

Modeling for electric asynchronous motors, DC motor with separate excitation

Aitkul A.

Моделирование электропривода по системе асинхронный двигатель - двигатель постоянного тока независимого возбуждения

Айткуль А. Б.

*Айткуль Асемгуль Бердыгулқызы / Aitkul Assemgul – магистрант,
энергетический факультет,*

Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан

Аннотация: разработка автоматического управления ДПТ в виртуальной среде Labview позволит изучить статические и динамические характеристики электромеханической системы.

Abstract: development of automatic control of DPT in Labview virtual environment allowed us to study the static and dynamic characteristics of the electromechanical system.

Ключевые слова: машина постоянного тока, электропривод, асинхронный двигатель, математическая модель, LabVIEW.

Keywords: DC motor, DC electric drive, asynchronous motors mathematical models, the LabVIEW.

1 Введение

На современном этапе, характеризующемся приоритетным развитием машиностроения и автоматизации производства, автоматизированный электропривод сформировался как самостоятельное научное направление, в значительной степени определяющее прогресс в области техники и технологии, связанных с механическим движением, получаемым путем преобразования электрической энергии. Этим объясняется большой интерес специалистов к новым разработкам в данной отрасли техники и к ее научным проблемам.

В связи автоматизацией управления производственными процессами и механизмами расширяется область применения маломощных двигателей постоянного тока общего применения мощностью от единиц до сотен ватт. Для автоматизацией систем управления двигателями постоянного тока используются автоматизированный электропривод. Основным элементом электропривода является электрический двигатель, поэтому основные его свойства - надежность и срок службы, энергетические показатели, удобство управления, быстродействие - во многом характеризуют электропривод в целом [1, с. 120].

Энергосбережение в электроприводе должно осуществляться как на стадии его проектирования и конструирования, так и при эксплуатации. При проектировании электропривода основные методы энергосбережения состоят в следующем:

1. Обоснованный расчет требуемой мощности двигателя исполнительного органа рабочей машины или производственного механизма с учетом всех условий его работы.

2. Выбор компонент электропривода, характеризующихся минимальными потерями энергии при работе.

3. Выбор способов и технических средств регулирования координат электропривода, при использовании которых потери мощности и энергии минимальны.

Режим работы электропривода определяет требования к статическим и динамическим свойствам двигателя. Статические свойства определяются величиной статического момента сопротивления рабочей машины, требуемой частотой вращения, необходимостью регулирования частоты вращения и его диапазоном, возможностью кратковременных перегрузок и т.п. Динамические свойства определяются показателями переходных режимов: частотой пуска, реверса и торможения. Например, при частых пусках, торможении или реверс требуется двигатель с малым моментом инерции ротора (якоря).

Большое значение при выборе двигателя имеют экономические требования: стоимость двигателя, его КПД и коэффициент мощности, масса и габариты, расходы по эксплуатации и ремонту. При оценке экономических показателей принимаемого варианта необходимо учитывать экономические показатели не только самого двигателя, но и используемых для его управления пускорегулирующих устройств (статических выпрямителей, регулируемых преобразователей, устройств «мягкого» пуска, защиты и т.п.) [2, с. 35].

При эксплуатации работающих электроприводов энергосбережение может быть достигнуто за счет правильного технического обслуживания и проведения мероприятий по их модернизации.

Математическое моделирование автоматической системы электропривода АСУ ЭП - это процесс изучения динамических свойств автоматических систем управления электроприводами на основе решения дифференциальных уравнений, адекватно описывающих свойства реальных систем. Широко распространенной задачей моделирования АСУ ЭП является определение реакции систем управления на

типовые входные воздействия $U(t) = U_{\delta}$ и возмущающие воздействия, как правило, наброс или сброс момента сопротивления M_C .

Проведение научных исследований, выполнение промышленных заказов, обеспечение учебного процесса требует наличия адекватных моделей динамических объектов, в том числе создаваемых для конкретной задачи [3, с. 67]. Например, некоторые из таких задач:

- системы защит электромеханического оборудования их проверка и тестирование;
- системы управления с моделью;
- системы управления с наблюдателями состояния;
- системы диагностики состояния электрических машин электроприводов;
- виртуальные лабораторные комплексы для учебного процесса;
- курсовое, дипломное проектирование, проведение исследовательской работы студентов, магистрантов, аспирантов и многие другие.

Разработанный универсальный модуль для создания виртуальных моделей динамических объектов (МДО) позволяет создавать модели динамических объектов, которые могут быть записаны в виде систем линейных и нелинейных дифференциальных и алгебраических уравнений.

2. Математическая модель системы «асинхронный двигатель-двигатель постоянного тока независимого возбуждения»

Структурная схема двигателя постоянного тока представлена на рис. 1.

