

6.5 Расчет компенсации до 1 кВ

Метод расчета зависит от величины расчетной мощности нагрузки. Если расчетная максимальная мощность не выше $Q_M \leq 750$ кВАр, то мощность компенсирующего устройства рассчитывается по выражению

$$Q_{к.у} = P_M (tg \varphi_2 - tg \varphi_1) \quad (6.4)$$

где P_M – максимальная расчетная активная мощность, кВт

$tg \varphi_1$ - соответствует требуемому значению $\cos \varphi_1 = 0,98 \div 0,99$,

$tg \varphi_2$ - соответствует расчетному значению $\cos \varphi_1$ нагрузки, для группы приемников.

Если $Q_M > 750$ кВАр, то суммарная мощность компенсирующего устройства определяется в 2 этапа. Такой расчет выполняется обычно для заводской нагрузки.

На первом этапе выбирается экономически оптимальное число трансформаторов по (5.1) и (5.2). По предварительно выбранному числу трансформаторов определяют наибольшую реактивную мощность, которую они могут передать в сеть до 1 кВ

$$Q_T = \sqrt{(N_{Т.Э} \beta_T S_T)^2 - P_M^2} \quad (6.5)$$

Суммарная мощность для данной группы трансформаторов

$$Q_{НК1} = Q_{М.Т} - Q_T \quad (6.6)$$

$Q_{М.Т} = Q_P$ - суммарная расчетная нагрузка, кВАр

Если $Q_{НК1} = Q_T < 0$, то по первому этапу расчета не требуется установка батарей конденсаторов (БК) и принимается $Q_{НК1} = 0$.

В целях оптимального снижения потерь в трансформаторах и в сети 6-10 кВ выполняется выбор дополнительной мощности БК. Дополнительная суммарная мощность для данной группы трансформаторов - $Q_{НК2}$

$$Q_{НК2} = Q_M - Q_{НК1} - \gamma N_{Т.Э} S_T \quad (6.7)$$

где γ - расчетный коэффициент, зависящий от коэффициентов K_1 и K_2 , по графикам на рисунке 6.4.

Для магистральной схемы с тремя и более ступенями напряжения $\gamma = K_1/30$, для двухступенчатой схемы на которой отсутствуют источники реактивной мощности (ИРМ) $\gamma = K_1/60$.

Значения K_1 принимаются по таблице 6.1, значения K_2 по таблице 6.2. Если окажется, что $Q_{HK2} < 0$, то установки дополнительных компенсирующих устройств не требуется и принимается $Q_{HK2} = 0$.

Суммарная расчетная мощность компенсации определяется как сумма

$$Q_{HK} = Q_{HK1} + Q_{HK2} \quad (6.8)$$

где Q_{HK1} , Q_{HK2} суммарные мощности батарей двух этапов расчета.

Рассчитанная мощность распределяется между трансформаторами пропорционально их реактивным нагрузкам.

Таблица 6.1- Значения удельного коэффициента K_1

Объединенная энергосистема	Количество рабочих смен	Коэффициент K_1	Объединенная энергосистема	Количество рабочих смен	Коэффициент K_1
Центра, Северо-Запада, Юга	1	24	Сибири	1	15
	2	12		2	15
	3	11		3	15
Урала	1	22	Средней Азии	1	19
	2	14		2	19
	3	11		3	16
Северного Кавказа, Закавказья	1	14	Дальнего Востока	1	9
	2	13		2	9
	3	12		3	9

Таблица 6.2 – Значения коэффициента K_2

Мощность трансформатора, кВА	Коэффициент K_2 при длине питающей линии, км				
	до 0,5 км	от 0,5 до 1,0	от 1,0 до 1,5	от 1,5 до 2,0	свыше 2,0
400	2	4	7	10	17
630	2	7	10	15	27
1000	2	7	10	15	27
1600	3	10	17	23	40
2500	5	16	26	36	50

Пример.

Определить мощность БК для одностранформаторной ТП.

Исходные данные: работа односменная, район - центральная часть России, $U_n=380\text{В}$, $P_p=800\text{ кВт}$, $Q_p=500\text{ кВАр}$, $\beta_T=1$, $L=2,5\text{ км}$

Решение .

