



МГТУ имени Н.Э. Баумана
Всероссийская студенческая конференция
"Студенческая научная весна", посвященной 170-
летию В.Г. Шухова



апрель 2023

**«Разработка концепции лабораторной работы
«Исследование крутильных колебаний на валу
электропривода методом электротензометрии»**

Руководитель: **Мальцев** Андрей Анатольевич, ФН-7, к.т.н. доцент

Автор(ы): **Ершов** Михаил Владимирович, АК1-61

Москва, 2023

Цель работы

В данной научной работе разрабатываются методические указания к выполнению в программной среде NI Circuit Design Suite — Multisim 14.3 лабораторной работы «Исследование крутильных колебаний на валу электропривода методом электротензометрии». Целью настоящей работы является создание компьютерной модели, симулирующей работу электротензометрической аппаратуры в программной среде и разработка алгоритма проведения тензометрического эксперимента для исследования крутильных колебаний.

Задачи работы

- Получить имитационную осциллограмму крутильных колебаний для дальнейшего её исследования в рамках лабораторной работы.
- Разработать алгоритм тензометрического эксперимента

Актуальность проблемы

В области машиностроении проектирование сложных конструктивных и деталей современных машин, а также многообразие действующих на новые изделия нагрузок не позволяют определять напряжённое состояние при возникновении деформации, используя сопротивление материала или теорию упругости. Необходимо в таких случаях проводить экспериментальные исследования для удовлетворения следующих требований:

- Пониженная металлоёмкость;
- Повышенная надёжность;

Метод исследования

Метод исследования — метод имитационного моделирования, суть которого состоит в том, что реальная электрическая цепь заменяется ее математической моделью. Симуляция работы электротензометрической аппаратуры в программной среде Multisim 14.

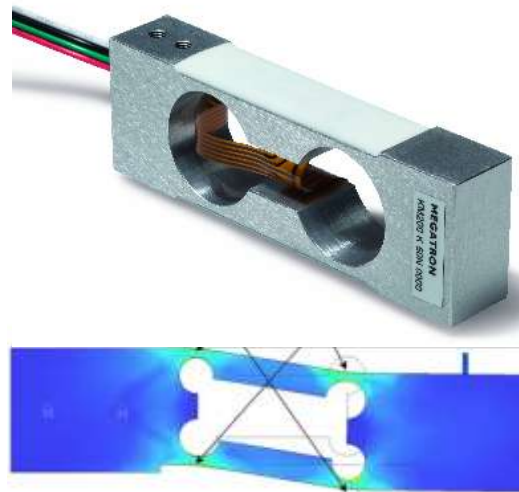
Основная часть

1. Устройство тензометрии

Приборы для измерения деформаций называются тензометрами, в состав которого входит тензометрический датчик, индикаторы и регистрирующие устройства. В этих устройствах тензодатчики измеряют деформации упругих элементов (балок, валов, мембран).



Пример объекта исследования –
коленчатый вал



Тензометрический
датчик



Тензометры

Основная часть

1. Устройство тензометрии

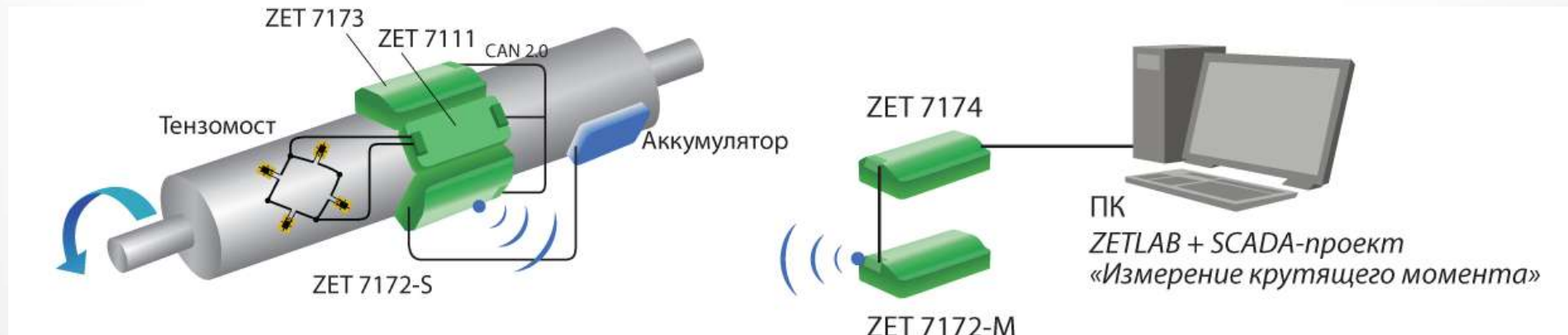
Тензоприбор состоит из следующих компонентов:

Датчик – элемент, который преобразует величину деформации в удобный для измерения сигнала с вала, например, электропривода. Является основным компонент тензометра.

