Электрические трехфазные цепи.

1. Получение трехфазной системы Э.Д.С.

Трехфазная система электрических цепей представляет собой совокупность электрических цепей, в которых действуют три синусоидальные Э.Д.С. одной и той же частоты, сдвинутые друг относительно друга по фазе и создаваемые общим источником питания.

Если все три Э.Д.С. равны по значению и сдвинуты по фазе на 1200 по отношению друг к другу, то такая система Э.Д.С. называется симметричной.

Часть трехфазной системы электрических цепей, в которой может протекать один из токов трехфазной системы, называется фазой. Фазой является обмотка генератора, в которой индуцируется Э.Д.С. и приемник, присоединенный к этой обмотке.

Трехфазная система Э.Д.С. создается трехфазными генераторами. В неподвижной части генератора (статоре) размещают три обмотки, сдвинутые в пространстве на 1200. Это фазные обмотки, или фазы, которые обозначают А,В,С, концы обмоток обозначают X,Y,Z. На вращающейся части генератора (роторе) располагают обмотку возбуждения, которая питается от источника постоянного тока. Так обмотки возбуждения создают магнитный поток Фо, постоянный (неподвижный) относительно ротора, но вращающийся вместе с частотой n. Вращение ротора осуществляется каким-либо двигателем.

При вращении ротора, вращающийся вместе с ним магнитный поток пересекает проводники обмотки статора (А-X, B-Y, C-Z) и индуцирует в них синусоидальные Э.Д.С.

LA= Em sin Wt

LB= Em sin (Wt - )

LC= Em sin (Wt + )

1. Соединение приемников электрической

энергии в «звезду».

При использовании трехфазных систем питания трехфазных потребителей электроэнергии соединение фаз источника и потребителя выполняется обычно по схеме «звезда» или «треугольник».

При соединении фаз трехфазного источника питания или потребителя энергии «звездой» концы фаз источника X, Y, Z или приемника x, y, z объединены в общую нейтральную точку N, а начала фаз подключаются к соответствующим линейным проводам.

Напряжения Ua, Ub, Uc, действующие между началами и концами фаз, являются его фазными напряжениями. Напряжения Uab, Ubc, Uca, действующие между началами фаз потребителя, являются линейными напряжениями.

При соединении в звезду справедливо равенство линейных и фазных токов, m. In = If ; IA = Ia ; IC = Ic .

Для симметричной трехфазной цепи и для трехфазной четырехпроводной цепи. Номинальное (линейное) напряжение в  раз больше фазного. , т.е. ; ; .

Токи в фазах определяют по закону Ома для цепей переменного тока:

; ; ; 

Активная Р, реактивная Q и полная мощности потребителя электрической энергии определяют как сумму соответствующих фазных мощностей

P = Pa + Pb + Pc Pф=Iф2 Rф, Qф2=Iф2 X2, Qфс= -Iф2 Xc

Q=Qa+Qв+Qc Qф=QL+Qc



В трехфазной четырехпроводной цепи ток в нейтральном проводе определяется на основании первого закона Кирхгофа IN= Ia + Ib + Ic, как векторная сумма фазных токов. При несимметричной нагрузке обрыв нулевого провода (ZN=∞) вызывает значительное изменение токов и фазных напряжений, что в большинстве случаев недостижимо. Поэтому в нулевой провод предохранители не устанавливают.

При наличии нулевого провода фазные напряжения будут одинаковы UA = UB = UC.

1. Соединение приемников электрической

энергии в «треугольник».

Соединение, при котором начало одной фазы потребителя электроэнергии (или источника питания) соединяется с концами другой его фазы, начало которой соединено с концом третьей фазы, а начало третьей фазы – с концом первой фазы (при этом начала всех фаз подключаются к соответствующим линейным проводам), называется треугольником. При соединении «треугольником» фазные напряжения оказываются равными линейным Uф = Uл. При симметричной системе питания Uab=Ubc=Uca=UAB=UBC=UCA=Uф=Uл. При симметричной нагрузке линейные токи в  раз больше фазных: Iл = .

