

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ У ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Цель работы: освоить средства расчетов коэффициентов мощности у потребителей

Порядок выполнения

1. Изучить теоретический материала.
2. Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчёта

1. Необходимые теоретические сведения.
2. Ответы на контрольные вопросы.

Основные теоретические сведения

Для нормальной работы к большинству потребителей должна подводиться активная и реактивная мощности. Активная мощность используется для выполнения полезной работы и для компенсации потерь, а реактивная мощность необходима для создания магнитного потока. Каждая мощность создается своим током (рис.5.1)

В активно-индуктивной нагрузке ток I_H отстает от напряжения на угол φ . Этот ток разложим на активную и реактивную составляющие

$$I_a = I_H \cos \varphi; \quad I_p = I_H \sin \varphi.$$

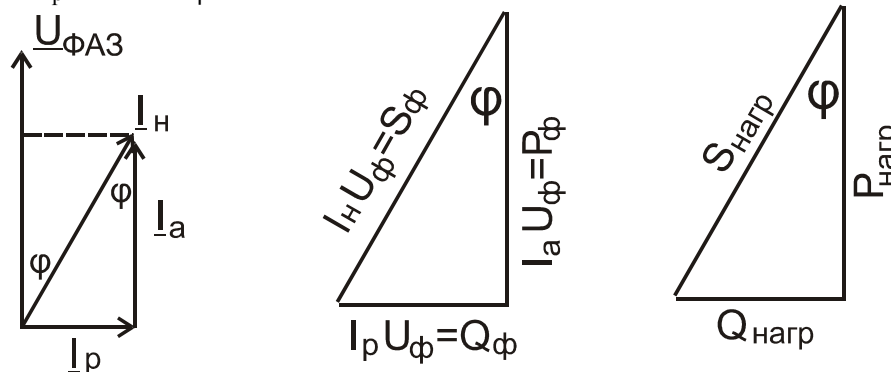


Рисунок 5.1 – Связь между токами и мощностями

Умножим длину каждого вектора тока на фазное напряжение U_{ϕ} , получим полную S_{ϕ} (ВА), активную P_{ϕ} (Вт) и реактивную Q_{ϕ} (ВАр) мощности.

Если длину каждого вектора тока умножим на $\sqrt{3} U_{\text{лин}}$, то получим треугольник трехфазных мощностей. В общем случае всегда мощности в нагрузке $S_{\text{нагр}}$; $P_{\text{нагр}}$; $Q_{\text{нагр}}$, в линии, в трансформаторе, потери мощности на одном участке связаны по треугольнику.

Отношение активной мощности к полной называется *коэффициентом мощности*, из треугольника мощностей следует, что $\cos \varphi = P/S$, отсюда $\varphi = \arccos (P/S)$

При расчетах электрических сетей приходится складывать мощности с различными коэффициентами мощности. Тогда необходимо складывать отдельно активные и реактивные мощности (рис.5.2)

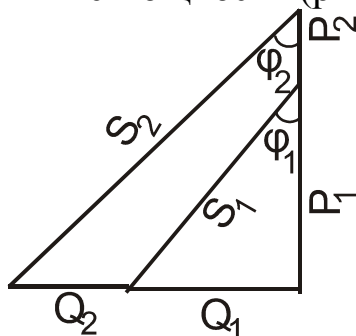


Рисунок 5.2 — сложение двух нагрузок

При суммировании двух активных нагрузок $P_{\text{общ}} = P_1 + P_2$, реактивных нагрузок $Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2$. Получаем общую нагрузку с изменившимся $\cos \varphi_2$.

В зависимости от типа нагрузки взаимное расположение токов и напряжений будет изменяться. Так при активной нагрузке токи и напряжения совпадают (В), при активно-индуктивной нагрузке (Б) токи отстают от соответствующих напряжений на угол, определяемый соотношением реактивной и активной составляющей нагрузки $\varphi = \arctg(X_H / R_H)$ (рис.5.3)

