

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 621.3.078.4, 621.316.71

УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ ИХ В РАБОТУ

MANAGEMENT OF DYNAMIC STATE ELECTROMECHANICAL SYSTEMS AT STARTUP

Соколов Игорь Александрович,
канд.техн.наук, доцент, e-mail: skelvin@mail.ru

Sokolov Igor A.,
C. Sc. (Engineering), Associate Professor

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева. Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Аннотация

Актуальность работы: Исследована возможность использования импульсного воздействия на типовой объект второго порядка, находящегося в режиме диссипативного осциллятора, для улучшения его динамической нагруженности. Оценивание такой возможности производится в задаче оптимального управления объектом с использованием принципа максимума Л.С. Понtryагина.

Определена структура системы управления, визуализированная в программном пакете MatLab SimuLink.

Разработанные алгоритмы оптимального управления системой могут быть реализованы в технических устройствах, поведение которых можно без особых погрешностей линеаризовать до системы с двумя емкостями энергии и средой передачи и преобразования энергии.

Цель работы: Апробирование алгоритма формирования систем управления на абстрактном объекте 2 порядка средствами численного решения системы дифференциальных уравнений, встроенными в инструменты имитационного моделирования MatLab SimuLink.

Методы исследований: Основаны на использовании математической модели диссипативного осциллятора, методах оптимального управления с использованием принципа максимума Л.С. Понtryагина.

Результаты: Получены SimuLink-модели диссипативного осциллятора и системы оптимального импульсного управления. Приведены результаты компьютерных экспериментов.

Abstract

The urgency of the discussed issue: studied the possibility of second-order object impulse action in dissipative oscillator mode as problem of optimal control for object using the Pontryagin maximum principle

The structure of the control system visualized in software MatLab SimuLink.

The obtained algorithms of optimal control system can be implemented in such technical devices, whose behavior can be led linear without essential error in system with two capacities of energy and energy transmission medium and energy transformation medium.

The main aim of the study: Algorithm testing for formation of control systems for the abstract second-order object using software numerical solution of system of differential equations MatLab SimuLink.

The methods used in the study: Based on the use of a mathematical model of dissipative oscillator, and methods of optimal control using the Pontryagin maximum principle.

The results: The dissipative oscillator SimuLink-model and the SimuLink-model of optimal impulse control system. The results of computer experiments.

Ключевые слова: принцип максимума Л.С. Понtryагина, задача оптимального управления объектом 2-го порядка.

Keywords: Pontryagin maximum principle, optimal control for a second-order object.

Введение. Известно, что электромеханические системы обычно имеют в своем составе элементы, которые обладают способностью накапливать и отдавать энергию, а также ее рассеивать. К ним

относятся, например, для асинхронного электродвигателя активные и реактивные сопротивления обмоток статора и ротора, индуктивное сопротивление цепи намагничивания, момент инерции ро-

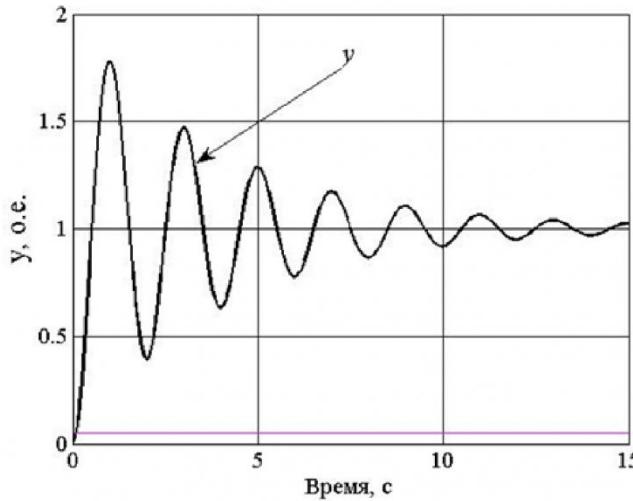


Рис.1 Типичная форма изменения выходного параметра y по (1) при подаче на вход единичного ступенчатого воздействия

тора, жесткости (упругости) и вязкости частей механического передаточного устройства, а также массы движущихся механических компонентов.

Параметры этих элементов могут быть таковы, что при включении электромеханической системы в работу (режим пуска) и даже в основном эксплуатационном режиме могут возникать нежелательные колебательные процессы. Особен-но это касается режимов пуска асинхронных электродвигателей, когда величины их электромагнитных моментов до достижения установленных значений многократно изменяются по величине.

