**Расчетно-графическая работа № 2**

 **«Расчет линейной электрической цепи однофазного синусоидального тока»**

Задание рассчитано на освоение студентами символического метода (метода комплексных амплитуд) расчета линейных электрических цепей однофазного синусоидального тока.

**2.1. Постановка задачи**

 Задана электрическая схема (рис.2). Исходные данные для схемы приведены в таблице 2. Входное напряжение u(t), равное ЭДС e(t), изменяется по синусоидальному закону:
$$u\left(t\right)=U\_{m}\sin((ωt+φ))$$

 Требуется:

1. С помощью символического метода расчета найти комплексы действующих значений токов в ветвях схемы.
2. Построить топографическую диаграмму, совмещенную с векторной диаграммой токов.
3. Написать закон изменения мгновенного значения тока первой ветви и нарисовать график его изменения за время, равное одному периоду.

**2.2. Порядок расчета**

1. **Символический метод расчета**.
* Нарисуем символическую схему замещения исходной схемы, определим для нее комплекс действующего значения входного напряжения и полные комплексные сопротивления элементов схемы;
* Используя любой из методов расчета линейных электрических цепей. Находим требуемые значения комплексов действующих значений токов:
* Правильность расчета проверяем по балансу полных комплексных мощностей.
1. **Топографическая диаграмма.**
* После каждого элемента символической схемы замещения расставляем точки и обозначаем их;
* На схеме замещения заземляем любую точку, принимаем ее комплексный потенциал за нулевой, определяем комплексные потенциалы остальных точек схемы относительно заземленной;
* Нарисуем комплексную плоскость, масштаб по осям координат выбираем одинаковым, наносим комплексные потенциалы на плоскость;
* Соединяем точки прямыми линиями между собой, придаем отрезкам направления таким образом, чтобы полученные векторы напряжения соответствовали падениям напряжения на элементах схемы замещения; при этом надо учесть, что каждый вектор падения напряжения на схеме между двумя точками имеет прямо противоположное направление на топографической диаграмме между этими точками.
1. **Баланс полных комплексных мощностей.**
* Определяем полную комплексную мощность источника, записываем ее в алгебраической форме записи:
$$S\_{и}=P\_{и}+jQ\_{и}$$
* Находим полную комплексную мощность нагрузок, записываем ее в алгебраической форме записи:

$$S\_{н}=P\_{н}+jQ\_{н}$$

* Находим относительные ошибки для активной и реактивной мощностям, ошибки не должны превышать пяти процентов.