1) Мощность трансформатора определится по (6.9)

$$S_T \geq \frac{P_P}{\beta_T \cdot N} \quad (6.9)$$

$$S_T \geq \frac{800}{1.1} = 800\text{кВА}$$

Выбирается трансформатор мощностью $S_{H.T} = 1000\text{кВА}$

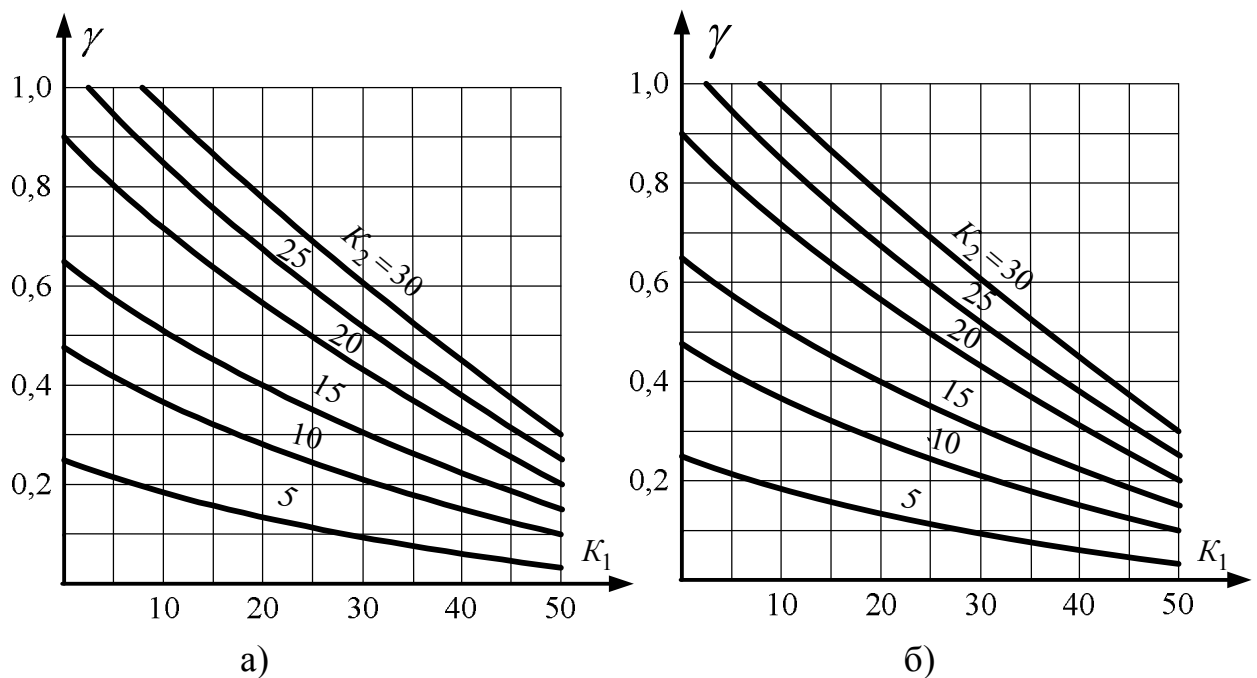


Рисунок 6.4 – Значения коэффициента γ для радиальной схемы питания трансформаторов, а) напряжение – 6 кВ, б) напряжение - 10 кВ

2) Реактивная мощность, которую можно передать через трансформатор определяется по (6.6)

$$Q_T = \sqrt{(1000 \cdot 1.1)^2 - 8000^2} = 600\text{кВАр}$$

3) Мощность НБК по первому этапу расчета по (6.7)

$$Q_{HK1} = Q_{M.T} - Q_T = 500 - 600 = -100\text{кВАр}$$

Установка низковольтных компенсирующих устройств по основной компенсации не требуется и принимается $Q_{НК1} = 0$.

4) Определить дополнительную мощность НБК по условию снижения потерь - $Q_{НК2}$ по (6.7).

