



Министерство цифрового развития, связи
и массовых коммуникаций Российской Федерации
Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»
Волго-Вятский филиал

Кафедра инфокоммуникационных и профессиональных дисциплин

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
по учебной дисциплине
«Теоретические основы электротехники»

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЛИНЕЙНЫХ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

Выполнил студент гр. БИНз-19

_____ Петров А.П.

Принял доцент кафедры ИКиПД

_____ Зорина Л.Б.

_____ 2022 г.

г. Нижний Новгород
2022 г.

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЛИНЕЙНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы: Изучение свойств линейных цепей, освоение методики экспериментального исследования этих свойств в режиме постоянных токов посредством компьютерного анализа и методики обработки результатов эксперимента.

1. Свойства линейной электрической цепи

Линейной считается электрическая цепь, в которой структура цепи и величины всех сопротивлений остаются неизменными при любых режимах работы (при любых величинах токов в ветвях).

Уравнения, составленные для такой цепи на основе законов Кирхгофа, имеют постоянные коэффициенты, определяемые структурой цепи и параметрами элементов.

Это обуславливает два замечательных свойства линейных цепей: свойство пропорциональности и свойство аддитивности, называемое также принципом суперпозиции.

Свойство пропорциональности → при изменении величины воздействия на цепь в виде источника ЭДС или источника тока в несколько раз реакция цепи изменяется во столько же раз. Под реакцией подразумевается совокупность токов в ветвях и напряжений на участках цепи.

Свойство аддитивности (принцип суперпозиции) → реакция цепи на сложное воздействие из нескольких составляющих равна сумме реакций цепи на каждую составляющую воздействия в отдельности.

В теории электрических цепей известна «Теорема об эквивалентном генераторе (активном двухполюснике)», которая формулируется так:

«электрическую цепь любой сложности по отношению к выделенной ветви можно представить в виде идеального источника ЭДС (или тока) и внутреннего сопротивления».

На выводах этой теоремы базируется метод расчета режима – метод эквивалентного генератора.

Данная лабораторная работа проводится для экспериментальной проверки проявления указанных свойств в цепях постоянного тока.

Лабораторная работа имеет три раздела:

- исследование проявления свойства пропорциональности;
- исследование проявления свойства аддитивности (принципа суперпозиции);
- исследование свойств эквивалентного генератора и возможности его использования.

2. Описание лабораторной установки и задание к работе

Исследования проводятся в виртуальной лаборатории (на ПЭВМ) с использованием программного комплекта (ПК) *Micro-Cap 12*

На рис. 1 приведена типовая схема цепи постоянного тока.

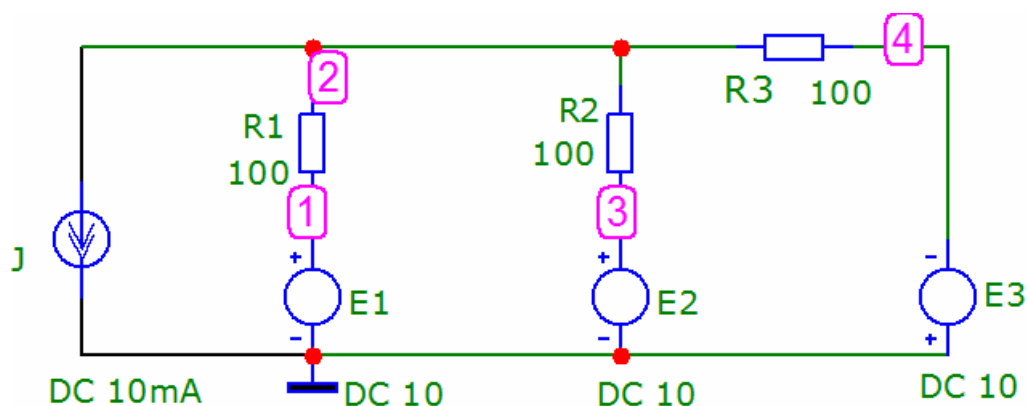


Рис. 1. Типовая схема цепи

Номер индивидуального варианта совпадает с порядковым номером фамилии студента в списке группы. Следовательно, мой вариант № 16а, все исходные данные для которого представлены в табл. 1

Состав цепи, параметры источников и сопротивлений в варианте № 16а

Таблица 1

№ инд. варианта	Источники и сопротивления							
	J, мА	E1, В	E2, В	E3, В	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	N
16а	30	64	—	40	190	240	162	3

N - номер ветви, выделяемой для исследования свойств эквивалентного генератора.