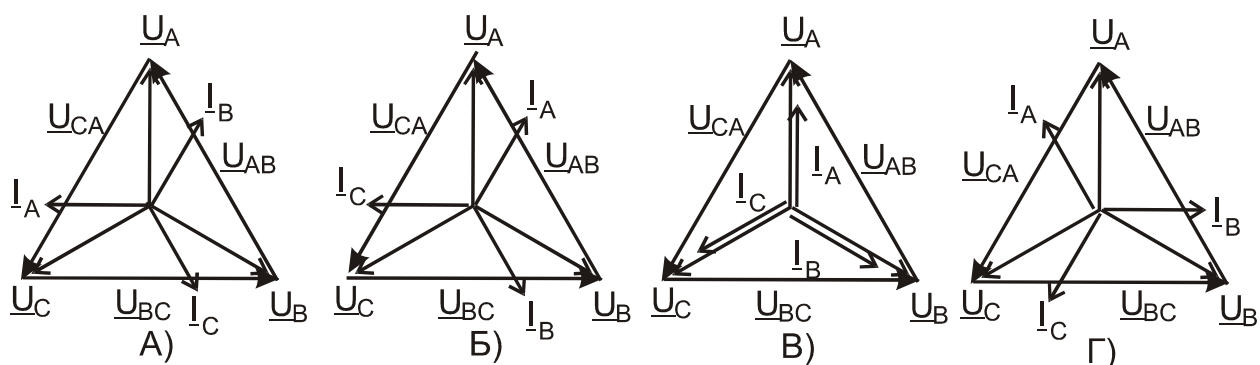


Рисунок 5.3. — Взаимное расположение напряжений и токов при симметричных нагрузках

При симметричной нагрузке в четырехпроводной сети сумма токов трех фаз равна нулю и по нулевому проводу ток не протекает. При несимметричной нагрузке в фазах для определения тока в нулевом

проводе сначала суммируем токи фаз А и В (рис. 5.4) (сумма показана пунктиром)

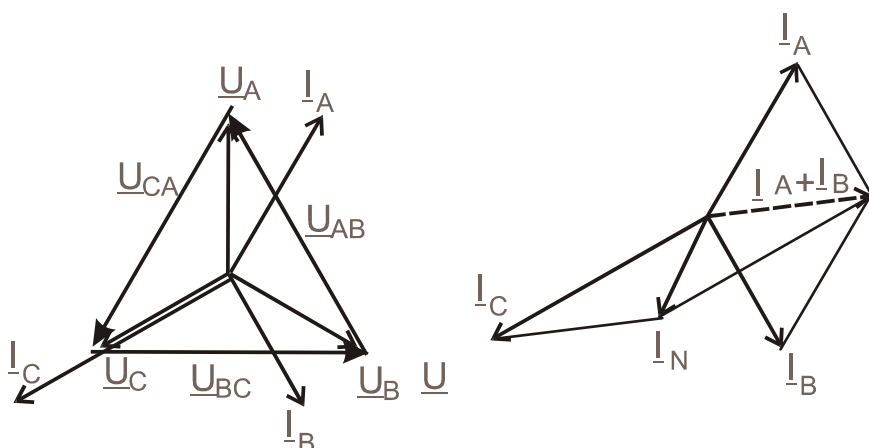


Рисунок 5.4 — Суммирование векторов при несимметричной нагрузке

Сумма токов фаз А и В складывается с вектором тока фазы С, их сумма дает вектор тока, протекающий в нулевом проводе. Сумма четырех токов $I_A + I_B + I_C + I_N = 0$

Коэффициент мощности показывает также, насколько активная составляющая тока отличается от полного тока, а полный ток определяет потери активной мощности, например, для участка линии $\Delta P = I_{\text{уч}}^2 R_{\text{уч}}$. Для компенсации потерь мощности генераторы электростанций должны вырабатывать дополнительную мощность. Поэтому стремятся увеличивать коэффициент мощности и приближать его к единице. Для электрических сетей желательно, чтобы $\cos \varphi = 0,92 \dots 0,95$. При большем коэффициенте мощности возможна перекомпенсация, когда ток будет опережающим из-за избытка емкостной нагрузки.

Существует несколько способов определения $\cos \varphi$ на производстве:

1) По показаниям счетчика активной энергии определяем активную нагрузку. Для этого отсчитываем количество миганий светового индикатора, например, за одну минуту отсчитали 400 миганий. А на счетчике написано 1 кВт·час = 2000 миганий. Значит за одну минуту потребление составило $400/2000 = 0,2$ кВт·часа. Тогда за час потребление будет в 60 раз больше $W_1 = 0,2 \cdot 60 = 12$ кВт·часов. Значит средняя мощность за измеряемый промежуток времени составила $P_{\text{сч}} = 12$ кВт, так как мощность — это энергия, потребленная за 1 час. Полную мощность получаем по показаниям токоизмерительных клещей в процессе измерений $S_{\text{изм}} = U_{\text{изм}} I_{\text{изм}}$. Получаем $\cos \varphi$ путем деления $P_{\text{сч}}/S_{\text{изм}}$. Вместо счетчика активная мощность может быть измерена ваттметровыми клещами