Принимаются коэффициенты $K_1=24$, $K_2=27$ по таблицам 6.1 и 6.2 и по графикам рисунка 6.4, $\gamma=0,61$

$$Q_{НК2} = 500 - 0 - 0,61 \cdot 1 \cdot 1000 = -110 \text{ кВАр}$$

Дополнительная мощность получилась отрицательная. Для цеха в целом не требуется установка компенсирующих устройств.

6.6 Распределение мощности компенсации в цеховой сети до 1 кВ

Суммарная мощность БК распределяется по ТП пропорционально их реактивной мощности нагрузки. Рассчитанные мощности БК округляют до стандартной мощности комплектной конденсаторной установки.

Если распределительная сеть выполнена только кабельными линиями, то БК любой мощности рекомендуется присоединять непосредственно к шинам цеховой ПС. Если от ТП питаются два и более магистральных шинпровода, то к каждому из них присоединяется по одной БК. На одиночном магистральном шинпроводе должно быть не более двух близких по мощности БК, общей мощностью $Q_{НК} = Q_{НК1} + Q_{НК2}$. Если реактивные нагрузки присоединены ко второй половине шинпровода, рекомендуется установка одной БК. Точка подключения БК определяется условием

$$Q_{h^>} (Q_{НК}/2) \geq Q_{h+1} \quad (6.10)$$

где Q_h и Q_{h+1} - наибольшая реактивная нагрузка шинпровода перед узлом h и после него, рисунок 6.5а.

При присоединении двух БК, на рисунке 6.5б, точки подключения находят исходя из условий: точка подключения дальней БК находится

$$Q_{f^>} Q_{НК2} \geq Q_{f+1} \quad (6.11),$$

точка подключения ближней БК,

$$(Q_h - Q_{НК2}) \geq Q_{НК1/2} \geq (Q_{h+1} - Q_{НК2}) \quad (6.12)$$

Подключение НБК выполняется под общий или отдельный выключатель.

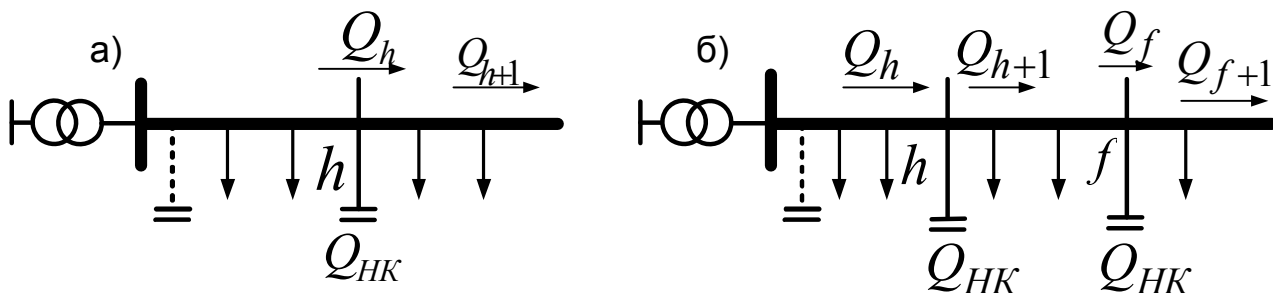


Рисунок 6.5 – Схема подключения БК к магистральным шинопроводам
а) – подключение одной БК, б) – подключение двух БК.

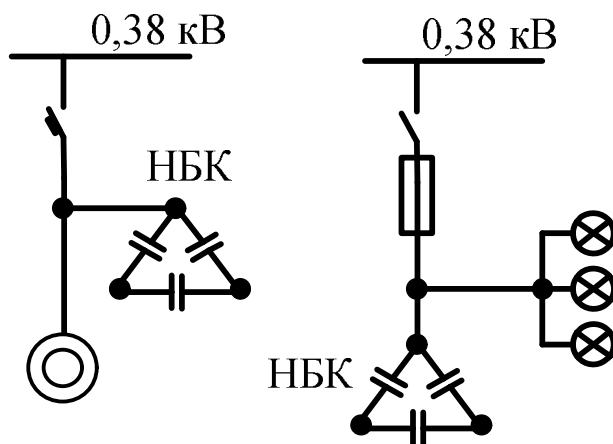


Рисунок 6.6 – Примеры подключения батарей конденсаторов

6.7 Реактивная мощность, генерируемая синхронными двигателями

Синхронные двигатели используются в сетях до и выше 1 кВ. Учет генерируемой мощности выполняется со своими особенностями.

