

УДК 621.771

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЭЛЕКТРОПРИВОДА
БАШЕННОГО ВАГОНООПРОКИДЫВАТЕЛЯ МЕТОДОМ
ВИРТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОТЕНЗОМЕТРИИ****Андрей Анатольевич Мальцев**доцент кафедр ФН-7 и МТ-10 МГТУ имени Н.Э. Баумана
e-mail: a.a.mal@bmstu.ru**Ирина Александровна Тарасенко**старший преподаватель кафедры ФН-7 МГТУ имени Н.Э. Баумана
e-mail: iri-tarassenko@yandex.ru**Юрий Иванович Беляков**доцент кафедры ФН-7 МГТУ имени Н.Э. Баумана
e-mail: belpmm@mail.ru**Аннотация**

Раскрыты особенности организации подготовки студента МГТУ имени Н.Э. Баумана, осваивающего специальность 15.05.01 «Проектирование тех-нологических машин и комплексов» к выступлению на конференции «Студенческая научная весна» с докладом на тему «Исследование динамических нагрузок электропривода башенного вагоноопрокидывателя методом виртуальной электротензометрии» по результатам аналоговой симуляции работы электротензометрической аппаратуры в программной среде Multisim Live.

Ключевые слова: металлургия, динамика, электротензометрия, студенческая весна, Multisim Live.

**STUDY OF DYNAMIC LOADS OF THE TOWER WAGON TIPPLER ELECTRIC
DRIVE BY VIRTUAL ELECTROTENSIOLOGY****Andrey A. Maltsev**associate professor of BMSTU ФН-7 and МТ-10 departments
e-mail: a.a.mal@bmstu.ru**Irina A. Tarasenko**senior lecturer of BMSTU ФН-7 department
e-mail: iri-tarassenko@yandex.ru**Yuri I. Belyakov**

associate professor of BMSTU ФН-7 department

e-mail: belpmm@mail.ru

ABSTRACT

The features of the organization of the preparation of a student of Bauman Moscow State Technical University, mastering the specialty 15.05.01 "Design of technological machines and complexes" for a speech at the conference "Student Scientific Spring" with a report on the topic "Study of dynamic loads of the tow-er wagon tippler electric drive by virtual electrotensiometry" based on the results of analog simulation of the work of electrotensiometric equipment in the Multi-sim Live software environment.

Keywords: metallurgy, dynamics, electrotensiometry, student spring, Multisim Live.

Цель исследования — организовать самостоятельную работу студента кафедры МТ-10 «Оборудование и технологии прокатки» факультета МТ «Машиностроительные технологии» в рамках подготовки к выступлению на конференции «Студенческая научная весна» на кафедре ФН-7 «Электротехника и промышленная электроника» факультета ФН «Фундаментальные науки» с докладом на тему «Исследование динамических нагрузок электропривода башенного вагоноопрокидывателя методом виртуальной электротензометрии», оформленным в виде мультимедийной презентации PowerPoint.

Согласно положению, на конференцию могут быть представлены как индивидуальные работы, так и работы, выполненные в группах или исследовательских коллективах. Регламент выступления участников конференции предусматривает не только публичную защиту научно-исследовательской работы (10 минут), но и дискуссию (5 минут).

Общие требования к оформлению студенческих презентаций PowerPoint таковы, что на титульном слайде должна быть отражена следующая информация о научно-исследовательской работе:

1. Название учебного заведения — Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».
2. Тема работы.
3. ФИО студента и шифр его группы.
4. ФИО научного руководителя и его должность.
5. Название города (Москва) и дата проведения конференции.

Структура доклада может повторить план построения научной статьи: «Вступление», «Объект и предмет исследования», «Материалы и методы исследования», «Результаты и их обсуждение», «Выводы» или «Заключение».

На завершающем слайде презентации будет размещена единственная надпись «Спасибо за внимание!»

