

Лекция № 30. Общие сведения о реактивной мощности.

Под **реактивной мощностью** понимается электрическая нагрузка, создаваемая колебаниями энергии электромагнитного поля. В отличие от активной мощности реактивная, циркулируя между источниками и потребителями, не выполняет полезной работы. Принято считать, что реактивная мощность потребляется (Q_L), если нагрузка носит индуктивный характер (ток отстает по фазе от напряжения), и генерируется (Q_C) при емкостном характере нагрузки (ток опережает по фазе напряжение).

Реактивная мощность запасается в виде магнитного и электрического полей в элементах электрической сети, электроприемниках, обладающих индуктивностью и емкостью.

Основными электроприемниками реактивной мощности на промышленных предприятиях являются асинхронные двигатели - на их долю приходится 60 ... 65 % потребляемой реактивной мощности, 20 ... 25 % приходятся на трансформаторы, 10 ... 15 % - на другие электроприемники (преобразователи, реакторы, газоразрядные источники света) и линии электропередачи.

Под **компенсацией реактивной мощности** понимается снижение реактивной мощности, циркулирующей между источниками тока и электроприемниками, а следовательно, и снижение тока в генераторах и сетях.

Проведение мероприятий по компенсации реактивной мощности дает значительный технико-экономический эффект, заключающийся в снижении потерь активной мощности:

$$\Delta P = \frac{P_p^2 + (Q_p - Q_k)^2}{U_H^2} \cdot R, \quad (1.37)$$

потерь напряжения

$$\Delta U = \frac{P_p R + (Q_p - Q_k) X}{U_H}, \quad (1.38)$$

в лучшем использовании основного оборудования, в увеличении пропускной способности элементов сети по активной мощности:

$$S = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_k)^2}, \quad (1.39)$$

где Q_k - мощность компенсирующих устройств.

Во вновь проектируемых электрических сетях компенсация реактивной мощности позволяет снизить число и мощность силовых трансформаторов, сечения проводников линий и габариты аппаратов распределительных устройств.

Компенсировать реактивную мощность экономически целесообразно до определенных, нормативных значений, установленных для характерных узлов электрической сети.

До 1974г. основным нормативным показателем, характеризующим потребляемую реактивную мощность, был коэффициент мощности ($\cos \varphi$),

определяющий, какую часть при неизменной полной мощности (S) составляет активная мощность (P).

При снижении потребления реактивной мощности Q до значения $(Q - Q_k)$ величина угла φ_1 уменьшается до угла φ_2 (рис. 1.4), что приводит к увеличению коэффициента мощности при постоянной величине передаваемой активной мощности до значения

$$\cos \varphi_2 = \frac{P}{S_2}.$$

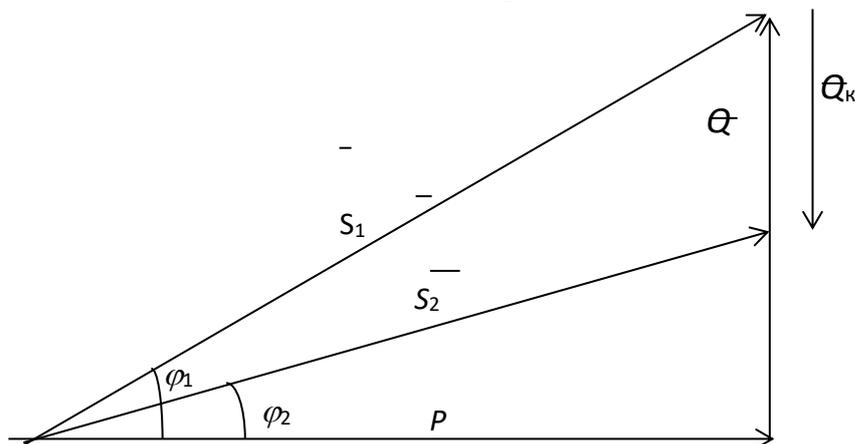


Рис. 1.4. Диаграмма, иллюстрирующая работу компенсирующего устройства

На границе раздела потребителя и энергоснабжающей организации в зависимости от места присоединения потребителя в энергетической системе средневзвешенное значение коэффициента мощности должно было находиться в пределах 0,85 ... 0,95.

Позже, для оценки потребления реактивной мощности был введен коэффициент реактивной мощности:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_3}{P_3}, \quad (1.41)$$

где Q_3 - оптимальная реактивная нагрузка предприятия в часы максимума активной нагрузки в энергосистеме; P_3 - заявленная предприятием активная мощность, участвующая в максимуме энергосистеме.