Постановка задачи.

Теоретическая часть. Рассмотрим задачу оптимального управления объектом 2-го порядка с использованием принципа максимума Л.С. Понтрягина.

Выбор объекта именно 2-го порядка обусловлен установленным фактом, что «... автоматически регулируемая простая электрическая система высокого порядка часто ведет себя в переходном процессе как система второго порядка» [1, 2]. Его движение может быть описано диффе-ренциальным уравнением, (1) характерным для диссипативного осциллятора

$$A \frac{d^2y}{dt^2} + B \frac{dy}{dt} + Cy = f(t) \quad (1)$$

где A, B, C, f – параметры системы. Физически, например, для электрической цепи, последова-тельно содержащей активное сопротивление R , емкость C_F и индуктивность L – $A \div L$, $B \div R$, $C \div C_F$. $f \div U$ – подаваемое на зажимы цепи напряжение, а y – ток в цепи i .

$$L \frac{d^2i}{dt^2} + R \frac{di}{dt} + \frac{1}{C_F} i = U(t)$$

$$U_L = L \frac{di}{dt^2} \quad U_R = Ri \quad U_C = \frac{1}{C_F} \int idt$$

В частности, при условных значениях $A=0.1$, $B=0.05$, $C=1$, $U=1$ характер изменения параметра y показан на рис.1.

Естественно, для реальных физических систем такая форма изменения выходного параметра – нежелательна. Поэтому возникает задача управле-ния такого рода объектами с целью управления - минимизация функционала

$$J = \int_{t_0}^t (y_z - y)^2 dt$$

где y_z – задаваемое (желаемое) значение выходно-го параметра (здесь $-y$).

Выражение (1) обычно представляют в виде

$$\begin{cases} \frac{dy}{dt} = z, \\ \frac{dz}{dt} = \frac{1}{A}(f - Bz - Cy) \end{cases} \quad (2)$$

где B будем считать управляющим воздействием.

Для реальных электрических систем коэффи-циент B – это активное сопротивление цепи. Например, для асинхронного электродвигателя $B \div R_s$ – полное активное сопротивление цепи пита-ния статора, включая непосредственно активное сопротивление статора, а также дополнительное сопротивление, изменение которого будет являть-ся управляющим воздействием.

Функция H принципа максимума Л.С. Понтрягина запишется для (2)

$$H = \Psi_1 z + \frac{\Psi_2}{A} (U - Bz - Cy) + \Psi_0 (y_z - y)^2 \quad (3)$$

При учете, что в условиях оптимума $H \equiv 0$, из

(3) можно сразу определить правило вычисления значений управляющего параметра (4)

$$B = -A \frac{\Psi_1}{\Psi_2} + \frac{U}{z} C \frac{y}{z} - A \frac{\Psi_0}{\Psi_2 z} (y_z - y)^2 \quad (4)$$

Уравнения для определения вспомогательных переменных Ψ_1 , Ψ_2 будут выглядеть как

$$\begin{aligned} \frac{d\Psi_1}{dt} &= \frac{C}{A} \Psi_2 C \frac{y}{z} + 2\Psi_0 (y_z - y) \\ \frac{d\Psi_2}{dt} &= -\Psi_1 + \frac{B}{A} \Psi_2 \end{aligned} \quad (5)$$

Для определения начальных условий вспомогательных переменных Ψ_1 , Ψ_2 имеем из (3), учитывая, что в начальный момент времени t_0 , $f=1$, $y_z=1$, $y=0$, $z=0$ и что в условиях оптимума $H=0$, а $\Psi_0=1$

Из последнего следует, что

$$0 = +\frac{\Psi_2}{A}(U) + \Psi_0(y_z)^2$$

и окончательно $\Psi_2|_{t_0} = A$. Аналогично из (5) получаем для

$$\Psi_2|_{t_0} = -\frac{A}{U} \Psi_0 y_z^2 \quad \Psi_1|_{t_0} = -(C-2)t_0$$

На рис. 3 показаны динамические характеристики выходного параметра 1- при неуправляемом режиме работы, 2,3- с введенным режимом управления, также показаны характеристики управляющих воздействий: 4 – единичное импульсное воздействие, 5- многократное управляющее импульсное воздействие. Поскольку масштаб характеристик выходного параметра системы, находящихся под импульсным управлением не позволяет эффективно отобразить отличия характеристик 2 и 3, то на рис 4 показаны эти же характеристики в укрупненном масштабе. На рис.4: 1- характеристика выходного параметра, управляемого единичным импульсным воздействием, 2 - характеристика выходного параметра, управляемого многократным импульсным воздействием

