



Федеральное агентство связи
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

Дисциплины: "Электротехника" и "Основы компьютерного анализа
электрических цепей"

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЛИНЕЙНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Выполнил студент гр. БИН-19

_____ В.А. Довгун

Принял доцент кафедры ИКиПД

_____ М.Г. Тылес

Нижний Новгород
2020



Лабораторная работа № 3
**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЛИНЕЙНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ
ПОСТОЯННОГО ТОКА**

Цель работы: Изучение свойств линейных цепей и 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. Выполнение лабораторной работы

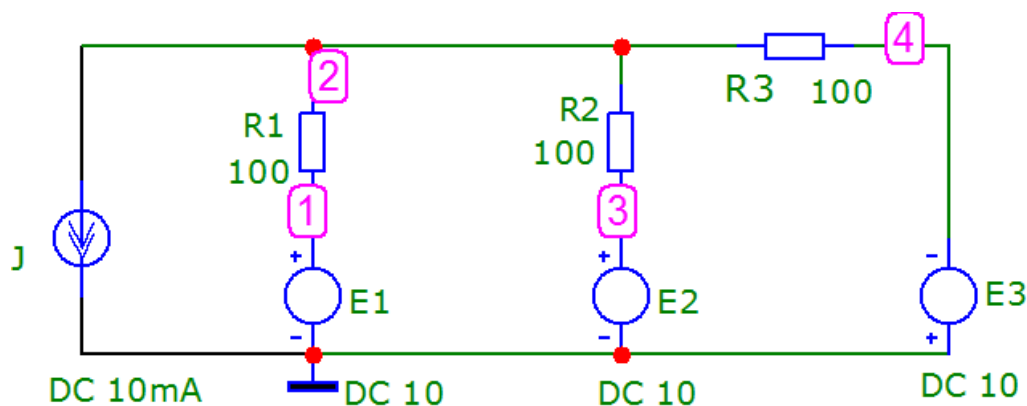


Рис. 1. Типовая схема цепи

Состав цепи, параметры источников и сопротивлений в индивидуальном варианте

Таблица 1

№ инд. варианта	Источники и сопротивления							
	J, мА	E1, В	E2, В	E3, В	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	N
8	25	–	–	70	150	250	340	1

2.1. Исследование проявления свойства пропорциональности

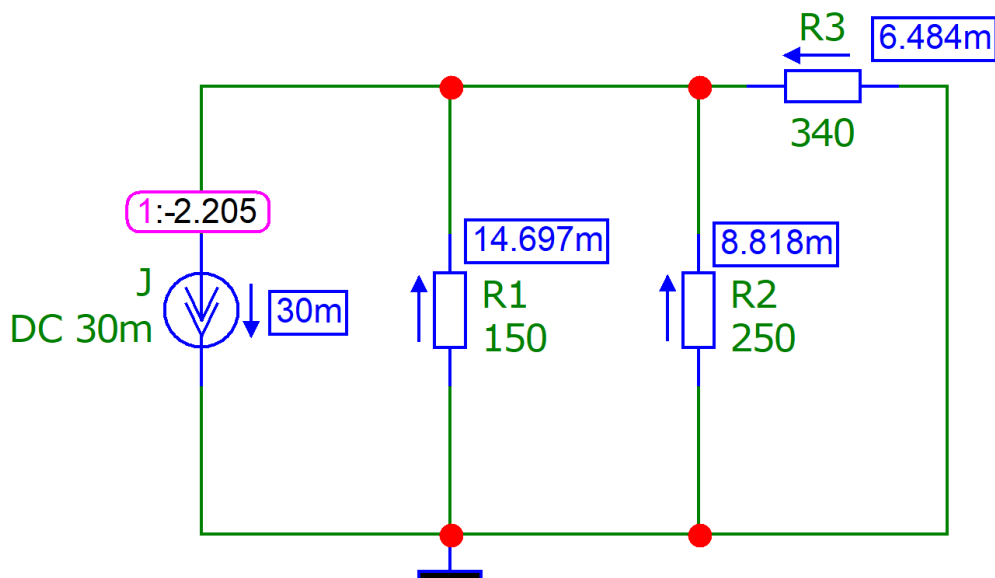


Рис. 2. Режим в цепи с источником тока 30 мА



Федеральное агентство связи
Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»
Волго-Вятский филиал

