

УДК 621.771

ВИРТУАЛЬНОЕ ЭЛЕКТРОТЕНЗОМЕТРИРОВАНИЕ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ВАЛУ ЭЛЕКТРОПРИВОДА РОТОРНОГО ВАГОНООПРОКИДЫВАТЕЛЯ

Андрей Анатольевич Мальцев

доцент кафедр ФН-7 и МТ-10 МГТУ им Н.Э. Баумана

e-mail: a.a.mal@bmstu.ru

Аннотация

Разработана концепция компьютерной лабораторной работы под названием «Виртуальное электротензометрирование крутильных колебаний на валу электропривода роторного вагоноопрокидывателя» для студентов, осваивающих специальность «Проектирование технологических машин и комплексов».

Ключевые слова: электротензометрия, металлургия, колебания, вагоноопрокидыватель, электротехника.

VIRTUAL ELECTROTENZOMETRY OF TORSIONAL VIBRATIONS ON THE SHAFT OF THE ROTARY WAGON TIPPLER ELECTRIC DRIVE

Andrey A. Maltsev

associate professor of BMSTU ФН-7 and МТ-10 departments

e-mail: a.a.mal@bmstu.ru

ABSTRACT

The concept of a computer laboratory work called "Virtual electrotenzometry of torsional vibrations on the shaft of the electric drive of a rotary car dumper" has been developed for students mastering the specialty "Design of technological machines and complexes".

Keywords: electrotenzometry, metallurgy, vibrations, wagon tippler, electrical engineering.

Цель исследования – разработка методических указаний к выполнению в программной среде Micro-Cap лабораторной работы «Виртуальное электротензометрирование крутильных колебаний на валу электропривода роторного вагоноопрокидывателя». Вагоноопрокидыватели предназначены для выгрузки из железнодорожных вагонов навалочных грузов, таких как уголь и руда.

Виртуальная лабораторная работа выполняется студентами в компьютерном классе. Принято считать, что лабораторная работа, выполненная на реальном объекте, наиболее полезна для студентов, однако, по моему мнению, с этим не всегда можно согласиться.

Ниже перечислены некоторые преимущества виртуальной лабораторной работы перед реальной, делающие ее актуальной в ряде случаев:

Отсутствует необходимость командировок для физического доступа к объекту исследования, находящегося вне территории учебного заведения.

Отсутствует необходимость в приобретении дорогостоящей тензометрической аппаратуры, включающей тензодатчики, блок усиления сигнала, аналого-цифровой преобразователь и другие комплектующие, а также в приобретении специального программного обеспечения к этой аппаратуре.

Полностью исключены механические, тепловые и химические производственные травмы, связанные с проведением экспериментов на работающем металлургическом оборудовании.

Возможность варьирования в широком диапазоне всех параметров электротензометрической компьютерной модели проектируемого объекта.

Наглядная визуализация графических результатов (осциллограмм) в любом временном масштабе, что идеально подходит для исследования быстропротекающих переходных процессов в электроприводе роторного вагоноопрокидывателя.

Возможность использования виртуальной лабораторной работы, реализованной в программной среде Micro-Cap или в программной среде Multisim, в дистанционном обучении в период пандемии.

Объект исследования — механизм вращения ротора вагоноопрокидывателя, включающий в себя левый и правый электроприводы (рис. 1).