Составляем схему цепи, соответствующую варианту 16а (рис. 2)

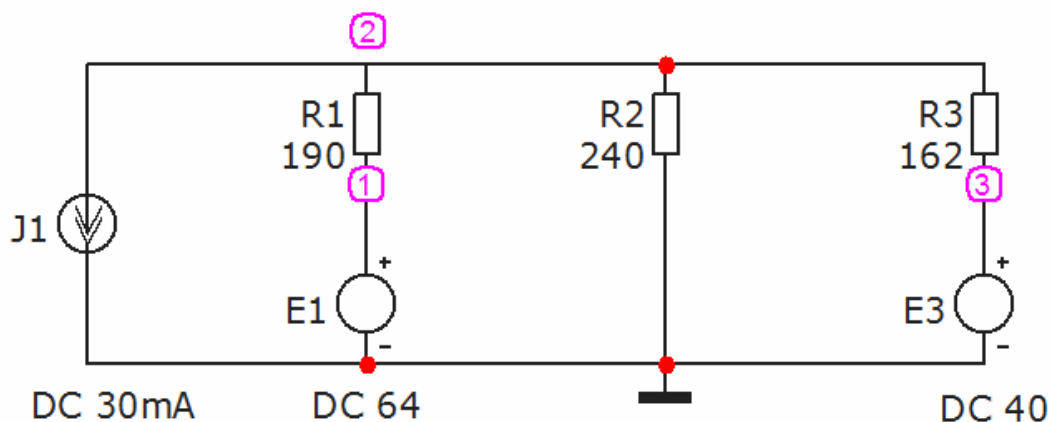


Рис. 2. Схема заданной цепи (вариант № 16а)

После этого приступаем к выполнению разделов исследований.

3. Экспериментальная часть

3.1. Исследование проявления свойства пропорциональности

В цепи оставляем только один источник из заданных, а именно $E3$.

Проводим исследование режимов работы цепи при трех значениях ЭДС этого источника, используя в среде ПК *Micro-Cap 12* режим анализа *Dynamic DC*.

Результаты исследований показаны на рис. 3, рис. 4, рис. 5 и сведены в таблице 2.

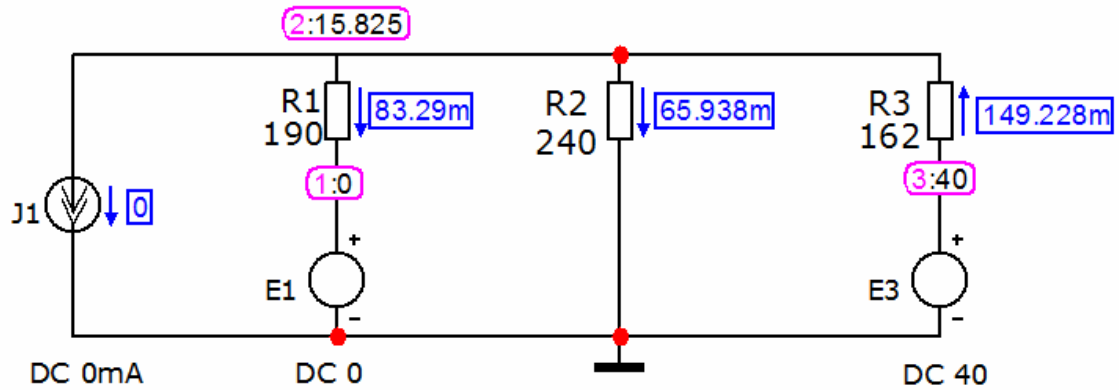


Рис. 3. Режим в цепи (вариант № 16а) при действии одного источника ЭДС $E3=40\text{ В}$