После приветствия докладчик во вступлении коротко объяснит аудитории, как работает доменный цех и что представляет собой его рудный двор, на который для складирования и усреднения поступают аглоруды, железорудные концентраты,

марганцевые руды, кусковые железные руды, известняки, окатыши, металлодобавка, известь, колошниковая пыль, шлам, окалина, железосодержащие отходы и мел.

Хорошо, если в презентацию будут добавлены слайды с фотографиями доменного цеха и его рудного двора, а докладчик своими словами процитирует фразы из Большой советской энциклопедии: рудный двор – это «часть доменного цеха, расположенная вблизи доменных печей (обычно вдоль фронта) и предназначенная для хранения запасов сырых материалов», «С одной стороны рудного двора находится разгрузочная эстакада, с другой – бункера для приёма шихты, из которых она поступает в печи».

Объект исследования – башенный вагонопрокидыватель, установленный на рудном дворе доменного цеха и предназначенный для выгрузки сыпучих грузов из полувагонов, которые он поднимает на высоту более семи метров от опорной поверхности (рис. 1).

В презентацию необходимо вставить как слайды с чертежами, так и слайды с видеофрагментами, по которым докладчик сможет легко проанализировать конструкцию и объяснить принцип работы башенного вагонопрокидывателя, а также эскизы, из которых станет понятным различие между стационарными и передвижными башенными вагонопрокидывателями, в последнем случае портал опирается на приводные балансирные тележки, а опорожнение вагонов осуществляется вдоль всего разгрузочного фронта рудного двора.

Докладчик обязательно заострит внимание на том, что подъемная лебедка размещена в кабине башенного вагонопрокидывателя, который обслуживается всего тремя рабочими.

