

УДК 621.771

**АНАЛОГОВАЯ СИМУЛЯЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕНЗОМЕТРИРОВАНИЯ
ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА
ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ТЕЛЕЖКИ КОЗЛОВОГО КРАНА****Андрей Анатольевич Мальцев**доцент 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-tarassenko@yandex.ru**Аннотация**

В этой статье рассмотрены ключевые этапы и перспективы предполагаемой научно-исследовательской работы студентов (НИРС) на тему «Аналоговая симуляция электротензометрирования динамических нагрузок электропривода механизма передвижения тележки козлового крана».

Ключевые слова: электропривод, тензометрия, металлургия, козловый кран.

**SIMULATION OF A STRAIN-RESISTIVE METHOD FOR STUDYING
DYNAMIC LOADS OF AN ELECTRIC DRIVE OF A GANTRY CRANE
MOVEMENT MECHANISM****Andrey A. Maltsev**associate 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-tarassenko@yandex.ru

ABSTRACT

This article discusses the key stages and prospects of the proposed re-search work of students on the topic "Analog simulation of electrotensiometry of dynamic loads of the electric drive of the mechanism of movement of the gantry crane trolley".

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

Актуальность исследования обусловлена высокой степенью важности анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) деталей металлургических подъемно-транспортных машин.

Цель исследования – развитие у студентов профессиональной компетенции с формулировкой «Способность использовать современные методы моделирования, исследования и расчетов технологических комплексов в металлургическом производстве» по специальности «Проектирование технологических машин и комплексов».

Задача исследования – вовлечение студентов в различные формы НИРС.

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

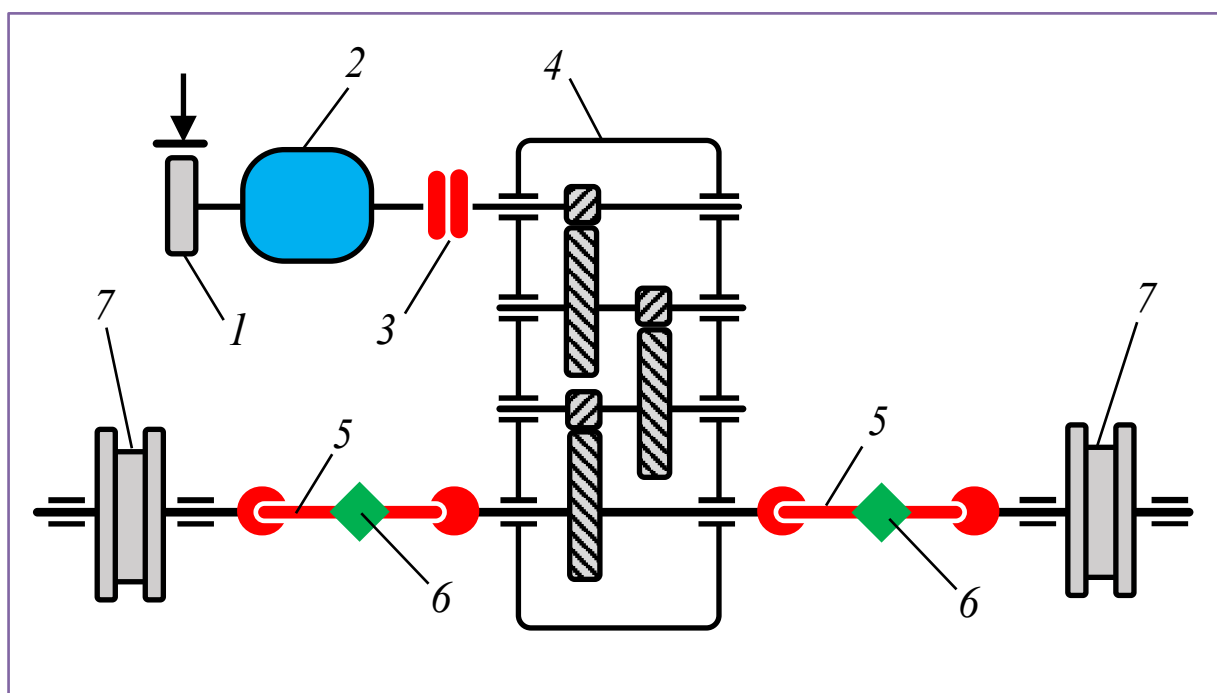


Рисунок 1. Кинематическая схема электропривода:

- 1 – тормоз;
- 2 – асинхронный электродвигатель;
- 3 – муфта;
- 4 – трехступенчатый редуктор;
- 5 – трансмиссионный вал;
- 6 – тензометрический полумост;
- 7 – ходовое колесо

Предмет исследования – НДС валов электропривода при кручении.

Материалы исследования – осциллограммы моментов сил упругости, действующих в трансмиссионных валах электропривода (рис. 2).

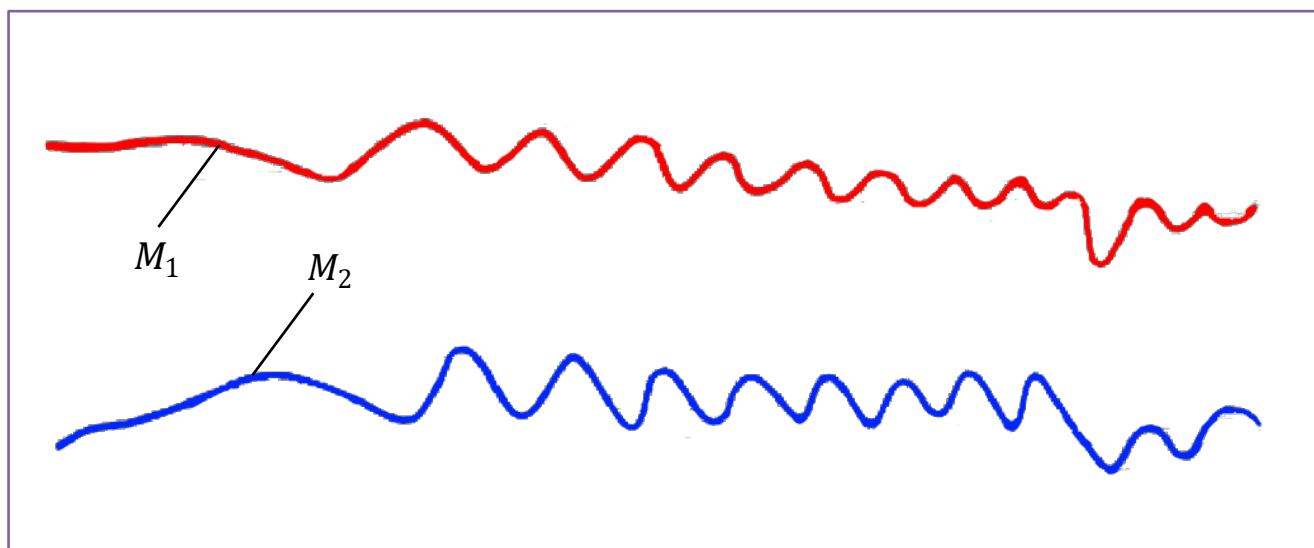


Рисунок 2. Осциллограммы нагрузок [1]:

M_1 – упругий момент первого трансмиссионного вала;

M_2 – упругий момент второго трансмиссионного вала

Метод исследования – электротензометрический (рис. 3).

