

УДК 621.771

СИМУЛЯЦИЯ ТЕНЗОРЕЗИСТИВНОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ КОЗЛОВОГО КРАНА

Андрей Анатольевич Мальцевдоцент кафедр ФН-7 и МТ-10 МГТУ имени Н.Э. Баумана
e-mail: a.a.mal@bmstu.ru**Юрий Иванович Беляков**доцент кафедры ФН-7 МГТУ имени Н.Э. Баумана
e-mail: belpmm@mail.ru**Ирина Александровна Тарасенко**старший преподаватель кафедры ФН-7 МГТУ имени Н.Э. Баумана
e-mail: iri-tarasenko@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматриваются перспективы самостоятельной научно-исследовательской работы студентов факультета МТ «Машиностроительные технологии» МГТУ имени Н.Э. Баумана, осваивающего специальность 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов», на тему «Симуляция тензорезистивного метода исследования динамических нагрузок электропривода механизма передвижения козлового крана».

Ключевые слова: электропривод, колебания, тензорезистор, козловый кран.

SIMULATION OF A STRAIN-RESISTIVE METHOD FOR STUDYING DYNAMIC LOADS OF AN ELECTRIC DRIVE OF A GANTRY CRANE MOVEMENT MECHANISM

Andrey A. Maltsevassociate professor of BMSTU ФН-7 and МТ-10 departments
e-mail: a.a.mal@bmstu.ru**Yuri I. Belyakov**associate professor of BMSTU ФН-7 department
e-mail: belpmm@mail.ru**Irina A. Tarasenko**senior lecturer of BMSTU ФН-7 department
e-mail: iri-tarasenko@yandex.ru

ABSTRACT

The article discusses the prospects of independent research work of a students of the Faculty of MT "Machine-Building Technologies" of the Bauman Moscow State Technical University, mastering the specialty 15.05.01 "Design of technological machines and complexes", on the topic "Simulation of a strain-resistive method for studying dynamic loads of the electric drive of the gantry crane movement mechanism".

Keywords: electric drive, oscillation, strain gauge, gantry crane.

Актуальность — направленность самостоятельной научно-исследовательской деятельности студентов на развитие у них профессиональной компетенции с формулировкой «Способность использовать современные методы моделирования, исследования и расчетов технологических комплексов в металлургическом производстве».

Цель исследования — разработать концепцию подготовки студентов кафедры МТ-10 «Оборудование и технологии прокатки» к выступлению на конференции «Студенческая научная весна» на кафедре ФН-7 «Электротехника и промышленная электроника».

Объект исследования — электропривод механизма передвижения перегрузочного грейферного козлового крана, установленного на рудном дворе доменного цеха (рис. 1).

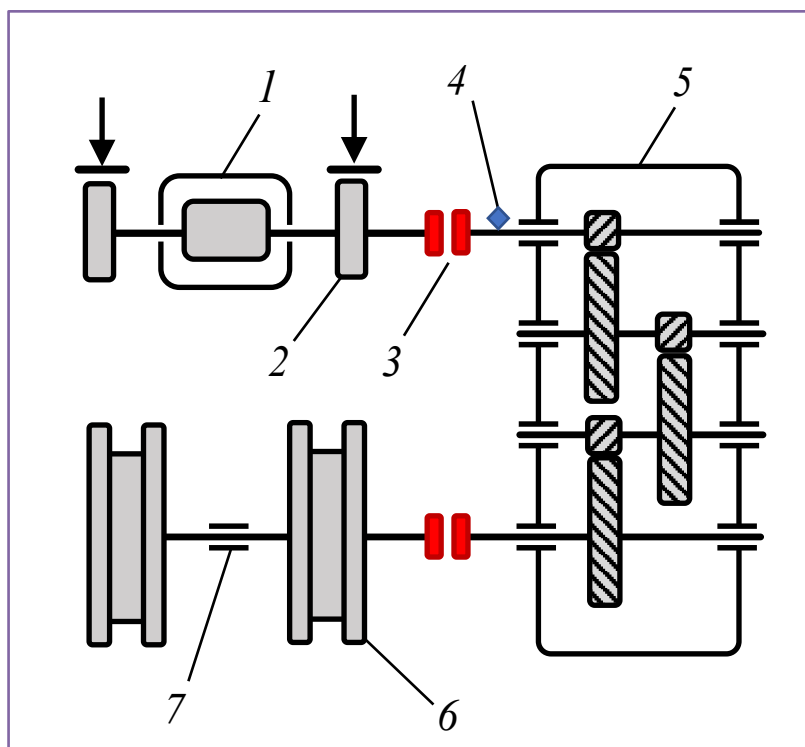


Рисунок 1. Кинематическая схема электропривода:

- 1 — электродвигатель;
- 2 — тормоз;
- 3 — муфта;
- 4 — тензорезистор;
- 5 — редуктор;

6 — ходовое колесо;

7 — подшипник

Предмет исследования — напряженно-деформированное состояние валов электропривода при кручении.

