Вариант № 1

Лабораторная работа № 1. Экспериментальная проверка токораспределения в разветвлённых цепях постоянного тока.

Рассчитать токи всех ветвей цепи (Рис 1-1) методом контурных токов



Рис 1-1

Дано

Решение

Сделаем расчет всех токов методом контурных токов. Имеем три контура, обозначим направления токов в этих контурах (Рис 1-2). Составим уравнения для этих контурных токов.

Подставим числовые значения

Выполним арифметические действия. В результате получили систему линейных уравнений в тремя неизвестными.

Решим эту систему линейных уравнений при помощи метода Крамера

Величина токов во внешних ветвях равна контурным токам. Токи внутренних контуров найдем по законам Кирхгофа

Определим токи во всех ветвях схемы экспериментально (Рис 1-2).

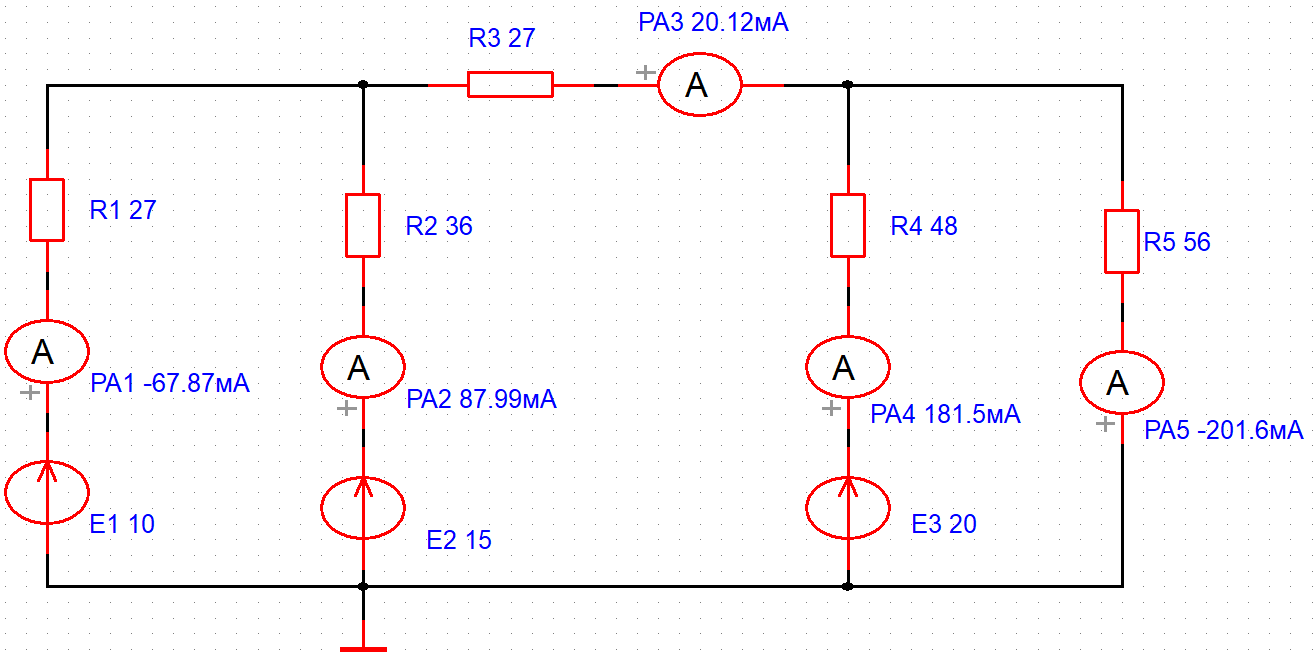


Рис 1-2

Результаты измерений и расчётов занесём в таблицу 1-1

Таблица 1-1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Условия получения  значения параметра | Параметры | | | | |
| I1, A | I2, A | I3, A | I4, A | I5, A |
| Расчёт | -0,0679 | 0,0880 | 0,0201 | 0,1815 | -0,2016 |
| Эксперимент | -0,0679 | 0,0880 | 0,0201 | 0,1815 | -0,2016 |

2. Проверим экспериментально величину токов в ветвях схемы при помощи метода наложения (Рис 1-2а, Рис 1-2б, Рис 1-2в). Результаты измерений частичных токов и результаты расчётов полных токов занесём в таблицу 1-2