**Десять схем соответствуют номеру варианта схемы в таблице 2.**

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **№ схе-мы** | **r1** | **r2** | **r3** | **L1** | **L2** | **L3** | **C1** | **C2** | **f** | **Um** | $$φ$$ |
| **Ом** | **Ом** | **Ом** | **Гн** | **Гн** | **Гн** | **мкФ** | **мкФ** | **Гц** | **В** | **Град.** |
| 1 | 1 | 40 | 35 | 20 | 0,15 | 0,1 | 0,08 | 30 | 100 | 50 | 380 | 30 |
| 2 | 2 | 30 | 25 | 20 | 0,07 | 0,15 | 0,1 | 40 | 80 | 50 | 220 | 40 |
| 3 | 3 | 45 | 35 | 32 | 0,14 | 0,2 | 0,06 | 20 | 60 | 50 | 220 | 60 |
| 4 | 4 | 60 | 50 | 40 | 0,12 | 0,1 | 0,05 | 120 | 75 | 50 | 380 | 80 |
| 5 | 5 | 50 | 25 | 25 | 0,13 | 0,05 | 0,1 | 70 | 45 | 50 | 380 | 100 |
| 6 | 6 | 15 | 10 | 8 | 0,06 | 0,08 | 0,1 | 60 | 30 | 50 | 220 | -40 |
| 7 | 7 | 35 | 30 | 25 | 0,05 | 0,1 | 0,06 | 80 | 20 | 50 | 127 | -60 |
| 8 | 8 | 20 | 18 | 15 | 0,08 | 0,12 | 0,1 | 150 | 40 | 50 | 220 | -80 |
| 9 | 9 | 25 | 20 | 18 | 0,1 | 0,008 | 0,05 | 100 | 50 | 50 | 220 | -100 |
| 10 | 10 | 10 | 15 | 12 | 0,04 | 0,06 | 0,12 | 50 | 25 | 50 | 220 | -30 |
| 11 | 1 | 40 | 20 | 10 | 0,15 | 0,08 | 0,08 | 100 | 50 | 50 | 127 | 100 |
| 12 | 2 | 30 | 25 | 30 | 0,07 | 0,1 | 0,1 | 30 | 45 | 50 | 380 | 40 |
| 13 | 3 | 45 | 32 | 18 | 0,14 | 0,06 | 0,12 | 80 | 30 | 50 | 380 | 80 |
| 14 | 4 | 60 | 40 | 20 | 0,12 | 0,05 | 0,08 | 40 | 70 | 50 | 220 | -30 |
| 15 | 5 | 50 | 25 | 15 | 0,13 | 0,1 | 0,06 | 60 | 20 | 50 | 380 | -80 |
| 16 | 6 | 35 | 15 | 8 | 0,1 | 0,06 | 0,1 | 20 | 30 | 50 | 127 | 100 |
| 17 | 7 | 25 | 35 | 25 | 0,15 | 0,05 | 0,06 | 75 | 150 | 50 | 380 | 40 |
| 18 | 8 | 35 | 20 | 15 | 0,2 | 0,08 | 0,1 | 120 | 75 | 50 | 380 | 80 |
| 19 | 9 | 50 | 25 | 18 | 0,1 | 0.1 | 0,05 | 45 | 100 | 50 | 380 | -100 |
| 20 | 10 | 10 | 25 | 12 | 0,05 | 0,04 | 0,12 | 70 | 60 | 50 | 380 | -60 |
| 21 | 1 | 45 | 35 | 20 | 0,08 | 0,1 | 0,1 | 30 | 75 | 50 | 220 | 60 |
| 22 | 2 | 60 | 25 | 25 | 0,15 | 0,15 | 0,06 | 60 | 50 | 50 | 380 | 60 |
| 23 | 3 | 50 | 30 | 25 | 0,07 | 0,2 | 0,05 | 20 | 75 | 50 | 220 | 80 |
| 24 | 4 | 15 | 18 | 15 | 0,14 | 0,1 | 0,1 | 80 | 80 | 50 | 220 | 100 |
| 25 | 5 | 35 | 20 | 18 | 0,12 | 0,05 | 0,1 | 40 | 20 | 50 | 127 | -30 |
| 26 | 6 | 32 | 40 | 35 | 0,13 | 0,08 | 0,06 | 150 | 100 | 50 | 127 | -60 |
| 27 | 7 | 40 | 30 | 50 | 0,06 | 0,1 | 0,1 | 50 | 45 | 50 | 380 | -40 |
| 28 | 8 | 25 | 35 | 25 | 0,05 | 0,12 | 0,05 | 100 | 25 | 50 | 220 | 30 |
| 29 | 9 | 8 | 20 | 10 | 0,08 | 0,08 | 0,12 | 25 | 30 | 50 | 127 | 40 |
| 30 | 10 | 25 | 25 | 30 | 0,1 | 0,06 | 0,04 | 50 | 75 | 50 | 380 | 60 |
| 31 | 1 | 20 | 35 | 25 | 0,15 | 0,1 | 0,07 | 30 | 20 | 50 | 220 | -100 |
| 32 | 2 | 40 | 25 | 32 | 0,14 | 0,15 | 0,08 | 60 | 120 | 50 | 220 | 100 |
| 33 | 3 | 30 | 35 | 40 | 0,1 | 0,2 | 0,12 | 50 | 45 | 50 | 127 | 60 |
| 34 | 4 | 45 | 50 | 25 | 0,13 | 0,1 | 0,06 | 80 | 30 | 50 | 380 | -30 |
| 35 | 5 | 60 | 25 | 8 | 0,05 | 0,06 | 50 | 50 | 50 | 50 | 127 | 40 |
| 36 | 6 | 50 | 10 | 25 | 0,05 | 0,08 | 0,1 | 150 | 25 | 50 | 220 | 80 |
| 37 | 7 | 15 | 30 | 15 | 0,1 | 0,1 | 0,08 | 30 | 40 | 50 | 220 | 100 |
| 38 | 8 | 35 | 18 | 18 | 0,1 | 0,12 | 0,06 | 80 | 30 | 50 | 380 | -100 |
| 39 | 9 | 20 | 20 | 12 | 0,04 | 0,08 | 0,1 | 40 | 40 | 50 | 380 | -100 |
| 40 | 10 | 25 | 15 | 10 | 0,12 | 0,06 | 0,05 | 60 | 20 | 50 | 220 | 80 |