Тензорезистор - резистор, приклеенный к упругому элементу, изменяющий свое сопротивление пропорционально деформации упругого элемента, которая в свою очередь пропорциональна нагрузке;

Корпус датчика - предназначен для защиты упругого элемента и тензорезистора от механических повреждений.

Кабельный разъем - предназначен для подключения тензодатчика ко вторичному прибору.



Основная часть

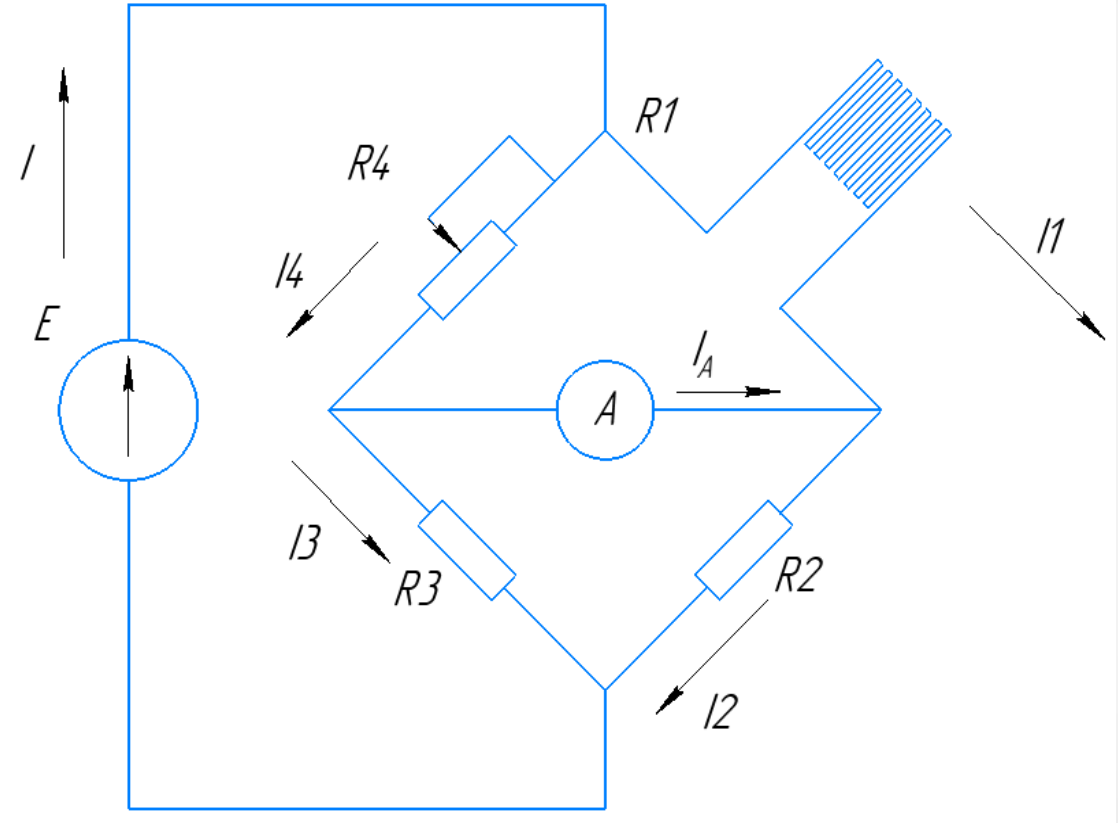
2. Тензомост

Электрическая схема моста Уитстона:

R_1, R_2, R_3, R_4 — плечи;

R_1 — тензорезистор;

R_2, R_3 — резисторы;