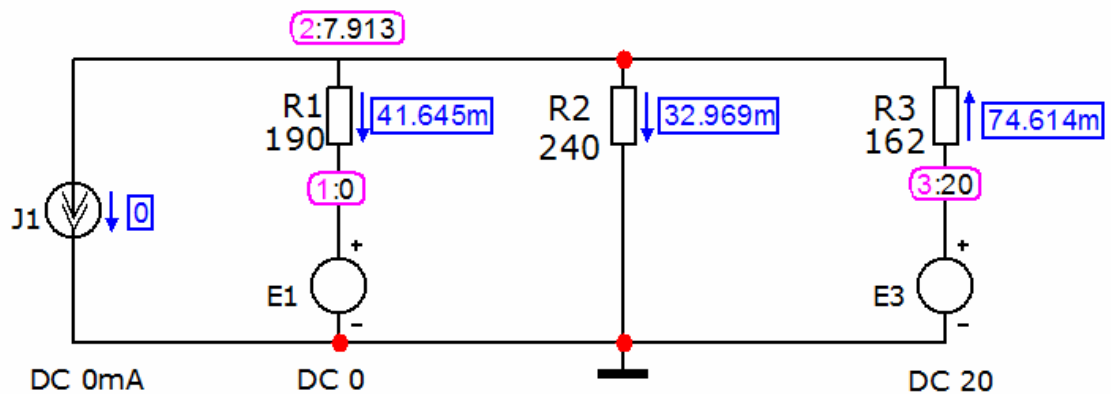


Рис. 4. Режим в цепи (вариант № 16а) при действии одного источника ЭДС $E3=20\text{ В}$

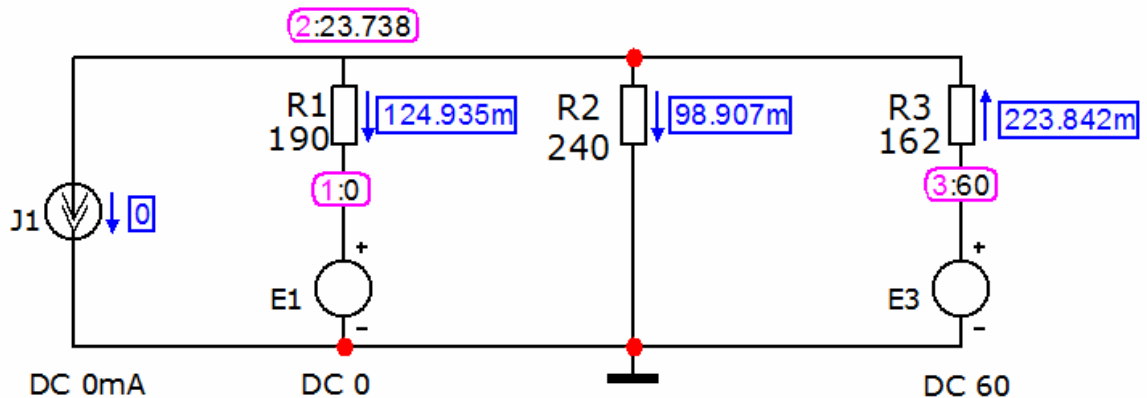


Рис. 5. Режим в цепи (вариант № 16а) при действии одного источника ЭДС $E3=60\text{ В}$

ЭДС источника E3, В	Напряжение узла U2, В	Токи в ветвях		
		I_{R1} , мА	I_{R2} , мА	I_{R3} , мА
40	15,825	83,29	65,938	149,228
20	7,913	41,645	32,969	74,614
60	23,738	124,935	98,907	223,842

Анализ числовых значений токов и напряжений в разных строках таблицы 2 дает возможность сделать вывод: **линейная цепь действительно обладает свойством пропорциональности.**

3.2. Исследование проявления свойства аддитивности (принципа суперпозиции)

Рассматриваем электрическую цепь с тремя заданными источниками (рис. 2).