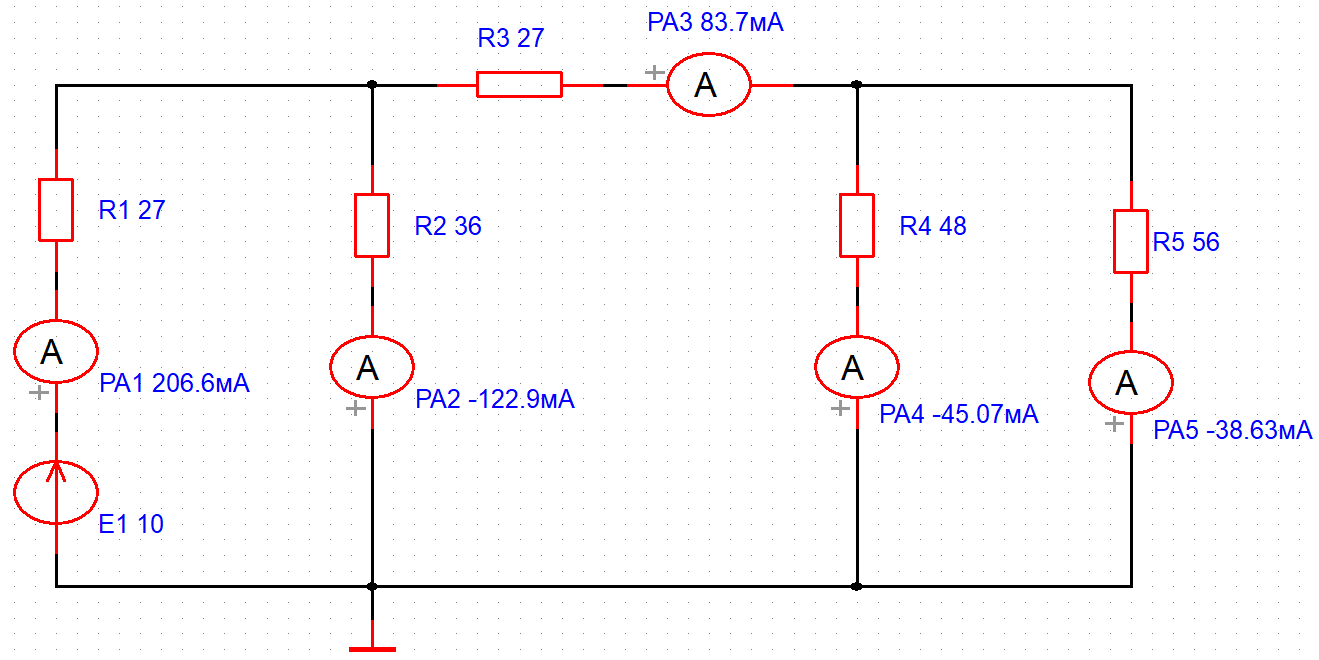


Рис 1-2а

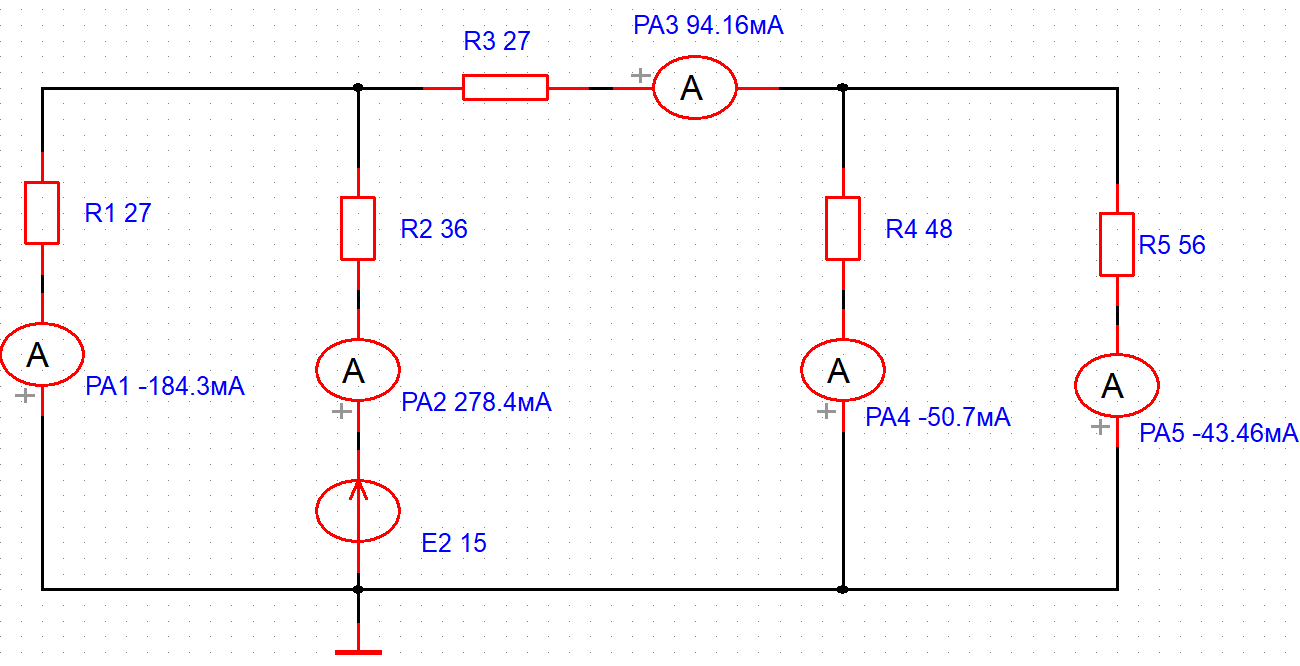


Рис 1-2б

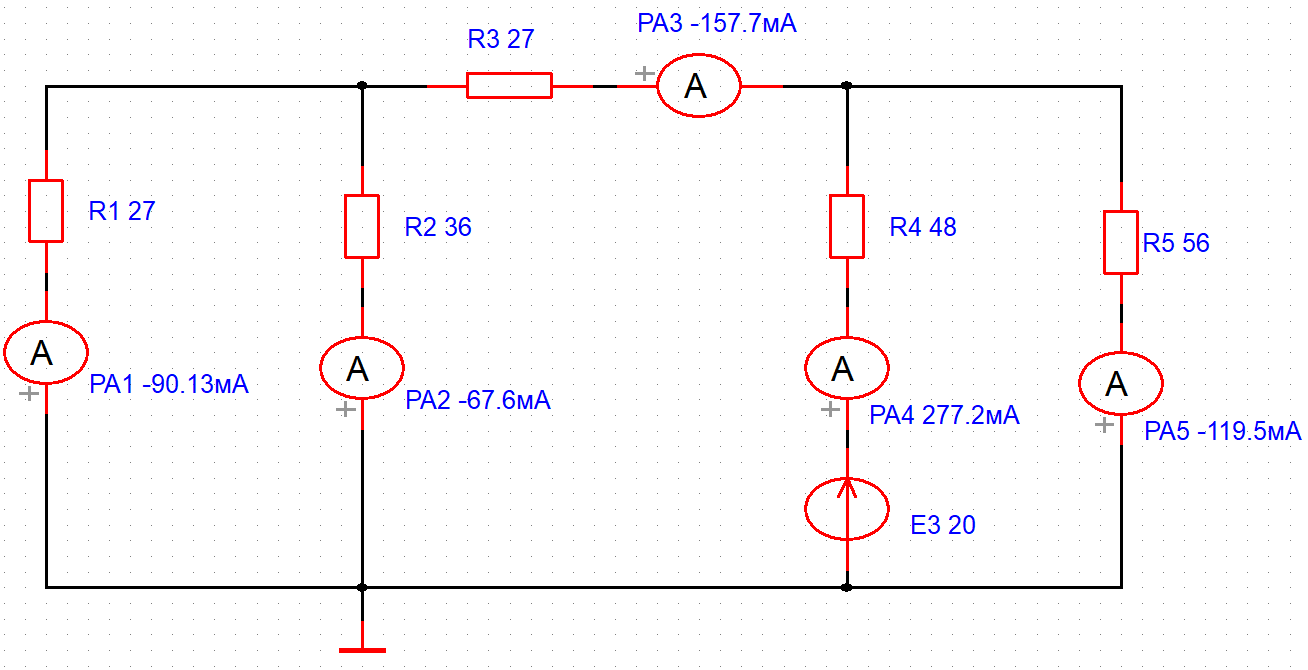


Рис 1-2в

Таблица 1-2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частичная схема | Токи ветвей | | | | |
| I1, A | I2, A | I3, A | I4, A | I5, A |
| Рис 1-2а | 0,2066 | -0,1229 | 0,0837 | -0,0451 | -0,0386 |
| Рис 1-2б | -0,1843 | 0,2784 | 0,0942 | -0,0507 | -0,0435 |
| Рис 1-2в | -0,0901 | -0,0676 | -0,1577 | 0,2772 | -0,1195 |
| Полные токи | -0,0678 | 0,0879 | 0,0202 | 0,1814 | -0,2016 |
| Расчётные токи | 0,0679 | 0,0880 | 0,0201 | 0,1815 | -0,2016 |

Проверим экспериментально выполнение второго закона Кирхгофа (Рис 1-3)