2) Современные интегральные счетчики регистрируют и хранят в памяти получасовое потребление активной и реактивной энергии. Если каждую сторону в треугольнике мощностей умножим на время, то получим треугольник энергий $W_{\text{ПОЛ}}$, $W_{\text{АКТ}}$, $W_{\text{РЕАК}}$. За любые полчаса записали потребление и из треугольника энергий находим

$$\cos \phi = \frac{W_{\text{АКТ}}}{\sqrt{W_{\text{АКТ}}^2 + W_{\text{РЕАК}}^2}}$$

3) Иногда из измерительных приборов у нас только токоизмерительные клещи, а нам необходимо получить значение коэффициента мощности. Когда необходимо определять отдельно активное и реактивное сопротивления нагрузки при наличии только токоизмерительных клещей можно воспользоваться дополнительным сопротивлением. Для этого параллельно нагрузке подключают дополнительное сопротивление с заведомо известным коэффициентом мощности, например, активное сопротивление - нагреватель (рис.5.5). После этого измеряют три тока: — в нагрузке $I_{\text{НАГР}}$; — в дополнительном сопротивлении $I_{\text{ДОП}}$; — в питающей линии $I_{\text{Л}}$. По трем токам строят треугольник токов, один из которых $I_{\text{ДОП}}$ совпадает с фазным напряжением. Затем по теореме косинусов (квадрат стороны треугольника равен сумме квадратов двух других сторон минус удвоенное произведение этих сторон на косинус угла между ними) находится угол $\phi_{\text{НАГР}}$, равный сумме двух внутренних углов треугольника ТОКОВ

$$\phi_{\text{НАГР}} = \phi_1 + \phi_2 = \pi - \arccos((I_{\text{ДОП}}^2 + I_{\text{НАГР}}^2 - I_{\text{Л}}^2) / (2 I_{\text{ДОП}} I_{\text{НАГР}})) .$$

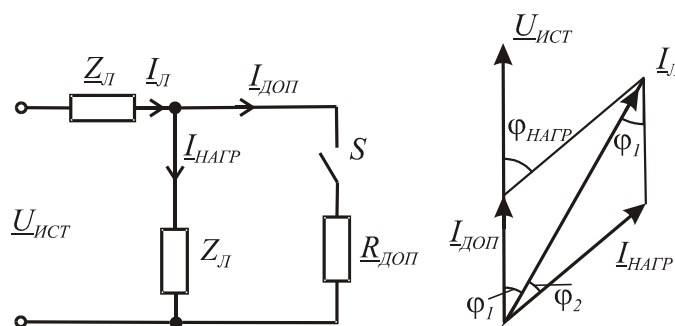


Рисунок 5.5 Определение $\phi_{\text{НАГР}}$ с помощью дополнительного сопротивления

После вычисления $\phi_{\text{НАГР}}$ нетрудно вычислить активное и индуктивное сопротивления нагрузки

$$R_{\text{НАГР}} = (U_{\text{НАГР}}/I_{\text{НАГР}}) \cos \phi_{\text{НАГР}}; \quad X_{\text{НАГР}} = (U_{\text{НАГР}}/I_{\text{НАГР}}) \sin \phi_{\text{НАГР}}.$$

Таким образом, параметры нагрузки определяются путем измерения напряжения и тока на вводе потребителя.

Контрольные вопросы

1. Что такое коэффициент мощности?
2. Как вычислить $\cos \varphi$ по активной и реактивной мощности?
3. Как изменяется соотношение активной и полной мощностей при увеличении $\cos \varphi$?
4. Как изменяется ток в сети при увеличении $\cos \varphi$?
5. Как вычислить $\cos \varphi$ по показаниям ваттметровых и токоизмерительных клещей?
6. Как располагаются вектора токов конденсаторной установки относительно векторов напряжений?
7. Пояснить теорему косинусов по сторонам треугольника a, b, c .
8. Как сложить векторы токов двух фаз, по какому правилу?
9. Как сложить векторы токов в 4-х проводах?
10. Какой ток протекает в нулевом проводе при обрыве одной из фаз?