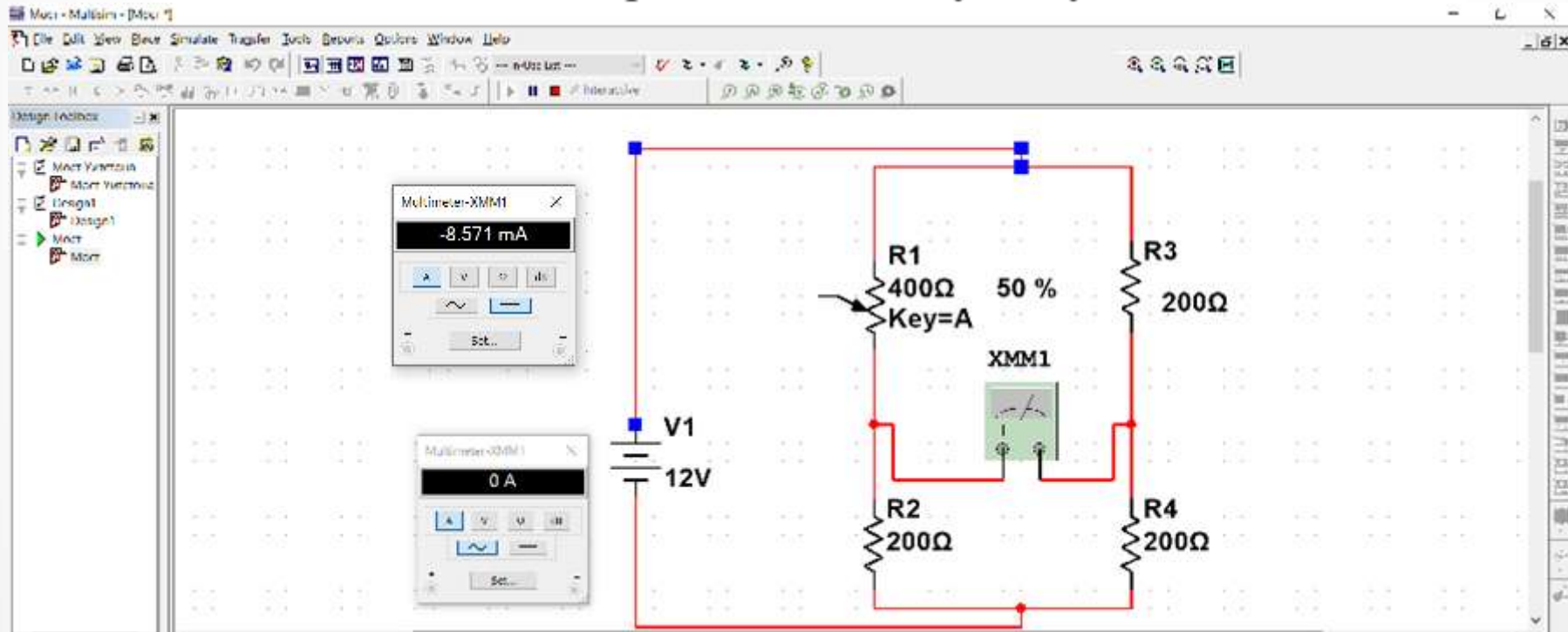


ТЕНЗОМОСТ

Основная часть

2. Тензомост

Мост сбалансирован, когда ползунок реостата (подстрочный резистор) установлен в положение, при котором выполняется условие $R_1 R_3 = R_2 R_4$, в этом случае ток в измерительной диагонали моста практически отсутствует



Тензомост в Multisim 14.3

Основная часть

2. Тензомост

Проволочный тензорезистор имеет электрическое сопротивление в недеформированном состоянии:

$$R_1 = \frac{\rho l}{A}; \quad (1)$$

Где

ρ — удельное электрическое сопротивление материала проволоки [Ом · м] ;

l — длина проволоки [м];

A — площадь поперечного сечения проволоки [м²].

При деформации проволочный тензорезистор изменяется на величину ΔR_1 :