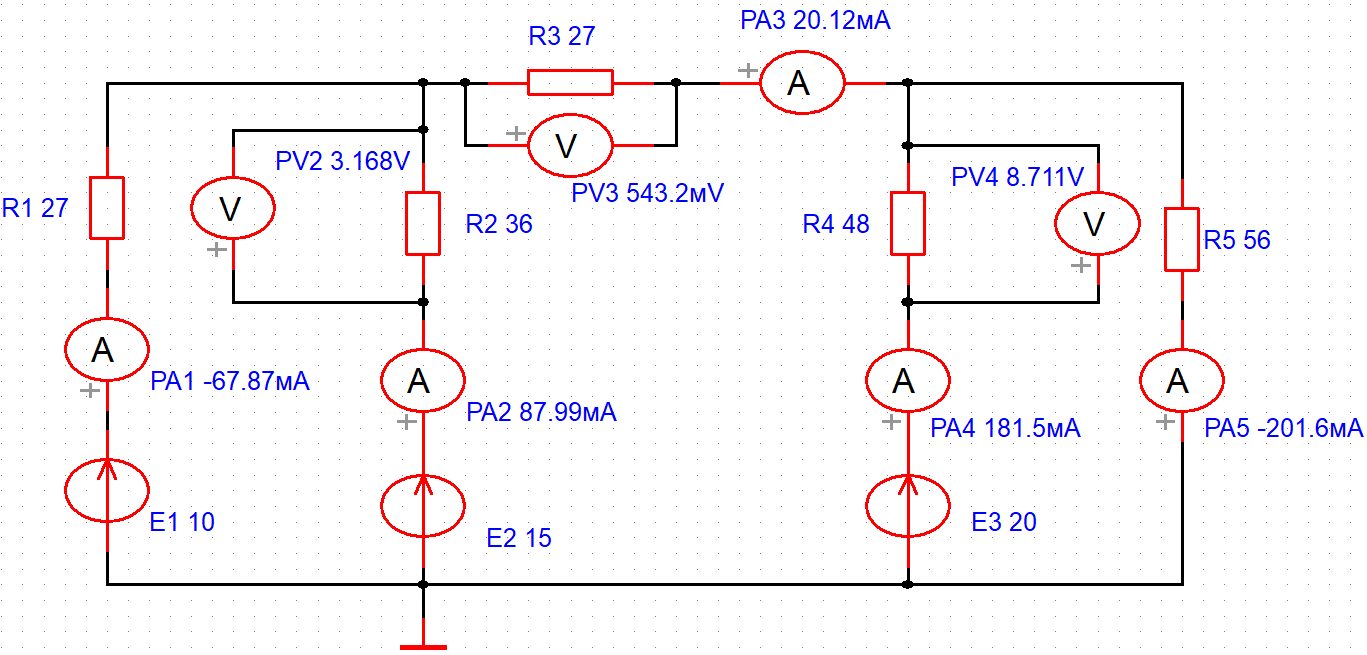


Рис 1-3

Результаты измерений занесём в таблицу 1-3

Таблица 1-3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Е2,  В | Е3,  В | Алгебраическая сумма ЭДС, В | ЕR2,  В | ЕR3,  В | ЕR4,  В | Алгебраическая сумма напряжений, В |
| 15 | -20 | -5 | 3,168 | 0,543 | -8,711 | -5 |

Определим проводимости ветвей

Рассчитаем потенциалы узлов (Рис 1-1), для этого заземлим узел 3 и определим потенциалы узлов 1 и 2.

Подставим числовые значения

Выполним арифметические действия

Решим эту систему линейных уравнений при помощи метода Крамера

Определим потенциалы узлов экспериментально (Рис 1-4)

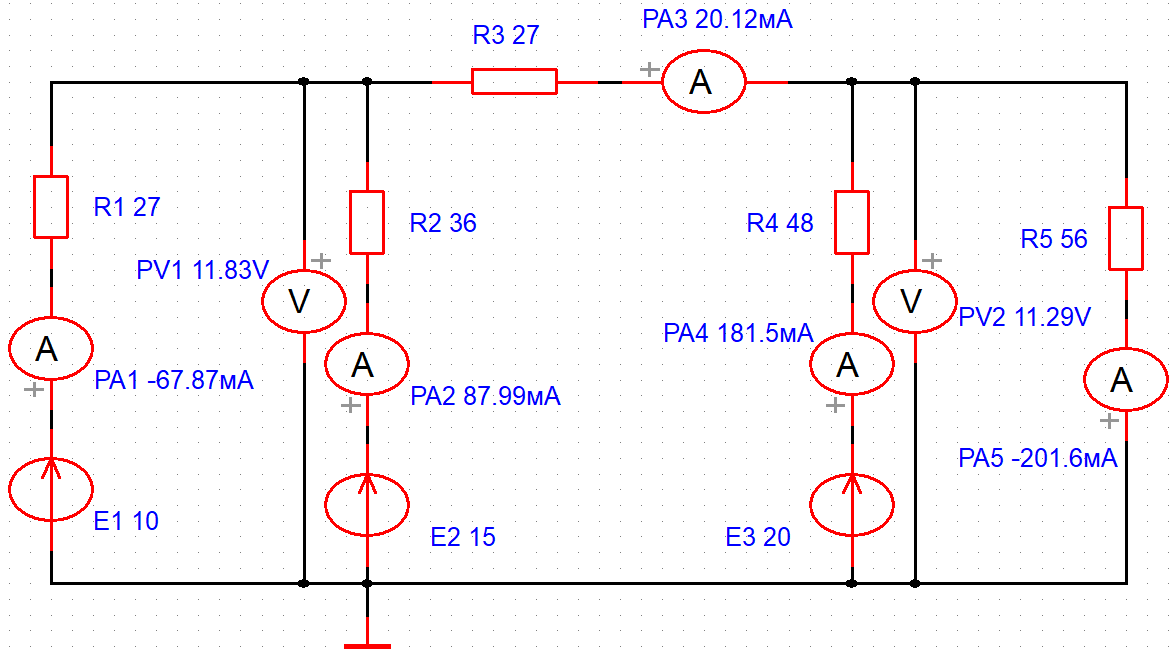


Рис 1-4

Сравнивая результаты расчётов и эксперимента, убеждаемся, что они полностью соответствуют друг другу.

Проверим возможность замены треугольника сопротивлений (Рис 1-5) эквивалентной звездой (Рис 1-6)

Дано



Рис 1-5

Определим параметры эквивалентной звезды



Рис 1-6

Произведём моделирование схемы по рис 1-5 и замерим токи I1, I2, I3 (Рис 1-7)

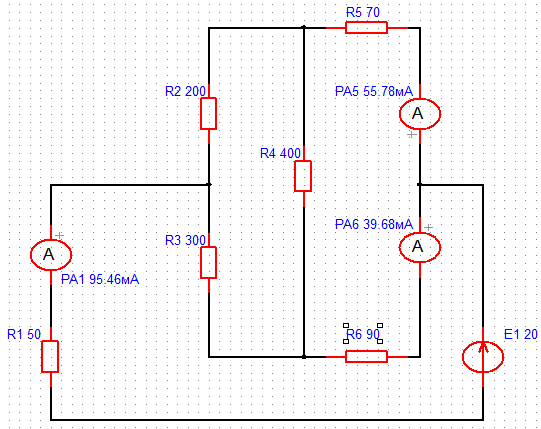


Рис 1-7

Произведём моделирование схемы по рис 1-6 и замерим токи I1, I2, I3 (Рис 1-8)

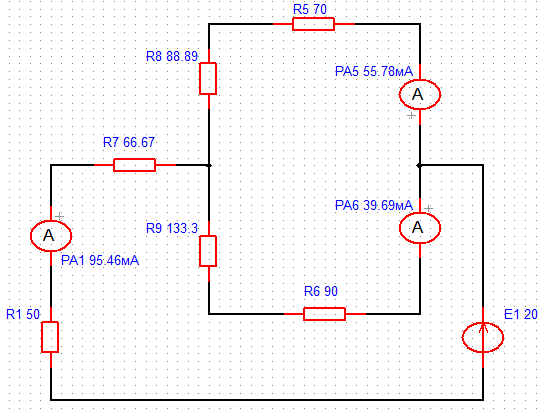


Рис 1-8

Результаты замеров токов занесём в таблицу 1-4

Таблица 1-4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Схема | Токи | | |
| I1, A | I5, A | I6, A |
| Рис 1-7 | 0,0955 | 0,0558 | 0,0397 |
| Рис 1-8 | 0,0955 | 0,0558 | 0,0397 |

Проверим возможность замены звезды (Рис 1-6) сопротивлений эквивалентным треугольником (Рис 1-5)

Дано

Определим параметры эквивалентного треугольника R2, R3, R4

Произведём моделирование схемы по рис 1-6 и замерим токи I1, I2, I3 (Рис 1-9)