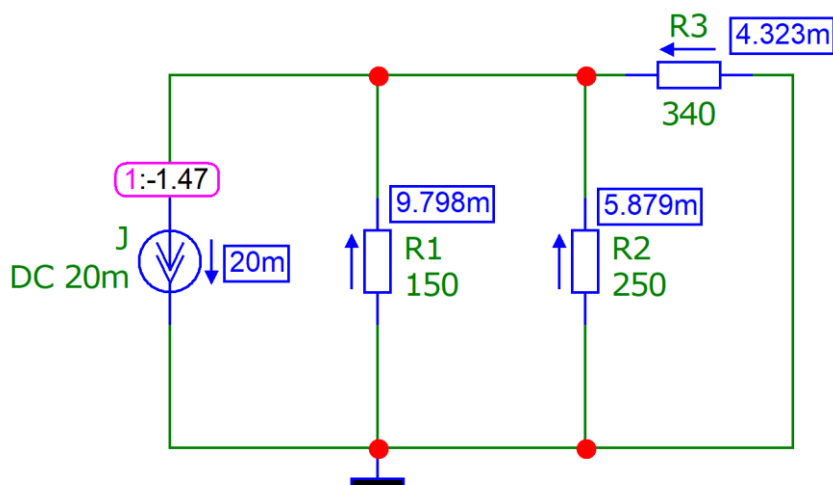


Рис. 3. Режим в цепи с источником тока 20 мА

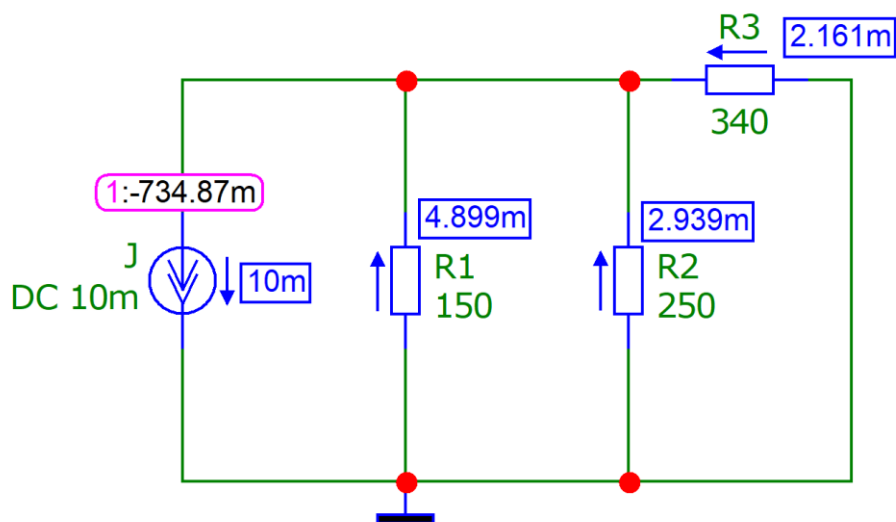


Рис. 4. Режим в цепи с источником тока 10 мА

Таблица 2

Ток источника J, мА	Напряжение узла U1, В	Токи в ветвях, мА		
		I_{R1}	I_{R2}	I_{R3}
30 мА	-2.205 В	14.697 мА	8.818 мА	6.484 мА
20 мА	-1.47 В	9.798 мА	5.879 мА	4.323 мА
10 мА	-734.87 мВ	4.899 мА	2.939 мА	2.161 мА

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



2.2. Исследование проявления свойства аддитивности (принципа суперпозиции)

Рассматриваем электрическую цепь с заданными источниками (рис. 5).