При несимметричной нагрузке линейные токи равны векторной разности фазных токов соединенных с данным линейным проводом: IA = Iab – Ica ; IB = Ibc – Iab ; IC = Ica – Ibc.

Методические указания к решению задач 1 и2.

Решение задач этой группы требует знания учебного материала «Трехфазные электрические цепи». Е.С. Попов Теоретическая электротехника, 12.1 – 12.12. А.Г. Морозов. Электротехника, электроника и техника 4.1 - 4.5.

Иметь представление об особенностях соединения источников и потребителей в «звезду» и «треугольник», соотношения между линейными и фазными токами и напряжениями, а также умения рассчитывать нагрузку фазы и строить векторные диаграммы при симметричной и несимметричной нагрузках. Для пояснения методики решения задач на трехфазные цепи рассмотрим примеры решения задач.

Задача 1. Варианты 1 – 10.

В трехфазную четырехпроводную сеть включили звездой несимметрич-ную нагрузку: в фазу А – индуктивный элемент с индуктивностью La = 31,8 мГн, f = 50 Гц в фазу В – резистор с сопротивлением Rb = 8 ом, и емкостный элемент с емкостью Ccb= 530 мкф, в фазу С – резистор С, сопротивления Rc = 5 ом. Линейное напряжение сети Uном = 380 В. Определить фазные токи Ia, Ib, Ic, активную мощность цепи Р, реактивную мощность Q, полную мощность S. Построить векторную диаграмму токов и напряжений .

1. Определяем фазные напряжения:

Ua=Ub=Uc=Uф Uном = Uл

В четырехпроводной цепи при любой нагрузке фаз выполняется соотношение 

 В

1. Определяем сопротивление индуктивного элемента

XLA = 2 πf La= 2⋅3.14 ⋅ 50 ⋅ 31.8 ⋅ 10-3 = 100 M

1. Определяем сопротивление емкостного элемента в фазе В:

 OM

1. Определяем полное сопротивление в фазе в:

 Ом

1. Находим фазные токи, применяя закон Ома для участка цепи:

; ; 

1. Определяем активную мощность фазы «а»:



1. Определяем активную мощность фазы «в»:

 Вт

1. Определяем активную мощность фазы «с»:

 Вт

1. Активная мощность трехфазной цепи равна:

P=Pa+Pb+Pc=0+3872+9680=13 552 Вт

1. Определяем реактивную мощность в фазе а:

вар

1. Определяем реактивную мощность фазы в:

вар

1. Реактивная мощность цепи:

Q=Qa+Qb+Qc ; Qc=0 , так как в фазе с нет реактивных элементов.

Q=4840-2904=1936 вар

1. Полная мощность трехфазной цепи равна:

В ⋅ А= 13,7 кВа

Построение векторной диаграммы начинаем с построения векторов фазных напряжений, откладывая их относительно друг друга под углом 1200.

Векторная диаграмма строится в масштабе.

Для построения векторной диаграммы необходимо определить сдвиг фаз между током и напряжением в каждой фазе.

В фазе «а» включена катушка индуктивности угол , напряжение определяет ток на 900, т.е. вектор напряжения вращается против часовой стрелки. Фаза «в» носит активно-емкостный характер, т.е. ток опережает напряжение на угол ϕb, который определяет через синус или тангенс

; ϕb=argsin 0.6

Вектор напряжения Vв вращается по часовой стрелке. Фаза «с» носит активный характер: сдвиг фаз между током и напряжением равен нулю, ϕl=0. Векторы тока и напряжения совпадают по фазе.

Откладываем токи и определяем ток в нейтральном проводе как векторную сумму фазных токов:

IN=IA+IB+IC задаваясь масштабом потоку

 IN=mI– умножив на длину отрезка.

Задача 11 (Варианты 11 – 20).

По заданной векторной диаграмме для трехфазной цепи определить характер сопротивления во всех фазах (активное R, индуктивное Н, емкостное С, смешанное), вычислить значения каждого сопротивления и начертить схему присоединения сопротивлений к сети. Сопротивления соединены «звездой». Закончить построение векторной диаграммы и определить ток в нулевом проводе. Определить активную Р, реактивную Q и полную мощность S трехфазной цепи. Ua = Ub = Uc = Uф = 220 В.