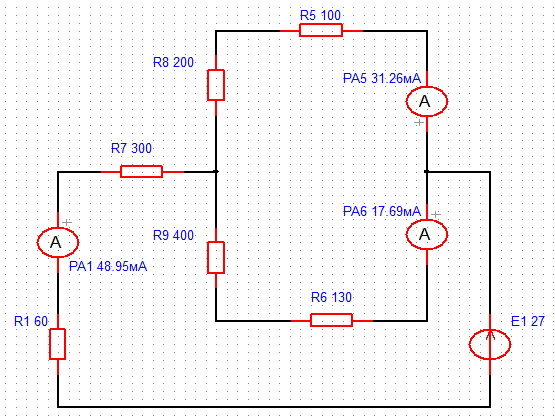


Рис 1-9

Произведём моделирование схемы по рис 1-5 и замерим токи I1, I2, I3 (Рис 1-10)

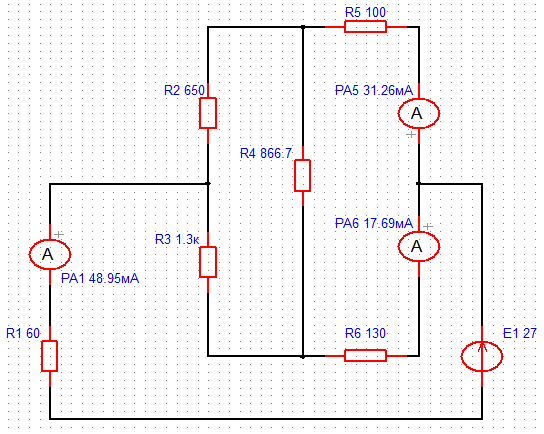


Рис 1-10

Результаты замеров токов занесём в таблицу 1-5

Таблица 1-5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Схема | Токи | | |
| I1, A | I5, A | I6, A |
| Рис 1-9 | 0,0490 | 0,0313 | 0,0177 |
| Рис 1-10 | 0,0490 | 0,0313 | 0,0177 |

Выводы

Величина токов (Рис 1-1), произведённых при помощи метода контурных токов соответствует токам, которые определены методом моделирования (Рис 1-2). Также были экспериментально определены токи в ветвях схемы (Рис 1-1) при помощи метода наложения (Рис 1-3, Рис 1-4, Рис 1-5). Экспериментально проверен второй закон Кирхгофа: в любом замкнутом контуре алгебраическая сумма ЭДС источников равна алгебраической сумме напряжений на нагрузке. Рассчитаны потенциалы узлов 1 и 2, проведённое моделирование показало правильность расчётов. Экспериментально доказана возможность замены сопротивлений, соединённых треугольником на эквивалентную схему сопротивлений, соединённых звездой. Также экспериментально доказана возможность замены сопротивлений, соединённых звездой на эквивалентную схему сопротивлений, соединённых треугольником.

**Лабораторная работа № 2. Исследование цепей на переменном синусоидальном токе**

Дана схема (Рис 2-1), необходимо экспериментально определить действующие значения токов и напряжений.



Рис 2-1

Дано

Решение

Определим амплитудное значение напряжения

В среде программного пакета ASIMEC соберём схему согласно рис 2-1 и определим при помощи амперметров и вольтметров действующие значения токов и напряжений. Измерим при помощи осциллографа амплитуды напряжений на всех элементах и фазовые сдвиги между синусоидами напряжений на активных и реактивных элементах (Рис 2-2 и Рис 2-3). Результаты измерений занесём в таблицу 2-1.

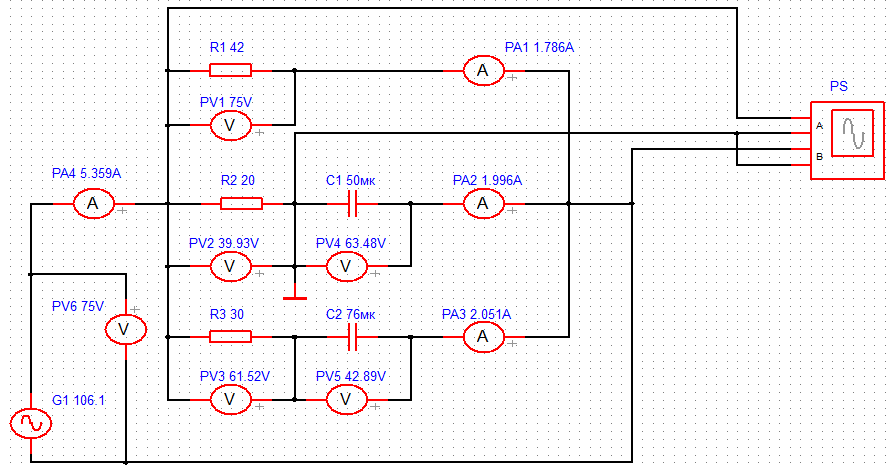


Рис 2-2

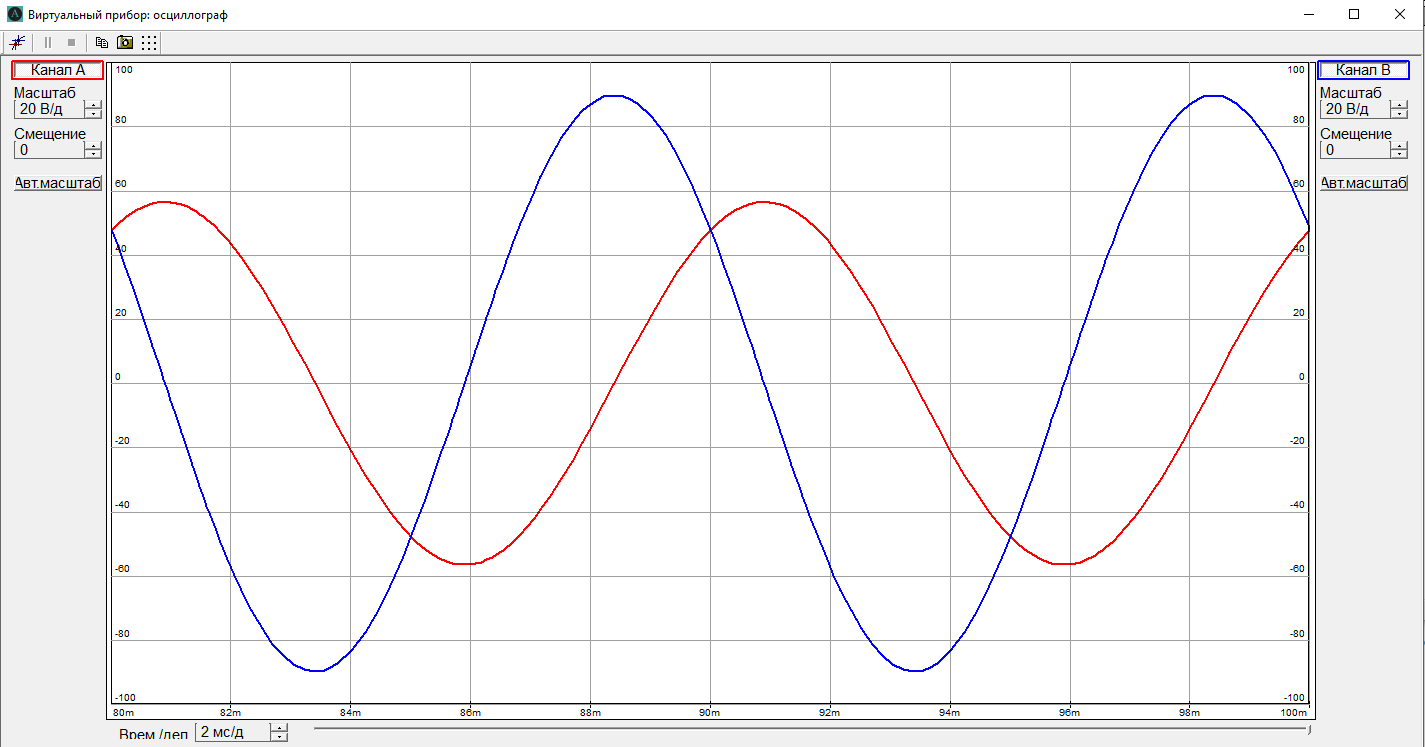


Рис 2-3

Определим сопротивления реактивных элементов схемы

Произведём расчёт сопротивлений второй и третьей ветви и запишем их в комплексном виде, в алгебраической и показательной формах