Выбираем положительные направления токов:

- ♦ вверх - в первой и третьей ветвях;
- ♦ вниз - во второй ветви.

Анализируем режимы в цепи при поочередном воздействии только одного источника, оставляя один и исключая другие посредством обнуления величины ЭДС (у источников типа *Voltage Source*) или тока (у источников типа *Current Source*).

Результаты исследований (рис. 6, рис. 7 и рис. 8) сгруппированы в таблице 3.

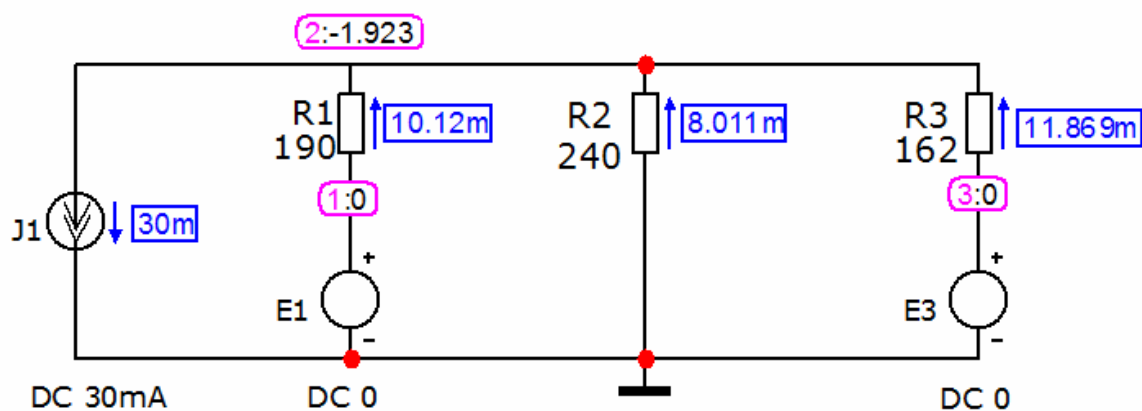


Рис. 6. Режим в цепи (вариант № 16а) при действии только одного источника тока **J1= 30 мА**

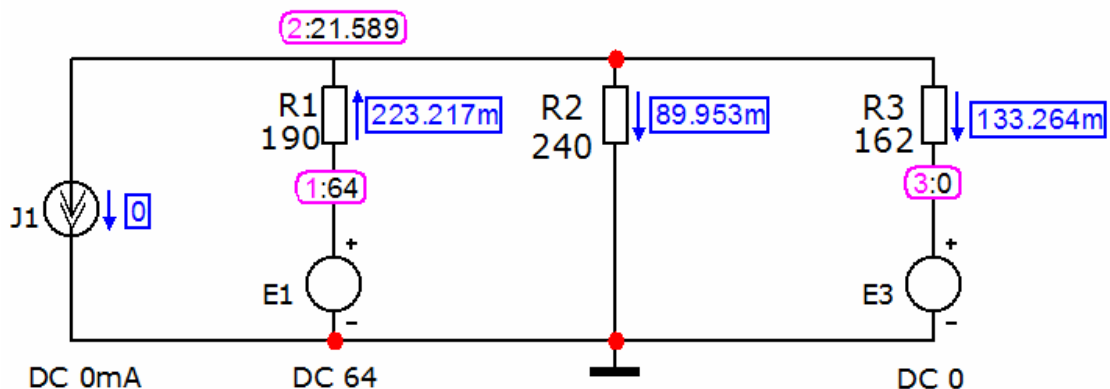


Рис. 7. Режим в цепи (вариант № 16а) при действии только одного источника ЭДС $E1 = 64 \text{ В}$