$$\Delta R_1 = \varepsilon \cdot R_1 \cdot S \quad (2)$$

где

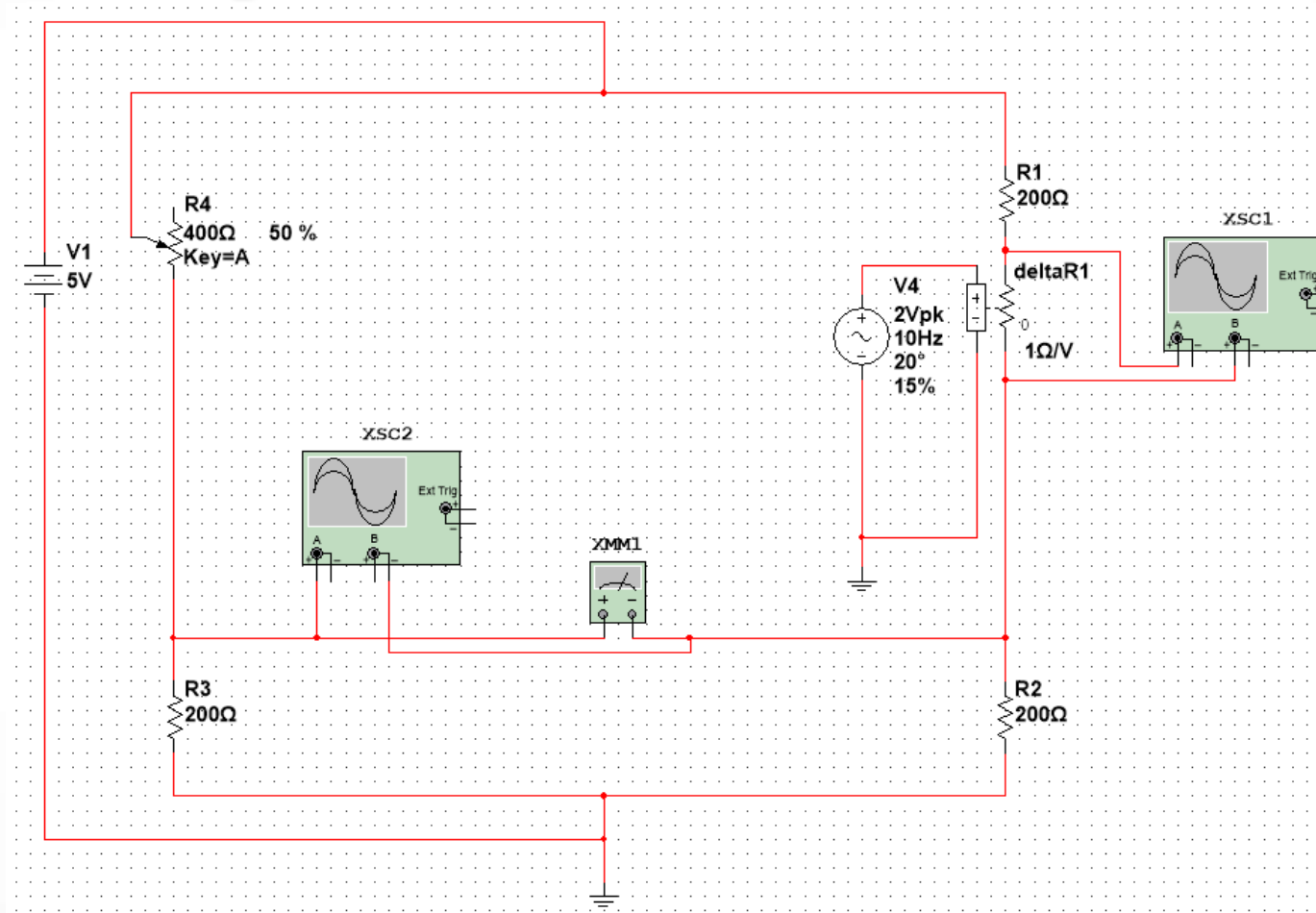
S — коэффициент чувствительности тензорезистора;

ε — относительная деформация [мкм/м];

R_1 — сопротивление недеформированного тензорезистора [Ом].