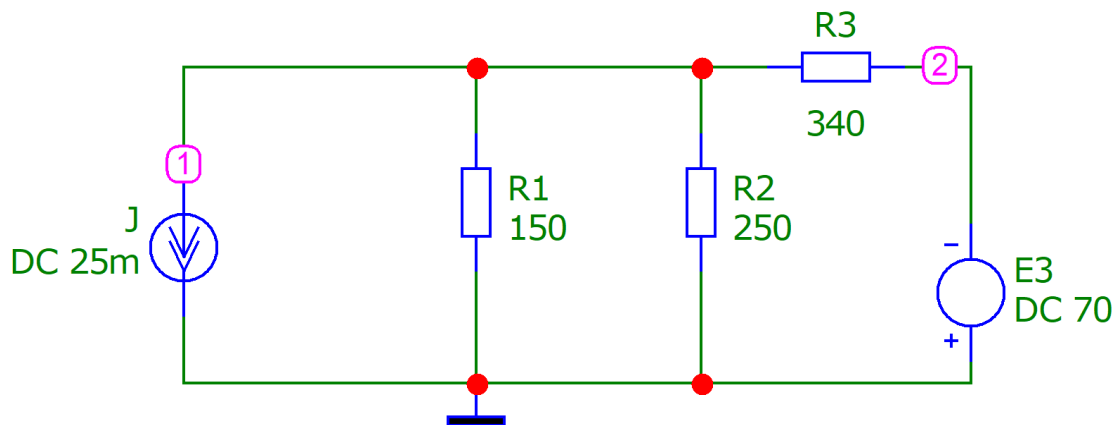


Рис. 5. Схема цепи со всеми заданными источниками

Определяем токи и напряжения в этой цепи, используя в среде ПК *Micro-Cap 12* режим анализа *Dynamic DC*.