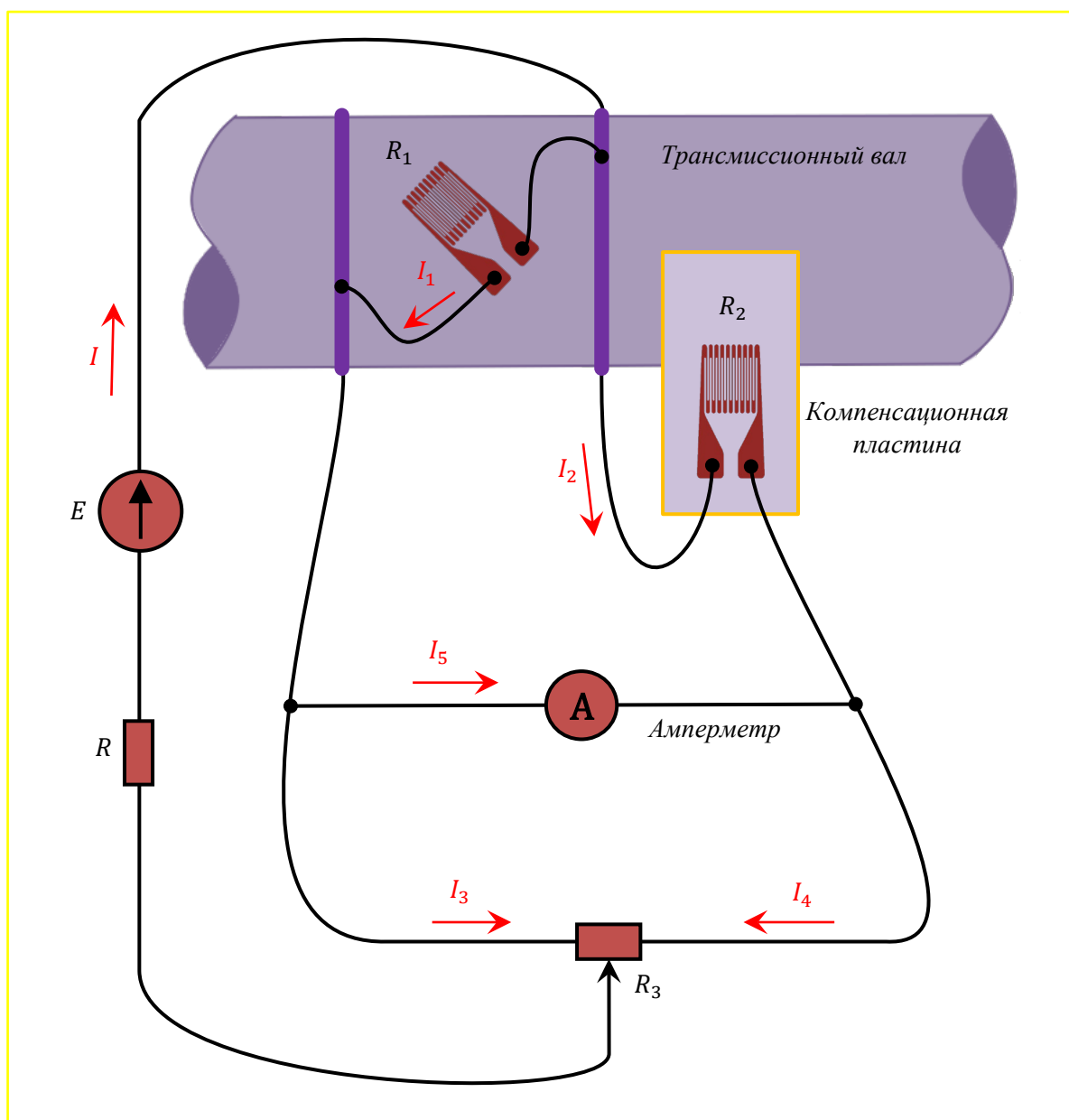


Рисунок 3. Схема тензометрического полумоста [2, 3]:

E – источник постоянной ЭДС;

R – балластное сопротивление;

R_1 – рабочий тензорезистор;

R_2 – компенсационный тензорезистор;

R_3 – потенциометр;

$I, I_1, I_2, I_3, I_4, I_5$ – токи

Фольговые константановые одноосевые тензорезисторы общего назначения предназначены для измерения упругих деформаций в деталях машин и конструкций при статических и динамических нагрузках (табл. 1).

Таблица 1

Технические характеристики тензорезисторов

Вариант	Тип	Размеры, мм	Номинальная база, мм	Номинальное сопротивление, Ом

1	2ФКП-1-50	5,5 × 6,6	1	50
2	2ФКП-3-100	5,7 × 8,5	3	100
3	2ФКП-3-400	5,7 × 9,8	3	400
4	2ФКП-5-100	4,7 × 10,0	5	100
5	2ФКП-5-200	5,0 × 11,0	5	200
6	2ФКП-5-350	5,2 × 10,7	5	350
7	2ФКП-5-400	5,0 × 11,0	5	400
8	2ФКП-5-700	5,8 × 10,7	5	700
9	2ФКП-10-100	3,7 × 15,0	10	100
10	2ФКП-10-120	4,0 × 15,0	10	120
11	2ФКП-10-200	7,7 × 22,0	10	200
12	2ФКП-10-400	5,4 × 15,0	10	400
13	2ФКП-15-200	4,4 × 20,0	15	200
14	2ФКП-15-400	5,8 × 20,0	15	400
15	2ФКП-20-200	4,7 × 25,0	20	200
16	2ФКП-20-400	4,7 × 25,0	20	400
17	2ФКП-30-120	5,2 × 37,0	30	120
18	2ФКП-60-120	3,0 × 65,0	60	120

Ток питания для всех тензорезисторов типа 2ФКП (см. табл. 1) – не более 25 мА, диапазон измеряемых деформаций не превышает ± 3000 мкм/м, диапазон рабочих температур находится в пределах $-50 \dots + 70$ °С.