**Вариант №\_\_**

**Расчетно-графическая работа № 2**

«Расчет линейной электрической цепи однофазного синусоидального тока**»**»

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№****Вар.** | **№ схе-мы** | **r1** | **r2** | **r3** | **L1** | **L2** | **L3** | **C1** | **C2** | **f** | **Um** | $$φ$$ |
| **Ом** | **Ом** | **Ом** | **Гн** | **Гн** | **Гн** | **мкФ** | **мкФ** | **Гц** | **В** | **Град.** |
| 28 | 8 | 25 | 35 | 25 | 0,05 | 0,12 | 0,05 | 100 | 25 | 50 | 220 | 30 |

**Постановка задачи**

Задана электрическая схема (рис.8). Исходные данные для схемы приведены в таблице. Входное напряжение u(t), равное ЭДС e(t), изменяется по синусоидальному закону:
$u\left(t\right)=U\_{m}\sin((ωt+φ))$

Требуется:

1. С помощью символического метода расчета найти комплексы действующих значений токов в ветвях схемы.
2. Построить топографическую диаграмму, совмещенную с векторной диаграммой токов.
3. Написать закон изменения мгновенного значения тока первой ветви и нарисовать график его изменения за время, равное одному периоду.
4. **Символический метод расчета**.
* Нарисуем символическую схему замещения исходной схемы, определим для нее комплекс действующего значения входного напряжения и полные комплексные сопротивления элементов схемы;



XL1=ωL1=2πʄ L1=2\*3.14\*50\*0.05=15.7(Ом)

XL3=15.7(Ом)

XC1=1/ ωC1=1/2πʄ C1=1/(2\*3.14\*50\*100\*10-6)=31.847(Ом)

XC2=1/ ωC2=1/2πʄ C2=1/(2\*3.14\*50\*25\*10-6)=127.389(Ом)

Схему (рис.8)для наглядности упростим:



Дальше упростим, применив схему замещения комплексных сопротивлений:



Z1=R1+ʝ(XL1- XC1)=25+ ʝ(15.7-31.847)=25- ʝ16.147(алгебраическая форма)=

=29.761\*e- ʝ32.858°(показательная форма)

|Z|=√(252+16.1472)=29.761

ϕ=arctg(x/R)=arctg(-16.147/25)= -arctg(0.64588)= -0.57347(рад)=

= -32.858°

Z1=R1+ʝ(XL1- XC1)=25- ʝ16.147=29.761\*e- ʝ32.858°(Ом)

Z2=R2-ʝ XC2=35- ʝ127.389=132.11\*e- ʝ74.637°(Ом)

Z3=R3+ʝXL3=25+ ʝ15.7=29.521\*e+ ʝ32.129°(Ом)

При выполнении сложения и вычитания комплексных чисел используем алгебраическую форму, а при умножении, делении и возведения в степень – показательную форму.

Упростим схему замещения:



Z2,3=(Z2\*Z3)/(Z2+Z3)=(132.11\*e-ʝ74.637°\*29.521\*e+ʝ32.129°)/(35-

-ʝ127.389+25+ ʝ15.7)= (3900.02\*e-ʝ42.508°)/(60-ʝ111,689)=

=3900.02\*e-ʝ42.508°/127.785\*e-ʝ61.755°=30.52\*eʝ19.247°=28.814+ ʝ10,061(Ом)

Теперь рассчитаем Zобщ= Z1+Z2,3

Zобщ=25- ʝ16.147+28.814+ ʝ10,061=53.814- ʝ6.086=54.157\*e-ʝ6.452°(Ом)

И приходим к такому виду:



* Используя любой из методов расчета линейных электрических цепей. Находим требуемые значения комплексов действующих значений токов:

I=U/Zобщ=220\*e ʝ30°/54.157\*e-ʝ6.452°=4.0326\*eʝ36.542°=3.267+ʝ2.424(A)



Рассчитаем остальные токи:

I2=(I\*Z3)/(Z2+Z3)=

=(4.0326\*eʝ36.542°\*29.521\*e+ʝ32.129°)/(35- ʝ127.389+25+ ʝ15.7)=

=0.94\*eʝ130.336°=-0.608+ʝ0.717(A)

Аналогично находим оставшийся ток:

I3=(I\*Z2)/(Z2+Z3)=4.2\*eʝ23.57°=3.85+ ʝ1,679(А)

Проверка: по первому закону Кирхгофа.