Основная часть

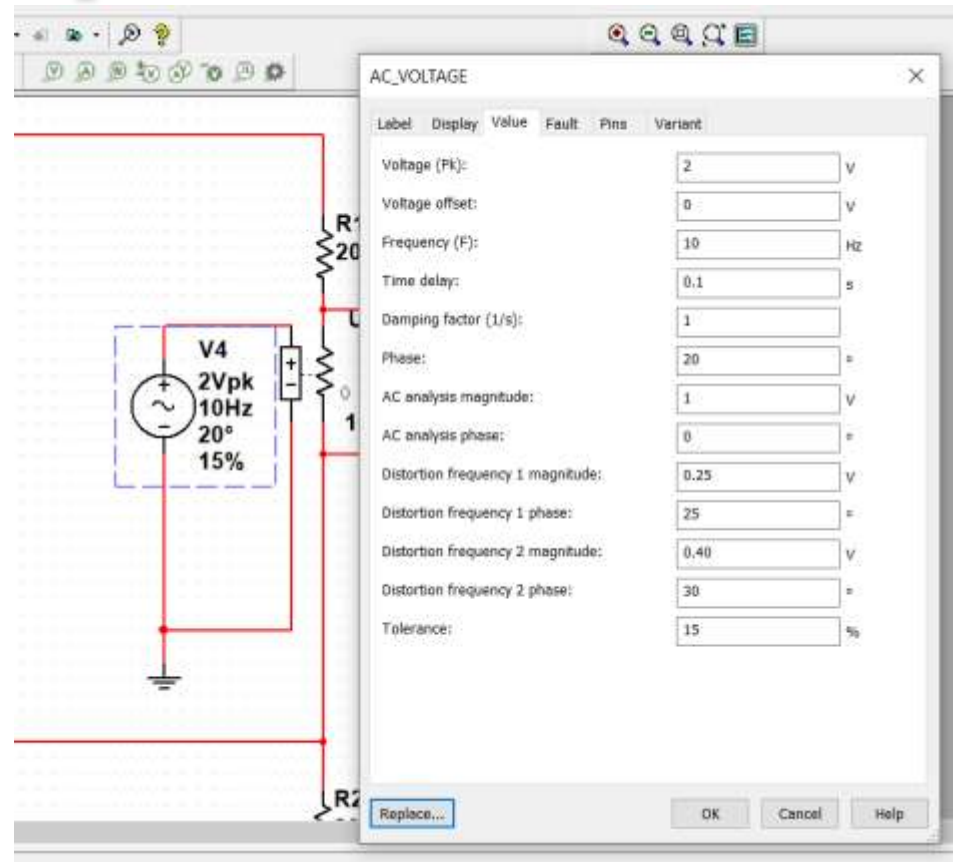
3. Компьютерная модель



Имитационная электрическая цепь в Multisim 14.3

Основная часть

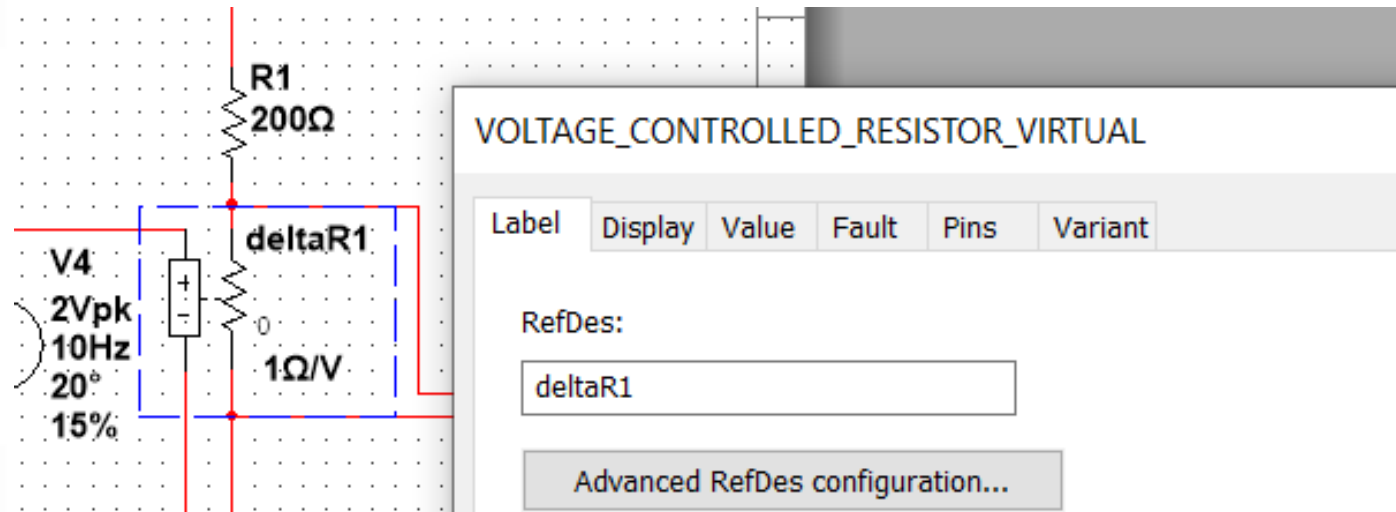
3. Компьютерная модель



Параметры источника синусоидального напряжения
(имитации нагрузки на вал) в Multisim 14.3

