

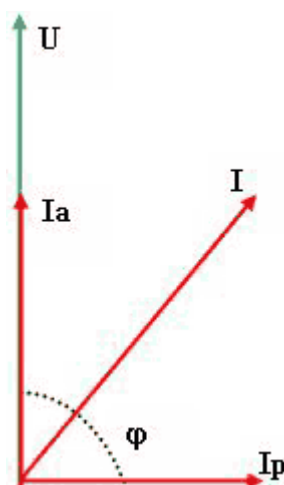
Теория реактивной мощности.

Появление термина «реактивная» мощность связано с необходимостью выделения мощности, потребляемой нагрузкой, составляющей, которая формирует электромагнитные поля и обеспечивает вращающий момент двигателя. Эта составляющая имеет место при индуктивном характере нагрузки. Например, при подключении электродвигателей. Практически вся бытовая нагрузка, не говоря о промышленном производстве, в той или иной степени имеет индуктивный характер. В электрических цепях, когда нагрузка имеет активный (резистивный) характер, протекающий ток синфазен (не опережает и не запаздывает) от напряжения. Если нагрузка имеет индуктивный характер (двигатели, трансформаторы на холостом ходу), ток отстает от напряжения. Когда нагрузка имеет емкостной характер (конденсаторы), ток опережает напряжение.



Суммарный ток, потребляемый двигателем, определяется векторной суммой

1. I_a - активный ток
2. I_{pi} - реактивный ток индуктивного характера



К этим токам привязаны мощности потребляемые двигателем.

1. P – активная мощность привязана к I_a (по всем гармоникам суммарно)
2. Q – реактивная мощность привязана к I_{pi} (по всем гармоникам суммарно)

3. **A** – полная мощность потребляемая двигателем. (по всем гармоникам суммарно)

Реактивная мощность не производит механической работы, хотя она и необходима для работы двигателя, поэтому ее необходимо получать на месте, чтобы не потреблять ее от энергоснабжающей организации. Тем самым мы снижаем нагрузку на провода и кабели, повышаем напряжение на клеммах двигателя, снижаем платежи за реактивную мощность, имеем возможность подключить дополнительные станки за счет снижения тока потребляемого с силового трансформатора.

Параметр определяющий потребление реактивной мощности называется $\cos(\varphi)$

$$\cos(\varphi) = P_{1\text{гarm}} / A_{1\text{гarm}}$$

$P_{1\text{гarm}}$ - активная мощность первой гармоники 50 Гц

$A_{1\text{гarm}}$ - полная мощность первой гармоники 50 Гц

где,

$$A = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Таким образом, $\cos(\varphi)$ уменьшается, когда потребление реактивной мощности нагрузкой увеличивается. Необходимо стремиться к повышению $\cos(\varphi)$, т.к. низкий $\cos(\varphi)$ несет следующие проблемы:

1. Высокие потери мощности в электрических линиях (протекание тока реактивной мощности)
2. Высокие перепады напряжения в электрических линиях (например 330...370 В, вместо 380 В)
3. Необходимость увеличения габаритной мощности генераторов, сечения кабелей, мощности силовых трансформаторов.

Из всего вышеприведенного, понятно, что компенсация реактивной мощности необходима. Чего легко можно достичь применением активных компенсирующих установок. Конденсаторы в которых будут компенсировать реактивную мощность двигателей.

Потребители реактивной мощности.

Потребителями реактивной мощности, необходимой для создания магнитных полей, являются как отдельные звенья электропередачи (трансформаторы, линии, реакторы), так и такие электроприёмники, преобразующие электроэнергию в другой вид энергии которые по принципу своего действия используют магнитное поле (асинхронные двигатели, индукционные печи и т.п.). До 80-85% всей реактивной мощности, связанной с образованием магнитных полей, потребляют асинхронные двигатели и трансформаторы. Относительно небольшая часть в общем балансе реактивной мощности приходится на долю прочих её потребителей, например на индукционные печи, сварочные трансформаторы, преобразовательные установки, люминесцентное освещение и т.п.