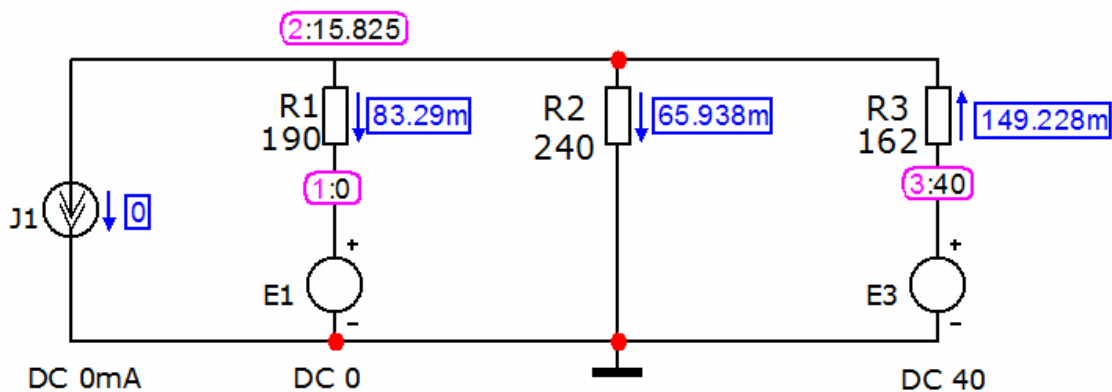


Рис. 8. Режим в цепи (вариант № 16а) при действии одного источника ЭДС $E3 = 40 \text{ В}$

Результаты исследования режимов в цепи (вариант 16а)
при раздельном и совместном действии источников

Таблица 3

Источники			Напряжения узлов, В			Токи в ветвях, мА		
$J1$, мА	$E1$, В	$E3$, В	$U1$, В	$U2$, В	$U3$, В	$IR1$, мА	$IR2$, мА	$IR3$, мА
30	нет	нет	0	-1,923	0	10,12	-8,011	11,869
нет	64	нет	64	21,589	0	223,217	89,953	-133,284
нет	нет	40	0	15,825	40	-83,29	65,938	149,228
Суперпозиция (суммируем значения в предыдущих строках)			64	35,491	40	150,047	147,88	27,833
Совместное действие источников								
30	64	40	64	35,491	40	150,047	147,88	27,833

Анализируем режим в цепи при совместном воздействии всех трех источников. Результат помещаем в нижнюю строку таблицы 3

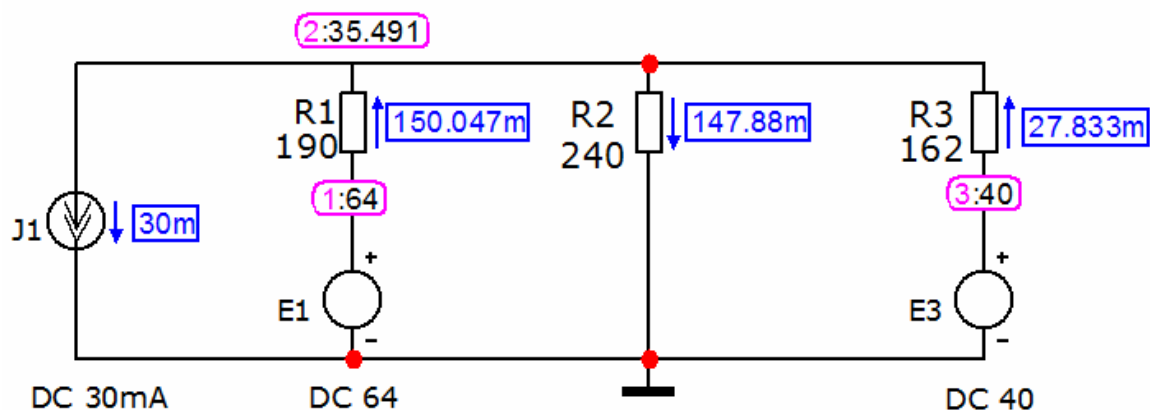


Рис. 9. Режим в цепи (вариант № 16а) при воздействии всех трех источников

Сопоставляя значения токов и напряжений в цепи при совместном действии всех заданных источников с результатами суперпозиции режимов при раздельном воздействии, убеждаемся в **проявлении свойства аддитивности**.