Материалы исследования — экспериментальные осциллограммы упругого момента на быстроходном валу трехступенчатого цилиндрического редуктора, входящего в состав электропривода (рис. 2).

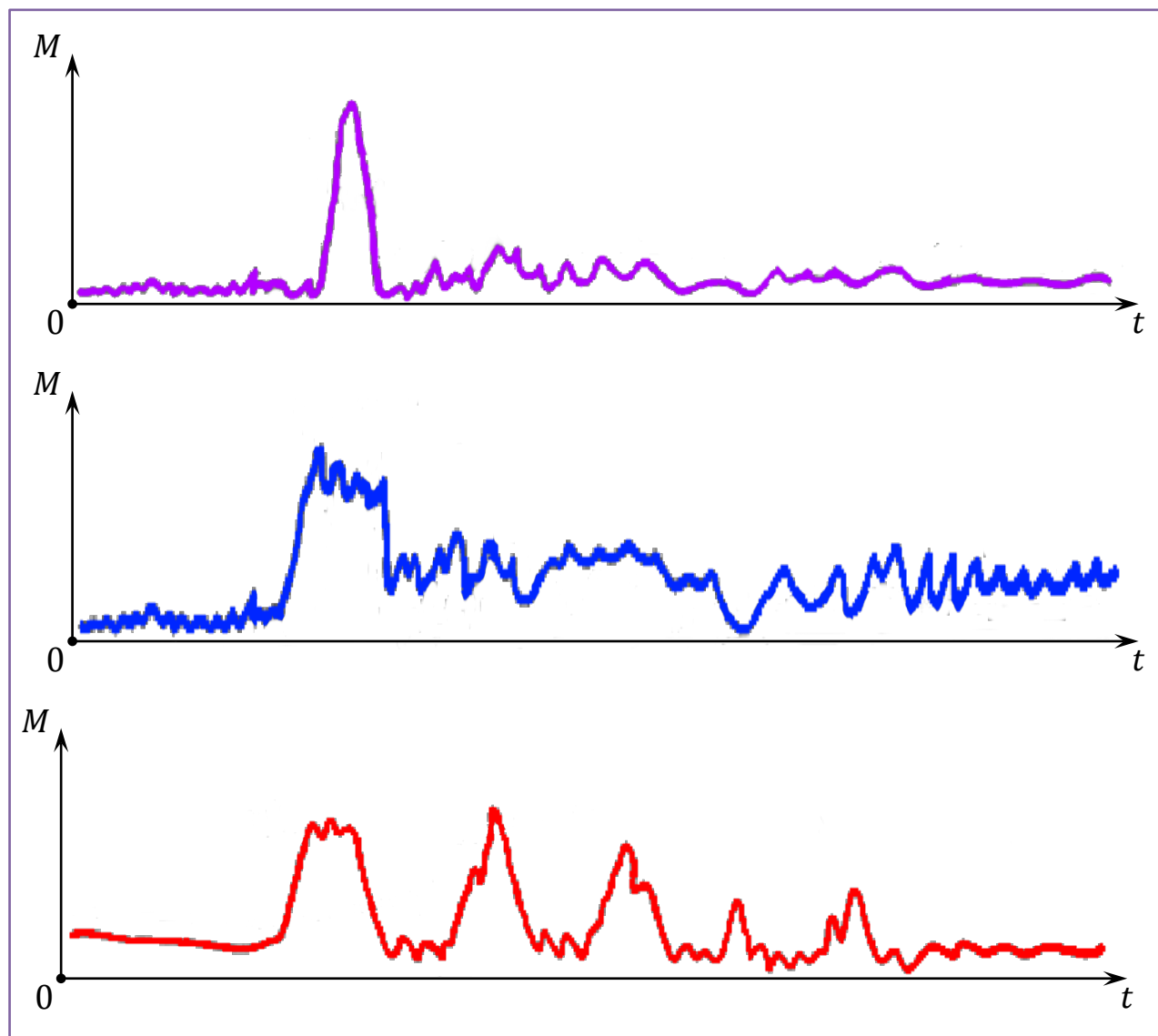


Рисунок 2. Осциллограммы [1]:

M — упругий момент;

t — время

Метод исследования — аналоговая симуляция тензорезистивного метода исследования напряженно-деформированного состояния элементов машин и конструкций (рис. 3).