При кручении трансмиссионного вала максимальные деформации растяжения и сжатия возникают на его поверхности вдоль винтовых линий, расположенных под углом 45° , поэтому рабочий тензорезистор должен быть наклеен под углом 45° к оси вала.

Если в качестве рабочего тензорезистора студенты выберут константовый тензорезистор типа 2ФКП-1-50, номинальное электрическое сопротивление которого (сопротивление в недеформированном состоянии) равно 50 Ом, то в качестве компенсационного ими должен быть выбран тензорезистор обязательно того же типа (2ФКП-1-50).

Коэффициент тензочувствительности константана $S \approx 2$, а предельно допустимая относительная деформация тензорезистора типа 2ФКП-1-50 при его растяжении-сжатии составляет $\varepsilon = \pm 3000$ мкм/м, поэтому электрическое сопротивление рабочего тензорезистора типа 2ФКП-1-50 изменяется при деформации растяжения-сжатия на незначительную величину:

$$R_1 = 50 \pm \Delta R_1 = 50 \pm 50 S \varepsilon = 50 \pm 0,3 \text{ Ом}.$$

Результат первого опыта – исследование неуравновешенного тензометрического полумоста – движок потенциометра установлен в крайнем левом положении (рис. 4).

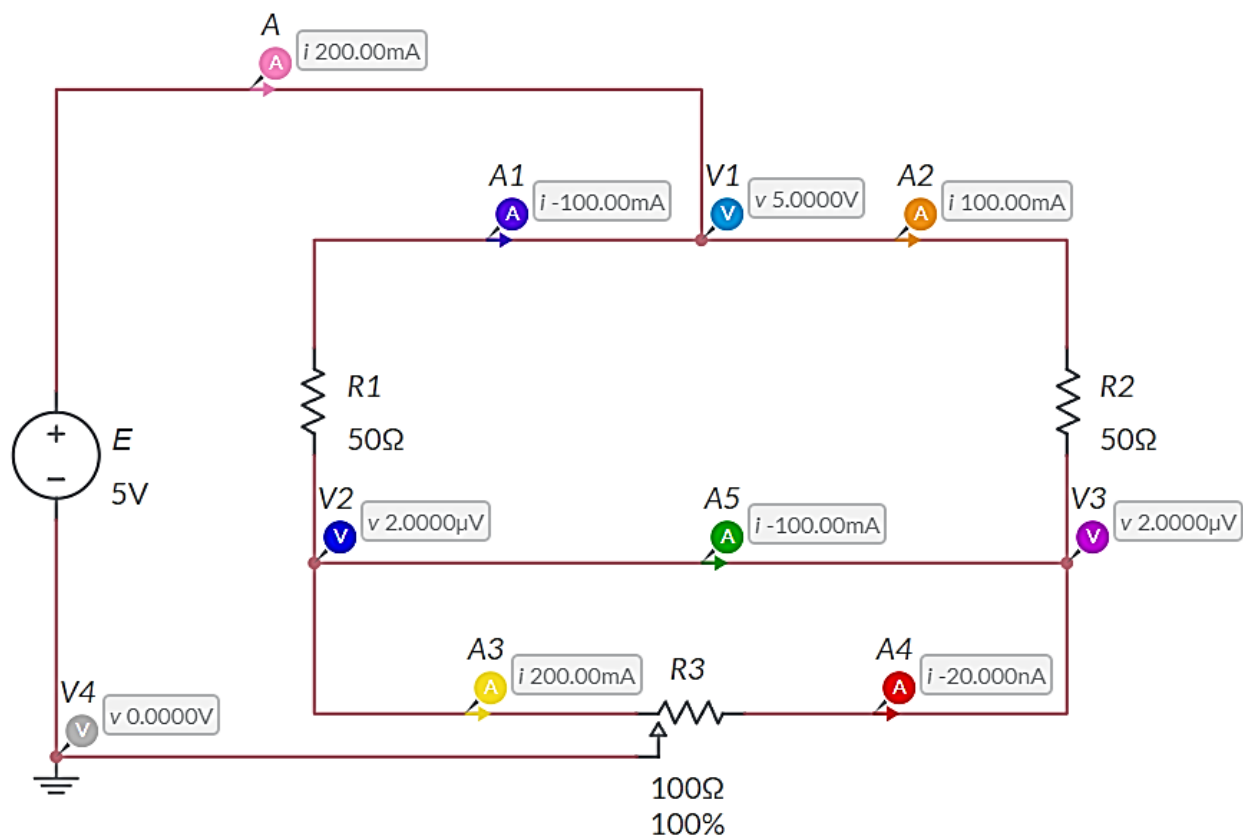


Рисунок 4. Схема в программной среде Multisim Live:
 движок потенциометра R3 установлен на уровне 100%;
 A, A1, A2, A3, A4, A5 – амперметры;
 V1, V2, V3, V4 – вольтметры

Вывод: тензорезисторы R1 и R2 типа 2ФКП-1-50 выйдут из строя, поскольку через них пройдет ток (100 мА), превышающий предельно допустимый ток питания (25 мА).

Результат второго опыта – исследование неуравновешенного тензометрического полумоста – движок потенциометра установлен в крайнем правом положении (рис. 5).