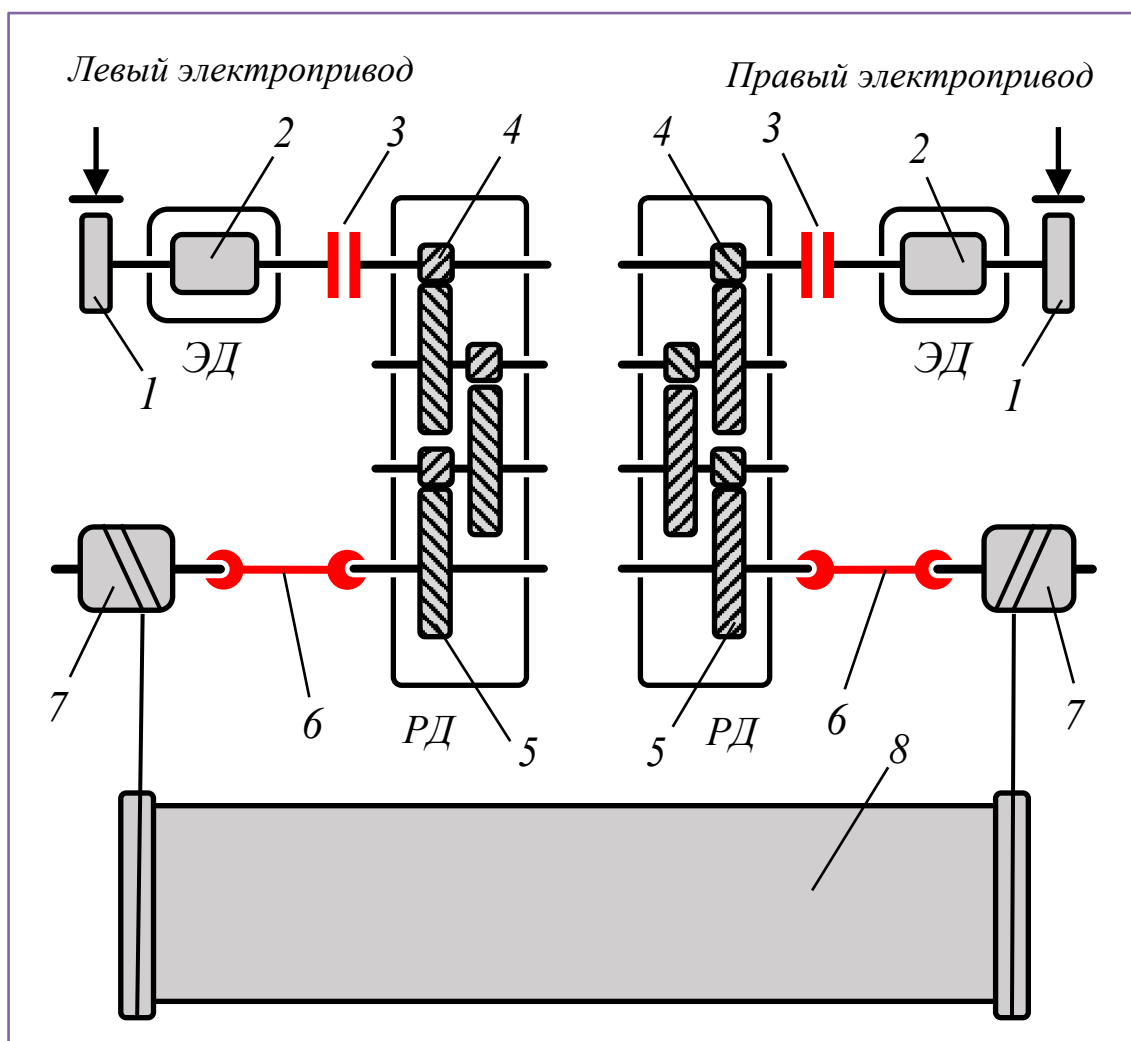


Рисунок 1. Кинематическая схема механизма:

ЭД – электродвигатель;

РД – редуктор;

1 – тормоз;

2 – ротор электродвигателя;

3 – муфта;

4 – вал шестерня;

5 – зубчатое колесо;

6 – вал барабана;

7 – барабан;

8 – ротор вагоноопрокидывателя

Предмет исследования – упругие моменты на валах барабанов левого и правого электроприводов при разгрузке вагона (рис. 2).