Трансформатор как потребитель реактивной мощности. Трансформатор является одним из основных звеньев в передаче электроэнергии от электростанции до потребителя. В зависимости от расстояния между электростанцией и потребителем и от схемы передачи электроэнергии число ступеней трансформации лежит в пределах от двух до

шести. Поэтому установленная трансформаторная мощность обычно в несколько раз превышает суммарную мощность генераторов энергосистемы. Каждый трансформатор сам является потребителем реактивной мощности. Реактивная мощность необходима для создания переменного магнитного потока, при помощи которого энергия из одной обмотки трансформатора передаётся в другую.

Асинхронный двигатель как потребитель реактивной мощности. Асинхронные двигатели наряду с активной мощностью потребляют до 60-65% всей реактивной мощности нагрузок энергосистемы. По принципу действия асинхронный двигатель подобен трансформатору. Как и в трансформаторе, энергия первичной обмотки двигателя – статора передаётся во вторичную – ротор посредством магнитного поля.

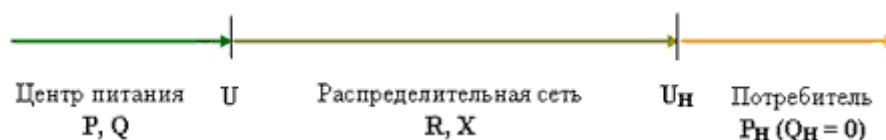
Индукционные печи как потребители реактивной мощности. К крупным электроприемникам, требующим для своего действия большой реактивной мощности, прежде всего, относятся индукционные печи промышленной частоты для плавки металлов. По существу эти печи представляют собой мощные, но не совершенные с точки зрения трансформаторостроения трансформаторы, вторичной обмоткой которых является металл (садка), расплавляемый индуктированными в нём токами.

Преобразовательные установки, преобразующие переменный ток в постоянный при помощи выпрямителей, также относятся к крупным потребителям реактивной мощности. Выпрямительные установки нашли широкое применение в промышленности и на транспорте. Так, установки большей мощности с ртутными преобразователями используются для питания электроизоляционных ванн, например при производстве алюминия, каустической соды и др. Железнодорожный транспорт в нашей стране почти полностью электрифицирован, причём значительная часть железных дорог использует постоянный ток преобразовательных установок.

Компенсация реактивной мощности в электрических сетях

С другой стороны, элементы распределительной сети (линии электропередачи, повышающие и понижающие трансформаторы) в силу особенностей конструктивного исполнения имеют продольное индуктивное сопротивление. Поэтому, даже для нагрузки потребляющей только активную мощность, в начале распределительной сети будет иметь место индуктивная составляющая – реактивная мощность. Величина этой реактивной мощности зависит от индуктивного сопротивления распределительной сети и полностью расходуется на потери в элементах этой распределительной сети.

Действительно, для простейшей схемы:



- P – активная мощность в центре питания,
- P_n – активная мощность на шинах потребителя,
- R – активное сопротивление распределительной сети,
- Q – реактивная мощность в центре питания,
- Q_n – реактивная мощность на шинах потребителя.
- U – напряжение в центре питания,
- U_n – напряжение на шинах потребителя,
- X – индуктивное сопротивление распределительной сети.

В результате, независимо от характера нагрузки, по распределительной сети от источника питания будет передаваться реактивная мощность Q . При двигательном характере нагрузки ситуация ухудшается – значения мощности в центре питания увеличивается и становится равными:

$$P = P_n + (P_n^2 + Q_n^2) * R / U_n^2;$$

$$Q = Q_n + (P_n^2 + Q_n^2) * X / U_n^2.$$

Передаваемая от источника питания к потребителю реактивная мощность имеет следующие недостатки:

В распределительной сети возникают дополнительные потери активной мощности – потери при транспорте электрической энергии:

$$\Delta P = (P_n^2 + Q_n^2) * R,$$

часть которых (а иногда и значительную) составляют потери от транспорта реактивной мощности.

Величина напряжения у потребителя, а, следовательно, и качество электрической энергии, снижается:

$$U_n = U - (P * R + Q * X) / U.$$

Увеличивается загрузка распределительной сети током, что лишает потребителя возможности перспективного развития.

Таким образом, транспортировка реактивной мощности по распределительным сетям от центров питания к потребителям превращается в сложную технико-экономическую проблему, затрагивающую как вопросы экономичности так и вопросы надежности систем электроснабжения.

Классическим решением данной проблемы в распределительных сетях является компенсация реактивной мощности у потребителя путём установки у него дополнительных источников реактивной мощности – потребительских статических конденсаторов.