Основная часть

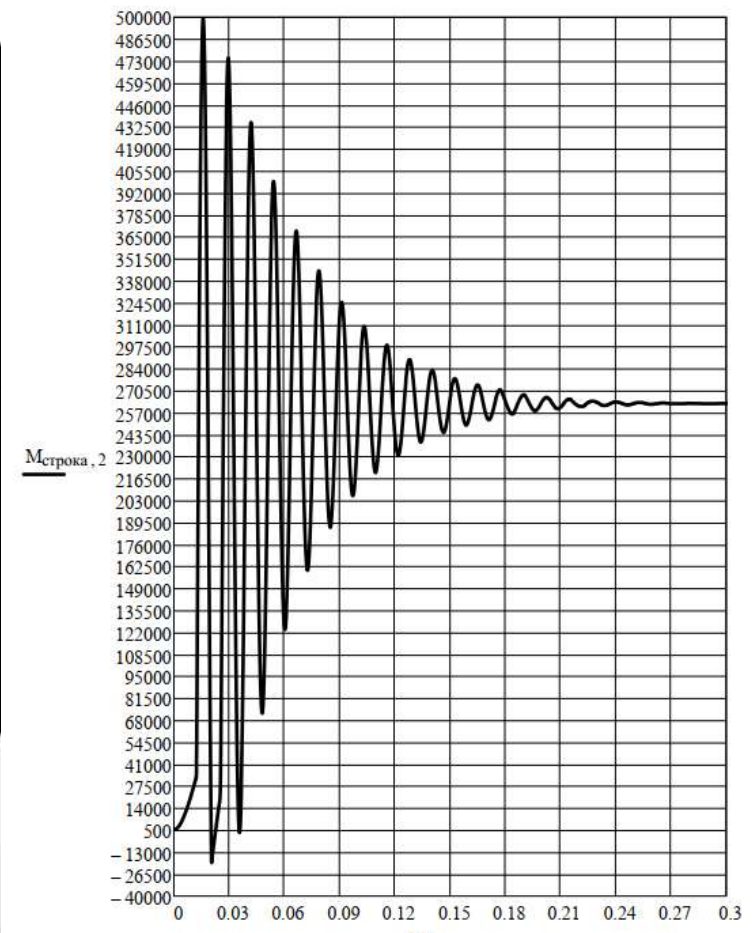
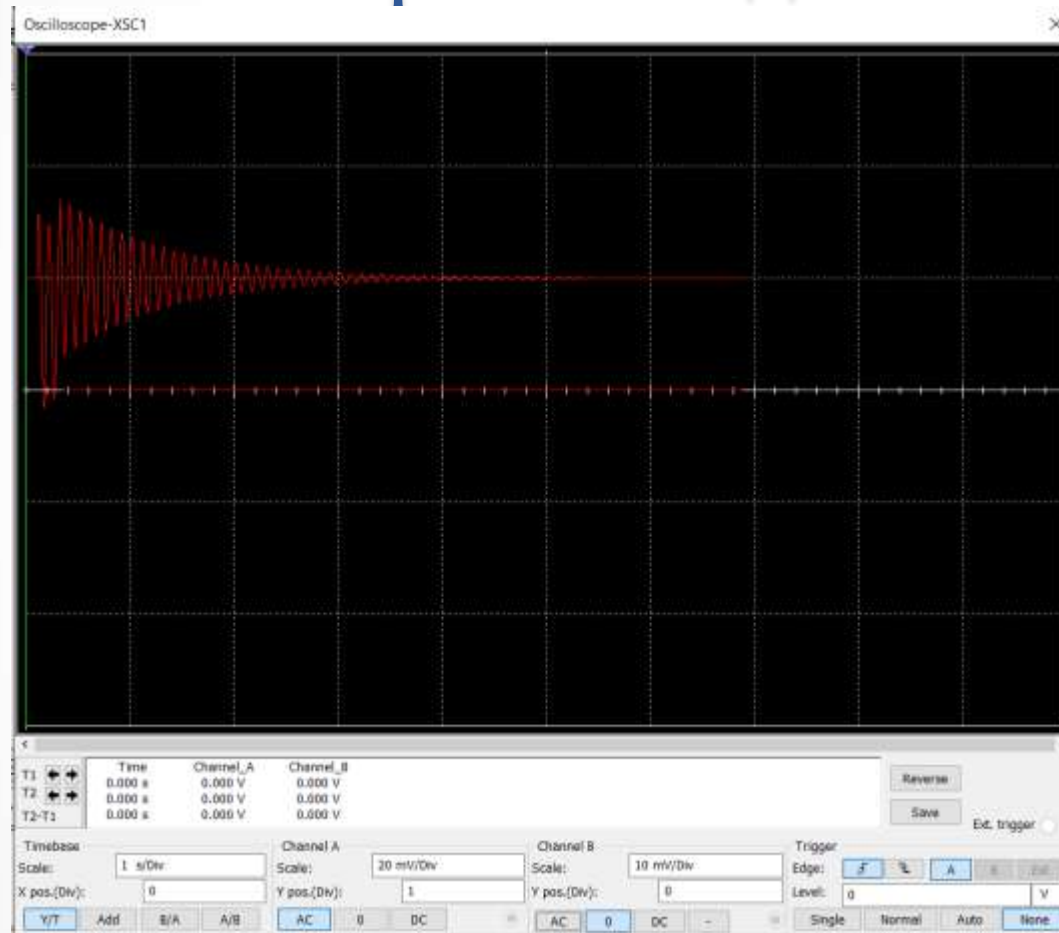
3. Компьютерная модель



