Понятие об активной и реактивной проводимости

Решение вопросов, связанных с параллельным соединением цепей переменного тока, так же как и при постоянном токе, про­изводится при помощи проводимостей.

Пусть мы имеем векторную диаграмму, изображенную на Рис. 1 Проектируя вектор тока / на направление вектора на­пряжения U, разложим вектор то­ка на две составляющие.

Одна из составляющих совпада­ет по направлению с вектором на­пряжения и называется ***актив­ной составляющей*** тока. Она обозначается буквой 𝑰**а** и рав­на:



Другая составляющая, перпен­дикулярная вектору напряжения, называется ***реактивной со­ставляющей*** тока, обозначается 𝑰**р** и равна:



По закону Ома для цепей переменного тока имеем:



Из прямоугольника сопротивлений легко получить:



Используя эти три выражения, получим:



По аналогии с формулой постоянного тока (𝑰 = 𝑼∙g) заменим в ней $\frac{r}{Z^{2}}$ на ***g.*** Полученная формула будет иметь следующий вид:



Величина ***g*** называется ***активной проводимостью***. Соответственно изложенному, получим:



Обозначив $\frac{r}{Z^{2}}$через ***b,*** получим;



Величина ***b*** называется ***реактивной проводимостью.*** Наконец.



Обозначив $\frac{1}{z}$ через ***у,*** получим:



Величина ***у*** называется ***полной проводимостью***. Активная, реактивная и полная проводимости измеряют­ся в $\frac{1}{Ом}$*.*

На рис. 1 изображен треугольник токов со сторонами 𝑰,𝑰а,𝑰р.

По теореме Пифагора имеем:



Разделив все стороны треугольника токов на ***U:***



получим треугольник проводимостей со сторонами ***g,*** *𝐛* и ***у.***

Из треугольника проводимостей имеем:



***Контрольные вопросы и задания***

 1. На какие две составляющие можно разложить ток в цепи, содержащей активные и реактивные элементы?

 2. Какое положение занимают векторы составляющих тока по отношению к вектору напряжения?

 3. Напишите формулы активной и реактивной составляющих тока.

4. Напишите формулы активной, реактивной и полной проводимости.

5. Что показывает угол сдвига фаз между током и напряжением?

6. Как можно определить действующее значение тока в не разветвлённой части цепи, если известны действующие значения токов в параллельных ветвях?

 7. Постройте векторы активной и реактивной составляющих каждого тока (рис. 1)

**Расчёт цепей переменного тока методом проводимостей.**

При расчёте разветвлённых цепей методом проводимостей находят как арифметическую сумму проводимостей отдельных ветвей; реактивную проводимость – как алгебраическую сумму проводимостей ветвей. Полную проводимость рассчитывают по формуле: 𝐲 **=** $\sqrt{g^{2}+b^{2}}$

***Ход решения задач методом проводимостей:***

1. Найти реактивные составляющие сопротивлений ветвей

**𝑿𝑳1 = ω𝑳1 ; 𝑿𝑪1 =** $\frac{1}{ωC\_{1}}$**; 𝑿𝑳2 = ω𝑳2 ; 𝑿𝑪1 =** $\frac{1}{ωC\_{2}}$

2**. Н**айти реактивные сопротивления ветвей:

𝑿1 = **Σ** **𝑿𝑳1𝒊 − 𝚺 𝑿𝑪1𝒊;  𝑿2 = Σ** **𝑿𝑳2𝒊 − 𝚺 𝑿𝑪2𝒊**

3. Найти реактивные сопротивления ветвей:

**𝒁1 =** $\sqrt{(ΣR\_{1i })^{2}+X\_{1}^{2}}$ **;** **𝒁2 =** $\sqrt{(ΣR\_{2i })^{2}+X\_{2}^{2}}$

4. Найтиактивные и реактивные проводимости ветвей:

***𝐠*1 =** $\frac{ΣR\_{1i }}{Z\_{1}^{2}}$**; *𝐠*2 =** $\frac{ΣR\_{2i }}{Z\_{2}^{2}}$**;  *𝐛1 =***$ \frac{X\_{1}}{Z\_{1}^{2}}$***; 𝐛2 =***$ \frac{X\_{2}}{Z\_{2}^{2}}$

5.Найти общую активную проводимость, как арифметическую сумму активных проводимостей ветвей: *𝐠 = 𝐠* **1***+ 𝐠* **2**

6. Найти общую реактивную проводимость, как алгебраическую сумму реактивных проводимостей ветвей:

*𝐛 =* ***±𝐛1 ± 𝐛2***

7. Найти общую проводимость:

𝐲 = $\sqrt{g^{2}+ b^{2}}$

 8. Найти общий ток:

𝑰 = 𝑼∙𝐲

 9. Найти полную, активную и реактивную мощности:

𝑺 = 𝑼∙𝑰; 𝑷 = 𝑼2∙*𝐠; 𝐐 =* 𝑼**2*∙****𝐛*

***Контрольные вопросы и задания***

1. Для расчета каких цепей переменного тока применяют метод проводимостей?
2. Разветвленная 𝑹𝑳 - цепь имеет параметры: напряжение пита­ющей цепи

20 В, активное сопротивление 2 кОм, индуктивное сопротивление 4 кОм. Определите ток в неразветвленной части цепи и постройте векторную диаграмму.