Произведём расчёт эффективных и амплитудных значений токов и напряжений

Откуда определим эффективные значения токов

Определим падения напряжений на элементах схемы

Амплитудные значения токов и напряжений больше действующих значений в раза, поэтому каждое значение действующего значения тока и напряжения умножим на эту величину и все результаты внесём в таблицу 2-1

Таблица 2-1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Условия получения  значения параметра | | Параметры | | | | | | | |
| UR2 | UX1 | UR3 | UX2 | I | I1 | I2 | I3 |
| Эксперимент  (эффективные значения) | | 39,93 | 63,48 | 61,52 | 42,89 | 5,40 | 1,79 | 2,00 | 2,05 |
| Расчёт | Эффективные  значения | 39,88 | 63,50 | 61,50 | 42,95 | 5,36 | 1,79 | 1,99 | 2,05 |
| Амплитудные  значения | 56,40 | 89,80 | 86,97 | 60,74 | 7,58 | 2,53 | 2,81 | 2,90 |
| Эксперимент  (амплитудные значения) | | 56,5 | 89,8 | 87,0 | 60,6 |

Выводы:

Сравнивая данные, которые получены методом моделирования и при помощи расчётов, видим, что они соответствуют друг другу, незначительные расхождения обусловлены погрешностями при округлениях.

Построим векторную диаграмму токов и напряжений (Рис 2-4). Вектор тока первой ветви совпадает по направлению с вектором приложенного напряжения и численно равен1,786 А. От конца этого вектора тока отложим вектор тока второй ветви, который численно равен 1,994 А и составляет с горизонтальной осью абсцисс угол в 57,870. От конца этого вектора тока отложим вектор тока третье ветви, который численно равен 2,05 А и составляет с горизонтальной осью абсцисс угол в 34,930. Алгебраическая сумма этих трёх векторов тока равна вектору тока в неразветвленной части цепи. Алгебраическая сумма векторов падений напряжений на резисторе R2 и С1 равна вектору приложенного напряжения. Алгебраическая сумма векторов падений напряжений на резисторе R23 и С2 также равна вектору приложенного напряжения.



Рис 2-4

Проведём исследование процессов в последовательном резонансном контуре (Рис 2-5)



Рис 2-5

Дано

Решение

Определим резонансную частоту, характеристическое сопротивление и добротность последовательного резонансного контура

Угловая резонансная частота ω0

Резонансная частота f0

Характеристическое сопротивление ρ

Добротность резонансного контура Q

Нижняя граница полосы пропускания fН

Верхняя граница полосы пропускания fB

Соберем схему согласно рис. 47 методических указаний и с помощью плоттера получим АЧХ и ФЧХ. Рис. 2-6 и Рис 2-7

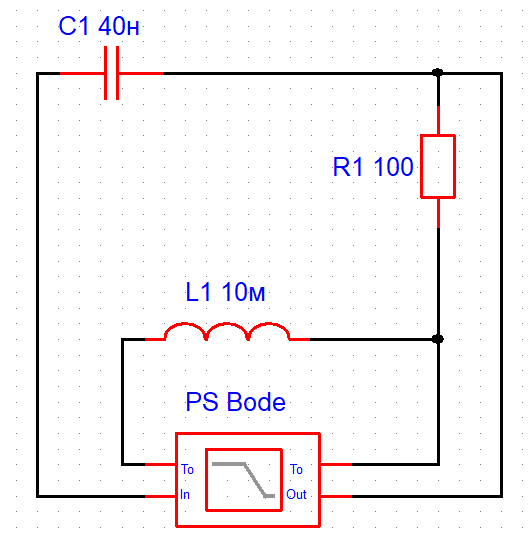


Рис 2-6

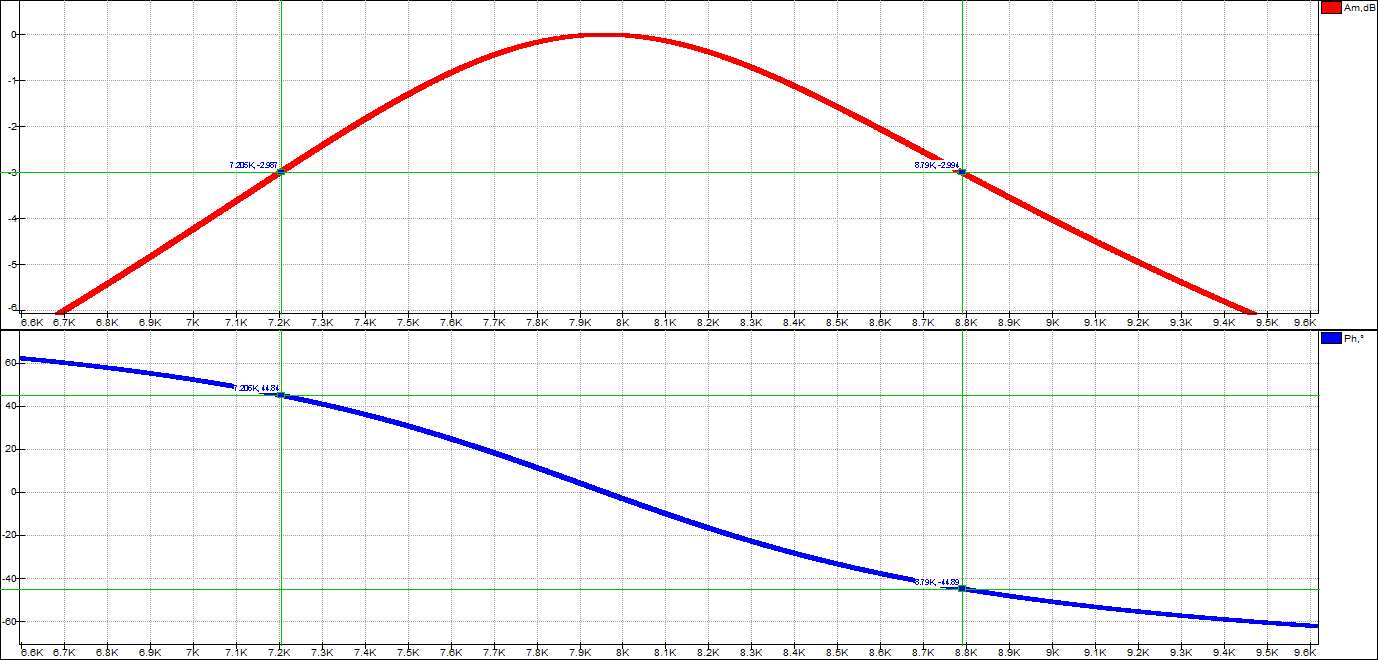


Рис 2-7

Измеряем значения резонансной частоты, нижнюю и верхнюю граничащую частоту, по АЧХ и ФЧХ. На рис.2-7 изображен экран плоттера с АЧХ и ФЧХ исследуемой цепи.