Элемент электрической цепи, преобразующий заданную временную зависимость напряжения во временную зависимость сопротивления deltaR1 по соотношению 1Ом/В в Multisim 14.3

Основная часть

3. Компьютерная модель

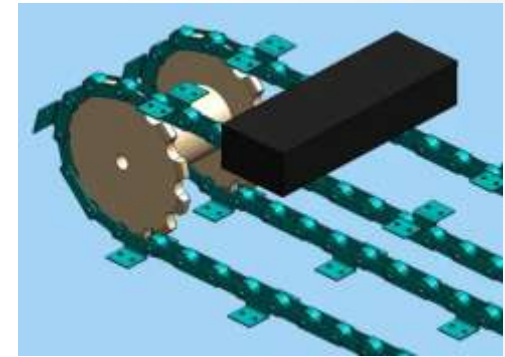


Полученная осциллограмма крутильных колебаний (для сравнения приведена аналитически полученная осциллограмма крутильных колебаний [3].

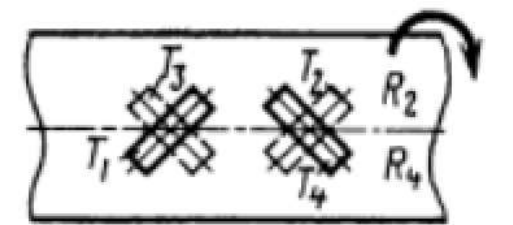
Основная часть

4. Тензометрический эксперимент

- Включение компьютера в сеть, открытие программы, отображающая зависимость тока от времени.
- На выходном конце вала электропривода, где может быть установлена цепной конвейер для транспортировки груза. Электропривод находится в выключенном состоянии. Тензомост будет уже наклеен на участок вала, студенту не придётся заниматься этой операцией.
- Так как ток будет фиксироваться небольшой, то необходимо включить усилитель тока.
- Уравновешиваем мост. Ток в амперметре должен быть равен 0.
- Включить электропривод.
- Отключить электропривод, когда график будет рисовать близкую к прямой линию.
- Результат покажет экспериментальную осциллографу (зависимость тока от времени).