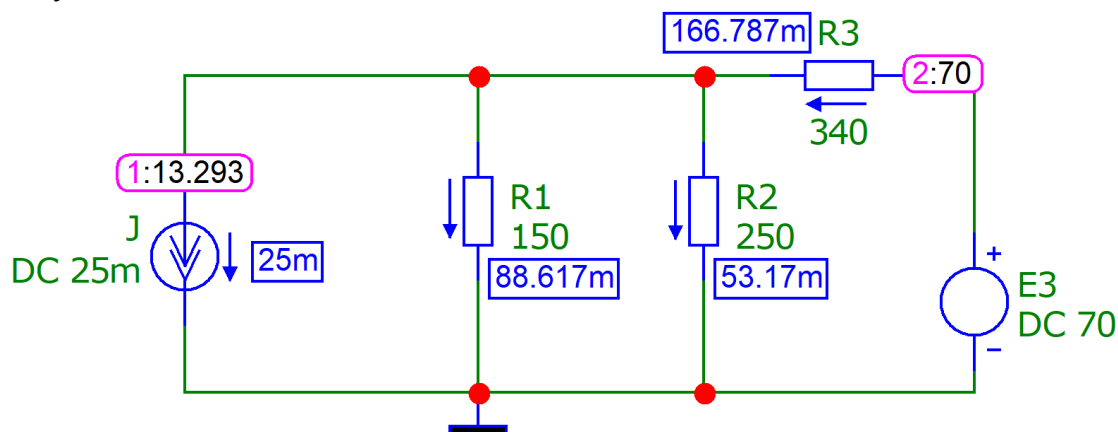


Рис. 6. Режим в цепи при действии всех заданных источников

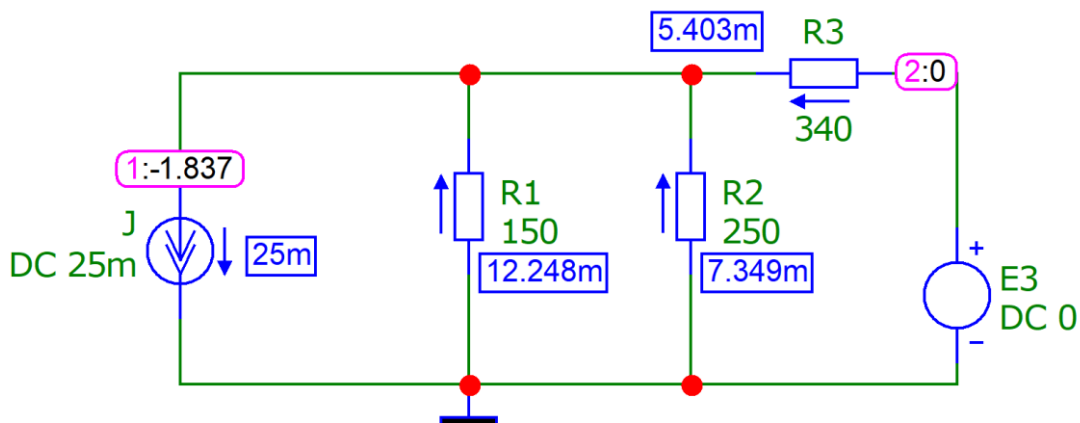


Рис. 7. Режим в цепи при действии только источника тока

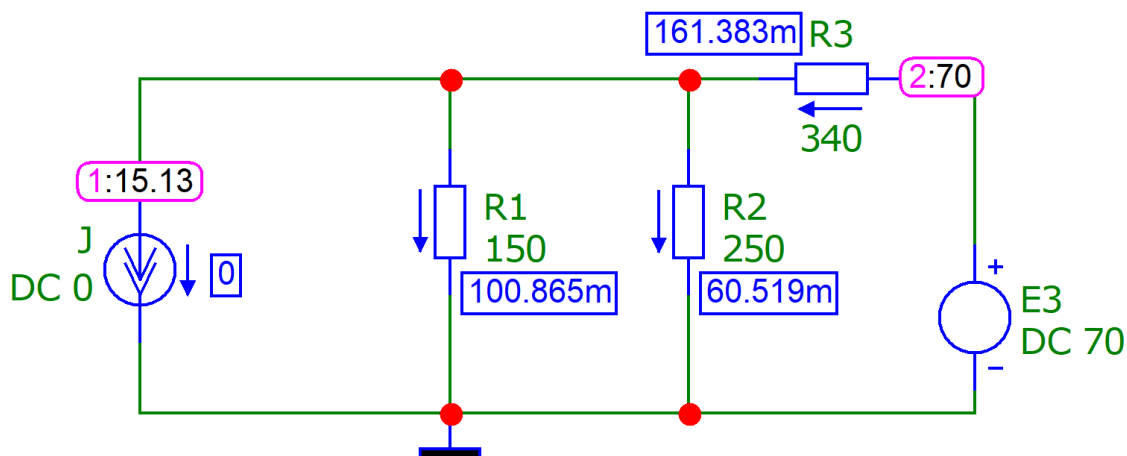


Рис. 8. Режим при действии источника ЭДС в третьей ветви

Таблица 3

Источники		Напряжения узлов, В		Токи в ветвях, мА		
J, мА	E ₃ , В	U ₁ , В	U ₂ , В	I _{R1} , мА	I _{R2} , мА	I _{R3} , мА
25	нет	-1,837	0	-12,248	-7,349	5,403
нет	70	15,13	70	100,865	60,519	161,383
Суперпозиция (суммируем значения в предыдущих строках)		13,293	70	88,617	53,17	166,786
Совместное действие источников						
25	70	13,293	70	88,617	53,17	166,787

Сопоставляя значения токов и напряжений в цепи при совместном действии всех заданных источников с результатами суперпозиции режимов при раздельном воздействии в строках таблицы 3 дает возможность убедиться в проявлении свойства аддитивности.