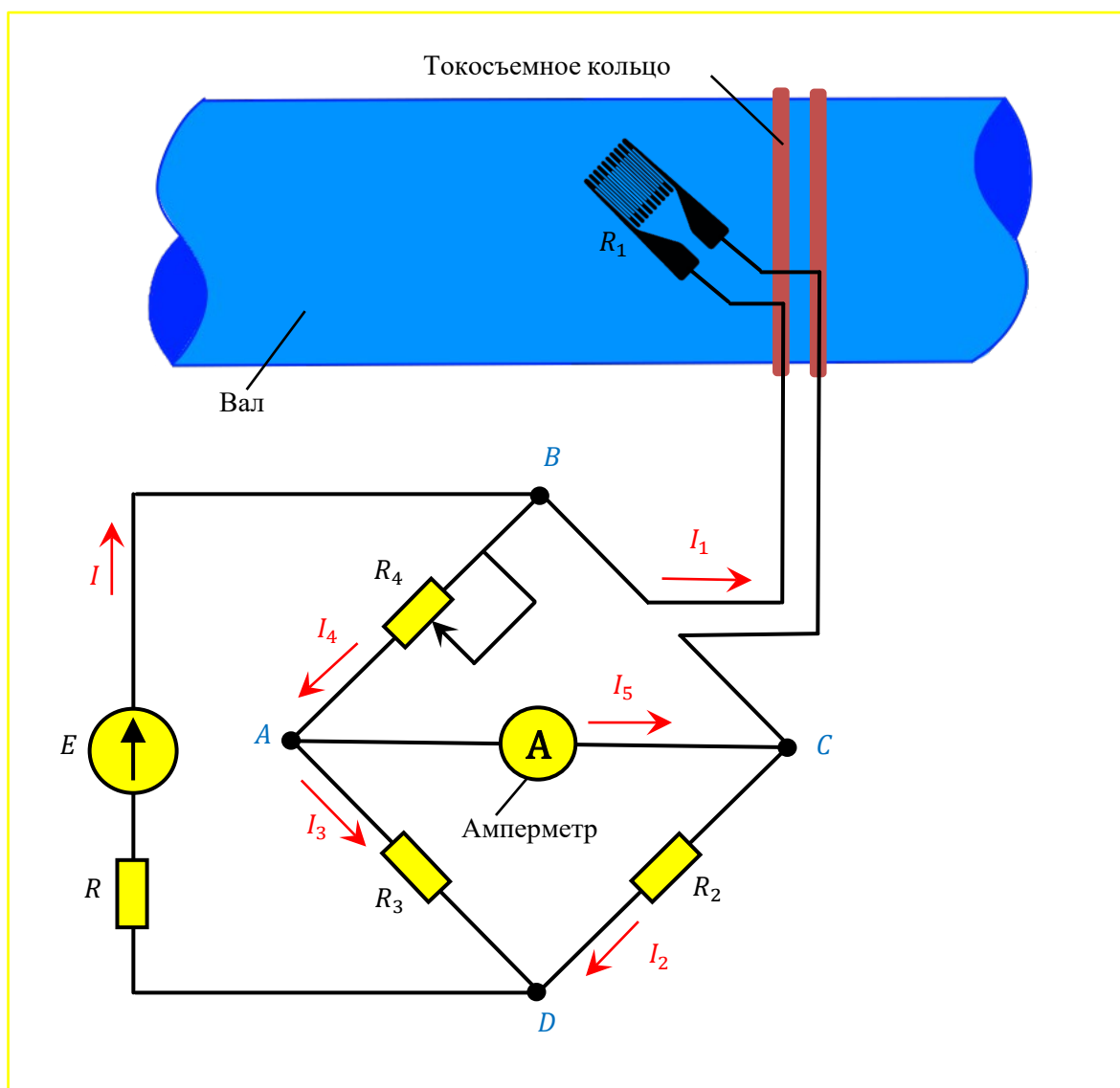


Рисунок 3. Мост Уитстона [2, 3]:

 E — источник постоянной ЭДС; R_1 — тензорезистор; R, R_2, R_3 — резисторы; R_4 — потенциометр; $I, I_1, I_2, I_3, I_4, I_5$ — токи

Студенты самостоятельно выбирают тип тензорезистора, например фольговый константовый одноосевой 2ФКП-3-100, предназначенный для измерения упругих деформаций материалов и конструкций при статических и динамических нагрузках, для измерения сил, крутящего момента, ускорения, давлений, перемещения (табл. 1).