Цепной конвейер



Основная часть

5. Дальнейшее исследование

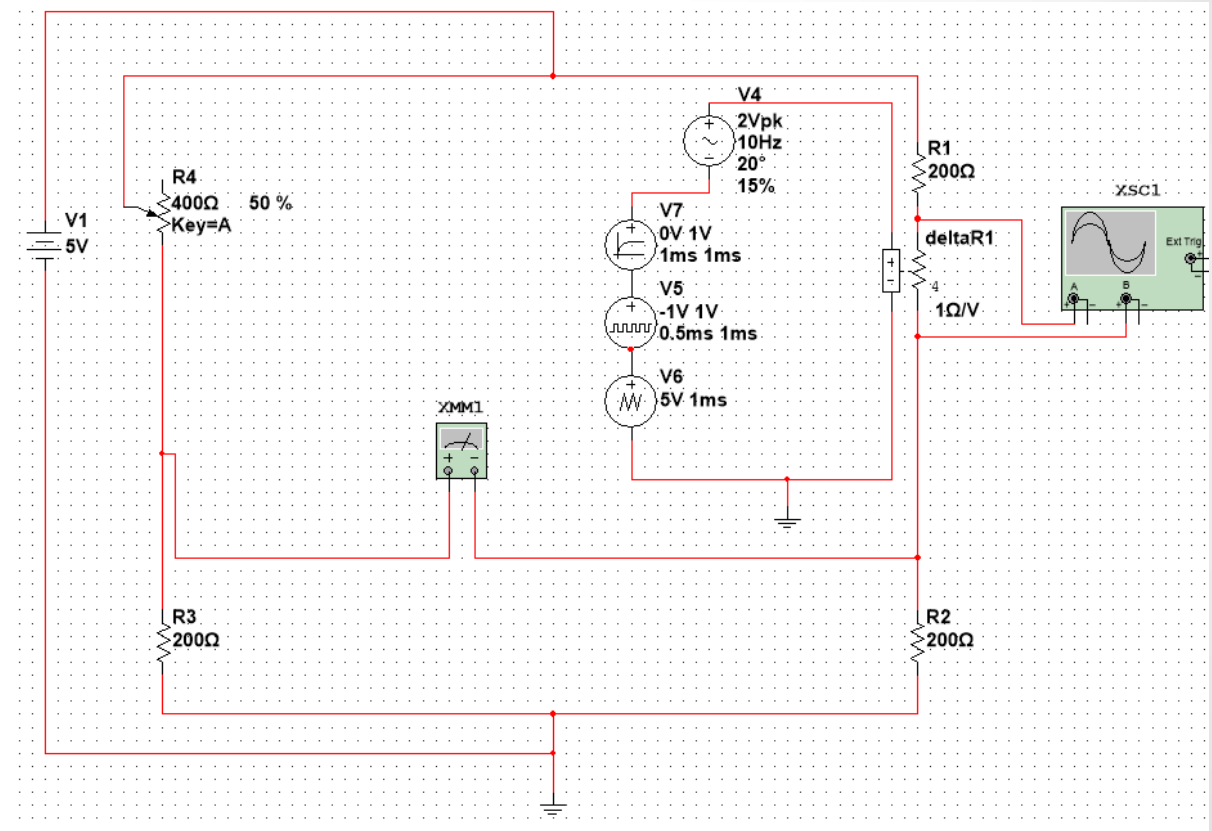
Дальнейшее исследование крутильных колебаний сводится к следующим пунктам:

- Составление сравнительной характеристики: как сильно отличаются результаты компьютерной модели от экспериментального.
- Цифровая обработка осциллограммы крутящего момента на валу электропривода: поиск глобального и локальных максимумов и минимумов, выделение полных циклов, регистрация амплитудных и средних значений всех крутильно-колебательных циклов

Основная часть

6. Перспективы

Стоит отметить такой момент: для сложно-напряжённого состояния составить осциллограмму будет весьма проблематично, поэтому в дальнейшем данная лабораторная работа может послужить основой для создания сложных зависимостей деформации от циклических нагрузок сочетание источников напряжения, выраженные экспоненциальным, синусоидальным, кусочно-непрерывными функциями.



Результаты

- В рамках данной работы получили имитационную осциллограмму крутильных колебаний.
- Разработан алгоритм тензометрического эксперимента и дальнейшего исследования крутильных колебаний на валу электропривода.

Список литературных источников

1. Макаров Р. А. Тензометрия в машиностроении : Справ. пособие / Р. А. Макаров, А. Б. Ренский, Г. Х. Боркунский, М. И. Этингوف; Под ред. канд. техн. наук Р. А. Макарова. - Москва : Машиностроение, 1975. - 287 с.
2. Мальцев А. А. Алгоритм цифровой обработки осциллограммы крутящего момента на валу электродвигателя автоматического стана : Оригинальные исследования (ОРИС) / А. А. Мальцев – 2020. - с. 107–117.
3. Мальцев А. А. Исследование динамических нагрузок электропривода башенного вагоноопрокидывателя методом виртуальной электротензометрии : Оригинальные исследования (ОРИС) / А. А. Мальцев, И. А. Тарасенко, Ю. И. Беляков - 2023. - с. 214–222.