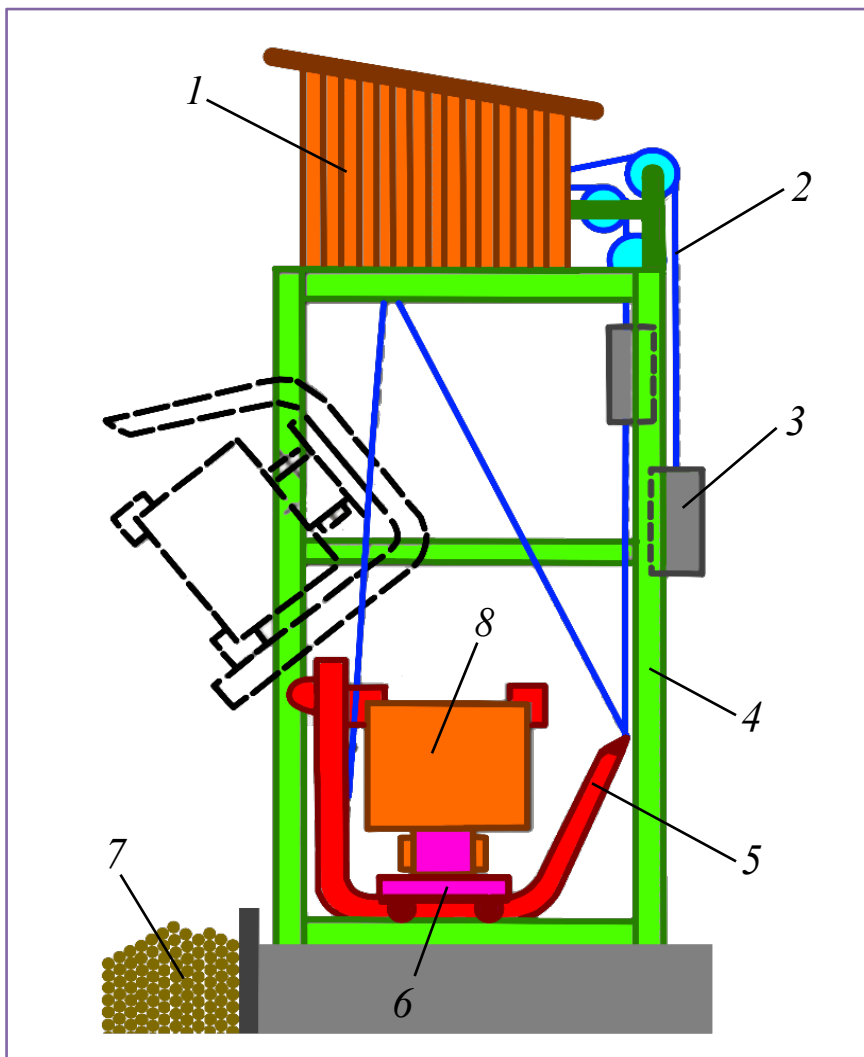


Рисунок 1. Башенный вагоноопрокидыватель:

- 1 – кабина с подъемной лебедкой;
- 2 – канат;
- 3 – противовес;
- 4 – портал;
- 5 – люлька;
- 6 – подвесная платформа;
- 7 – приемная траншея;
- 8 – полувагон с сыпучим грузом

Предмет исследования – динамические нагрузки в тихоходных валах электропривода подъемной лебедки механизма поворота люльки башенного вагоноопрокидывателя во время разгрузки полувагона (рис. 2).

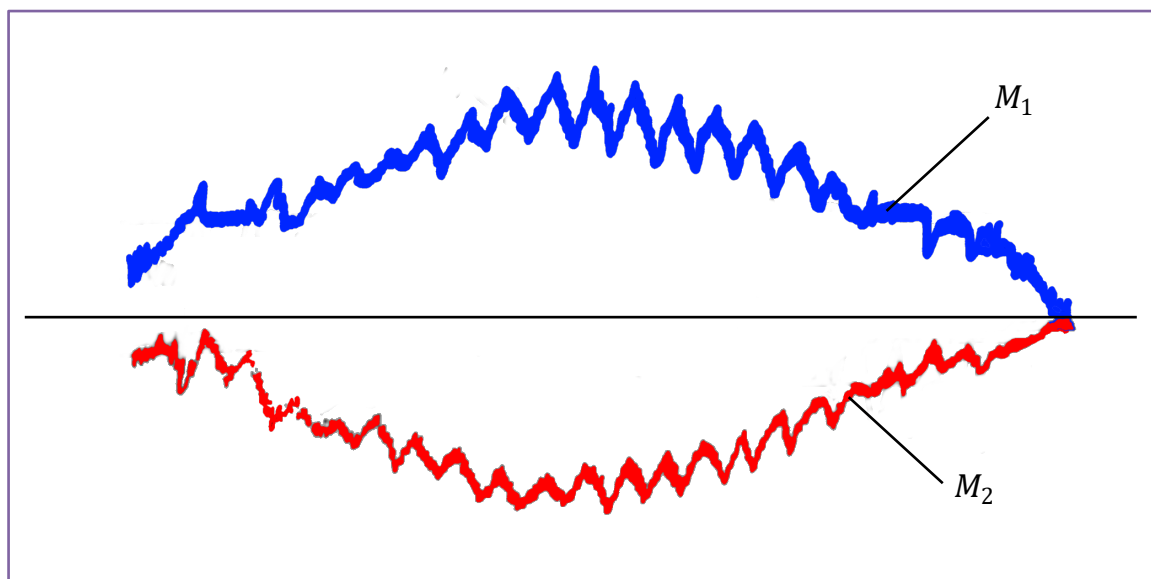


Рисунок 2. Осциллограммы динамических нагрузок [1]:

M_1 – упругий момент на первом тихоходном валу;

M_2 – упругий момент на втором тихоходном валу

Студенту будет рекомендовано добавить в презентацию слайд со схемой наклейки тензодатчиков на тихоходных валах, соединенных с барабанами зубчатой пары.

Материал исследования – мостовая измерительная схема (рис. 3).

Электрическое сопротивление проволочного тензорезистора

$$R_1 = \rho \frac{l}{A},$$

где

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

l – длина проволоки [м];

A – площадь поперечного сечения проволоки [м²].

