

## 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  $\varphi$ . Этот ток разложим на активную и реактивную составляющие

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

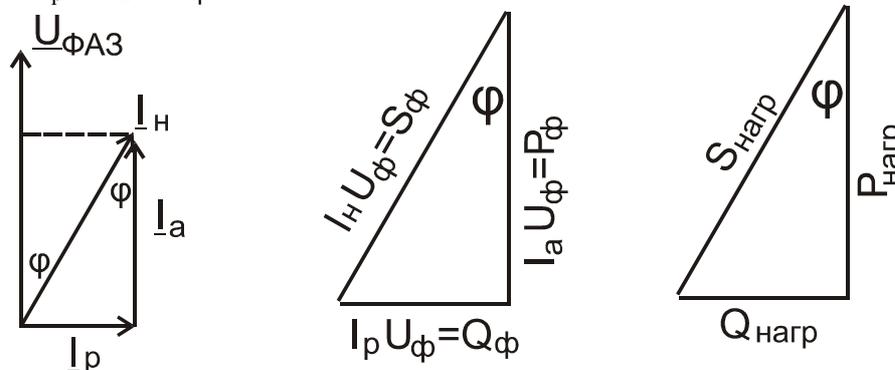


Рисунок 5.1 – Связь между токами и мощностями

Умножим длину каждого вектора тока на фазное напряжение  $U_{\phi}$ , получим полную  $S_{\phi}$  (ВА), активную  $P_{\phi}$  (Вт) и реактивную  $Q_{\phi}$  (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)

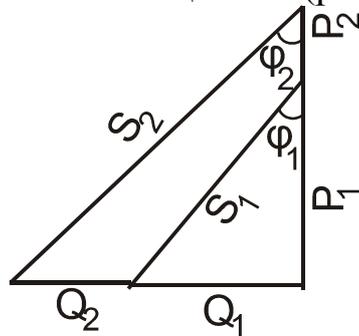


Рисунок 5.2 — сложение двух нагрузок

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)

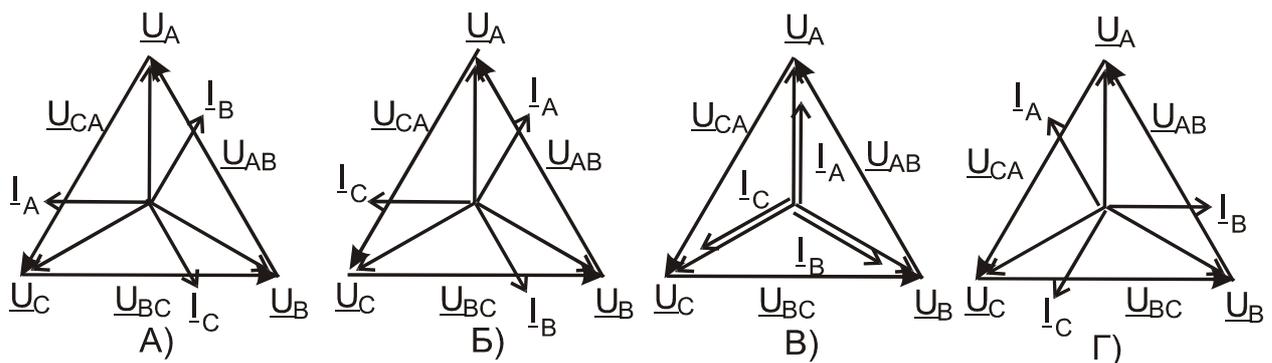


Рисунок 5.3. — Взаимное расположение напряжений и токов при симметричных нагрузках

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)

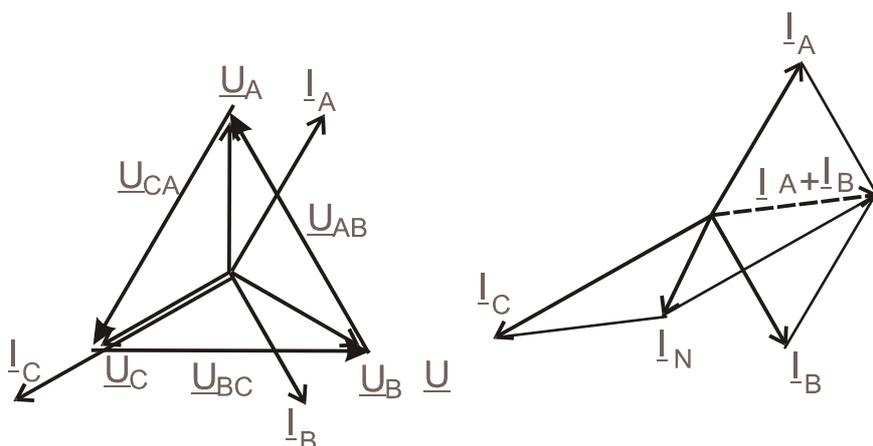


Рисунок 5.4 — Суммирование векторов при несимметричной нагрузке

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

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

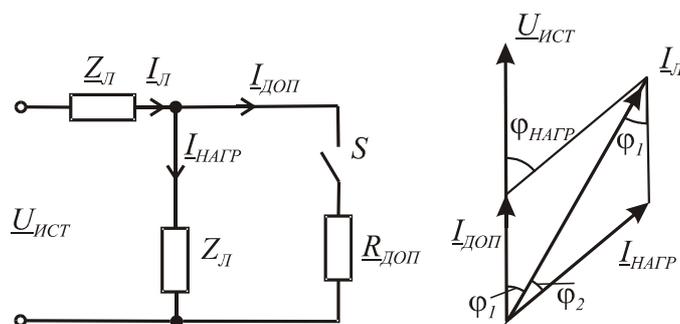


Рисунок 5.5 Определение  $\phi_{\text{НАГР}}$  с помощью дополнительного сопротивления

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?