3.3. Исследование свойств эквивалентного генератора и возможности его использования

Исключаем из цепи ветвь с номером "3", оставив на рисунке схемы проводники, соединявшие эту ветвь с остальной частью цепи (рис. 10). Будем использовать их в качестве выводов "a" и "b" активного двухполюсника. Представим его в виде эквивалентного генератора.

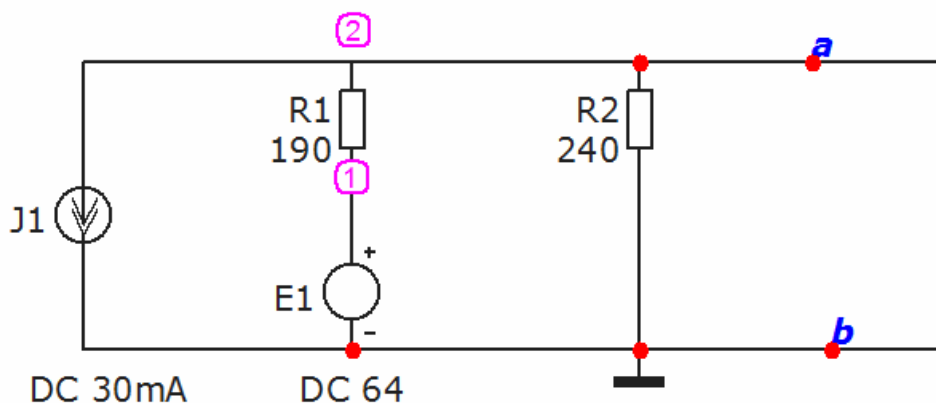


Рис. 10. Схема "Активного двухполюсника" (удалена третья ветвь)

Определим параметры эквивалентного генератора, проведя опыты холостого хода и короткого замыкания.

На рис. 11 представлен режим холостого хода: $U_{ab.xx} = 32.54 \text{ В}$.

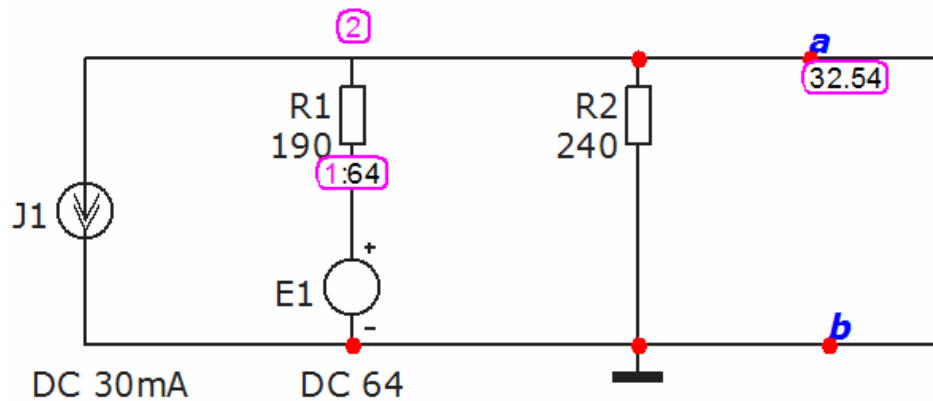


Рис. 11. "Активный двухполюсник" в режиме холостого хода (х.х).
Напряжение $U_{ab_{xx}} = 32,54$ В

Для измерения тока короткого замыкания активного двухполюсника к зажимам **ab** подключаем очень маленькое сопротивление $R4 = 1.0$ мкОм. Это эквивалентно измерению тока амперметром. Режим КЗ представлен на рис. 12: $I_{кз} = 306,842$ мА