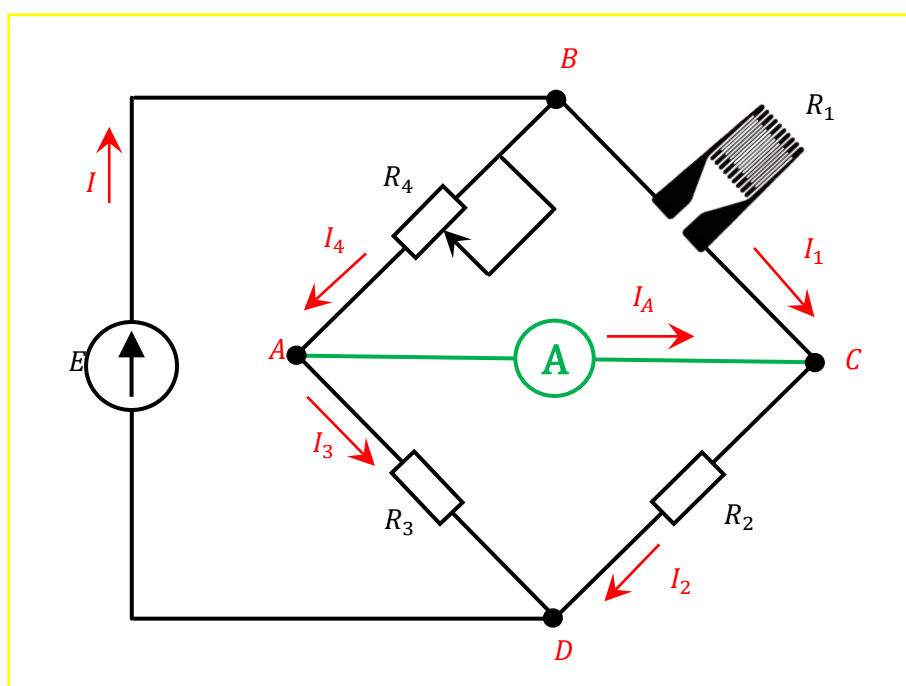


Рисунок 3. Электрическая схема моста Уитстона [2]:

AC — измерительная диагональ;
 BD — диагональ питания;
 R_1, R_2, R_3, R_4 — плечи;
 R_1 — тензорезистор;
 R_2, R_3 — резисторы;
 R_4 — реостат;
 E — источник ЭДС;
 I — общий ток;
 I_2, I_3 — токи в резисторах;
 I_4 — ток в реостате;
 I_A — ток в измерительной диагонали

Метод исследования — метод имитационного моделирования, суть которого состоит в том, что реальная электрическая цепь заменяется ее компьютерной моделью — аналоговая симуляция работы электротензометрической аппаратуры в программной среде Multisim Live [3].

Мост сбалансирован, когда движок регулирующего реостата 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 (рис. 4).