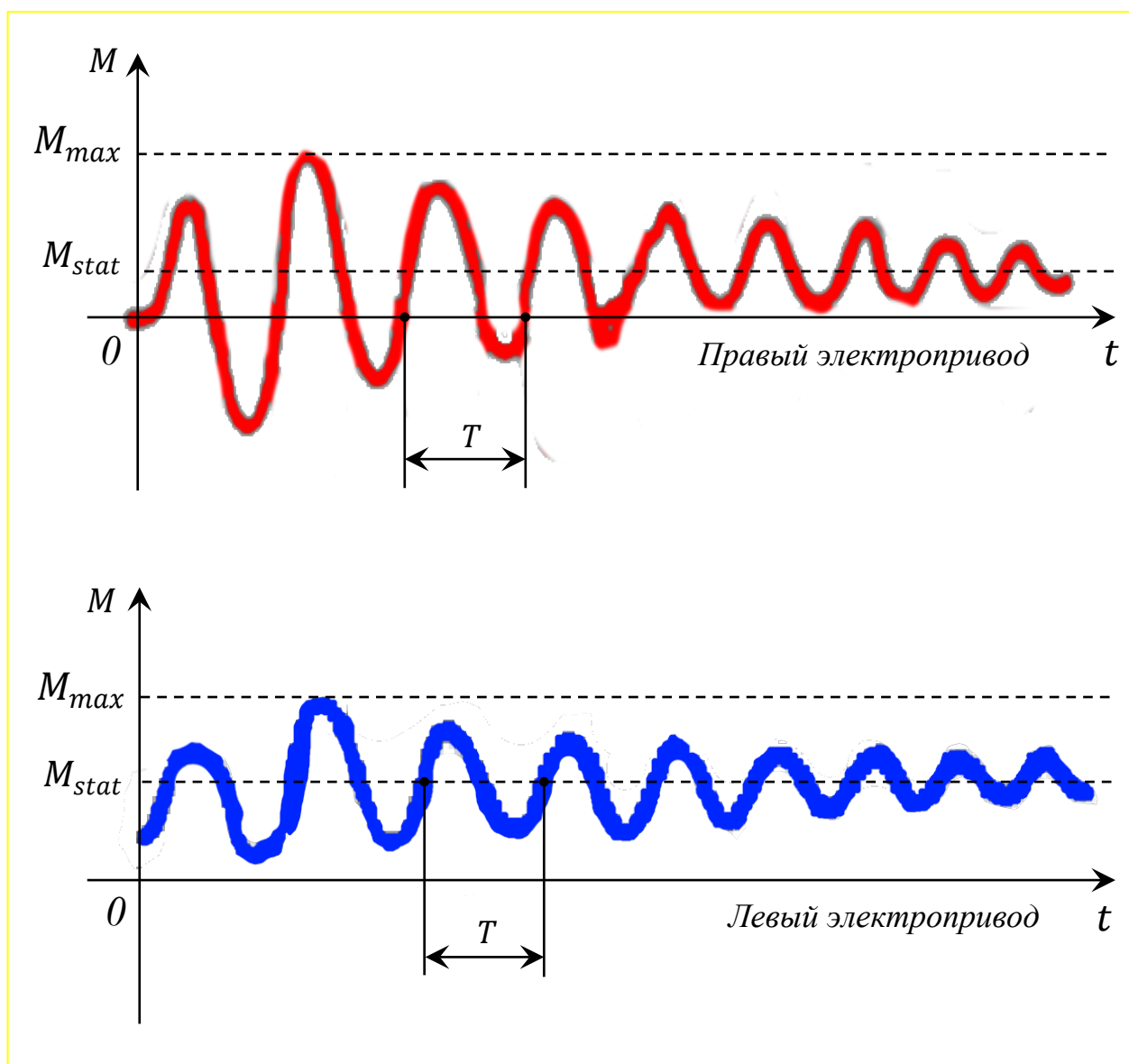


Рисунок 2. Осциллограммы крутильных колебаний:

M — ось упругого момента на валу барабана [$\text{кН} \cdot \text{м}$];

t — ось времени [с];

M_{\max} — максимальное значение момента;

M_{stat} — статический момент;

T — период колебаний;

M_{\max}/M_{stat} — коэффициент динамичности;