Выводы. Результаты моделирования режима оптимального управления абстрактным объектом 2-го порядка позволяют сделать заключение о том, что существенного улучшения работы системы можно добиться за счет воздействия на нее даже единичного управляющего воздействия

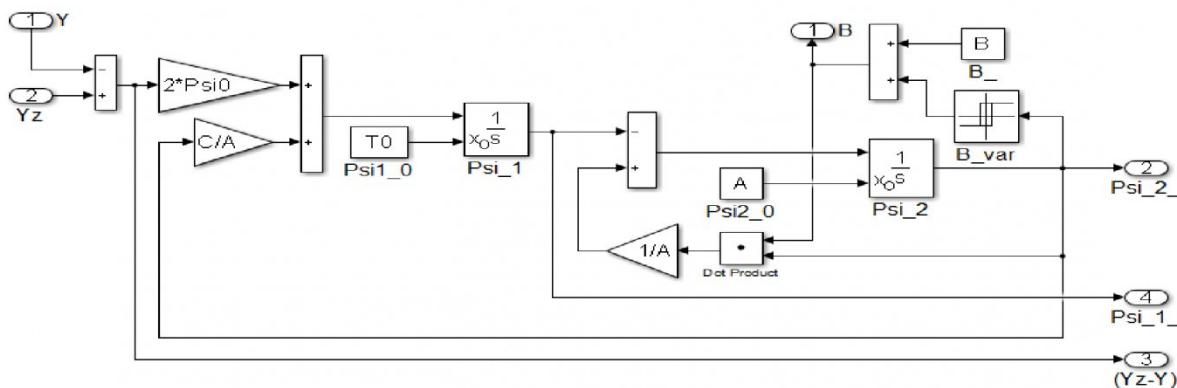


Рис. 2 Структура системы управления на основе принципа максимума Л.С.Понtryгина (MatLab SimuLink)

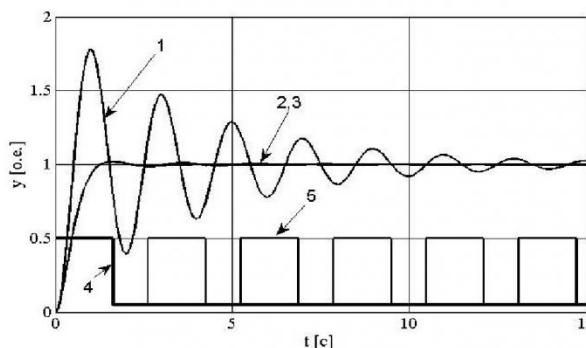


Рис. 3 Сравнение неуправляемого режима работы (1) с результатами (2,3) введения управления режимом

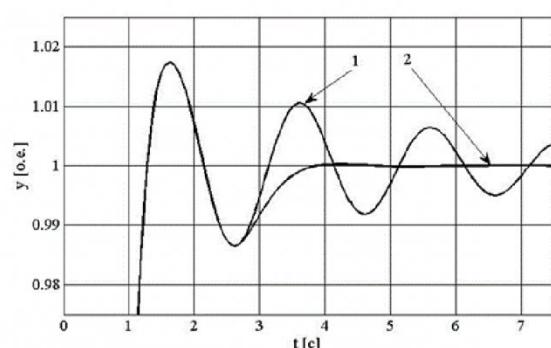


Рис. 4 Сравнение двух режимов управления системой с единичным импульсным воздействием (1) (4) и многократным (2), (5)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков К.Г. Модельное проектирование встраиваемых систем в LabVIEW. –М.:ДМК Пресс, 2011. -688 с..
2. Веников В.А. Электрические системы. Математические задачи электроэнергетики . –М.: Высшая школа, 1970 -336 с.

REFERENCES

1. Zhukov K.G. Model'noe proektirovaniye vstraivaemyh sistem v LabVIEW. –M.:DMK Press, 2011. -688 s..
2. Venikov V.A. EHlektricheskie sistemy. Matematicheskie zadachi ehlektroehnergetiki . –M.: Vys-shaya shkola, 1970 -336 s Поступило в редакцию 31.03.2016

Поступило в редакцию 31.03.2016

Received 31 March 2016