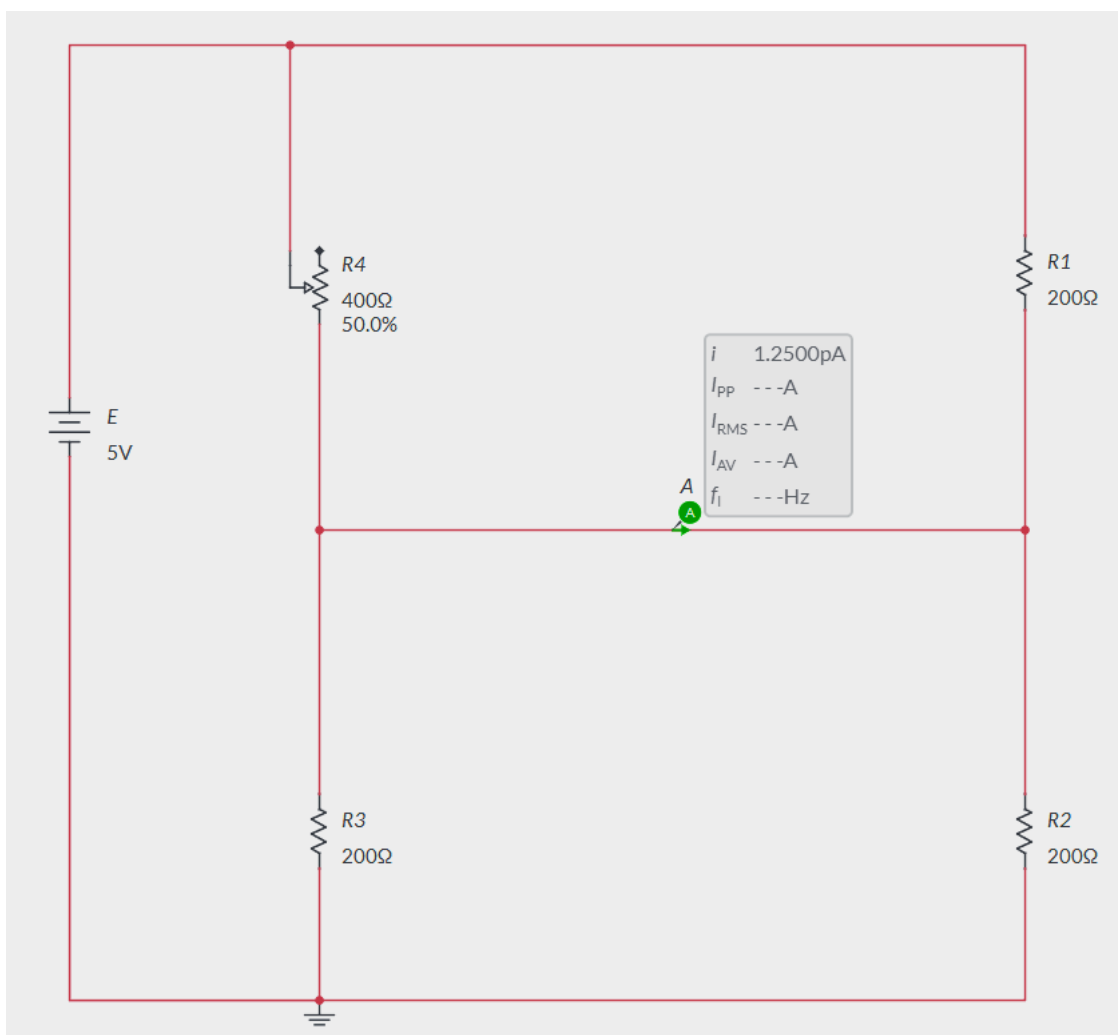


Рисунок 4. Мостовая схема №1 в программной среде Multisim Live:
 $E = 5 \text{ В}$; $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 200 \text{ Ом}$; $I_A \approx 0$

При деформации проволочного тензорезистора его электрическое сопротивление изменяется на величину ΔR_1 (рис. 5):

$$\Delta R_1 = S \varepsilon R_1,$$

где

S – коэффициент чувствительности тензорезистора;

ε – относительная деформация [мкм/м];

R_1 – сопротивление недеформированного тензорезистора [Ом].

