

УДК 621

Д.Н.Васильев (6 курс, каф. САУ), Е.В.Медведовский (асп., каф. САУ),
Н.Ф.Васильев, к.т.н., доц.

ЛИНЕЙНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С ВЕНТИЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ДЛЯ СУБМИКРОННЫХ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В настоящее время требования к качеству управления движением повышаются все больше и больше. Такие характеристики как быстродействие, точность, диапазон регулирования, коэффициент полезного действия ставятся во все более жесткие рамки. Сами технологии производства диктуют эти условия. В одних случаях – это производительность, в других – точность обработки, в третьих – и то, и другое. Так или иначе, решение стандартными методами не дает желаемых результатов.

Поскольку линейное движение, например в станочном оборудовании, является одним из основных, то исследование и предложение каких-то альтернативных решений в этом направлении является весьма перспективным.

Существуют несколько способов реализации линейного перемещения на базе двигателя вращательного движения: использование ременных и цепных передач, передач типа «рейка-шестерня», передач типа «винт-гайка» и шариковинтовых передач (ШВП). Но в настоящее время существует ряд специфических задач, в которых требуется обеспечить линейное движение с высокой точностью (сотые и тысячные доли миллиметра), например: приводы лазерных столов, юстировка оптоволокон при сварке, автоматизированная сборка, установка компонентов на печатную плату. Из всего перечисленного можно оставить только ШВП, которые обладают на сегодняшний день наилучшими характеристиками по точности и долговечности.

Альтернативный способ реализации линейного перемещения – непосредственный линейный электропривод. Вообще говоря, задачами реализации таких устройств занимаются уже давно. Так, например, на кафедре САУ линейными коллекторными двигателями постоянного тока занимались В.К.Титков, В.В.Андрущук. Но двигатель постоянного тока имеет существенный недостаток – наличие механического коллектора. В предшествующих работах конструированию коллектора уделялось достаточно большое внимание. Сейчас такая проблема не стоит – современная элементная база позволяет строить электропривод на основе линейного вентильного двигателя.

Основные преимущества линейного привода:

- точность позиционирования, датчик устанавливается на выходном звене;
- отсутствие механической передачи (повышение надежности, исключение влияния упругих свойств механизма, люфтов, износа, нагрева);
- лучшие динамические показатели.

Таковыми преимуществами обладают не только линейные приводы, но и вращательные двигатели непосредственного привода.

Линейный электропривод состоит из линейного вентильного двигателя с немагнитным якорем, механической системы, оптического инкрементного датчика линейного перемещения и электронного преобразователя.

Линейный вентильный двигатель состоит из подвижного блока с обмоткой (якоря) и магнитного индуктора. Якорь представляет собой трехфазную обмотку, соединенную звездой, залитую теплопроводящим компаундом. Статор конструктивно выполнен в виде U-образного магнитного индуктора. Редкоземельные магниты из материала неодим-железо-бор

(NdFeB) наклеены на две стальные пластины. Магнитный материал обладает наилучшим показателем магнитная энергия – стоимость, что делает перспективными машины непосредственного привода. Якорь перемещается в воздушном зазоре магнитного индуктора. Электромеханическая постоянная времени «безжелезной» обмотки существенно ниже, чем у аналога с железным якорем, что обеспечивает более высокую динамику привода.

Механическая система представляет собой подвижный стол, направляющие и линейные подшипники (каретки). Современная технология изготовления, как направляющих, так и подшипников, позволяет добиваться высокой точности и минимизировать статические потери на трение.

В представленной системе линейного электропривода датчик линейного перемещения имеет ключевое значение: дискретность датчика определяет точность позиционирования и плавности хода. В приводе применяется датчик «ЛИР-7» с дискретностью 1 мкм.

Электронный преобразователь построен на базе силового интеллектуального модуля и микропроцессорной системы управления обеспечивающей векторное управление. Применен микроконтроллер фирмы Motorola DSP 56F805.

В данной работе проведены исследования линейного привода, определены номинальные параметры двигателя: активные сопротивления обмоток, индуктивности обмоток, распределение индукции в зазоре, номинальный ток и номинальная электромагнитная сила. Опытным путем определена зависимость установившегося перегрева от тока якоря. После аппроксимации было определено, что зависимость степенная и описывается следующим выражением:

$$t=3.41*i^{1.87}, \quad (1)$$

где t – температура установившегося перегрева, i – ток якоря.

Для последующего рассмотрения вариантов системы охлаждения была определена постоянная времени нагрева, которая составила $\tau=98$ с.

С помощью набора динамометров производилось измерение максимальной удерживающей силы. Экспериментальная зависимость удерживающей силы от тока якоря описывается линейным выражением

$$F=k*i+F_0, \quad (2)$$

где F – удерживающая сила, I – ток якоря, $k=2.25$ Н/А – коэффициент пропорциональности, $F_0=4$ Н - сила трения.

График распределения индукции носит трапецеидальный характер. Максимальная индукция в зазоре составила $B=0.8$ Тл.

На основании проведенных исследований было сделано сравнение линейного привода и привода с вращательным двигателем и ШВП по динамическим характеристикам, а именно по показателю «номинальное собственное ускорение». Сравнение производилось с приводом, имеющим аналогичные статические характеристики. Для двигателя с ШВП этот показатель составил 3 м/с², а для линейного двигателя – 20 м/с².

Экспериментально полученные параметры введены в компьютерную модель [1].

Компьютерное моделирование позволяет получить характеристики привода, которые

сложно определить при натурном эксперименте. Для линейного привода сложности возникают даже при экспериментальном определении механических характеристик из-за ограниченности хода якоря и высокой стоимости нагрузочного устройства. В то же время адаптация модели [1] к линейному двигателю сложности не вызывает.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Васильев Д.Н., Васильев Н.Ф. Исследование компьютерной модели электропривода с вентильным двигателем. XXXII неделя науки СПбГПУ (Материалы межвузовской конференции). - СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003.