Зная напряжение и силу тока определяем полные сопротивления фаз, применяя закон Ома:

 Ом. Зная, что cos  , а sin , определяем

Ом

Ом

В фазе «в» векторы тока и напряжения совпадают, , цепь носит активный характер .

В фазе «с» угол ϕ= -90о, цепь носит емкостный характер, т.е. включен конденсатор .

Чертим схему электрической цепи.

Активная мощность всей цепи: Р = Ра + Рв + Рс 

P=102⋅19+202⋅11+0=1900+4400=6300 Вт=6,3 кВт

Реактивная мощность всей цепи Q = Qa + Qb + Qc

вар =3,3 квар

Определяем полную мощность трехкратной цепи.



Задача 2. (Варианты 1 – 10).

По заданной векторной диаграмме определить характер сопротивления (R, L, C, смешанное), вычислить значение каждого сопротивления и начертить схему присоединения к сети. Сопротивления соединены треугольником. Закончить построение векторной диаграммы показав на ней векторы линейных токов IA, IB, IC . Определить активную Р, реактивную Q и полную мощность S.7

Аналогично предыдущей задаче определяем значение сопротивлений. Отличие заключается в том, что все величины обозначаются двумя индексами: Zab, Zbc, Zca и т.д.

В фазе «ав» векторы тока и напряжения совпадают по фазе , ϕ=0, значит включен резистор  .

В фазе «вс» ϕ= -45о, значит ток опережает напряжение на угол 450 и цепь носит активно-емкостный характер (включен редуктор R и конденсатор С). Определяем 

Rdc=zbccosϕbc=10⋅cos45o=7 Ом

Xcbc=zbcsin(-bc)=10sin(-45o)=7 Ом

В фазе «са» ϕca=30o, цепь носит активно-индуктивный характер

Ом

Ом

Чертим схему электрической цепи.

Активная мощность Р = Рса + Рав + Рвс. Реактивная мощность Q = Qbc + Qca

Полная мощность S = 

Выполняем векторную диаграмму в масштабе, задаваясь масштабом по току  и записываем уравнения по 1-му закону Кирхгофа в векторной форме: IA = Iab - Ica

IB = Ibc - Iab

IC = Ica - Ibc

Вычитание заменяем сложением, например IA = Iab + (- Ica), т.е. к вектору Iab прибавляем вектор Ica, направленный в противоположную сторону вектору Ica и т.д. Умножив длины отрезков линейных токов на масштаб, определяем действующие значения линейных токов.

Задача 21 (варианты 11 – 20).

На вход трехфазной цепи поданы линейные напряжения UAB =UDC =UCF UЛ=390 B

Известны сопротивления фаз: Xcab =9 Ом; Rad=12 Ом, XLbc=5 Ом, Rbc=12 Ом. Определить сопротивления фаз, фазные токи, активную Р, реактивную Q, полную S мощности, построить векторную диаграмму и по векторной диаграмме определить линейные токи.

1. Определяем полные сопротивления фаз:

Фаза «ав» Zab= Ом

Фаза «вс»  Ом

Фаза «са» Zca=Rca=12 Ом

1. Определяем фазные токи:

Iab  =  A;

A; A

1. Определяем активную мощность



1. Определяем реактивную мощность:



1. Определяем полную мощность S = kBt

1. Для построения векторной диаграммы необходимо определить сдвиг фаз между токами и напряжениями каждой фазы:

Фаза ав: sin ; ϕab=arcsin 0.6=36o53`

Фаза вс: sin ϕbc =; ϕbc=arcsin 0.384=22o35`

Фаза са: ϕ=0

Строим векторную диаграмму, откладывая под углом 1200 векторы фазных напряжений UAB, UBC, UCA.

Откладываем векторы фазных токов относительно фазных напряжений под соответствующими углами. Для определения линейных токов записываем уравнения: , ,  и достраиваем векторную диаграмму токов, прибавляя к соответствующим фазным токам из уравнения токи противоположного направления. Векторная диаграмма строится в масштабе. Определив длину отрезка линейного тока и умножив на масштаб по току, определяют значения линейных токов.