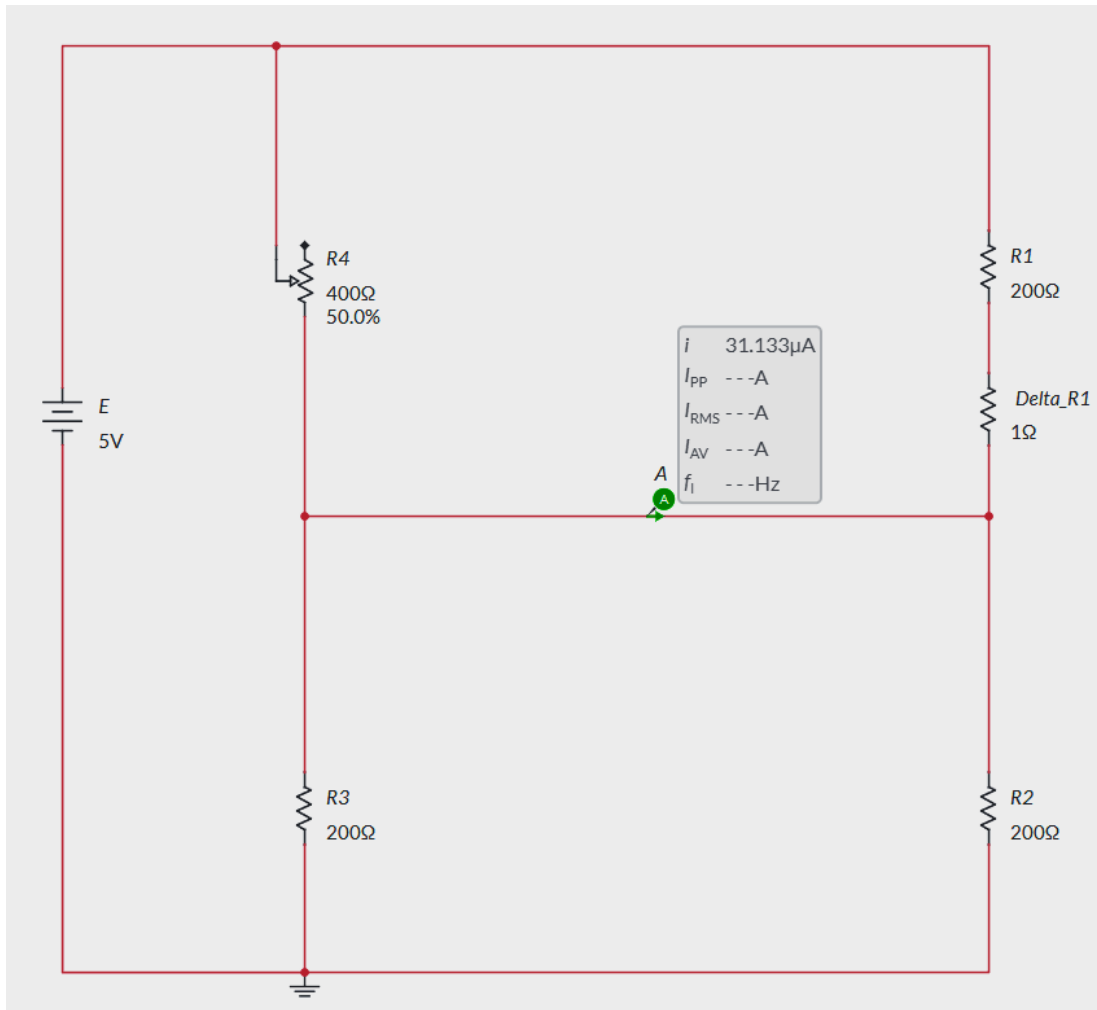


Рисунок 4. Мостовая схема №2 в программной среде Multisim Live:

$$E = 5 \text{ В}; R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 200 \text{ Ом}; \Delta R_1 = 1 \text{ Ом}; I_A \approx 31 \text{ мкА}$$

Результаты исследования – графики, построенные в программной среде Multisim Live – показания виртуальных приборов (рис. 5, 6).

