**ЗАДАНИЕ:** для схемы, соответствующей Вашему варианту, выполнить следующее:

**1)** По законам Кирхгофа составить систему уравнений для расчёта токов во всех ветвях, записав её в двух формах:

a) для мгновенных значений (дифференциальная форма);

b) для комплексов (символическая форма).

**2)** Определить комплексы токов в ветвях любым методом.

**3)** Определить показание ваттметра двумя способами:

a) с помощью выражения для комплексов тока и напряжения на ваттметре;

b) по формуле UIcosφ.

**4)** Построить векторную топографическую диаграмму токов и напряжений. На векторной диаграмме тока и напряжения ваттметра указать угол *φ* = *φ*u – *φ*i.

**5)** Записать выражение для мгновенного значения тока *i*1 и построить график зависимости *i*1(ωt) в интервале от 0 до 2π.



Дано:

R2 = 14 Ом

L3 = 0,41 Гн

C1 = 73 мкФ = 73\*10-6 Ф

L5 = 0,56 Гн

Em1 = 44 В

ψ1 = 150°

Em5 = 44 В

ψ5 = 220°

f = 46 Гц

Рис.1

**1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РАСЧЁТЫ**

Прежде, чем приступать к выполнению поставленных задач, выполним некоторые подготовительные действия:

**1.1. Вычисление комплексов ЭДС ветвей**

По условию для каждой ЭДС заданы амплитуда Em и начальная фаза ψ. Чтобы записать комплексы ЭДС , нужно для каждой ЭДС вычислить ещё действующее значение E, действительную Re и мнимую Im части:

Для наших данных получим:

**1.2. Вычисление полных комплексных сопротивлений ветвей**

Полное комплексное сопротивление ветви определяется по формуле:

где R – активное сопротивление ветви;

X = XL – XC – реактивное сопротивление;

XL = ωL – реактивное индуктивное сопротивление;

XC = 1/ωC – реактивное ёмкостное сопротивление;

ω = 2πf – угловая частота.

Подставив числовые значения, получим:

Все сопротивления получены в Омах

**2. ПО ЗАКОНАМ КИРХГОФА СОСТАВИТЬ СИСТЕМУ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЁТА ТОКОВ ВО ВСЕХ ВЕТВЯХ, ЗАПИСАВ ЕЁ В ДВУХ ФОРМАХ**

**2.1. Для мгновенных значений (дифференциальная форма):**

Cвязь между токами и напряжениями на отдельных элементах для мгновенных значений выражается формулами:

для активного сопротивления:

для индуктивности:

для ёмкости:

Отметим для удобства три дополнительные точки: m, n и k (см. рис.1), не являющиеся узлами.

Данная цепь (рис.1) имеет 3 ветви и 2 узла (a и b). Поэтому необходимо составить систему трёх уравнений с тремя неизвестными. Одно уравнение составим по 1-му закону Кирхгофа, два – по второму:

уравнение для узла a:

уравнение для левого контура ankbma:

уравнение для правого контура abkna:

Таким образом, получаем систему 3 интегро-дифференциальных уравнений с 3 неизвестными токами i1, i2, i3:

**2.2. Для комплексов (символическая форма):**

Связь между комплексами токов и напряжений на отдельных элементах имеет вид:

для активного сопротивления:

для индуктивности:

для ёмкости:

уравнение для узла a:

уравнение для левого контура ankbma:

уравнение для правого контура abkna:

Получаем систему 3 уравнений с 3 неизвестными токами i1, i2, i3:

**3. ОПРЕДЕЛИТЬ КОМПЛЕКСЫ ТОКОВ В ВЕТВЯХ**

Поскольку данная цепь (рис. 1) имеет 2 узла (a и b), для её расчёта воспользуемся методом двух узлов.

В общем случае уравнение для комплекса межузлового напряжения имеет вид:

где в числителе стоит сумма по всем активным ветвям, а в знаменателе – по всем ветвям. Знак «+» в числителе выбирается, если ЭДС направлена против межузлового напряжения .

Для рассматриваемой цепи (рис. 1) получим:

Подставляя числовые значения, получим:

 (пересчитано, правильно)

Токи в ветвях найдём по закону Ома для активной ветви:

**4. ОПРЕДЕЛИТЬ ПОКАЗАНИЕ ВАТТМЕТРА ДВУМЯ СПОСОБАМИ**

**4.1. Определить показание ваттметра с помощью выражения для комплексов тока и напряжения на ваттметре**

Активная мощность P двухполюсника, характеризуемого комплексом тока I и комплексом напряжения U, определяется выражением:

где – сопряжённый комплекс тока

Ваттметр на рис. 1 включён так, что измеряет активную мощность участка (двухполюсника), расположенного справа от ваттметра. Комплекс тока этого двухполюсника I1, комплекс напряжения .

Подставив числовые значения, получим:

**4.2. Определить показание ваттметра по формуле UIcosφ:**

Стрелка ваттметра отклоняется на величину, равную UIcosφ, где U – действующее напряжения на обмотке напряжения ваттметра, I – действующее значение тока, втекающего в обмотку тока ваттметра, φ – угол сдвига фаз между током и напряжением.

В рассматриваемом случае (рис. 1) напряжение на обмотке напряжения ваттметра uab, ток, втекающий в обмотку тока i1. Действующие значения:

Угол сдвига фаз между током и напряжением φ равен разности начальных фаз напряжения и тока:

Тогда активная мощность:

**4.3. На векторной диаграмме тока и напряжения ваттметра указать угол**

𝜑 = 𝜓𝑈 − 𝜓𝐼.

На комплексной плоскости построим векторы Uab и I1:

**5. ПОСТРОИТЬ ВЕКТОРНУЮ ТОПОГРАФИЧЕСКУЮ ДИАГРАММУ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ**

Векторная топографическая диаграмма токов и напряжений – это изображение на комплексной плоскости векторов всех токов и напряжений на всех элементах цепи. Причём векторы напряжений должны быть расположены в том же порядке, что и элементы цепи. Рекомендуется сначала разместить на комплексной плоскости точки, соответствующие комплексным потенциалом всех точек цепи, а потом соединить соседние точки. Тогда каждый отрезок диаграммы будет соответствовать элементу цепи.

Тогда потенциалы остальных точек могут быть найдены путём подсчёта изменения потенциала при движении от точки b (или от других точек с известным потенциалом) к этим точкам. При выборе исходной точки и пути можно руководствоваться простотой расчётов.

**6. ЗАПИСАТЬ ВЫРАЖЕНИЕ ДЛЯ МГНОВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ ТОКА I1 И ПОСТРОИТЬ ГРАФИК ЗАВИСИМОСТИ I1(ΩT) В ИНТЕРВАЛЕ ОТ 0 ДО 2Π.**

Выражение для мгновенного значения тока имеет вид:

где – амплитуда тока;

I – действующее значение тока =

ω = 2πf – круговая частота

ψI – начальная фаза тока,