$2\pi/T$ — круговая частота колебаний

Материалы исследования — по данным литературного источника [1] «Статические моменты на валах барабанов левого и правого приводов достигают максимальных значений при углах поворота $75 - 80^\circ$ и равны соответственно: при разгрузке вагонов с концентратом 178,5 и 198,5 $\text{кН} \cdot \text{м}$, при разгрузке доломита 159 и 144 $\text{кН} \cdot \text{м}$...», «... при повороте порожнего вагона момент на левом приводе равен 55 $\text{кН} \cdot \text{м}$, на правом — нулю», «Статические моменты для левого и правого приводов составляют соответственно 99 и 49,6 $\text{кН} \cdot \text{м}$ », «Коэффициент динамичности нагрузок 2,5 — 5,0», «В неустановившемся режиме возникают низкочастотные колебания моментов ... с периодом 1,8 — 1,9 с».

Методы исследования — электротензометрический метод, основы которого подробно изложены в литературном источнике [2], а также метод компьютерной электротензометрической симуляции, над реализацией которого в программной среде Micro-Cap я работаю в настоящее время.

Результаты исследования:

1. Начата разработка методических указаний к выполнению студентами лабораторной работы «Виртуальное электротензометрирование крутильных колебаний на валу электропривода роторного вагоноопрокидывателя», включающих в себя такие пункты, как «Введение и инструктаж по технике безопасности при работе в компьютерном классе», «Цель и задачи выполнения лабораторной работы», «Теоретическая часть», «Порядок выполнения лабораторной работы в компьютерной среде Micro-Cap», «Графические результаты и выводы по лабораторной работе», «Вопросы для самоконтроля знаний», «Список литературных источников».

2. Установлены междисциплинарные связи, согласующие содержание следующих учебных курсов: «Детали машин», «Теория механизмов и машин», «Сопротивление материалов», «Электротехника и электроника», «Высшая математика», «Информатика». Подобран понятный для студентов материал к теоретической части лабораторной работы.

3. Для каждого из вариантов сформированы исходные данные для имитации сигнала с тензодатчика путем представления этого сигнала в виде затухающей синусоидальной функции (табл. 1)

Таблица 1

Исходные данные для выполнения лабораторной работы

Вариант	M_{max} кН · м	M_{stat} кН · м	M_{max}/M_{stat}	T с	$2\pi/T$ рад/с
1	161	77	2,1	1,8	3,5
2	162	74	2,2	1,9	3,3
3	163	71	2,3	1,8	3,5
4	164	68	2,4	1,9	3,3
5	165	66	2,5	1,8	3,5
6	166	64	2,6	1,9	3,3
7	167	62	2,7	1,8	3,5
8	168	60	2,8	1,9	3,3
9	169	58	2,9	1,8	3,5
10	170	57	3,0	1,9	3,3
11	181	58	3,1	1,8	3,5
12	182	57	3,2	1,9	3,3
13	183	55	3,3	1,8	3,5
14	184	54	3,4	1,9	3,3
15	185	53	3,5	1,8	3,5
16	186	52	3,6	1,9	3,3
17	187	51	3,7	1,8	3,5
18	188	49	3,8	1,9	3,3
19	189	48	3,9	1,8	3,5
20	190	48	4,0	1,9	3,3
21	191	47	4,1	1,8	3,5
22	192	46	4,2	1,9	3,3

23	193	45	4,3	1,8	3,5
24	194	44	4,4	1,9	3,3
25	195	43	4,5	1,8	3,5
26	196	43	4,6	1,9	3,3
27	197	42	4,7	1,8	3,5
28	198	41	4,8	1,9	3,3
29	199	41	4,9	1,8	3,5
30	200	40	5,0	1,9	3,3

4. Для аналоговой симуляции работы электротензометрической аппаратуры в программной среде Micro-Cap выбрана потенциометрическая схема, представляющая собой резистивный делитель напряжения (рис. 3).