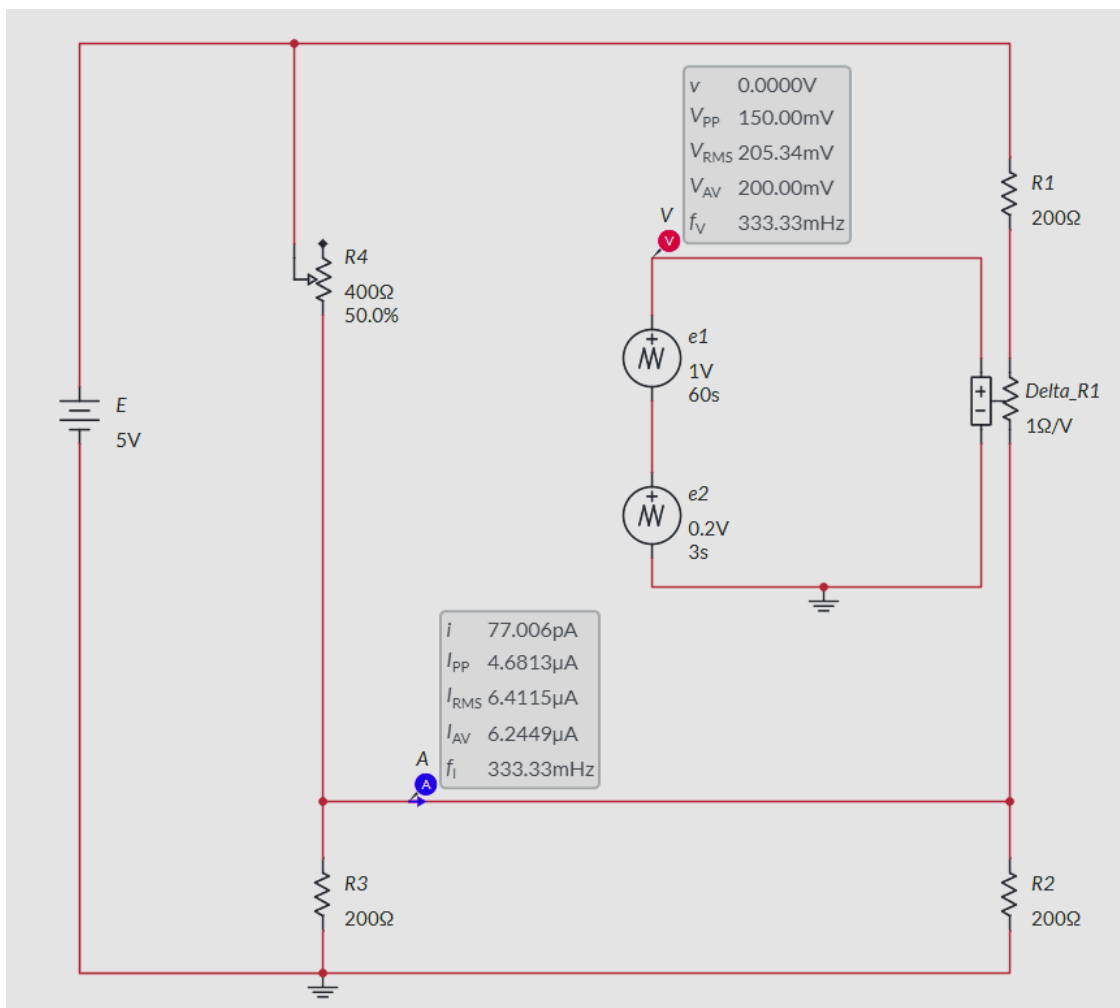


Рисунок 5. Мостовая схема №3 в программной среде Multisim Live:

$$E = 5 \text{ В}; R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 200 \text{ Ом}; \Delta R_1 = var$$