Таблица 1

Технические характеристики тензорезистора типа 2ФКП-3-100

Параметры	Численные значения	Единицы измерения
Диапазон рабочих температур	-50 ... +70	°C
Номинальное электрическое сопротивление (R_1)	$100 \pm 0,35\%$	Ом

Номинальная база	3	мм
Размеры	5,7×8,5	мм
Диапазон измеряемых деформаций	± 3000	млн -1
Ток питания (I_1)	не более 25	мА

Диапазон изменения электрического сопротивления тензорезистора при деформации растяжения-сжатия

$$\Delta R_1 = S \varepsilon R_1 = \pm 0,6 \text{ Ом},$$

где

$S \approx 2$ — коэффициент тензочувствительности константана;

$\varepsilon = \pm 3000$ мкм/м — относительная деформация (верхний и нижний пределы);

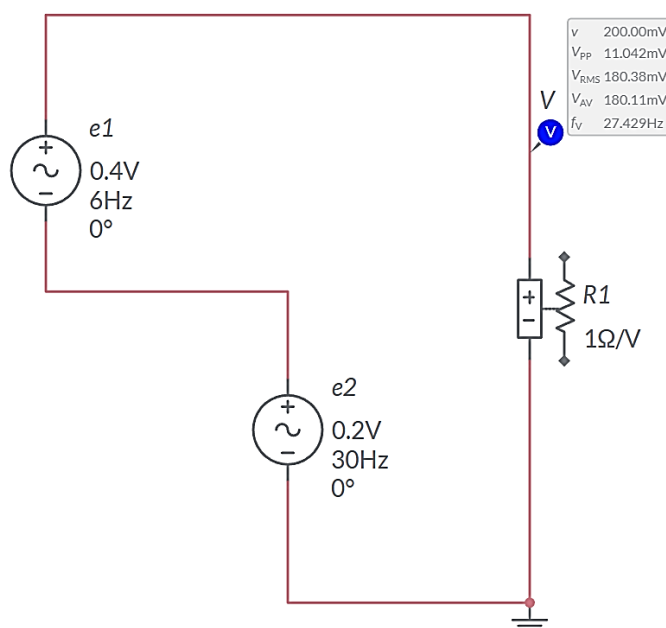
$R_1 = 100 \text{ Ом}$ — сопротивление недеформированного тензорезистора.

Мост Уитстона уравновешен, если выполняется условие $R_1 R_3 = R_2 R_4$, в этом случае в измерительной диагонали моста АС отсутствует ток ($I_5 = 0$).

Измерительный мост студентам будет рекомендовано сделать равноплечим:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 100 \text{ Ом}.$$

Результат первого опыта — имитация аналогового сигнала тензорезистора в программной среде Multisim Live (рис. 4, 5).



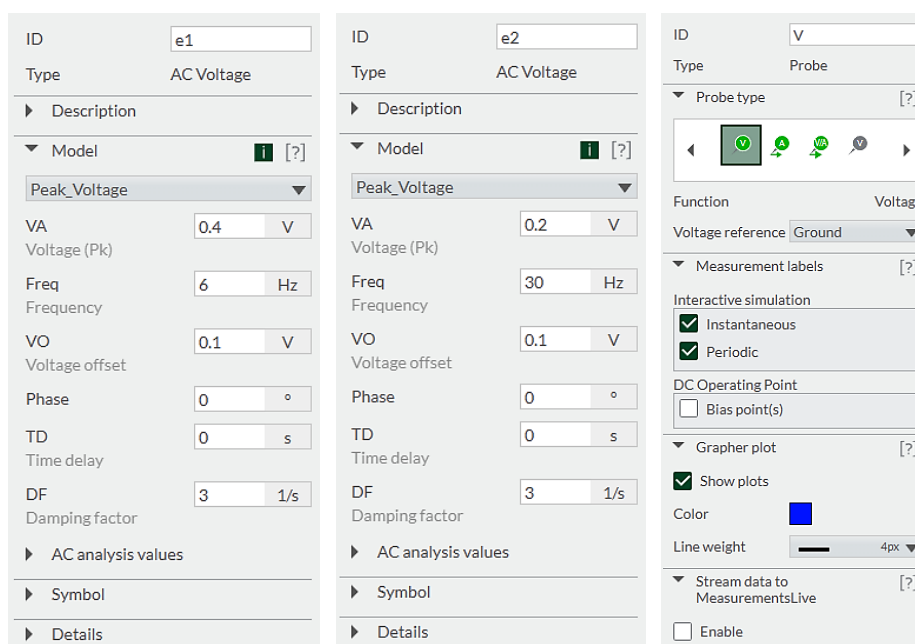


Рисунок 4. Имитатор выходного сигнала тензорезистора:

e1 — первый источник синусоидальной ЭДС;

e2 — второй источник синусоидальной ЭДС;

R1 — Voltage Controlled Resistor (ΔR_1);

V — вольтметр

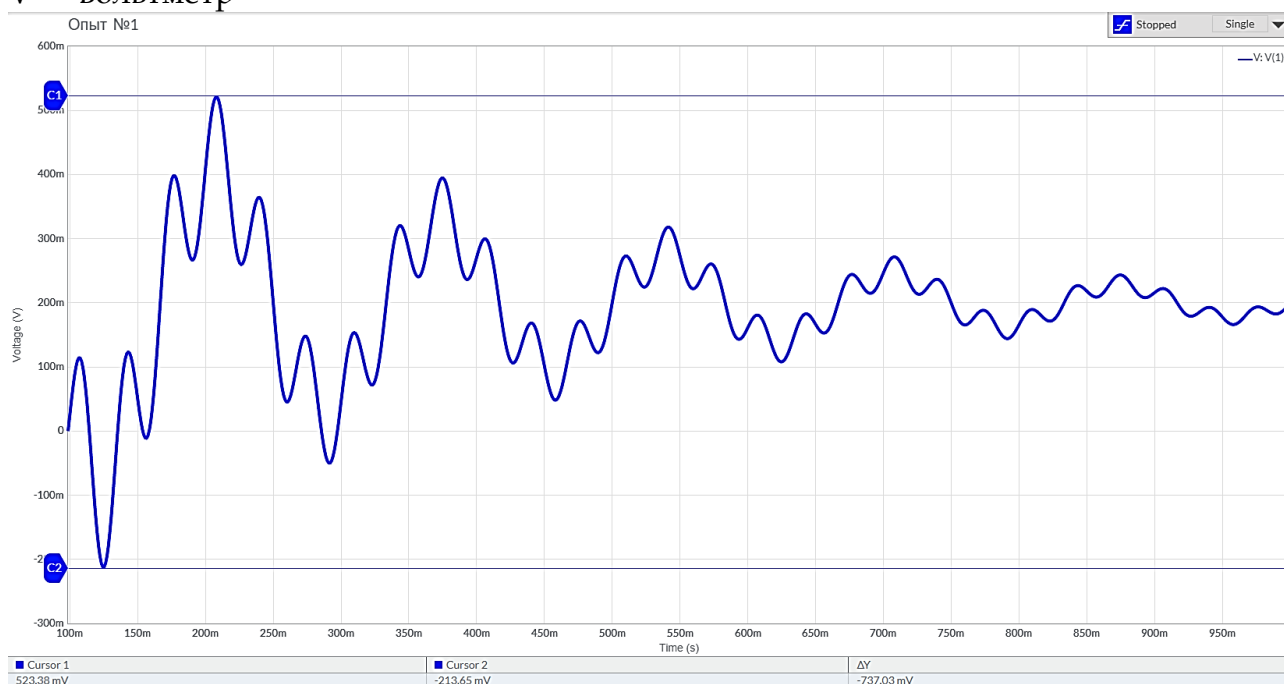


Рисунок 5. Показания виртуального вольтметра V

Вывод: помня о существовании допустимых пределов деформации измерительной фольговой решетки ($\epsilon = \pm 3000$ мкм/м), студенты всегда смогут настроить имитатор выходного сигнала тензорезистора типа 2ФКП-3-100 так, чтобы изменение электрического сопротивления ΔR_1 не выходило за рамки вычисленного диапазона $\pm 0,6$ Ом (показания вольтметра V в пределах от -600 до 600 мВ).

Результат второго опыта — балансировка моста Уитстона с помощью виртуального потенциометра в программной среде Multisim Live (рис. 6, 7, 8).