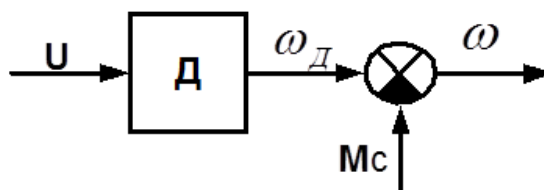


Рис. 1. Структурная схема ДПТ

На рис. 1 использованы следующие обозначения:

Д – двигатель

Mc – момент сопротивления, приложенный к валу двигателя

ω_D - скорость вращения вала двигателя

ω – скорость вращения вала с учетом момента сопротивления

Математическая модель асинхронного двигателя (АД) записана в трехфазной системе координат со схемой соединения обмоток – звезда без нулевого провода:

- система дифференциальных уравнений

$$\frac{d\psi_A}{dt} = U_A - (i_A - i_{0ABC})R_s;$$

$$\frac{d\psi_B}{dt} = U_B - (i_B - i_{0ABC})R_s;$$

$$\frac{d\psi_C}{dt} = U_C - (i_C - i_{0ABC})R_s;$$

$$\frac{d\psi_a}{dt} = -(i_a - i_{0abc})R_r;$$

$$\frac{d\psi_b}{dt} = -(i_b - i_{0abc})R_r;$$

$$\frac{d\psi_c}{dt} = -(i_c - i_{0abc})R_r;$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{M_e - M_c}{J};$$

$$\frac{d\phi}{dt} = \omega \cdot \rho[3];$$

- система алгебраических уравнений

$$\begin{aligned}\psi_A &= \left(L_s + \frac{3}{2}L_\mu\right)i_A - L_\mu\left(\cos(\phi)i_a + \cos\left(\phi + \frac{2\pi}{3}\right)\cdot i_b + \cos\phi\left(\phi - \frac{2\pi}{3}\right)\cdot i_c\right); \\ \psi_B &= \left(L_s + \frac{3}{2}L_\mu\right)i_B - L_\mu\left(\cos(\phi)i_a + \cos\left(\phi + \frac{2\pi}{3}\right)\cdot i_b + \cos\phi\left(\phi - \frac{2\pi}{3}\right)\cdot i_c\right); \\ \psi_C &= \left(L_s + \frac{3}{2}L_\mu\right)i_C - L_\mu\left(\cos(\phi)i_a + \cos\left(\phi + \frac{2\pi}{3}\right)\cdot i_b + \cos\phi\left(\phi - \frac{2\pi}{3}\right)\cdot i_c\right); \\ \psi_a &= \left(L_s + \frac{3}{2}L_\mu\right)\cdot i_a - L_\mu\left(\cos(\phi)i_A + \cos\left(\phi + \frac{2\pi}{3}\right)\cdot i_B + \cos\phi\left(\phi - \frac{2\pi}{3}\right)\cdot i_C\right); \\ \psi_b &= \left(L_s + \frac{3}{2}L_\mu\right)\cdot i_b - L_\mu\left(\cos(\phi)i_A + \cos\left(\phi + \frac{2\pi}{3}\right)\cdot i_B + \cos\phi\left(\phi - \frac{2\pi}{3}\right)\cdot i_C\right); \\ \psi_c &= \left(L_s + \frac{3}{2}L_\mu\right)\cdot i_c - L_\mu\left(\cos(\phi)i_A + \cos\left(\phi + \frac{2\pi}{3}\right)\cdot i_B + \cos\phi\left(\phi - \frac{2\pi}{3}\right)\cdot i_C\right);\end{aligned}$$

- дополнительные параметры

$$M_e = \frac{1}{\sqrt{3}}\rho \cdot ((\psi_C - \psi_B)(i_A - i_{0ABC}) + (\psi_A - \psi_C)(i_B - i_{0ABC}) + (\psi_B - \psi_A)(i_C - i_{0ABC}));$$

$$U_A = 311 \cdot \sin(2\pi f \cdot t);$$

$$U_B = 311 \cdot \sin\left(2\pi f \cdot t - \frac{2\pi}{3}\right);$$

$$U_C = 311 \cdot \sin\left(2\pi f \cdot t + \frac{2\pi}{3}\right);$$

$$i_{0ABC} = \frac{i_A + i_B + i_C}{3};$$

$$i_{0abc} = \frac{i_a + i_b + i_c}{3} [4].$$

3. Математическое описание двигателя постоянного тока с независимой обмоткой возбуждения:

$$L_Y \Sigma \frac{dI_Y}{dt} = U_Y - kO \cdot \omega - I_Y R_Y \Sigma ;$$

$$J \frac{d\omega}{dt} = k\phi \cdot I - M_C ;$$

$$L_a \frac{dI_a}{dt} = U_a - I_a R_a ;$$

$$k\phi = f(Ica) [5].$$

Показана запись математического описания АД в трехфазной системе координат в универсальный библиотечный модуль в среде LabVIEW и приведены графики при прямом пуске и набросе нагрузки. Приведена блок-диаграмма, на которой показан вызов DLL универсального библиотечного модуля при моделировании работы АД в трехфазной системе координат.

4. Пример реализации с использованием разработанного модуля

В качестве примера, с помощью МДО создан виртуальный лабораторный стенд для исследования системы электропривода «асинхронный двигатель – двигатель постоянного тока с независимым возбуждением».

Виртуальный стенд состоит из двух частей: первая предназначена для задания параметров и управления режимами работы электрических машин и состоит из двух вкладок «Схема» и «Параметры электрических машин»; вторая предназначена для отображения динамических (переходных процессов и фазового портрета) и статических характеристик.

1. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. / Под общ. ред. И. П. Копылова и Б. К. Клокова. Т. 1. М.: Энергоатомиздат, 1988. 456 с.
2. *Заборщикова А. В., Мельников В. И.* Двигатели постоянного тока для автоматизированного электропривода: Учебное пособие. СПб: Петербургский гос. ун-т путей сообщ., 1994. 84 с.
3. *Копылов И. П.* Электрические машины. М.: Энергоатомиздат, 1986.
4. *Тревис Дж.* Labview для всех. М.: ДМК Пресс, 2005. 544 с.
5. *Васильев В. Г.* Моделирование систем автоматического управления в программной среде LabVIEW. Тверь, 2007. 25 с.