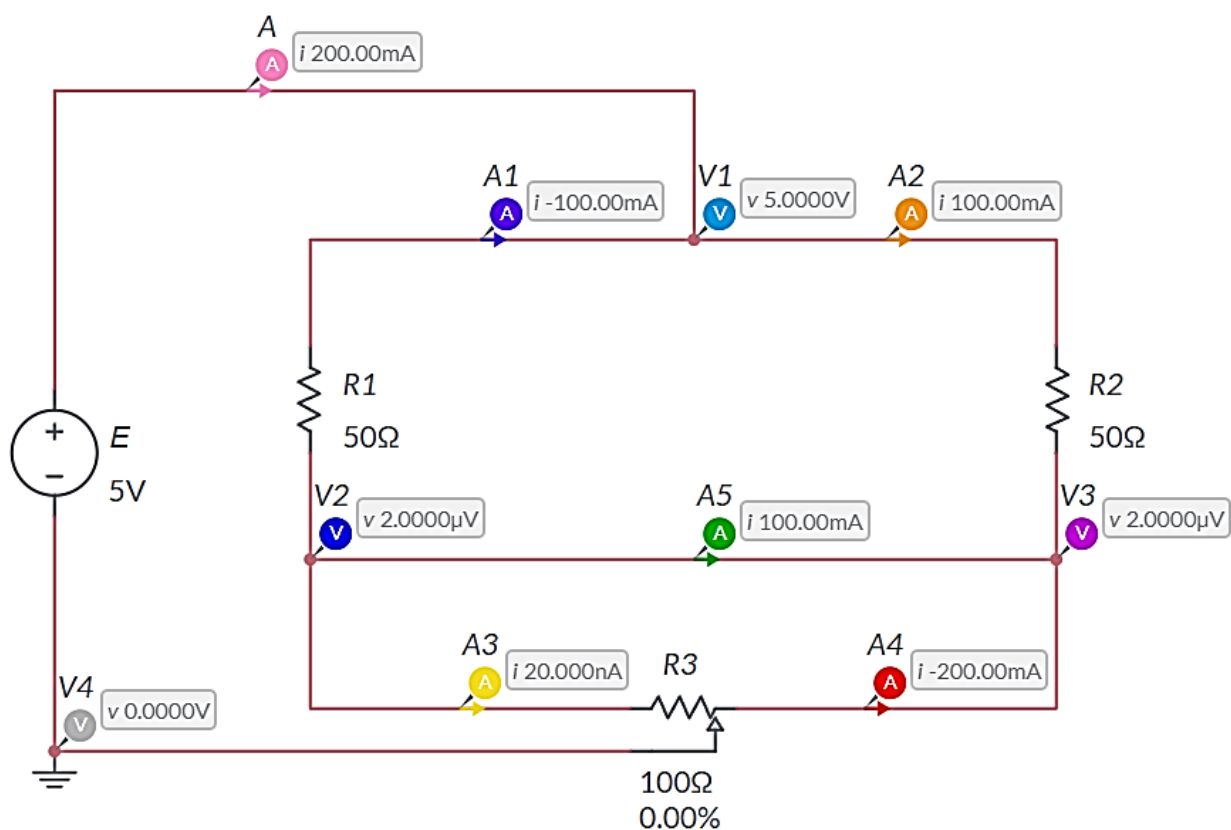


Рисунок 5. Схема в программной среде Multisim Live: движок потенциометра $R3$ установлен на уровне 0%; A , $A1$, $A2$, $A3$, $A4$, $A5$ – амперметры; $V1$, $V2$, $V3$, $V4$ – вольтметры

Вывод: тензорезисторы $R1$ и $R2$ типа 2ФКП-1-50 выйдут из строя, поскольку через них пройдет ток (100 мА), превышающий предельно допустимый ток питания (25 мА).

Результат третьего опыта – исследование неуравновешенного тензометрического полумоста – движок потенциометра установлен в крайнем левом положении и добавлено балластное сопротивление (рис. 6).

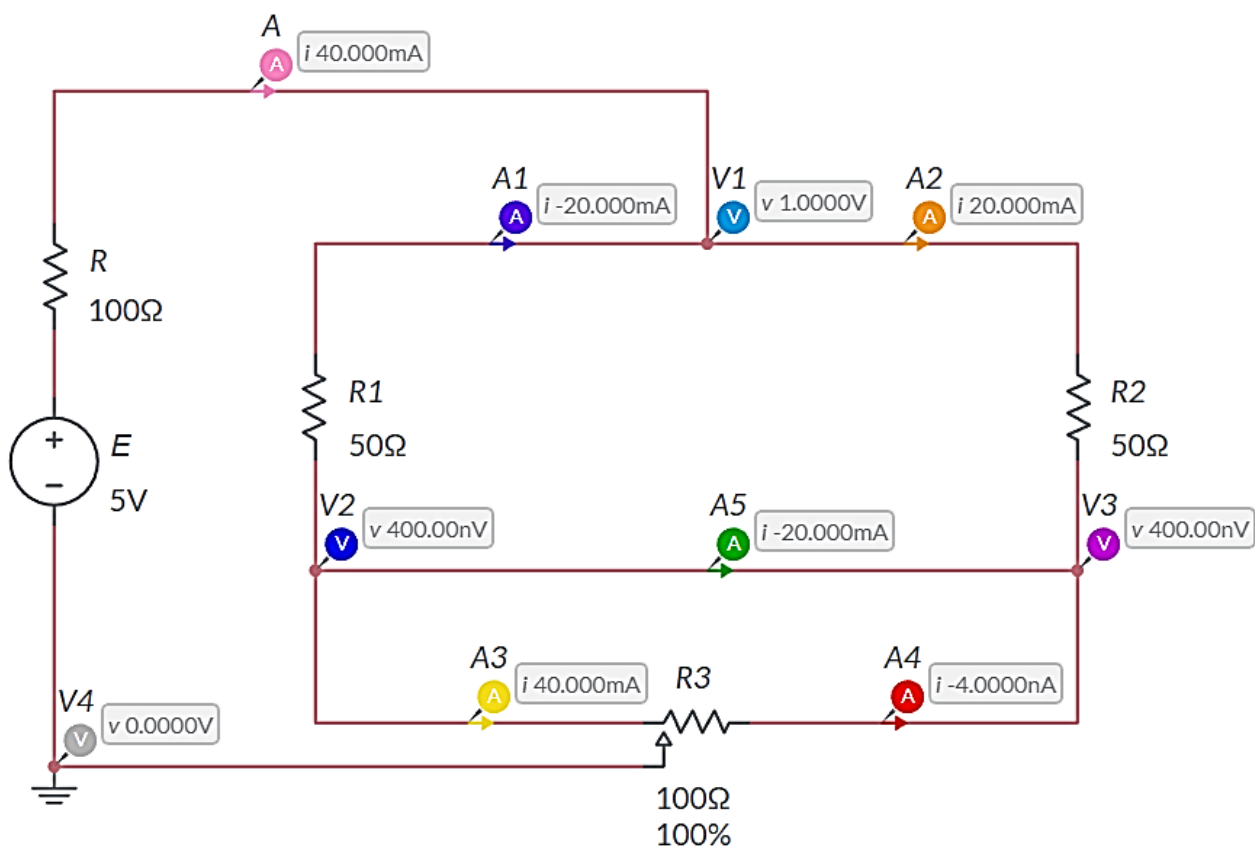


Рисунок 6. Схема в программной среде Multisim Live:
 добавлено балластное сопротивление R ;
 движок потенциометра R_3 установлен на уровне 100%;
 $A, A1, A2, A3, A4, A5$ – амперметры;
 $V1, V2, V3, V4$ – вольтметры

Вывод: тензометрический полумост работоспособен.