Верхняя и нижняя граница полосы пропускания определяется по уровню

-3 дБ

Соберем схему согласно рис. 55 методических указаний иопределим напряжение экспериментальным путём (Рис 2-8)

Определим амплитудное значение напряжения

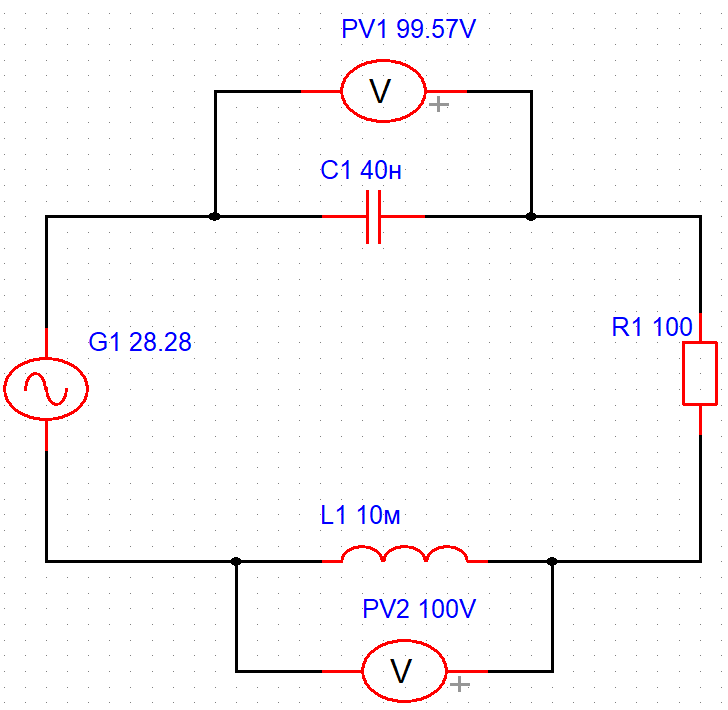


Рис 2-8

Экспериментальным путём получили

Определение напряжения расчётным путём

Сравним результаты в таблице 2-2

Таблица 2-2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Исследуемые параметры | Расчётная часть | Экспериментальная часть |
| резонансная, Гц | 7962,8 | 7963 |
| нижней границы, Гц | 7206 | 7206 |
| верхней границы, Гц | 8799 | 8799 |
| Ширина полосы пропускания, Гц | 1593 | 1593 |
| UC | 99,99 | 99,57 |
| UL | 100,01 | 100 |

2. Уменьшим сопротивление резистора в два раза

Дано

Решение

Определим резонансную частоту, характеристическое сопротивление и добротность последовательного резонансного контура

Угловая резонансная частота ω0

Резонансная частота f0

Характеристическое сопротивление ρ

Добротность резонансного контура Q

Нижняя граница полосы пропускания fН

Верхняя граница полосы пропускания fB

Соберем схему согласно рис. 47 методических указаний и с помощью плоттера получим АЧХ и ФЧХ. Рис. 2-9 и Рис 2-10



Рис 2-9

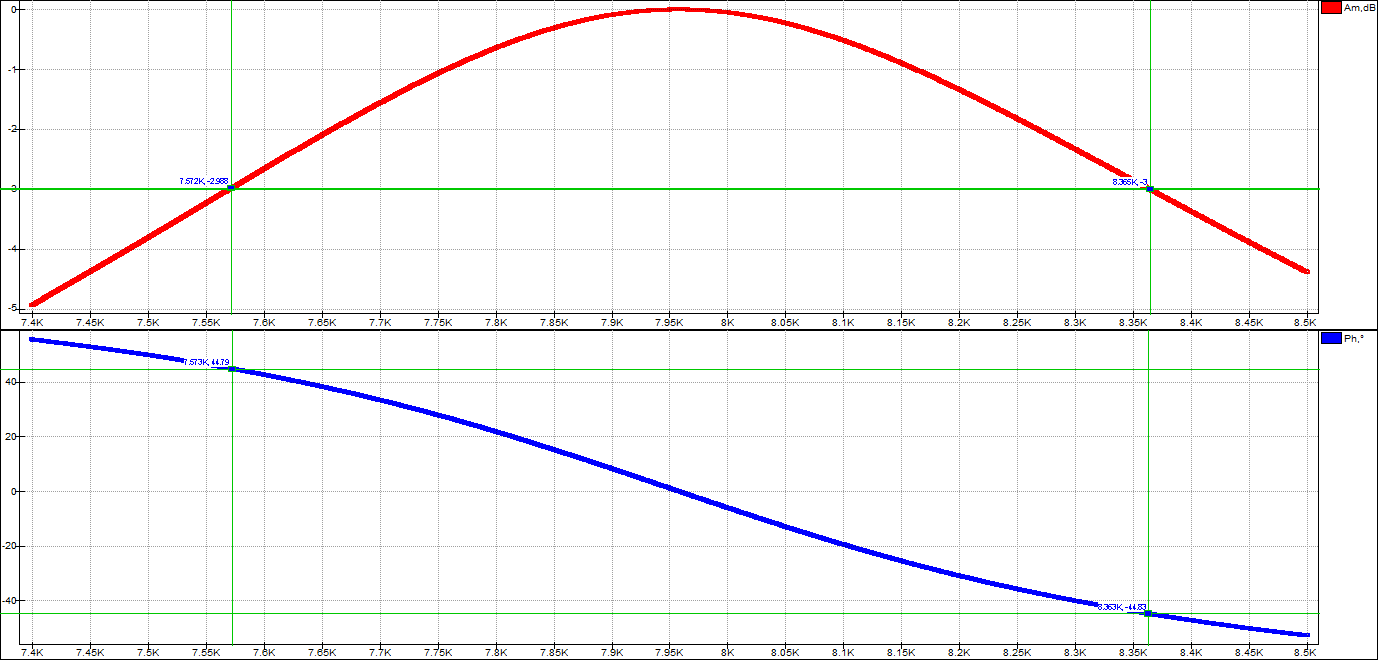


Рис 2-10

Измеряем значения резонансной частоты, нижнюю и верхнюю граничащую частоту, по АЧХ и ФЧХ. На рис.2-7 изображен экран плоттера с АЧХ и ФЧХ исследуемой цепи.

Верхняя и нижняя граница полосы пропускания определяется по уровню

-3 дБ

Соберем схему согласно рис. 55 методических указаний иопределим напряжение экспериментальным путём (Рис 2-11)

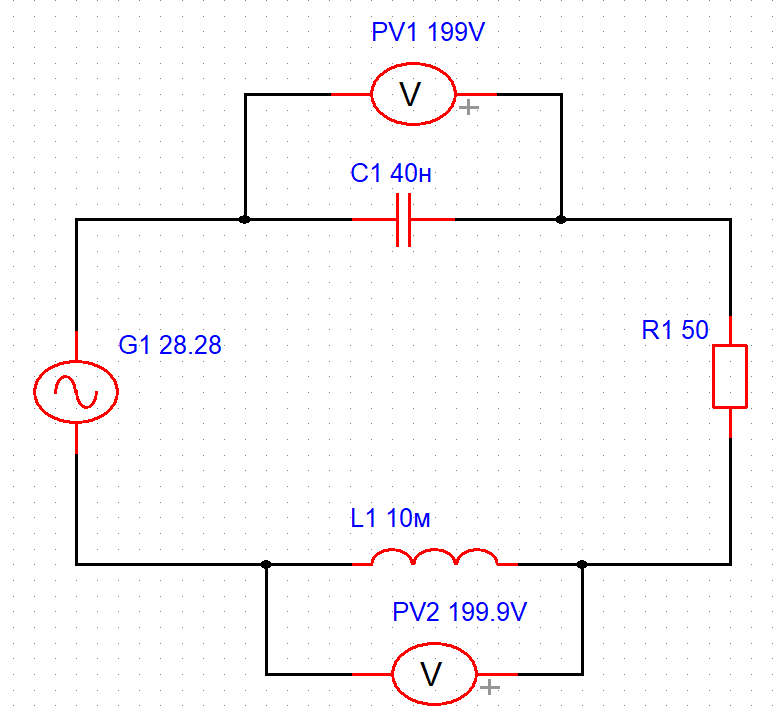


Рис 2-11

Экспериментальным путём получили

Определение напряжения расчётным путём

Сравним результаты в таблице 2-3

Таблица 2-3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Исследуемые параметры | Расчётная часть | Экспериментальная часть |
| резонансная, Гц | 7962,8 | 7963 |
| нижней границы, Гц | 7575 | 7572 |
| верхней границы, Гц | 8371 | 8365 |
| Ширина полосы пропускания, Гц | 793 | 793 |
| UC | 199,97 | 199,0 |
| UL | 200,03 | 199,9 |