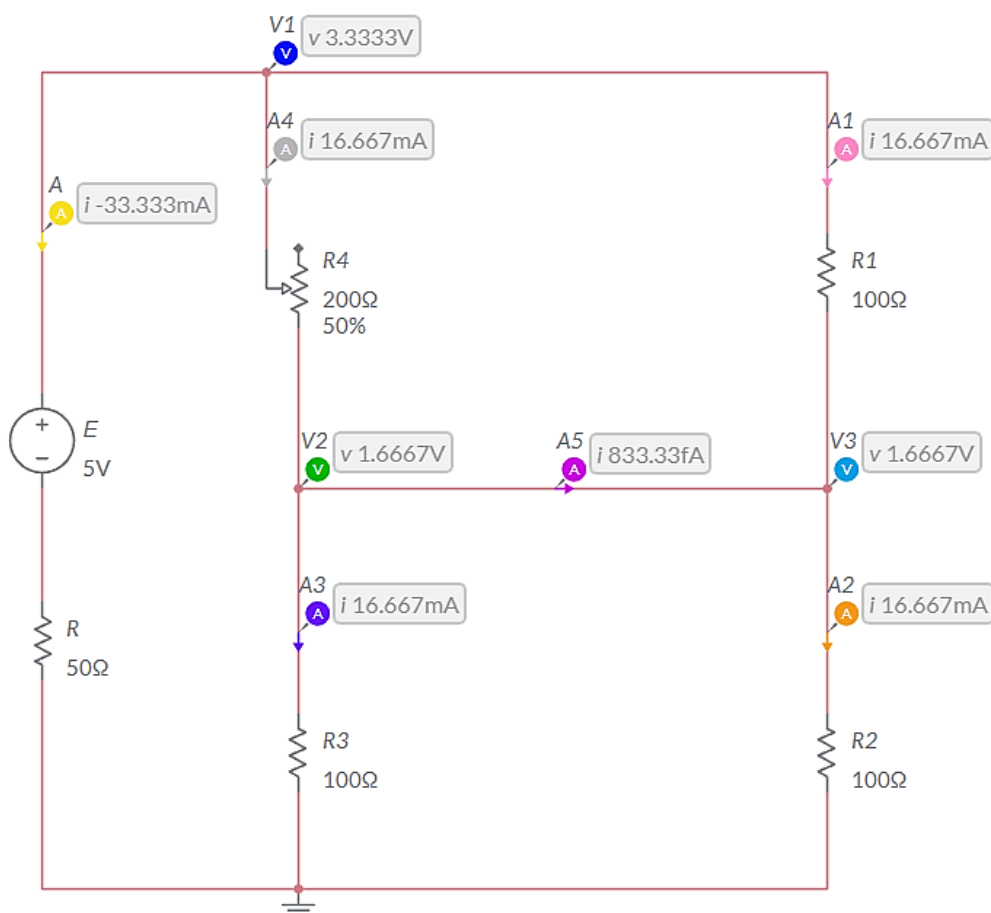


Рисунок 6. Уравновешенный измерительный мост:

E — источник постоянной ЭДС;

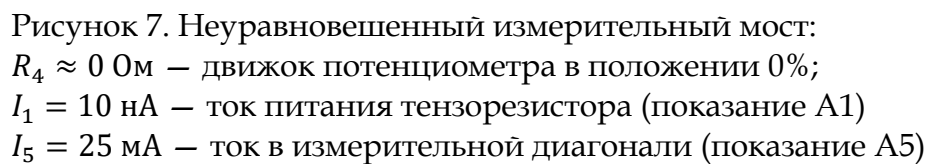
R_1 — тензорезистор R_1 ;

R, R_2, R_3 — резисторы R, R_2, R_3 ;

R_4 — потенциометр R_4 (движок 50%)

$A, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$ — амперметры;