Для синхронных двигателей до 1 кВ номинальная реактивная мощность учитывается в таблице нагрузок значением ($P_H \cdot \text{tg}\varphi$) со знаком минус.

Для СД выше 1 кВ рассчитывается минимальная генерируемая реактивная мощность и определяется по формуле

$$Q_{СД} = P_{СД.НОМ} \cdot \beta_{СД} \cdot \text{tg}\varphi_{НОМ} \quad (6.13)$$

где $P_{СД.НОМ}$ - номинальная активная мощность синхронного двигателя, кВт

$\beta_{СД}$ - коэффициент загрузки по активной мощности,

$tg\varphi_{НОМ}$ - номинальный коэффициент реактивной мощности.

При выборе средств компенсации в сетях 6-10 кВ в первую очередь должна рассматриваться возможность использования имеющихся синхронных двигателей. Если номинальная мощность, соответствует приведенной в таблице 6.3 или выше нее, то целесообразно полностью использовать располагаемую реактивную мощность СД

$$Q_{СД.Э} = \alpha_M S_{СД.Н} = \alpha_M \sqrt{P_{СД}^2 + Q_{СД}^2} \quad (6.14)$$

где α_M - коэффициент допустимой перегрузки СД, зависящий от его загрузки по номинальной мощности, определяется по монограмме на рисунке 6.7.

Для СД с активной мощностью меньше приведенной в таблице 6.3, принимается равной экономически целесообразной $Q_{СД.Э} = Q_{СД}$.

Таблица 6.3 - Значения активной мощности СД

Объединенная энергосистема	Кол-во рабочих смен	Номинальная активная мощность СД, кВт при частоте вращения, об/мин							
		3000	1000	750	600	500	375	300	250
Центра, Северо-Запада, Юга	1	1000	1000	1600	1600	1600	2000	2000	2500
	2	2500	5000	6300	5000	6300	-	-	-
	3	2500	5000	6300	5000	6300	-	-	-
Средней Волги	1	1250	1600	2000	2000	2000	2500	2500	3200
	2	2000	2500	3200	3200	4000	-	-	-
	3	2500	5000	6300	5000	6300	-	-	-
Урала	1	1000	1000	1600	1600	1600	2000	2000	2500
	2	2000	2500	3200	3200	4000	-	-	-
	3	2500	5000	6300	6300		-	-	-
Северного Кавказа, Закавказья	1	2000	2500	3200	3200	4000	6300	6300	-
	2	2000	3200	4000	4000	4000	6300	6300	-
	3	2500	5000	6300	5000	6300	-	-	-
Сибири	1	2000	2500	3200	3200	4000	-	-	-
	2	2000	2500	3200	3200	4000	-	-	-
	3	2000	2500	3200	3200	4000	-	-	-
Средней Азии	1	1250	1600	2000	2000	2500	2500	3200	-
	2	1250	1600	2000	2000	2500	2500	3200	-
	3	1600	2000	2500	3200	3200	4000	-	-
Дальнего Востока	1	5000	6300	8000	10000	10000	-	-	-
	2	5000	6300	8000	10000	10000	-	-	-
	3	5000	6300	8000	10000	10000	-	-	-

Баланс реактивных мощностей для распределительных сетей предприятий определяется в следующем порядке:

1) для каждой цеховой ТП определяется некомпенсированная реактивная нагрузка на стороне 6-10 кВ