2.3. Исследование свойств эквивалентного генератора и возможности его использования

Исключаем из цепи ветвь с номером "1", оставив на рисунке схемы кусочек проводника. Все, что осталось на рисунке, образует активную линейную часть (двухполюсник с выводами "черточка"-"корпус"). Будем представлять ее в виде эквивалентного генератора, определяя его параметры. На рис. 9 представлен режим холостого хода: $U_{ab} = U_1 = 26.059 \text{ В}$.

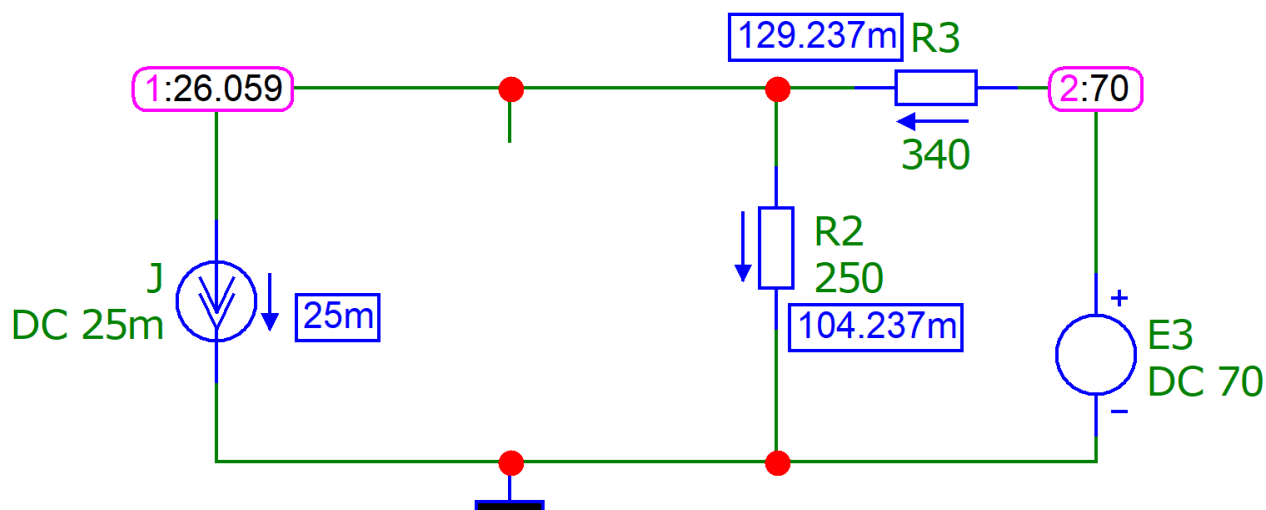


Рис. 9. Активный двухполюсник в режиме "холостого хода": $U_{xx} = U_1 = 26.059$ В

Для измерения тока короткого замыкания активного двухполюсника на место первой ветви ставим маленькое сопротивление $R_4 = 1.0$ мкОм. Это эквивалентно измерению этого тока амперметром. Режим КЗ представлен на рис. 10: $I_{K3} = 180.882$ мА