V_1, V_2, V_3 — вольтметры



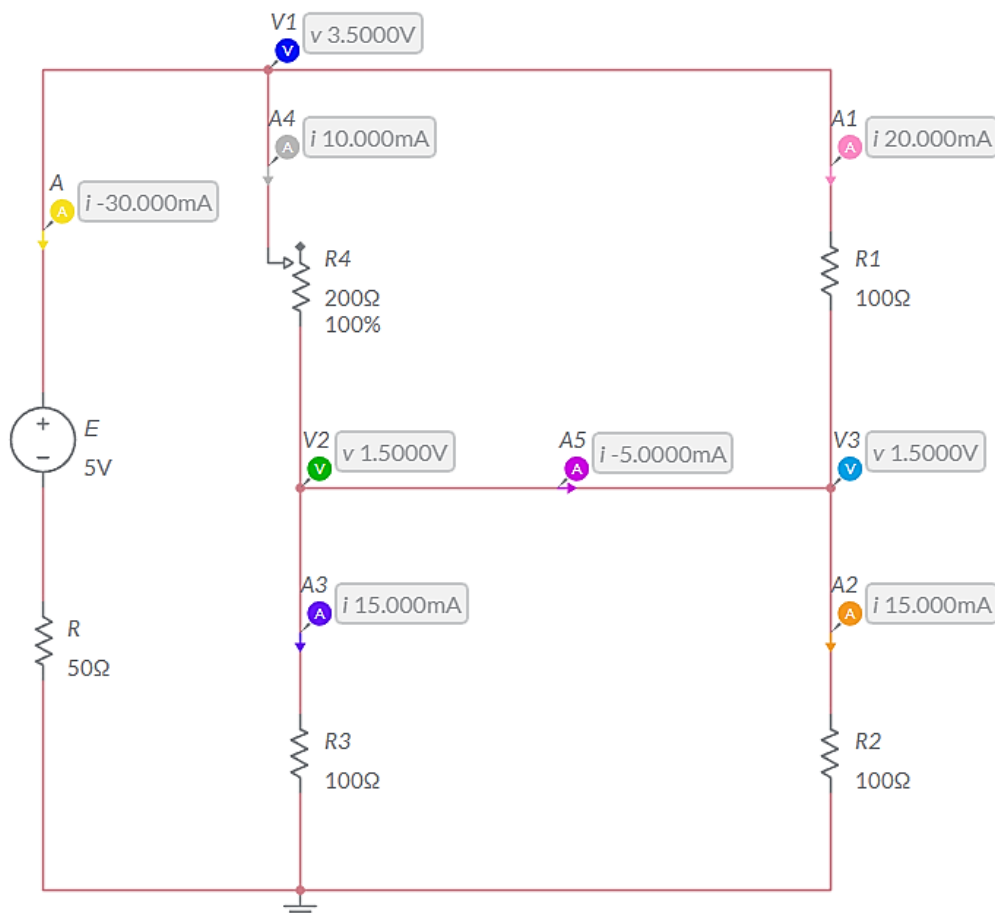


Рисунок 8. Неуравновешенный измерительный мост:

$R_4 \approx 200 \text{ Ом}$ — движок потенциометра в положении 100%

$I_1 = 20 \text{ мА}$ — ток питания тензорезистора (показание A1)

$I_5 = 5 \text{ мА}$ — ток в измерительной диагонали (показание A5)

Вывод: изменяя сопротивление потенциометра в диапазоне от 0 до 200 Ом (от 0 до 100%) и наблюдая за показаниями виртуальных приборов (ток питания тензорезистора типа 2ФКП-3-100 не должен превышать 25 мА), студенты изучат поведение измерительного моста и сумеют сбалансировать его.

Результат третьего опыта — симуляция работы тензометрической аппаратуры в программной среде Multisim Live (рис. 9, 10).

