

Список литературы:

- [1] Герман-Галкин С. Г. Проектирование мехатронных систем на ПК. СПб.: КОРОНА-Век, 2008. 368 с.
- [2] Шестеркин А.Н. Система моделирования и исследования радиоэлектронных устройств Multisim 10. М.: ДМК Пресс, 2012.
- [3] Марк Е. Хернтер. Электронное моделирование в Multisim. М.: ДМК Пресс, 2010.

В.П. Епифанов, Д.В. Литов, С.К. Иванов
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

КОНТРОЛЬ ВЕЛИЧИНЫ И СРЕДСТВА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТЯХ РЕЧНОГО ПОРТА

Правильный выбор способа улучшения коэффициента мощности, типа и мощности компенсирующих устройств и их размещения в соответствующих точках системы электроснабжения порта, а также получения оптимальной системы компенсации является довольно сложной задачей.

Для решения этой проблемы необходимо иметь схему электроснабжения с нанесенными на ней источниками питания, количество смен на предприятии и расчетные реактивные нагрузки каждой трансформаторной подстанции на стороне низшего и на стороне высшего напряжения. Должны быть известны значения нормативных коэффициентов мощности, число ступеней трансформации. При эксплуатации необходимо внедрять мероприятия упорядоченного технологического процесса, переключения с «треугольника» на «звезду» у асинхронных электродвигателей, которые систематически загружаются не более чем на 40%; внедрение ограничителей холостого хода, особенно у сварочных аппаратов; применение синхронных электродвигателей; временное отключение трансформаторов загруженных не более 30% от номинальной мощности. После проведения выше указанных мероприятий рассматриваются мероприятия, которые требуют применения специальных компенсирующих устройств, а именно конденсаторов, синхронных компенсаторов и источников реактивной мощности.

Распределение мощности конденсаторов в сетях высшего и низшего напряжения производится исходя из условий наибольшего снижения потерь активной мощности от реактивных нагрузок, что предопределяет установку относительно большой мощности конденсаторов в местах наибольших реактивных нагрузок и сопротивлений питающих сетей и следовательно, обеспечивает повышение уровня напряжения в большой степени в тех частях сети, где это напряжение ниже. При этом учитывается, что чрезмерное дробление мощности конденсаторных установок приводит к значительному увеличению удельных затрат на отключающую аппаратуру, измерительные приборы, конструкции и другое на один установленный киловольт – ампер реактивной мощности батареи. Поэтому не рекомендуется применение батареи конденсаторов на напряжение 6–10 кВ единичной мощности менее 400 кВАр, если ее присоединение выполняется с помощью отдельного выключателя. Если же присоединение конденсаторов осуществляется через общий выключатель с силовым трансформатором или другим электроприемником, то оптимальная единичная мощность батареи понижается примерно до 100 кВАр. В сетях низшего напряжения по этой причине не рекомендуется дробить мощность конденсаторных батарей до величины ниже 30 кВАр.

Конденсаторы напряжением 0,22–0,66 кВ рекомендуется устанавливать в цехах у групповых распределительных щитков, либо присоединять к магистральным токопроводам при условии, что окружающая среда не препятствует такой установке. При

этом соблюдаются все требования ПУЭ и правила пожарной безопасности. Такая установка дает значительно лучшее использование конденсаторов, чем при индивидуальной компенсации, и в тоже время разгружает питающую сеть и трансформаторы портовых подстанций.

Централизованная установка конденсаторов напряжением 0,22–0,66 кВ на подстанциях с присоединением к распределительному щиту нецелесообразна с точки зрения уменьшения потерь и стоимости установки. Конденсаторы на напряжение 6–10 кВ рекомендуется устанавливать либо на цеховых подстанциях, имеющих распределительное устройство 6–10 кВ, либо на распределительных пунктах. При такой установке конденсаторов от реактивной мощности разгружаются питательные сети высшего напряжения и трансформаторы ГПП и сеть энергетической системы. Распределение полученной по расчету мощности конденсаторов между сетями высшего и низшего напряжения зависит от многих факторов. С учетом всего изложенного окончательный выбор способа компенсации и распределение компенсирующих устройств между сетями ВН и НН, а также их размещение в сетях производится на основании технико-экономических расчетов.