Результат четвертого опыта – исследование неуравновешенного тензометрического полумоста – движок потенциометра установлен в крайнем правом положении и добавлено балластное сопротивление (рис. 7).

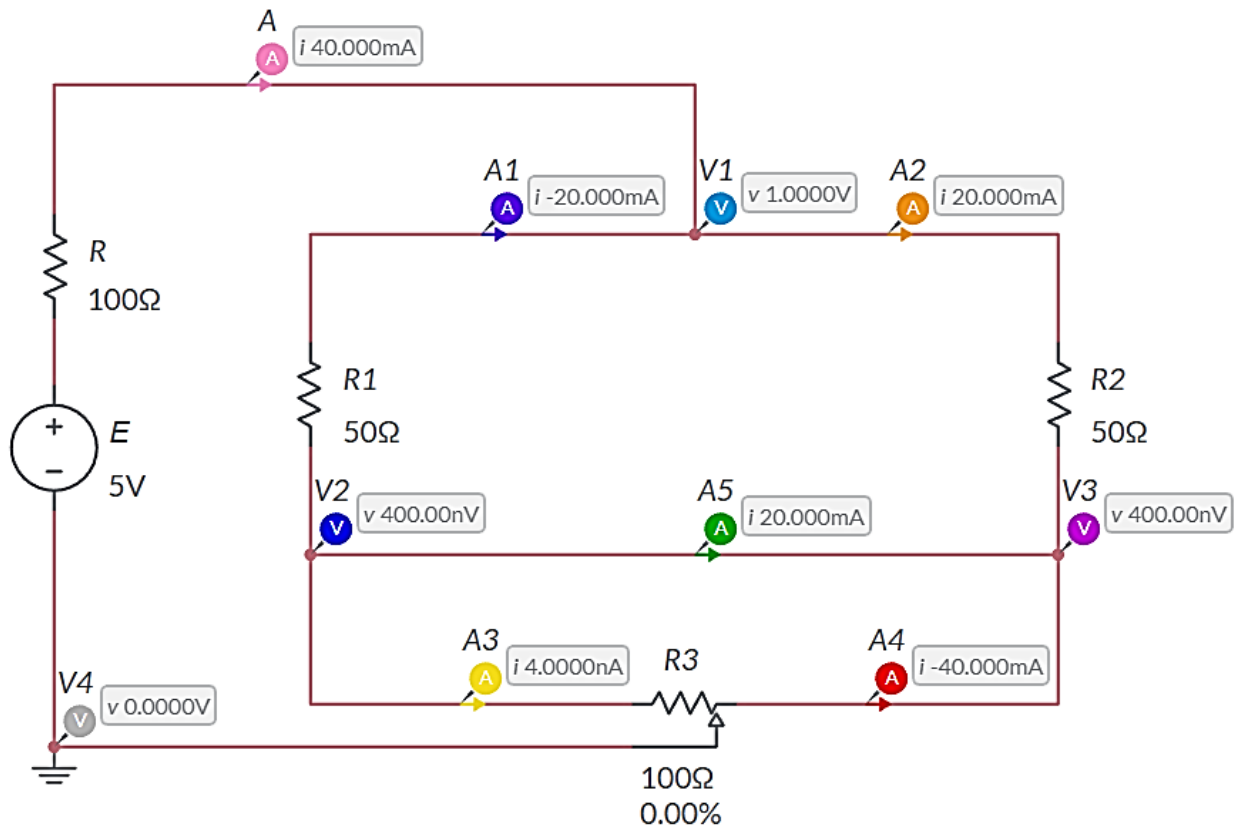


Рисунок 7. Схема в программной среде Multisim Live: добавлено балластное сопротивление R ; движок потенциометра $R3$ установлен на уровне 0%; A , $A1$, $A2$, $A3$, $A4$, $A5$ – амперметры; $V1$, $V2$, $V3$, $V4$ – вольтметры

Вывод: тензометрический полумост работоспособен.

Результат пятого опыта – исследование неуравновешенного тензометрического полумоста – уменьшено напряжение источника питания (рис. 8).