3. В исходной схеме уменьшим ёмкость конденсатора в 2 раза

Дано

Решение

Определим резонансную частоту, характеристическое сопротивление и добротность последовательного резонансного контура

Угловая резонансная частота ω0

Резонансная частота f0

Характеристическое сопротивление ρ

Добротность резонансного контура Q

Нижняя граница полосы пропускания fН

Верхняя граница полосы пропускания fB

Соберем схему согласно рис. 47 методических указаний и с помощью плоттера получим АЧХ и ФЧХ. Рис. 2-12 и Рис 2-13

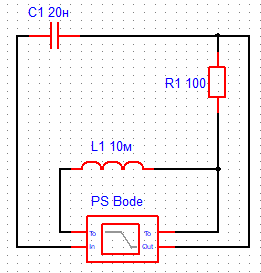


Рис 2-12

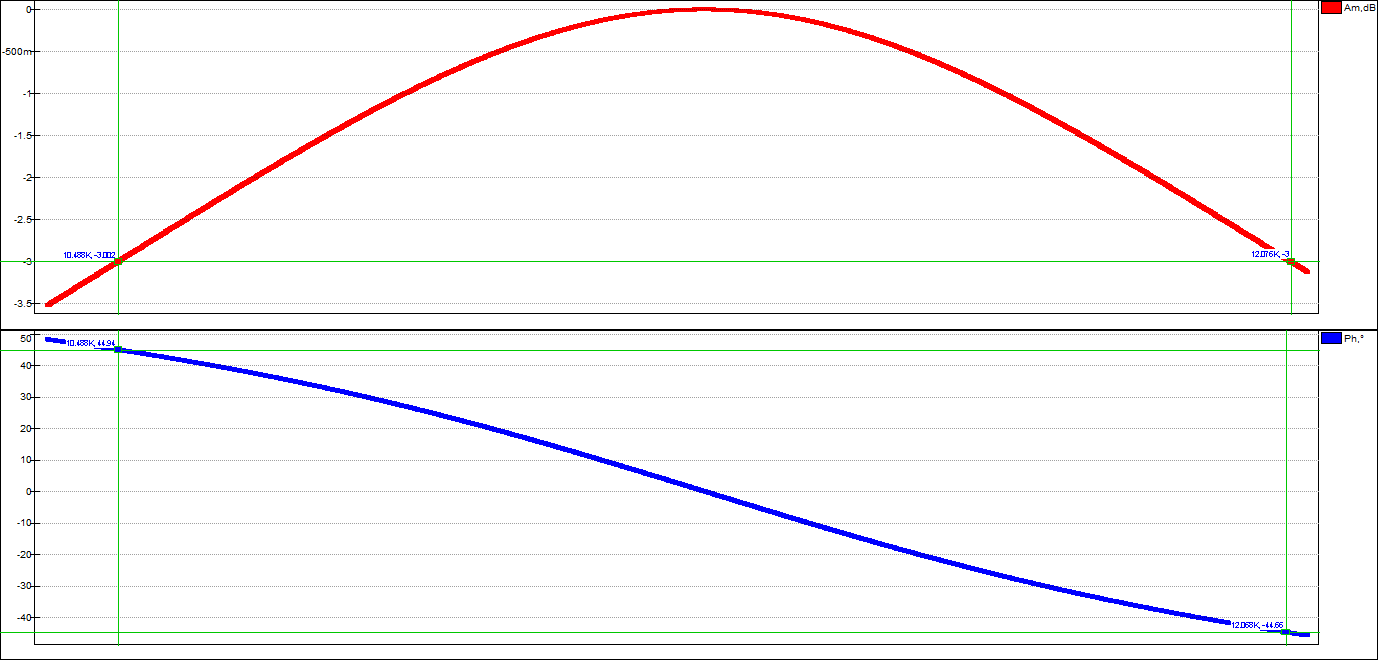


Рис 2-13

Измеряем значения резонансной частоты, нижнюю и верхнюю граничащую частоту, по АЧХ и ФЧХ. На рис.2-7 изображен экран плоттера с АЧХ и ФЧХ исследуемой цепи.

Верхняя и нижняя граница полосы пропускания определяется по уровню

-3 дБ

Соберем схему согласно рис. 55 методических указаний иопределим напряжение экспериментальным путём (Рис 2-14)

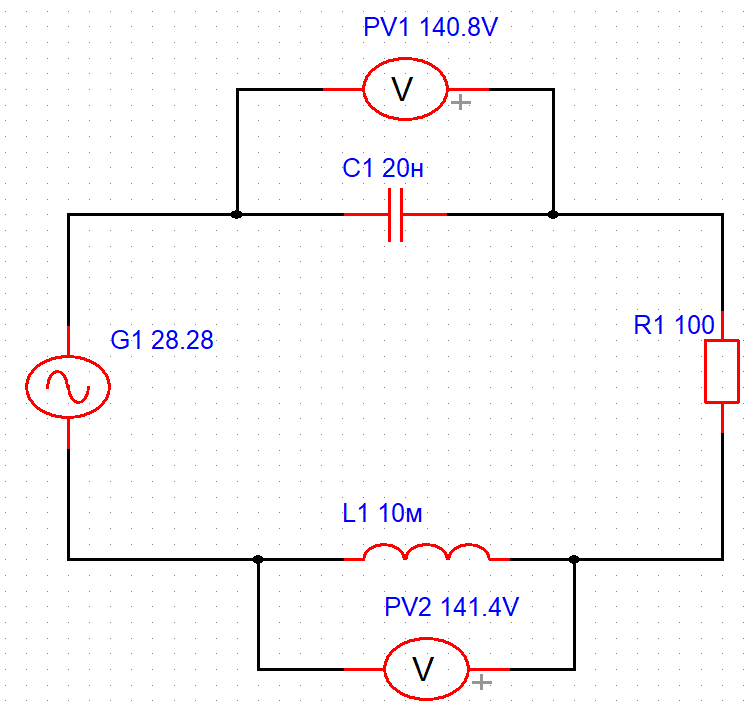


Рис 2-14

Экспериментальным путём получили

Определение напряжения расчётным путём

Сравним результаты в таблице 2-3

Таблица 2-3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Исследуемые параметры | Расчётная часть | Экспериментальная часть |
| резонансная, Гц | 11259,7 | 11260 |
| нижней границы, Гц | 10491,6 | 10488 |
| верхней границы, Гц | 12084,0 | 12076 |
| Ширина полосы пропускания, Гц | 1588 | 1588 |
| UC | 141,4 | 140,8 |
| UL | 141,4 | 141,4 |

4. В исходной схеме уменьшим индуктивность в два раза

Дано

Решение

Определим резонансную частоту, характеристическое сопротивление и добротность последовательного резонансного контура