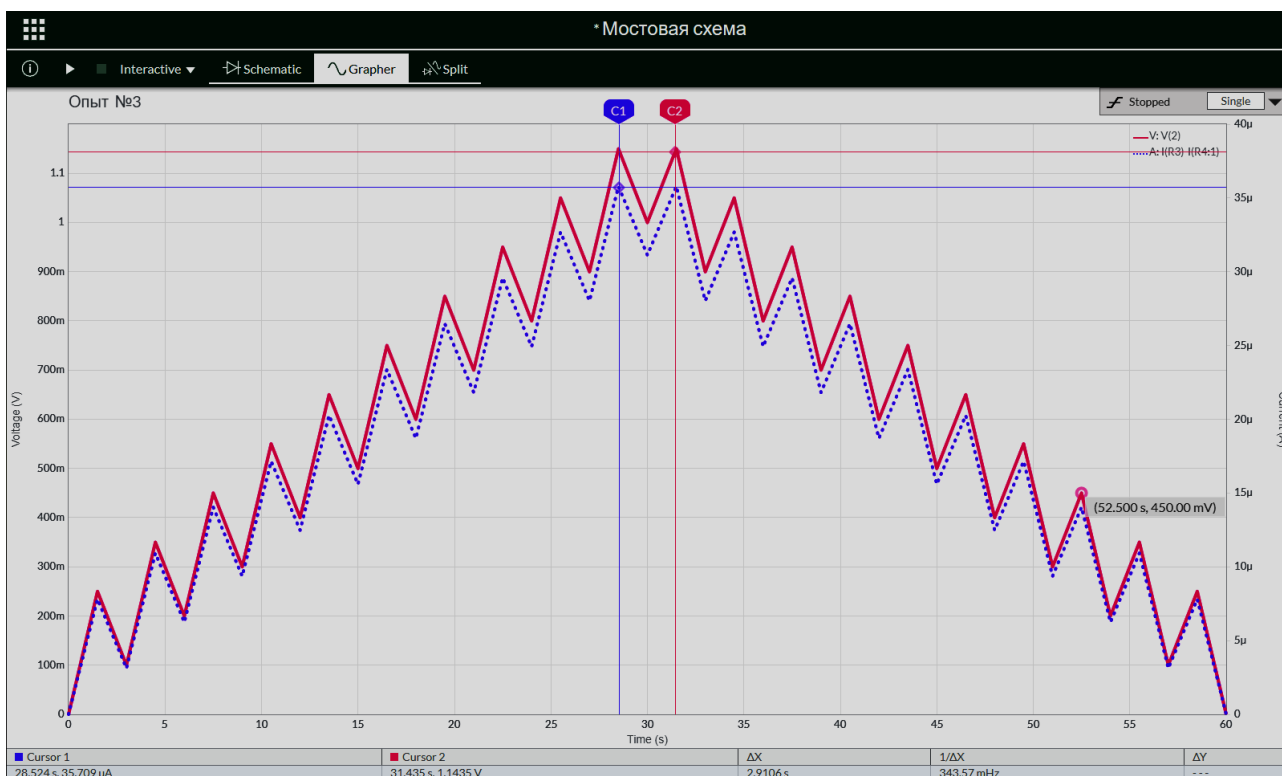


Рисунок 6. Показания виртуальных приборов:

синий курсор – амперметр А (правая шкала);
красный курсор – вольтметр V (левая шкала)

Заключение

Исследовательский коллектив авторов настоящей статьи готов возложить на себя научное руководство самостоятельной работой студента в рамках подготовки к выступлению на конференции «Студенческая научная весна» с докладом на тему «Исследование динамических нагрузок электропривода башенного вагоноопрокидывателя методом виртуальной электротензометрии», что обеспечит дальнейшее развитие у обучаемого профессиональной компетенции с формулировкой «Способность использовать современные методы моделирования, исследования и расчетов технологических комплексов в металлургическом производстве».

Список литературы:

1. Иванченко Ф.К., Красношарпа В.А. Динамика металлургических машин. – Москва: Металлургия, 1983. – 295 с.
2. Шущкевич В.А. Основы электротензометрии. – Минск: Высшая школа, 1975. – 352 с.
3. Мальцев А.А. Виртуальное электротензометрирование крутильных колебаний на валу электропривода роторного вагоноопрокидывателя. – [Электронный ресурс] Оригинальные исследования (ОРИС). 2023. Т.13, №1. С.276–282. – Режим доступа: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2023-oris-1-2023/a231020>

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.
3. A.A. Maltsev. Virtual electrotensometry of torsional vibrations on the shaft of the rotary wagon tippler electric drive. – [Electronic resource] Original research (ORIS). 2023. Vol.13, #1. P.276–282. – Access mode: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2023-oris-1-2023/a231020>