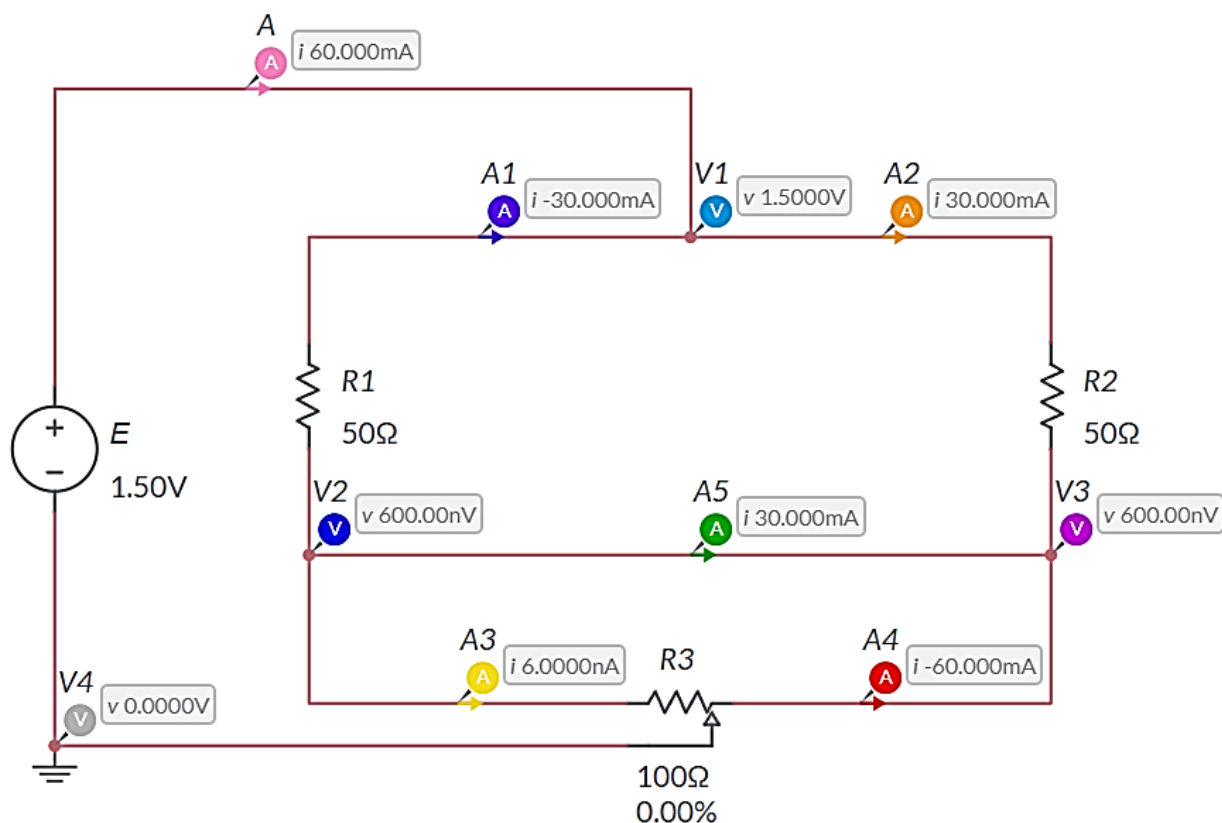


Рисунок 8. Схема в программной среде Multisim Live:

ЭДС источника питания уменьшена до 1,5 В;

A , A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 – амперметры;

V_1 , V_2 , V_3 , V_4 – вольтметры

Вывод: тензорезисторы R_1 и R_2 типа 2ФКП-1-50 выйдут из строя, поскольку через них пройдет ток (30 мА), превышающий предельно допустимый ток питания (25 мА).

Результат шестого опыта – исследование неуравновешенного тензометрического полумоста – уменьшено напряжение источника питания и добавлено балластное сопротивление (рис. 9).

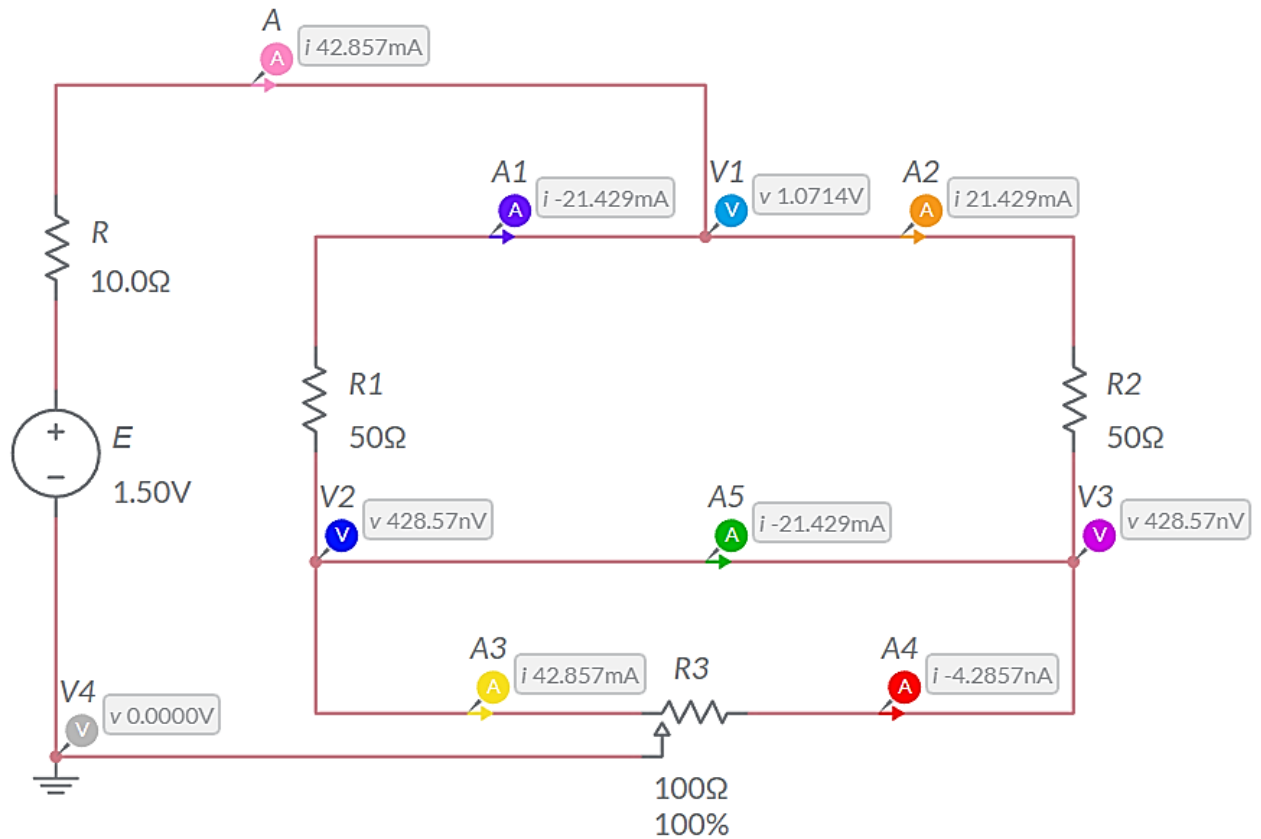


Рисунок 9. Схема в программной среде Multisim Live:
 ЭДС источника питания уменьшена до 1,5 В;
 добавлено балластное сопротивление R ;
 $A, A1, A2, A3, A4, A5$ – амперметры;
 $V1, V2, V3, V4$ – вольтметры

Вывод: тензометрический полумост работоспособен.

Результат седьмого опыта – исследование сбалансированного тензометрического полумоста – движок установлен посередине потенциометра (рис. 10).