$$Z_{у.к} = Z_{у.э} \cdot P_{у.к} + \frac{K_{у.к}(P_n + Pa)}{Ta} \frac{руб}{кВАр \cdot Ч'}$$

где $Z_{у.к}$ – удельные расчетные на один выработанный кВАр х ч;
 $P_{у.к}$ – удельный расход активной мощности на компенсацию, кВт/кВАр
 $K_{у.к}$ – удельные капитальные вложения на компенсацию руб/кВАр
 $P_n = 0,125$ – нормативный коэффициент эффективности;
 Pa – коэффициент амортизационных отчислений;
 Ta – годовое число часов работы компенсирующего устройства;
 $Z_{у.э}$ – стоимость одного кВт х ч.

Схемы соединений конденсаторных установок зависят от их назначения, напряжения, мощности и т. д. Имеются схемы подключения конденсаторов напряжением 6–10 кВ к шинам 0,38 кВ подстанции через отдельный трансформатор; она позволяет применить более дешевые конденсаторы. При этой схеме уменьшается реактивная нагрузка основного (силового) понизительного трансформатора и увеличивается его пропускная способность. Однако увеличиваются капитальные затраты и суммарные потери в электроустановках и этот вариант становится неэкономичным.

Секционированные схемы дают возможность ручного и автоматического регулирования реактивной мощности, а также возможность проведения осмотра и ремонта секций.

Включение и отключение секций конденсаторных батарей 6–10 кВ при мощности более 400 кВАр производится выключателями, а при мощности до 400 кВАр выключателями нагрузки ВН-17, причем для автоматического регулирования эти аппараты должны иметь дистанционное управление и рассчитаны на броски тока при включении секции на параллельную работу. Если деление конденсаторной батареи на секции выполняется разъединителями, то последние снабжаются блокировкой с выключателем всей батареи, которая не позволяет производить операции разъединителем под нагрузкой. Включение или секционирование батареи напряжением до 1000 В выполняется обычно контакторами или автоматическими выключателями. При параллельном подключении секции к работающей батарее возникают кратковременные броски тока значительной величины и время переходного процесса зависит от электрической схемы и емкости. Если индуктивность незначительна, то переходной ток может достигать значительной величины, а при отключении батареи перенапряжение возрастает до 2,5-кратного от амплитуды фазного напряжения, что приводит к возникновению

электрической дуги. Наличие кабельной вставки длиной 100 м величина перенапряжения может достигать 4,2-кратного от амплитуды фазного напряжения.

Неблагоприятное влияние на процесс отключения оказывают трансформаторы напряжения служащие для разряда батареи и имеющие связь с контуром заземления. Чтобы избежать образование колебательного контура относительно земли необходимо для разряда применять два однофазных трансформатора и соединять их открытым треугольником.

В портах электротехнические устройства синусоидального тока имеют сильные магнитные поля (обусловленные реактивной нагрузкой), что ухудшает коэффициент мощности. Реактивная составляющая тока увеличивает потерю электрической энергии во всех токопроводящих частях (обмотках двигателей, трансформаторах, линиях передачи т.д.). Для повышения $\cos \varphi$ включают параллельно приемникам батарею конденсаторов, емкость которой определяется из выражения

$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\operatorname{tag} \varphi_u - \operatorname{tag} \varphi_n)$$

где P – активная мощность приемника

φ_n – источника,

φ_u – приемника.

