# 2. Математические модели электромеханических систем в пространстве состояний

Способы получения уравнений состояния реальных физических объектов ничем не отличаются от способов описания этих объектов с помощью дифференциальных уравнений. Уравнения состояния записываются на основе физических законов, положенных в основу работы объекта.

Рассмотрим электромеханическую систему, состоящую из двигателя постоянного тока с независимым возбуждением, работающего на инерционную нагрузку с вязким трением. Управляющим воздействием для двигателя считаем напряжение на якоре U(t), выходной координатой, угол поворота вала двигателя y(t)=ϕ(t). Уравнение электрической цепи имеет вид

,



где - противо ЭДС, - угловая скорость вала двигателя, - единый электромагнитный коэффициент.



Уравнение моментов будет иметь следующий вид

,



где , J - момент инерции нагрузки, приведенный к валу двигателя, f - коэффициент вязкого трения.



Выберем следующие переменные состояния: х1=i, x2=ω, x3=ϕ.

Получим

,



.



Запишем эти уравнения относительно переменных , ,



,



,



,



.



Запишем матричные уравнения

,



,



где

, , .



Рассмотрим структурную схему электромеханической системы с двигателем постоянного тока, работающего на инерционную нагрузку с вязким трением.



Рис. 2.1. Структурная схема электромеханической системы с двигателем постоянного тока

Запишем уравнение состояния для механической системы, представляющей собой груз массой m, подвешенный на пружине и соединенный с гидравлическим демпфером. К грузу приложена сила P(t), выходная переменная перемещения x(t), управляющие воздействия U(t)=P(t). Уравнение движения груза получаем из уравнения равновесия сил

,



где - инерционная сила, f - коэффициент вязкого трения, - сила сопротивления демпфера, - сила сопротивления пружины.



Выбираем в качестве переменных состояния x(t) и - перемещение и скорость перемещения соответственно.



Рис. 2.2. Механическая система, включающая в своем составе пружину, массу и вязкий демпфер

Так как дифференциальное уравнение имеет второй порядок, то и количество переменных состояния будет равно двум. Исходное уравнение движения груза можно записать в виде двух уравнений



где U(t)=P(t) - управляющее воздействие.

Добавим к этим уравнениям следующее уравнение выхода

.



Эти уравнения представляют собой уравнения состояния приведенной механической системы. Запишем эти уравнения состояния в матричном виде

,



.



Запишем это уравнение в другом виде

,



,



где , , , , .



С данным уравнением состояния можно сопоставлять следующую структурную схему, где двойными линиями показаны векторные переменные.



Рис. 2.3. Структурная схема

Пример: Рассмотрим электрическую цепь и получим уравнение состояния RLC цепи



Рис. 2.4. RLC цепь

Динамическое поведение этой электрической системы полностью определяется при t≥t0, если известны начальные значения: i(t0), ec(t0) и входное напряжение e(t) при t≥t0, следовательно, эта система полностью определяется переменными состояния i(t) и ec(t). При указанных переменных состояния i(t) и ec(t) имеем следующие уравнения



где , .



Введем следующие обозначения



В соответствии с этими обозначениями получаем



причем .



Следовательно, для электрической цепи запишем эту систему в векторно-матричном виде

,



.



Запишем матричные уравнения

,



,



где , , , .

