

УДК 621.771

**НАУЧНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В
ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ
АНАЛОГИИ****Мальцев Андрей Анатольевич,**доцент кафедры ФН-7 МГТУ имени Н.Э. Баумана,
e-mail: a.a.mal@bmstu.ru**Аннотация**

В статье обозначены перспективы подготовки студентов, изучающих дисциплину «Электротехника и электроника», к выступлению с докладом на конференции «Студенческая научная весна» по результатам использования ими метода электромеханической аналогии для научного исследования крутильных колебаний в электроприводе.

Ключевые слова: электропривод, крутильные колебания, аналогия.

**SCIENTIFIC STUDY OF TORSIONAL VIBRATIONS IN AN ELECTRIC
DRIVE BY THE METHOD OF ELECTROMECHANICAL ANALOGY****Andrey A. Maltsev,**associate professor of BMSTU ФН-7 department,
e-mail: a.a.mal@bmstu.ru**ABSTRACT**

The article outlines the prospects for preparing students studying the discipline "Electrical Engineering and Electronics" to make a presentation at the conference "Student Scientific Spring" based on the results of their use of the method of electromechanical analogy for the scientific study of torsional vibrations in an electric drive.

Keywords: electric drive, torsional vibrations, analogy.

Цель научного исследования – предварительный сбор, систематизация и обобщение учебных материалов для подготовки студентов к выступлению с докладом в форме презентации на Всероссийской студенческой конференции «Студенческая научная весна», посвященной 110-летию со дня рождения академика В.Н. Челомея.

Объект научного исследования – макет электропривода, состоящий из трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, вала для измерения крутящего момента и нагрузочного устройства с блоком управления (рис. 1).

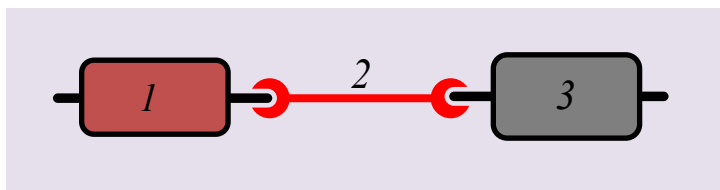


Рисунок 1. Макет электропривода:

- 1 – электродвигатель;
- 2 – измерительный вал;
- 3 – серводвигатель (тормоз)

Задача научного исследования – изучение крутильно-колебательного переходного процесса, вызванного ступенчатым приложением нагрузки.

Материалы научного исследования – представленная уравнениями (1) и (2) математическая модель электропривода (рис.2).

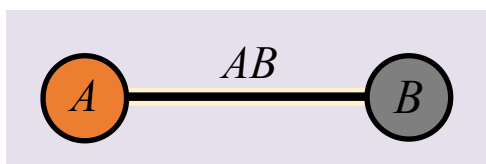


Рисунок 2. Расчетная схема электропривода:

- A, B – жесткие массивные диски;
- AB – невесомая упругая связь

$$J_A \frac{d^2 \varphi_A(t)}{dt^2} + C_{AB}(\varphi_A - \varphi_B) + \beta_{AB} \left(\frac{d\varphi_A(t)}{dt} - \frac{d\varphi_B(t)}{dt} \right) = M_A; \quad (1)$$

$$J_B \frac{d^2 \varphi_B(t)}{dt^2} - C_{AB}(\varphi_A - \varphi_B) - \beta_{AB} \left(\frac{d\varphi_A(t)}{dt} - \frac{d\varphi_B(t)}{dt} \right) = -M_B; \quad (2)$$

где

J_A – осевой момент инерции диска A;

J_B – осевой момент инерции диска B;

C_{AB} – крутильная жесткость связи AB;

β_{AB} – параметр демпфирования связи AB;

φ_A – угловая координата диска A;

φ_B – угловая координата диска B;

M_A – момент электродвигателя, приложенный к диску A;

M_B – момент торможения, приложенный к диску B;

t – время.

Крутильные колебания возникают, когда нарушается равенство между моментом, развиваемым электродвигателем, и моментом статической нагрузки, что приводит к появлению динамического момента.

Метод научного исследования – метод электромеханической аналогии, основанный на представлении механической крутильно-колебательной системы посредством электрической цепи [1, 2, 3].

Аналогии, существующие между электромагнитными, механическими, акустическими и другими колебательными системами, давно с успехом используются учеными при исследованиях и расчетах (табл. 1).

Таблица 1. Пример электромеханической аналогии

Механическая система	Электрическая цепь
Осевые моменты инерции – индуктивности	
J_A [кг · м ²]	L_A [Гн]
J_B [кг · м ²]	L_B [Гн]
Крутильная жесткость (податливость) – емкость	
$\frac{1}{C_{AB}}$ [$\frac{\text{рад}}{\text{Н} \cdot \text{м}}$]	C_{AB} [Ф]
Параметр демпфирования – сопротивление	
β_{AB} [Н · м · с/рад]	R_{AB} [Ом]
Угловые координаты – заряд	
φ_A [рад]	q_A [Кл]
φ_B [рад]	q_B [Кл]
Внешние моменты – напряжения	
M_A [Н · м]	u_A [В]
M_B [Н · м]	u_B [В]

Заключение: студентам целесообразно выдать следующее задание для подготовки видеопрезентации выступления на конференции «Студенческая научная весна»:

1) рассмотреть фундаментальные научные исследования, направленные на изучение теории формального сходства дифференциальных уравнений, описывающих колебательные движения механических, электромагнитных и акустических систем;

2) на основании механической расчетной схемы (см. рис. 2) и уравнений (1) и (2) изобразить электрическую цепь, пользуясь электромеханической аналогией (см. табл. 1);

3) исследовать в программной среде Multisim электрическую цепь и построить графики переходных процессов (крутильных колебаний).

Список литературы:

1. Ольсон Г. Динамические аналогии. – Москва: Государственное издательство иностранной литературы, 1947. – 680 с.
2. Челомей В.Н. и др. Вибрации в технике: справочник в 6-ти томах. – Том 1. Колебания линейных систем. – Москва: Машиностроение, 1978. – 352 с.
3. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: учебное пособие. – СПб: Изд-во "Лань", 2009. – 592 с.

References:

1. Olson G. Dynamic analogies. – Moscow: State Publishing House of Foreign Literature, 1947. – 680 p.
2. Chelomey V.N. et al. Vibrations in technology: a handbook in 6 volumes. – Volume 1. Oscillations of linear systems. – Moscow: Mashinostroenie, 1978. – 352 p.
3. Atabekov G.I. Theoretical foundations of electrical engineering. Linear electrical circuits: a textbook. – St. Petersburg: Publishing house "Doe", 2009. – 592 p.