Мгновенная мощность цепи содержащей только катушку

$$p_l = u \times i = U_m \sin(\omega \times t - \pi/2) I_m \times \sin \omega t = U_m \times i_m / 2 \times \sin 2\omega t$$

Мгновенная мощность цепи содержащей только емкость

$$p_c = u \times i_c = U_m \sin(\omega \times t - \pi/2) I_m \times \sin \omega t = -U_m \times i_m / 2 \times \sin 2\omega t$$

Из этого следует, что при параллельном соединении данных элементов в цепи переменного тока происходит обмен реактивными мощностями между ними без преобразования в другие виды энергии, но при условии

$$Q_l = Q_c$$

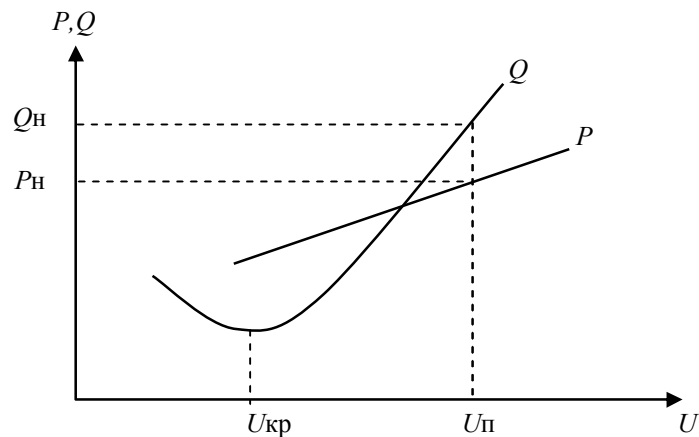


Рис. 1. Зависимость $P = f(u)$, $Q = f(u)$

Такая зависимость соответствует смешанной нагрузке (электродвигатели асинхронные и освещение). Каждому значению напряжения на приемнике соответствует

определенное значение активной и реактивной мощности.

При снижении напряжения происходит рост реактивной мощности потребителя и потеть напряжения в сети баланс реактивной мощности нарушается, а также и устойчивость системы электроснабжения

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{п}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{тр}}$$

где Q_{Σ} – суммарное значение реактивной мощности от источника

$Q_{\text{п}}$ – суммарная реактивная мощность потребителя

$Q_{\text{л}}$ – суммарные потери реактивной мощности в линиях

$Q_{\text{тр}}$ – суммарные потери реактивной мощности в трансформаторах

Согласно нормам качества электрической энергии допускается отклонение напряжения: в сетях освещения от – 2,5% до + 5%, у электродвигателей от – 5 % до + 10 % от номинального, на остальных приемниках + 5 % от номинального.

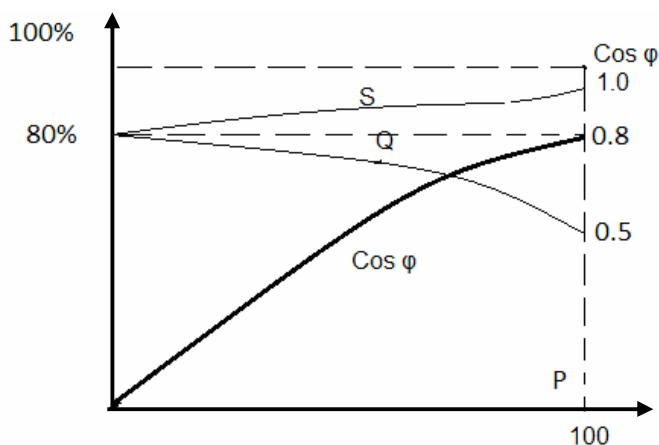


Рис 2. Графики изменения $\text{Cos}\phi$, мощностей в сетях порта в зависимости от активной мощности

Из рис.2 следует, что для компенсации реактивной мощности в порту необходимо устанавливать специальные компенсирующие устройства напряжением до 1000 В. Основными техническими средствами являются статические конденсаторы, которые имеют следующие достоинства: отсутствие вращающихся частей; возможность регулировать мощность; простота при обслуживании при эксплуатации. Регулирование мощности по напряжению наиболее целесообразно, т. к. питание осуществляется от нерегулируемых трансформаторов и регулирование напряжения и реактивной мощности совпадают. Повышение напряжения в сетях является сигналом отключения конденсаторов, а понижение- необходимо их подключить. Но если проанализировать режим работы порта то требуется действия с компенсирующими устройствами выполнять наоборот (если напряжение не выходит за пределы допустимого).