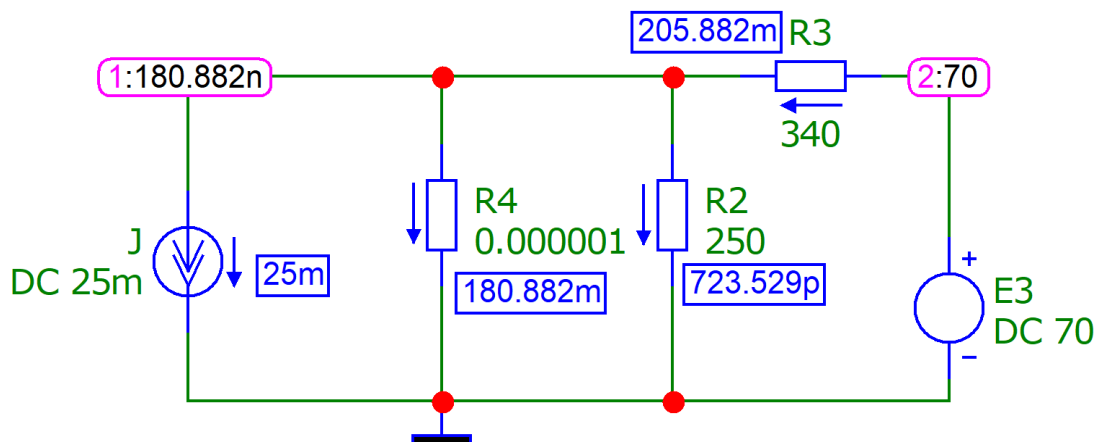


Рис. 10. Определение тока короткого замыкания ($I_4 = 180.882$ мА)

Рассчитываем внутреннее сопротивление эквивалентного генератора

$$R_{\text{внутр}} = \frac{U_{ab}}{I_{K3}} = \frac{26,059}{180,882} = 144,07 \text{ Ом}$$

Составляем эквивалентную цепь, включая эквивалентный генератор с ЭДС $V_{\text{екв}}$ и внутренним сопротивлением $R_{\text{ген}}$ последовательно с элементами первой ветви R_1 (рис. 11)

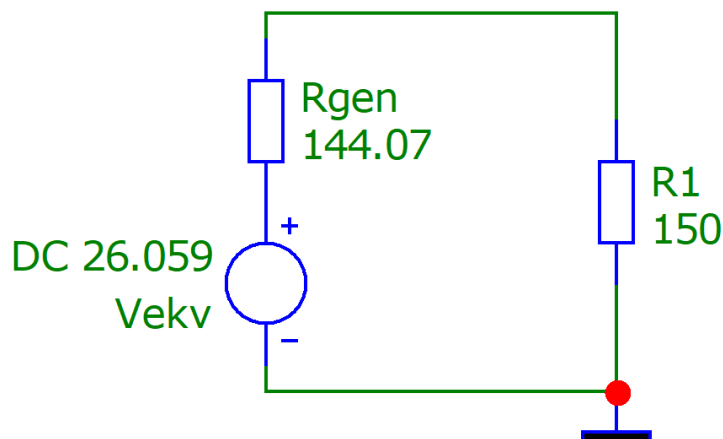


Рис. 11. Схема цепи с эквивалентным генератором

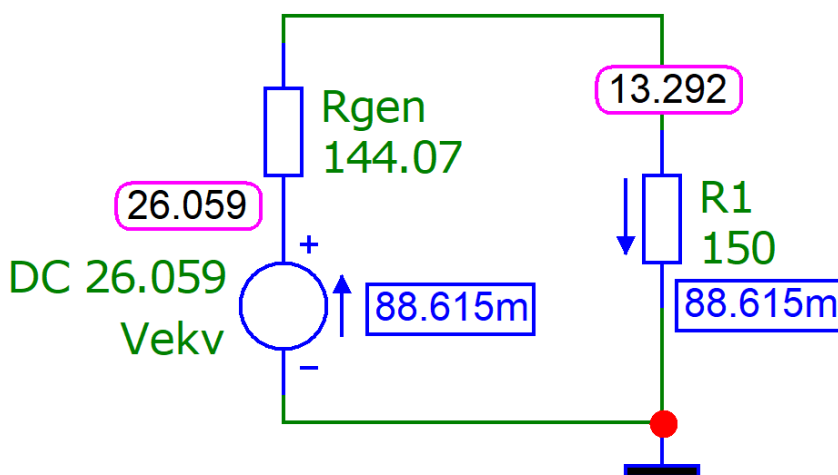


Рис. 12. Режим в цепи с эквивалентным генератором

Сравнивая режим второй ветви на рис. 12 с режимом этой ветви в полной схеме цепи на рис. 6, убеждается в совпадении значений тока $I_2 = 88.615 \text{ mA}$ и напряжения $U_2 = 13.292 \text{ V}$ с небольшой погрешностью.

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