Угловая резонансная частота ω0

Резонансная частота f0

Характеристическое сопротивление ρ

Добротность резонансного контура Q

Нижняя граница полосы пропускания fН

Верхняя граница полосы пропускания fB

Соберем схему согласно рис. 47 методических указаний и с помощью плоттера получим АЧХ и ФЧХ. Рис. 2-15 и Рис 2-16

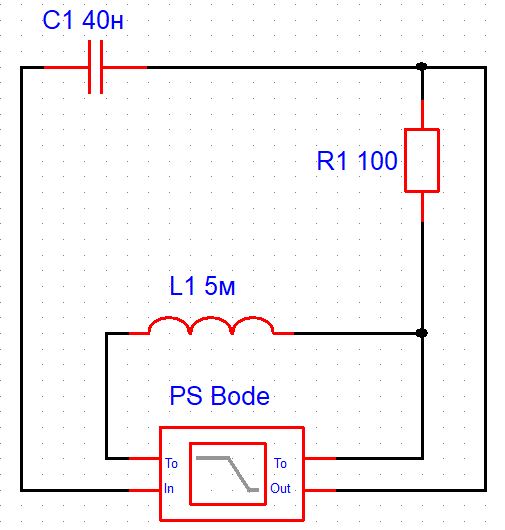


Рис 2-15

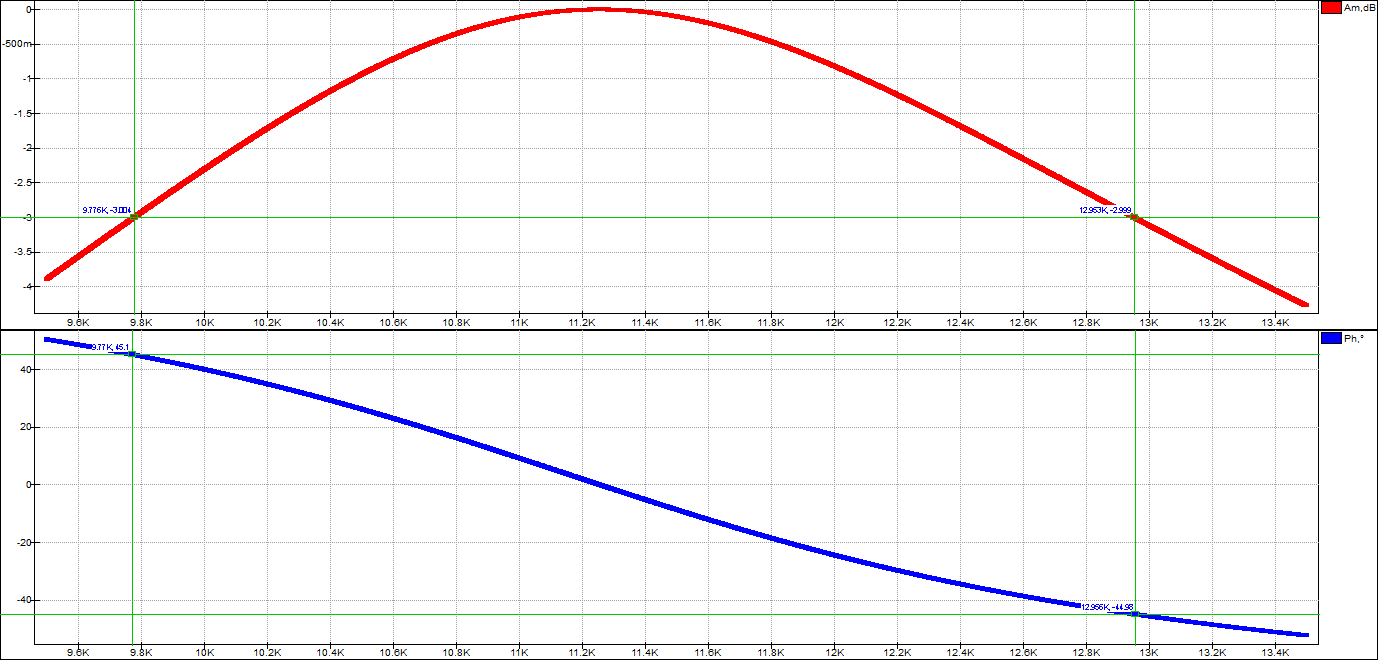


Рис 2-16

Измеряем значения резонансной частоты, нижнюю и верхнюю граничащую частоту, по АЧХ и ФЧХ. На рис.2-7 изображен экран плоттера с АЧХ и ФЧХ исследуемой цепи.

Верхняя и нижняя граница полосы пропускания определяется по уровню

-3 дБ

Соберем схему согласно рис. 55 методических указаний иопределим напряжение экспериментальным путём (Рис 2-17)

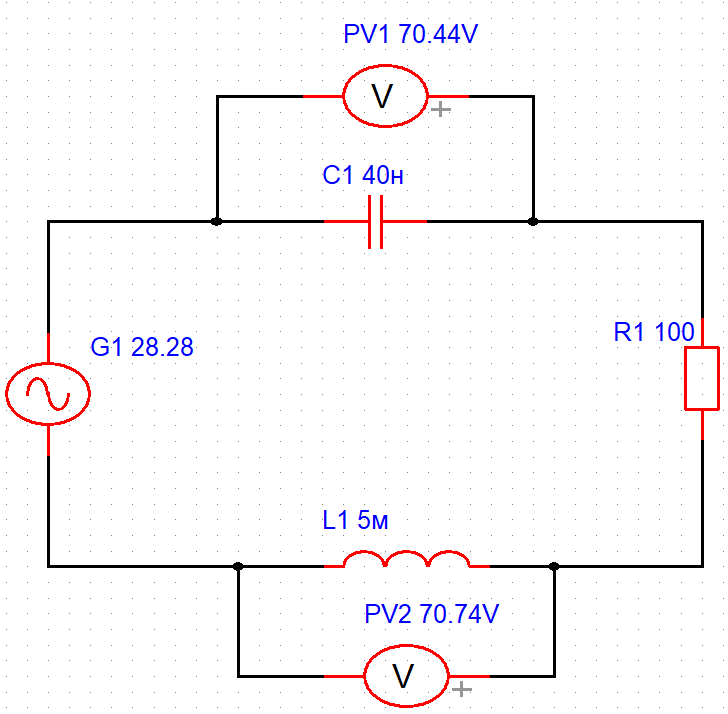


Рис 2-17

Экспериментальным путём получили

Определение напряжения расчётным путём

Сравним результаты в таблице 2-4

Таблица 2-4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Исследуемые параметры | Расчётная часть | Экспериментальная часть |
| резонансная, Гц | 11259,7 | 11260 |
| нижней границы, Гц | 9779,6 | 9776 |
| верхней границы, Гц | 12963,9 | 12947 |
| Ширина полосы пропускания, Гц | 3177 | 3177 |
| UC | 70,71 | 70,44 |
| UL | 70,72 | 70,74 |

Выводы

Из полученных данных делаем вывод, что добротность контура (при условии неизменных величинах индуктивности и ёмкости), растёт при уменьшении сопротивления, то есть при уменьшении потерь энергии колебаний, тем выше добротность. От величины добротности зависит ширина полосы пропускания контура, которую можно определить отношением резонансной частоты к добротности. Чем меньше величина сопротивления, тем уже полоса пропускания, а так же она зависит от величины индуктивности, чем она меньше, тем шире полоса пропускания.

Резонансная частота зависит от величины емкости конденсатора и индуктивности и не зависит от величины сопротивления резистора.