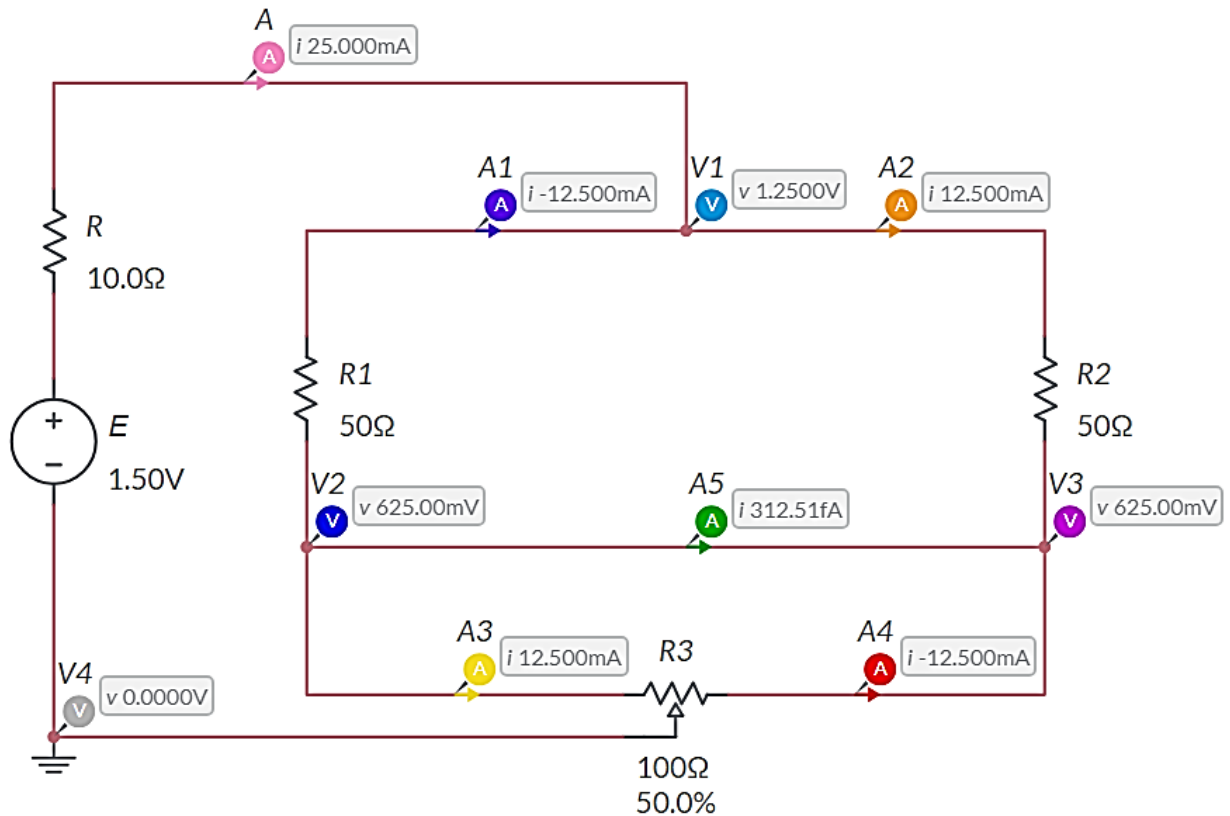


Рисунок 10. Схема в программной среде Multisim Live:
 движок потенциометра R3 установлен на уровне 50%;
 A, A1, A2, A3, A4, A5 – амперметры;
 V1, V2, V3, V4 – вольтметры

Вывод: тензометрический полумост работоспособен.

Результат восьмого опыта – исследование сбалансированного тензометрического полумоста – имитация аналогового сигнала рабочего тензорезистора: $R_1 = 50 \pm \Delta R_1 = 50 \pm 0,3 \text{ Ом}$ (рис. 11, 12).

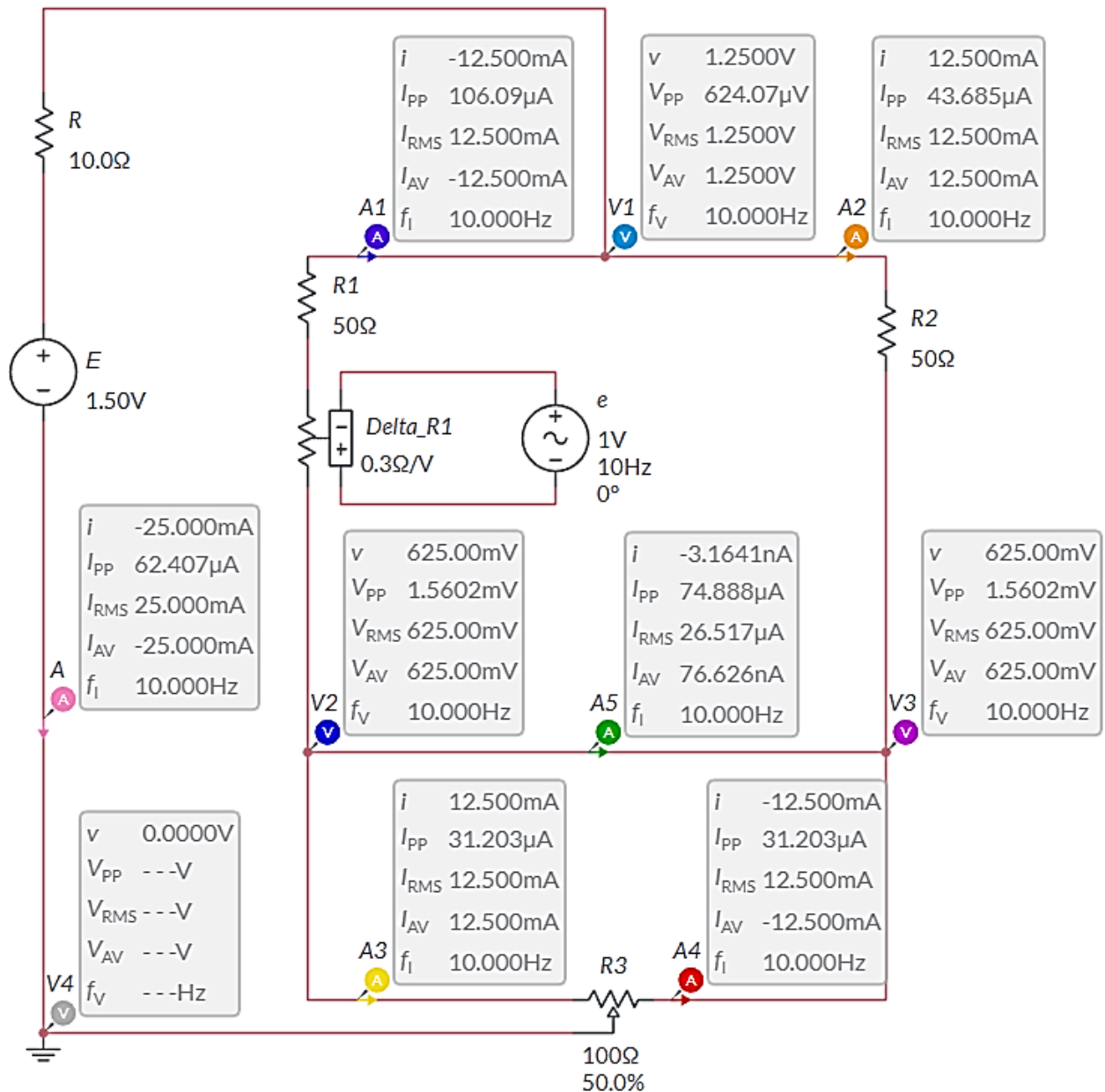


Рисунок 11. Схема в программной среде Multisim Live:

Delta_R1 – резистор, управляемый напряжением источника e;

A, A1, A2, A3, A4, A5 – амперметры;

V1, V2, V3, V4 – вольтметры

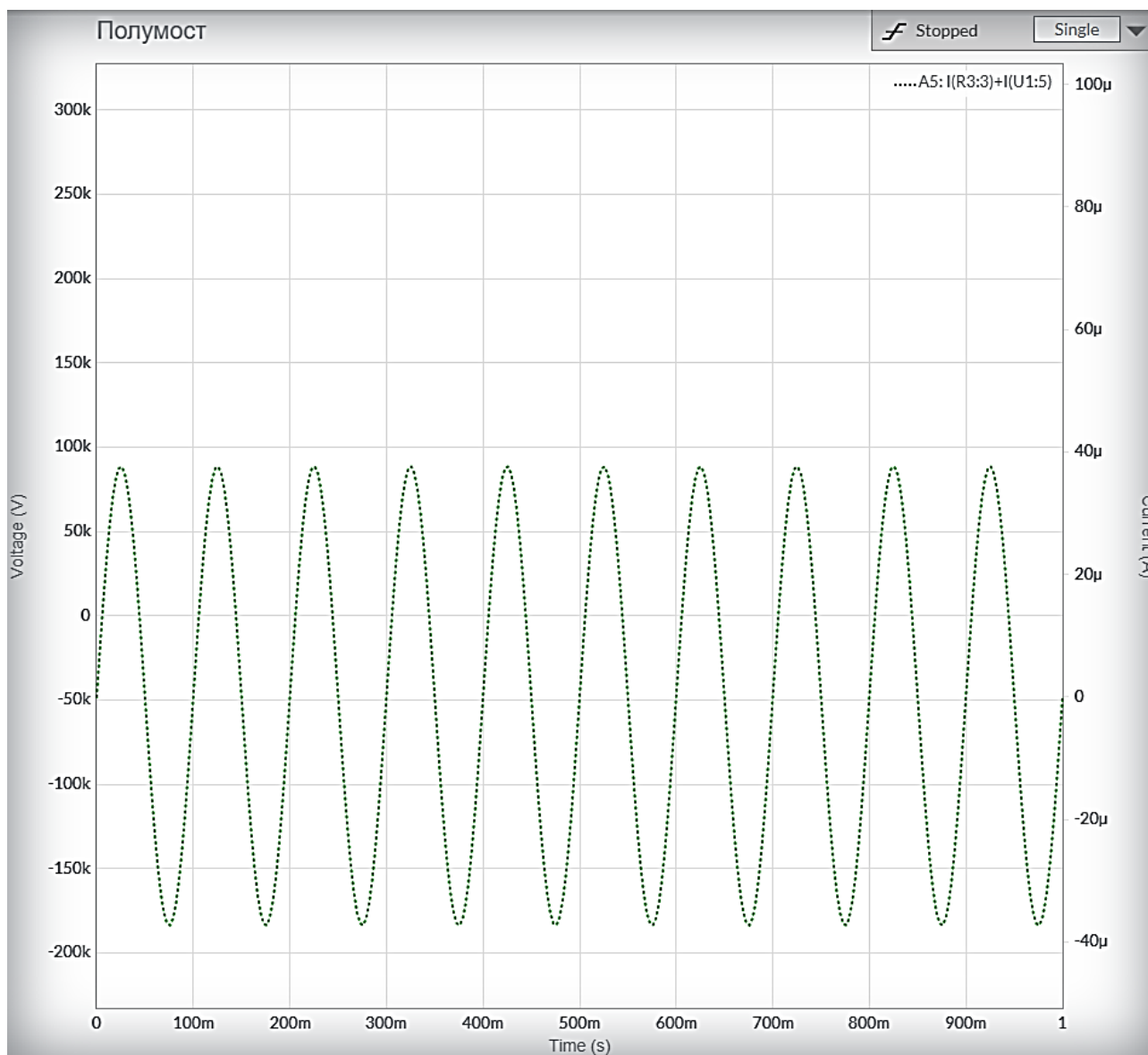


Рисунок 12. Показания виртуального амперметра А5

Вывод: тензометрический полумост работоспособен.

Заключение

Доклад студентов МГТУ имени Н.Э. Баумана кафедры «Оборудование и технологии прокатки» факультета «Машиностроительные технологии» на тему «Аналоговая симуляция электротензометрирования динамических нагрузок электропривода механизма передвижения тележки козлового крана», оформленный в виде мультимедийной презентации, может быть заслушан во время проведения конференции «Студенческая научная весна» на кафедре «Электротехника и промышленная электроника» факультета «Фундаментальные науки».

Список литературы:

1. Иванченко Ф.К., Красношапка В.А. Динамика металлургических машин. – Москва: Металлургия, 1983. – 295 с.
2. Макаров Р.А., Ренский А.Б., Боркунский Г.Х., Этингф М.И. Тензометрия в машиностроении. Справочное пособие. – Москва: Машиностроение, 1975. – 288 с.

3. Шушкевич В.А. Основы электротензометрии. – Минск: Высшэйшая школа, 1975. – 352 с.

References:

1. Ivanchenko F.K., Krasnoshapka V.A. Dynamics of metallurgical machines. – Moscow: Metallurgy, 1983. – 295 p.
2. Makarov R.A., Rensky A.B., Borkunsky G.H., Etingof M.I. Tensometry in mechanical engineering. Reference manual. – Moscow: Mashinostroenie, 1975. – 288 p.
3. Shushkevich V.A. Fundamentals of electrotensiometry. – Minsk: Higher School, 1975. – 352 p