I=I2+I3 I=4.0326\*eʝ36.542°=3.267+ʝ2.424(A)

I2+I3=-0.608+ʝ0.717+3.85+ ʝ1,679=3.267+ʝ2.424(A)

Комплекс действующего значения напряжения:

U=(Um\* eʝ30°)/(√2)=(220\* eʝ30°)/1.41=156.02\* eʝ30°(B)

1. **Топографическая диаграмма.**
* После каждого элемента символической схемы замещения расставляем точки и обозначаем их;



(.)b – заземляем, т.е. фb=0.

фa=U

фa=U=220\*eʝ30°(В)

фb=0

фс=фb+UR1=0+I\*R1=4.0326\*eʝ36.542°\*25=101.5575\*eʝ36.452°=81.688+ʝ60.34(B)

фd=фс+UL3=фс+I3XL3=81.688+ʝ60.34+(-26.367+ ʝ60.439)=55.321+ ʝ120.774= =132.841\*eʝ65.39°(B)

фe=фd+UR3=фd+I3R3=151.561+ ʝ162.76=222.4\*eʝ47.041°(B)

фf=фe+IXL1=113.073+ ʝ214.865=242.801\*eʝ62.244°(B)

фa=фf+UC1=фf+IXC1=189.939+ ʝ110.804=219.896\*eʝ30.258°(B)

фа=U

219.896\*eʝ30.258°=220\*eʝ30°

* Нарисуем комплексную плоскость, масштаб по осям координат выбираем одинаковым, наносим комплексные потенциалы на плоскость;



****

Максимальное значение I первой ветви.

I3**=**4.217eʝ23.482°\*eʝ10t

t=T w=2Пf=2П\*T/T w=2П

f=50 Гц T=1/T=1/50=0.02(C)

i3=ImSin(wt+фi)=4.217\*Sin(314t+0.41)

23.482°=XP

180 – 3.14



1. **Баланс полных комплексных мощностей.**
* Определяем полную комплексную мощность источника напряжения, записываем ее в алгебраической форме записи:

 Su=U\*I=220\* eʝ30°\*4.0326\*eʝ36.542°=893.706\*eʝ66.452°=357.051+ ʝ819.283 (ВА)

* Находим полную комплексную мощность нагрузок, записываем ее в алгебраической форме записи:

Sн=S1+S2+S3

S1=(I)2\*Z1=(4.0326\*eʝ36.542°)2\*29.761\*e-ʝ32.858°=491.124\*eʝ40.046°= =375.969+ ʝ315.99(ВА)

S2=(I2)2\*Z2=(0.94\*eʝ130.336°)2\*132.11\*e-ʝ74.637°=116,732\*eʝ186.035°= =-116,085- ʝ12.273(ВА)

S3=(I3)2\*Z3=(4.2\*eʝ23.57°)2 \*29.521\*e+ ʝ32.129°=251.985\*e+ ʝ79.269°= =97.193+-ʝ512.857(ВА)

Sн=S1+S2+S3=375.969+ ʝ315.99+97.193+-ʝ512.857-116,085- ʝ12.273= =357.077+ ʝ819.574=893.983\*e ʝ66.458°(BA)

Su=Pu+ ʝQu=357.051+ ʝ819.283(BA)

Su=Pн+ ʝQн=357.077+ʝ819.574(BA)

* Находим относительные ошибки для активной и реактивной мощностям, ошибки не должны превышать пяти процентов.

Pu=Pн (приблизительно равны)

357.077(Вт)=357.051(Вт)

∆P%=(Pu-Pн)/Pu\*100%=(357.051-357.077)/ 357.077\*100%=0.01%

 Qu=Qн (приблизительно равны)

 ∆Q%=(Qu-Qн)/Qu\*100%=(819.283- 819.574)/ 819.283\*100%=0.03%