В дальнейшем с 1982г, с целью более эффективного управления режимами реактивной мощности, энергосистемой для предприятий устанавливаются экономически оптимальные значения реактивной мощности, которая может быть передана предприятию в режимах наибольшей и наименьшей активной нагрузки энергосистемы, соответственно Q_{31} и Q_{32} .

Для промышленных предприятий с присоединенной мощностью менее 750 кВ·А мощность компенсирующих устройств задается энергосистемой и является обязательной при выполнении проекта электроснабжения предприятия. Для жилых и общественных зданий компенсация реактивной нагрузки не предусматривается.

Существуют два пути снижения реактивных нагрузок: а) снижение реактивной мощности без применения средств компенсации, не требующее больших материальных затрат, которое должно проводиться в первую очередь; б) установка специальных компенсирующих устройств.

К естественной компенсации относится следующее: а) создание рациональной схемы электроснабжения за счет уменьшения количества ступеней трансформации; б) выравнивание графика нагрузки и улучшение энергетического режима работы оборудования; в) замена, перестановка или отключение трансформаторов, загруженных в среднем менее 30 % от их номинальной мощности; г) правильный выбор электродвигателей по мощности и типу; д) замена малозагруженных двигателей (менее 45 %) двигателями меньшей мощности; е) переключение статорных обмоток асинхронных двигателей напряжением до 1 кВ с треугольника на звезду, если их нагрузка составляет менее 40 %; ж) улучшение качества ремонта электродвигателей; з) ограничение продолжительности холостых ходов двигателей и сварочных трансформаторов; и) замена асинхронных двигателей синхронными, где это возможно по технико-экономическим соображениям.

К специальным компенсирующим устройствам относятся: а) синхронные компенсаторы (СК); б) конденсаторные батареи (КБ); в) статические источники реактивной мощности (ИРМ).

Наибольшее применение в сетях потребителей нашли КБ. В сетях с резкопеременной, ударной нагрузкой на напряжении 6-10 кВ рекомендуется применение статических ИРМ. Для компенсации больших реактивных нагрузок, чаще в энергосистемах, применяются СК.

В основе расчета мощности компенсирующих устройств при проектировании систем электроснабжения лежит критерий минимума приведенных затрат на конденсаторные батареи до и выше 1 кВ, трансформаторные подстанции (ТП) и потери электроэнергии в питающих ТП электрических сетях [4].

В действующих системах электроснабжения мощность компенсирующих устройств можно определить по следующему выражению:

$$Q_k = P_p(tg\varphi_1 - tg\varphi_2), \quad (1.42)$$

где P_p – расчетная активная нагрузка потребителя; $tg\varphi_1$, $tg\varphi_2$ – коэффициенты реактивной мощности соответственно фактический и нормативный.

Пример. Активная и реактивная мощность потребителя составляет $P = 18$ кВт, $Q = 26$ квар. Рассчитать мощность и выбрать компенсирующее устройство, приняв нормативное значение реактивной мощности $tg\varphi_2 = 0,33$ ($\cos\varphi = 0,95$).

Решение. Полная мощность потребителя

$$S_1 = \sqrt{P^2 + Q^2}; \quad S_1 = \sqrt{18^2 + 26^2} = 31,6 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Фактический коэффициент мощности

$$\cos\varphi_1 = \frac{P}{S_1}; \quad \cos\varphi_1 = \frac{18}{31,6} = 0,57 \quad (tg\varphi_1 = 1,43).$$

Мощность компенсирующего устройства

$$Q_k = P_p(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2); \quad Q_k = 18(1,43 - 0,33) = 19,8 \text{ квар.}$$

Приняв мощность конденсаторных батарей стандартной величиной 18 квар (ближайшая величина, на которую выпускаются конденсаторные батареи), потребляемая реактивная мощность после компенсации составит

$$Q_2 = Q_1 - Q_k; \quad Q_2 = 26 - 18 = 8 \text{ квар.}$$

Тогда полная мощность

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q_2^2}; \quad S_2 = \sqrt{18^2 + 8^2} = 19,7 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Коэффициент мощности после компенсации реактивной нагрузки

$$\cos \varphi_2 = \frac{P}{S_2}; \quad \cos \varphi_2 = \frac{18}{19,7} = 0,91.$$