранить колебания.

Авторы: Гусев Николай Владимирович окончил ТПУ в 2004 г. Кандидатскую диссертацию «Алгоритмическое обеспечение цифровой системы управления следящим электроприводом двухкоординатного стола» защитил в 2006 г. в ТПУ. Доцент кафедры электропривода и электрооборудования ТПУ.

Каракулов Александр Сергеевич окончил ТПУ в 1998 г. Кандидатскую диссертацию «Микроконтроллерное управление асинхронным электроприводом задвижки магистрального нефтепровода» защитил в 2005 г. Доцент кафедры электропривода и электрооборудования ТПУ.

Кауцман Василий Валерьевич окончил ТПУ в 2011 г. Аспирант ТПУ.

Абд Эль Вхаб Амр Рефки окончил ТПУ в 2009 г. Аспирант ТПУ.