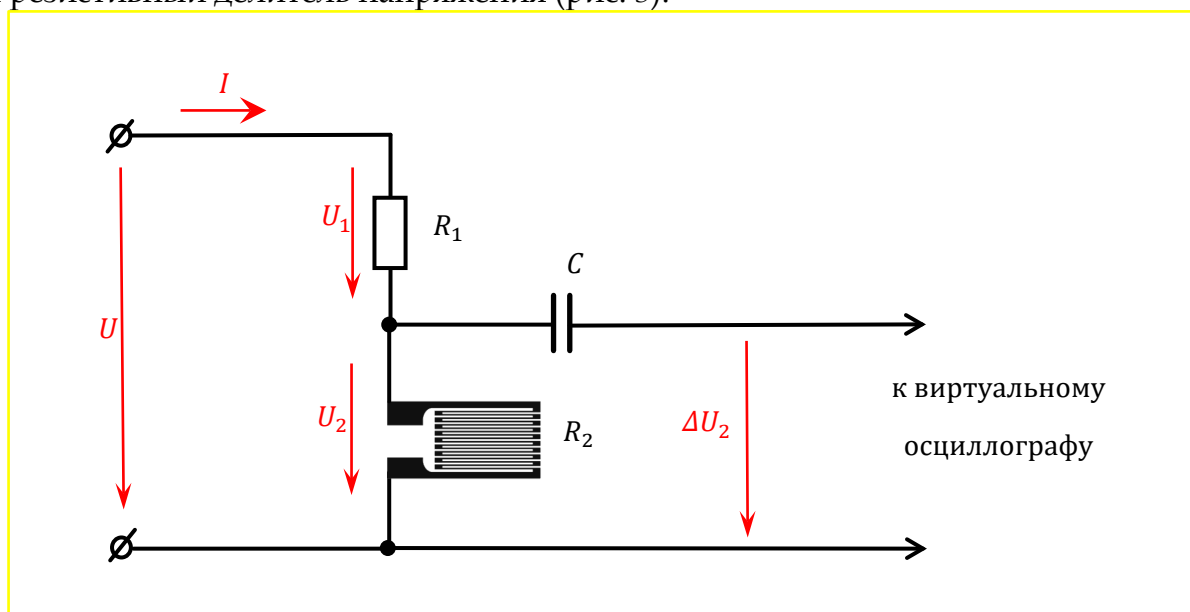


Рисунок 3. Потенциометрическая схема тензометра:

U — напряжение источника питания;

I — ток;

R_1 — балластное сопротивление;

R_2 — тензорезистор;

U_1 — падение напряжения на балластном сопротивлении;

U_2 — падение напряжения на тензорезисторе;

C — конденсатор;

ΔU_2 — выходное переменное напряжение

При деформации (растяжении-сжатии) тензорезистора его электрическое сопротивление R_2 изменяется на величину ΔR . Конденсатор C ограждает осциллограф от постоянной составляющей напряжения $U_2 = IR_2$ и пропускает только переменную составляющую напряжения ΔU_2 , соответствующую изменениям сопротивления тензорезистора и подлежащую измерению.

Заключение

Лабораторную работу «Виртуальное электротензометрирование крутильных колебаний на валу электропривода роторного вагоноопрокидывателя», способствующую формированию у студентов профессиональной компетенции с формулировкой «Способность использовать современные методы моделирования, исследования и расчетов

технологических комплексов в металлургическом производстве», будет предложено ввести в состав лабораторного практикума учебной дисциплины «Электротехника и электроника» или учебной дисциплины «Основы динамики и надежности металлургического оборудования».

Список литературы:

1. Иванченко Ф.К., Красношапка В.А. Динамика металлургических машин. — Москва: Металлургия, 1983. — 295 с.
2. Шущкевич В.А. Основы электротензометрии. — Минск: Высшая школа, 1975. — 352 с.

References:

1. Ivanchenko F.K., Krasnoshapka V.A. Dynamics of metallurgical machines. — Moscow: Metallurgy, 1983. — 295 p.
2. Shushkevich V.A. Fundamentals of electrotensiometry. — Minsk: Higher School, 1975. — 352 p.