1. Разветвленная ***LC***-цепь ***(xL*** = 5 Ом, ***хС*** = 4 Ом) питается от сети напряжением 10 В. Определите действующее и мгновенное зна­чение тока в неразветвленной части цепи. Постройте векторную диаграмму.
2. Разветвленная 𝑹𝑪 - цепь имеет параметры: ***R*** = 3 Ом, ***С=*** 500 мкФ, мгновенное значение напряжения питающей сети ***и*** = 14 sin (300𝒕 + 10°). Напишите формулу мгновенного значения тока в неразветвленной части цепи и постройте векторную диа­грамму.
3. К разветвленной 𝑹-цепи приложено напряжение 6 В. В нераз­ветвленной части цепи протекает ток 3 мА. Емкостное сопро­тивление цепи равно 3 кОм. Определите активную мощность, потребляемую цепью.

**Способы представления и числовые характеристики периодических несинусоидальных электрических величин.**

Причиной появления несинусоидальных ЭДС, напряжений и токов могут быть как генераторы, так и потребители электрической энергии.

ЭДС, индуктируемые в обмотках генератора, отличаются от сину­соиды по нескольким причинам:

1. распределение магнитной индукции в воздушном зазоре генера­тора отличается от синусоиды (несимметричное положение ро­тора относительно статора, воздушные включения в магнитной цепи генератора, несимметрия обмотки ротора);
2. наличие пазов и зубцов в сердечниках ротора и статора;
3. в нагруженной электрической машине добавляется реакция якоря.

Несинусоидальные токи и напряжения возникают, если в цепи

имеются потребители энергии с нелинейной ВАХ:

1. нелинейные активные сопротивления (полупроводниковые вы­прямители, лампы накаливания, магнитные усилители и др.);
2. реактивные индуктивные сопротивления (катушки с ферромаг­нитным сердечником — дроссели);
3. реактивные емкостные сопротивления (нелинейные конденса­торы — варикапы).

Цепи переменного тока с нелинейными элементами, которые яв­ляются причиной появления несинусоидальных токов и напряжений, будут представлены в главе 14.

В настоящей главе рассмотрен расчет линейных электрических це­пей при наличии источника энергии, вырабатывающего несинусоидальную ЭДС. Режим работы такой электрической цепи рассматри­вают как совокупность налагающихся друг на друга синусоидальных режимов кратных частот. Для этого кривые несинусоидальных ЭДС, напряжений и токов раскладывают в тригонометрический ряд, ис­пользуя ***теорему Фурье:*** *всякая периодически изменяющаяся величина мо­жет быть представлена как сумма постоянной составляющей* **(***незави­симой от времени) и ряда синусоидальных* **(***гармонических***)** *составляющих с кратными частотами.*

Синусоидальные составляющие несинусоидальных величин назы­ваются ***гармониками.*** Синусоидальная составляющая, частота которой равна частоте несинусоидальной величины, называется ***основной гар­моникой*,** или первой гармоникой. Остальные гармоники, частота ко­торых в два, в три и т.д. раза больше частоты несинусоидальной вели­чины, называются ***гармониками высшего порядка*** (второй гармоникой, третьей гармоникой и т.д.).

Согласно теореме Фурье, всякую периодически изменяющую­ся величину𝒇 (**ω**𝒕) можно записать как сумму постоянной составля­ющей ***A0***  и ряда синусоидальных составляющих:



где *A1 А2, A3* ... — амплитуды соответственно первой, второй, третьей и т.д. гармоник; ***ψ*1 ,*ψ*2, *ψ*3**, ... — начальные фазы соответственно первой, второй, третьей и т.д. гармоник.

Графики, представленные на рис. 13.1 и 13.2, подтверждают, что сложение синусоидальных величин с разными частотами и началь­ными фазами дает несинусоидальную кривую.



На рисунке 13.1 показан график несинусоидальной ЭДС, содер­жащей две синусоидальные составляющие с одинаковыми нулевыми начальными фазами — основную (первую) ***eh*** имеющую ту же часто­ту, что и несинусоидальная кривая ***е,*** и третью имеющую тройную частоту



На рисунке 13.2 показан график несинусоидальной ЭДС, содер­жащей две синусоидальные составляющие с различными начальными фазами — основную (первую) и третью



Постоянная составляющая *А*0 является ***средним значением функции за период.*** Таким образом, если среднее значение функции за период равно нулю, то постоянная составляющая в ряде Фурье отсутствует. Так, в цепи переменного тока, например, с емкостью



постоянная составляющая отсутствует и среднее значение мощно­сти за период равно нулю ***Р=0***. Кривая мгновенной мощности ***р*** в цепи переменного тока с активным сопротивлением согласно выражению



разложена на постоянную составляющую ***UI*** и переменную ***U***𝑰***cos***𝝎***t.*** Среднее значение переменной составляющей за период равно нулю, как любой синусоидальной величины, поэтому среднее значение та­кой кривой за период равно постоянной составляющей, и активная мощность в цепи с активным сопротивлением определяется по извест­ной формуле ***Р*** = ***U***𝑰***.***

***Контрольные вопросы и задания***

1. Назовите причины появления несинусоидальных напряжений и токов в электрических цепях.
2. Могут ли возникнуть несинусоидальные токи и напряжения в цепи с синусоидальной ЭДС?
3. Сформулируйте теорему Фурье.
4. Что такое постоянная составляющая несинусоидального тока?
5. Что называют гармониками?
6. Какая синусоидальная составляющая называется основной гар­моникой?
7. Дайте определение гармоникам высшего порядка.
8. Что такое порядок гармоники?
9. Напишите общее выражение несинусоидальной функции в виде тригонометрического ряда.
10. Напишите аналитическое выражение и начертите график неси­нусоидальной функции, содержащей первую и третью гармони­ки с одинаковыми нулевыми начальными фазами.
11. Как аналитически можно определить постоянную составляющую?
12. Как по виду графика можно определить наличие или отсутствие постоянной составляющей?