$$Q_{(6-10)} = Q_{MT} - Q_{HK.\Phi} + \Delta Q_T \quad (6.15)$$

где Q_{MT} – расчетная реактивная нагрузка трансформатора

$Q_{HK.\Phi}$ – фактическая мощность НБК,

ΔQ_T – суммарные реактивные потери трансформатора при его загрузке β_T ,

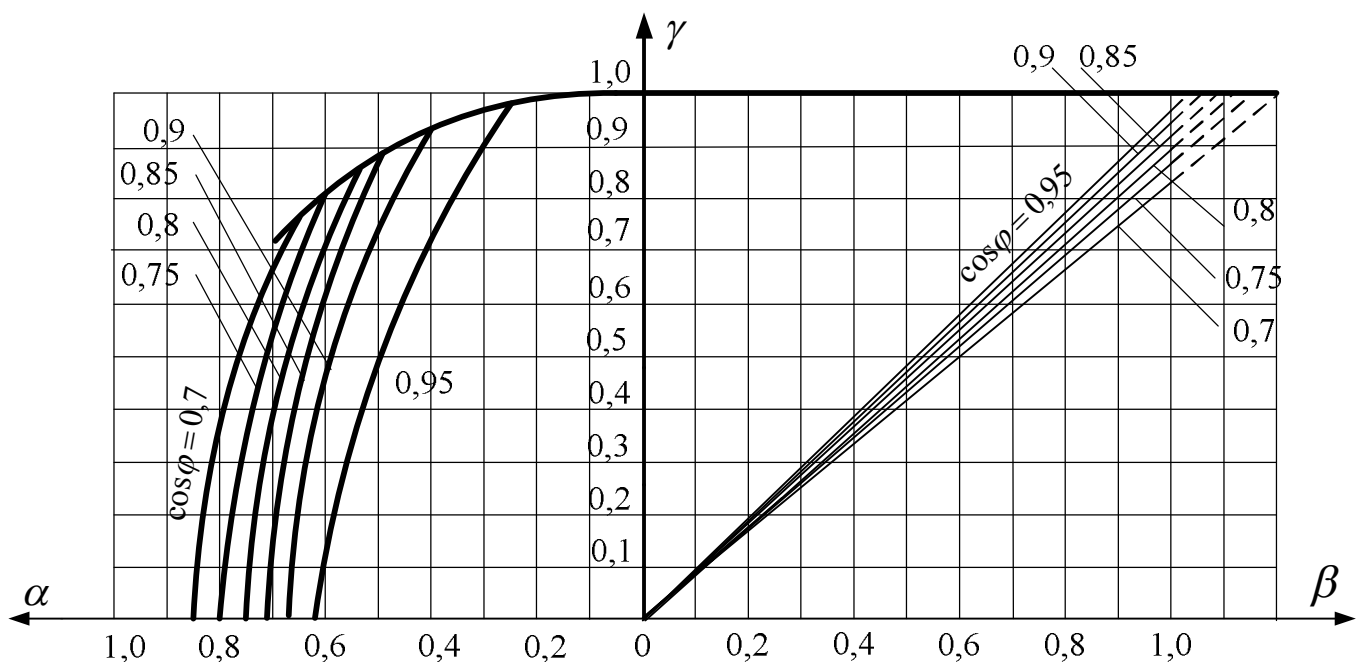


Рисунок 6.7 – Монограмма располагаемой реактивной мощности СД при номинальном напряжении и номинальном токе возбуждения

2) для каждого распределительного пункта или распределительной подстанции определяется некомпенсированная реактивная нагрузка, как сумма реактивных мощностей питающихся от них цеховых ТП и других потребителей.

Расчетная реактивная мощность высоковольтных БК определяется из условия баланса реактивной мощности

$$Q_{B.BK} = \sum Q_{(6-10)} - Q_{\Sigma} \quad (6.16)$$

где $\sum Q_{(6-10)}$ - расчетная суммарная реактивная мощность на шинах 6-10 кВ распределительных пунктов,

Q_{Σ} - входная реактивная мощность, заданная энергосистемой.

Если $Q_{В.БК} < 0$, то по согласованию с энергосистемой устанавливается новое значение входной мощности. Полученная мощность распределяется между подстанциями, пропорционально некомпенсированной нагрузке на шинах 6-10 кВ. К каждой РП следует подключать ВБК одинаковой мощности общей мощностью не менее 1000 кВАр. Если общая мощность ВБК меньше, то их следует устанавливать на питающей подстанции (ГПП).

Рассчитанные значения компенсирующих мощностей учитываются в расчете электрических нагрузок. Значения стандартных мощностей компенсирующих установок записываются в таблицу формы Ф202-90.