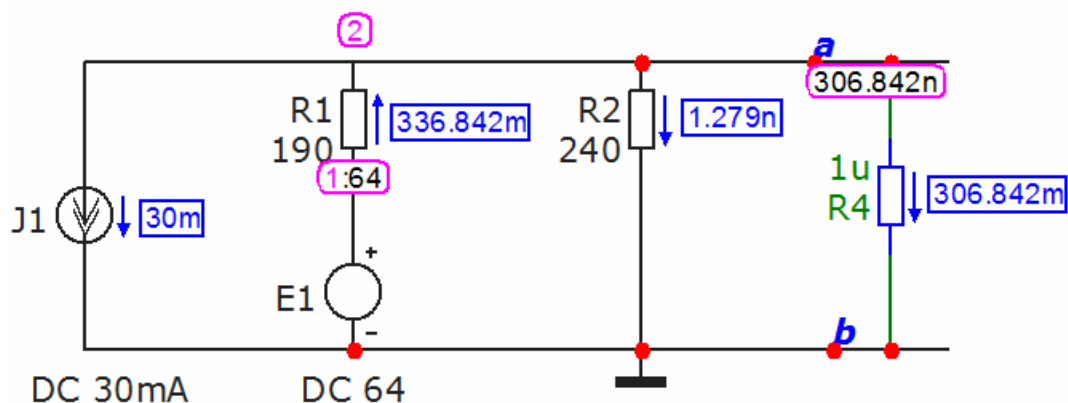


Рис. 12. Режим короткого замыкания (к.з): к зажимам "Активного двухполюсника" подключена перемычка в виде очень маленького сопротивления $R4 = 1$ мкОм.
Ток короткого замыкания $I_{кз} = 306,842$ мА

Учитывая, что ЭДС эквивалентного генератора $E_{ekv} = U_{ab_{xx}} = 32,54$ В, рассчитываем внутреннее сопротивление эквивалентного генератора

$$R_{gen} = \frac{U_{ab_{xx}}}{I_{кз}} = \frac{32,54}{306,842 \cdot 10^{-3}} = 106 \text{ Ом}$$

Составляем эквивалентную цепь, включая эквивалентный генератор с ЭДС E_{ekv} и внутренним сопротивлением R_{gen} последовательно с элементами третьей ветви **E3** и **R3** (рис. 13)

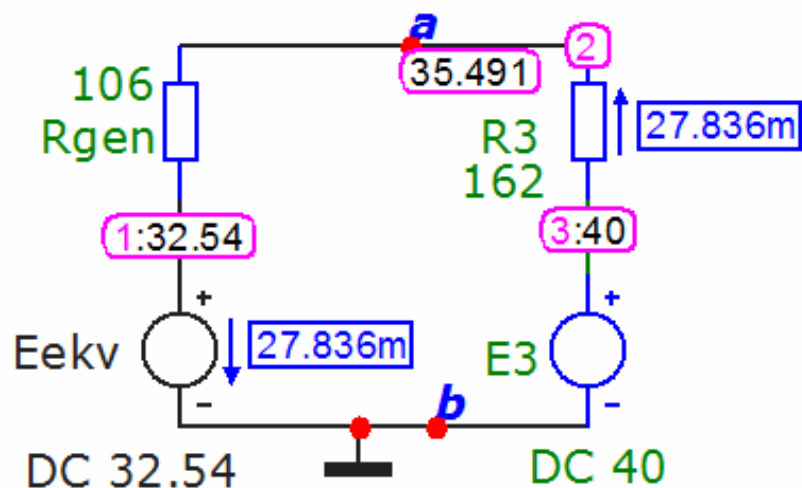


Рис. 13. Режим в третьей ветви при совместной работе с "Эквивалентным генератором"

Сравнивая режим третьей ветви на рис. 13 с режимом этой ветви в полной схеме цепи на рис. 9, убеждается в совпадении значений

тока $I_3 = 27.836 \text{ mA}$ и напряжения $U_2 = U_{ab} = 35.491 \text{ V}$.

Таким образом, утверждение теоремы об эквивалентном генераторе **подтверждено**. Следовательно, метод эквивалентного генератора для расчета режима в одной ветви сложной цепи можно уверенно использовать.

Это заготовки подписей под рисунками:

Рис. 2. Схема цепи по варианту 16а

Рис. 2. Схема цепи по варианту 16а

Рис. 2. Схема цепи по варианту 16а

Рис. 2. Схема цепи по варианту 16а