На рис. 3 показана система регулирования реактивной мощности в сетях до 1000 В. Измерительный блок представляет электронное устройство. на вход которого поступают сигналы напряжения и тока трехфазной системы. На регулятор поступает геометрическая сумма напряжения сети и падение напряжения коррекции тока нагрузки от трансформатора тока с учетом угла между током и напряжением в сети. Увеличение тока в сети приводит к снижению напряжения . В зависимости от конкретных условий регулятор может быть настроен или на напряжение или на ток нагрузки. От регуляторного устройства в зависимости от величины реактивной мощности сигнал подается на контролируемый блок, который выполняет функции включе-

ния или отключения коммутирующей аппаратуры. Путем соответствующего соединения конденсаторов возможен выбор оптимальной программы для данного участка цепи.

Для всех систем регулирования мощности конденсаторных установок независимо от того, по каким параметрам это регулирование производится: необходимо, чтобы включение конденсаторной установки после ее отключения происходило с обязательной выдержкой времени не менее 3-5 мин для разрядки конденсаторов

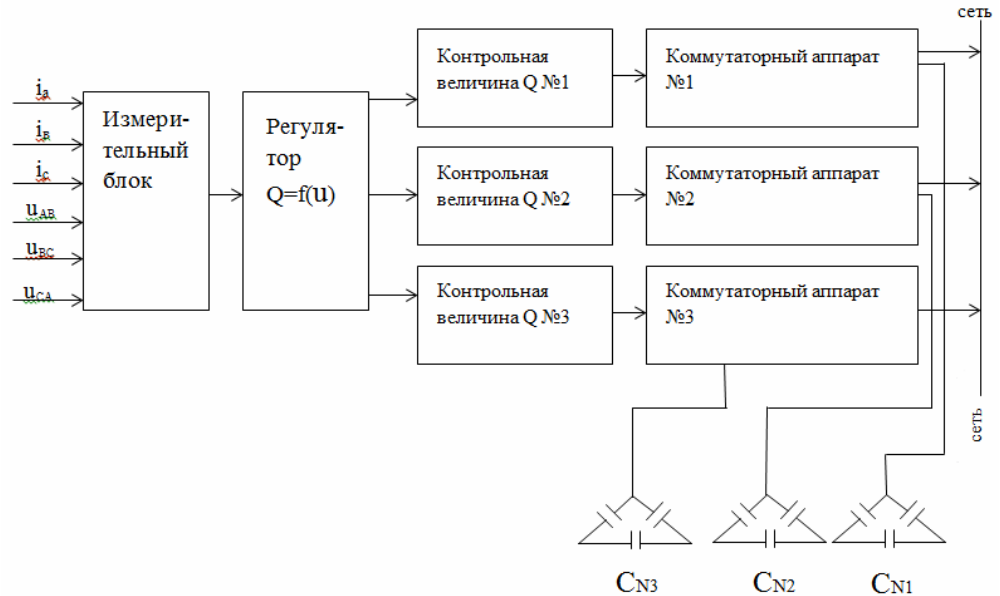


Рис. 3. Система регулирования реактивной мощности в сетях до 1000 В

Список литературы:

[1] Электроснабжение промышленных предприятий. Киев «Высшая школа» 1998 г. 280 с.
 [2] Компенсация реактивной мощности. Б.А.Константинов, Г.З.Зайцев. «Энергия» Ленинград 1985 г 101 с
 [3] Курс электротехники. А.С. Касаткин, М.В. Немцов. Высшая школа. Москва. 2005 г 531 г.

Г.И. Коробко, С.В.Попов, А.С. Макаев
 ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ
 В СИСТЕМЕ КОМПЕНСАЦИИ НЕСИММЕТРИИ
 И ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ СУДОВОЙ СЕТИ**

Стабилизация напряжения судовой сети и компенсация ее асимметрии является в настоящее время актуальной задачей.

На рисунке 1 изображена типовая схема СЭС с двумя генераторами и подключенной к шинам ГРЩ нагрузкой различных видов (трехфазная, однофазная, линейная, нелинейная, асинхронная и т.д.). Специфической особенностью судовой электростанции (СЭС) является соизмеримость мощности источников электроэнергии и отдель-