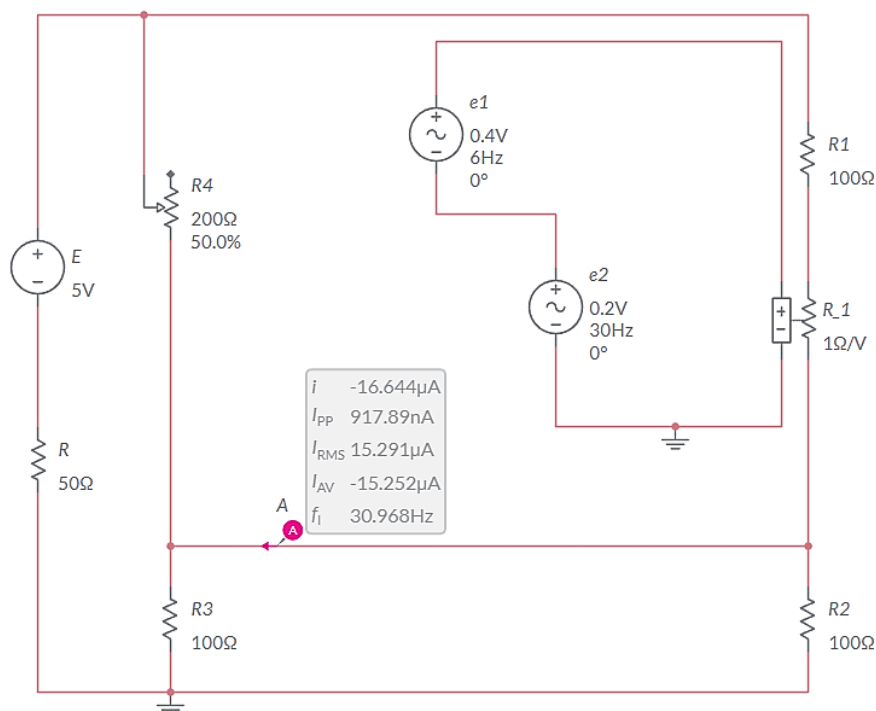


Рисунок 9. Виртуальная тензометрическая аппаратура

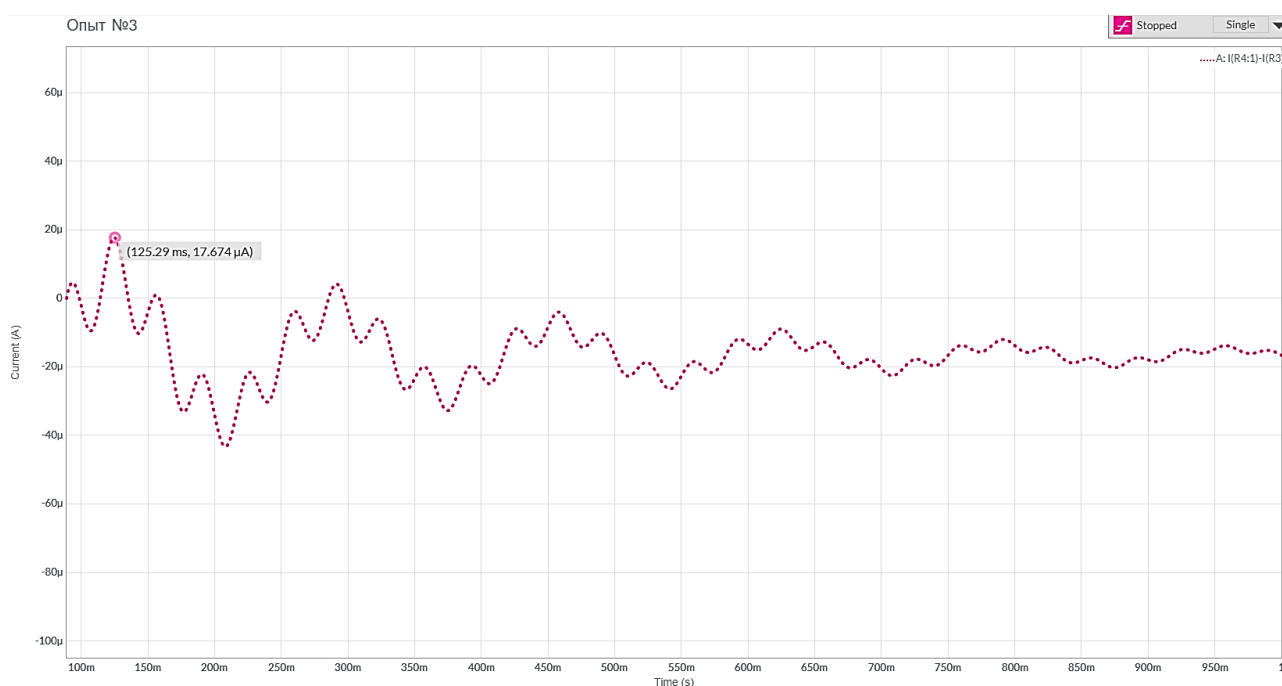


Рисунок 10. Показание виртуального амперметра A

Заключение

Доклад на тему «Симуляция тензорезистивного метода исследования динамических нагрузок электропривода механизма передвижения козлового крана», оформленный в виде мультимедийной презентации PowerPoint, может быть заслушан во время проведения конференции «Студенческая научная весна» на факультете ФН «Фундаментальные науки».

Список литературы:

1. Иванченко Ф.К., Красношапка В.А. Динамика металлургических машин. — Москва: Металлургия, 1983. — 295 с.
2. Шушкевич В.А. Основы электротензометрии. — Минск: Высшая школа, 1975. — 352 с.
3. Борисов Ю.М., Липатов Д.Н., Зорин Ю.Н. Электротехника. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2012. — 592 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.
3. Borisov Yu.M., Lipatov D.N., Zorin Yu.N. Electrical Engineering. — St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2012. — 592 p.