

3 РАСЧЕТ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Задача 3.1

Рассчитать мощность компенсирующих устройств предприятия с расчетной нагрузкой: активная расчетная мощность $P_p=5000$ кВт; реактивная расчетная мощность $Q_p=3200$ кВАр. Предприятие расположено в Средней Азии, работает в двухсменном режиме, средняя протяженность кабельных линий 6/0,4 кВ до ТП составляет 0,4 км. Категория надежности предприятия по электроснабжению - вторая. Характер нагрузки спокойный.

Решение задачи 3.1

При реактивной мощности нагрузки более 750 кВАр расчет выполняется в два этапа. На первом этапе рассчитывается мощность, которую могут передать трансформаторы ТП от источника питания, то есть со стороны 6(10)кВ, на втором - мощность необходимая для покрытия потерь реактивной мощности, возникающие при передаче активной. Выбор мощности компенсирующих устройств в этом случае связан с выбором количества и мощности трансформаторов ТП предприятия.

Методика выбора числа трансформаторов показана в задачах 2.1 и 2.2, поэтому подробно этот момент не рассматривается и приводится только расчет.

Полная расчетная мощность

$$S_p = \sqrt{5000^2 + 3200^2} = 5936,33 \text{ кВА}.$$

Минимальное число трансформаторов

$$N_{T, \text{МИН}} = \frac{5000}{0,55 \cdot 1000} + 0,91 = 9,09 + 0,91 = 10.$$

Экономически выгодное или оптимальное число трансформаторов

$$N_{T, \text{ОПТ}} = 10 + 0 = 10.$$

Первый этап расчета компенсации.

Наибольшая реактивная мощность, которую могут передать трансформаторы в сеть до 1 кВ

$$Q_T = \sqrt{(N_{T, \text{Э}} \beta_T S_T)^2 - P_M^2}. \quad (3.1)$$

$$Q_T = \sqrt{(10 \cdot 0,55 \cdot 1000)^2 - 5000^2} = 2291,29 \text{ кВАр}.$$

Суммарная реактивная мощность для данной группы трансформаторов

$$Q_{HK1} = Q_P - Q_T \quad (3.2)$$

$$Q_{HK1} = 3200 - 2291,29 = 908,71 \text{ кВАр}$$

В целях оптимального снижения потерь в трансформаторах и в сети 6(10) кВ выполняется выбор дополнительной мощности компенсирующих устройств. Дополнительная суммарная мощность для данной группы трансформаторов - Q_{HK2}

$$Q_{HK2} = Q_M - Q_{HK1} - \gamma N_{T.Э} S_T \quad (3.3)$$

где $\gamma=0,08$ - расчетный коэффициент, зависящий от коэффициентов K_1 и K_2 , по графикам на рисунке 3.1а.

$K_1=19$ принимается по таблице 3.1,

$K_2=2$ принимается по таблице 3.2.

Если окажется, что $Q_{HK2} < 0$, то установки дополнительных компенсирующих устройств не требуется и принимается $Q_{HK2}=0$.

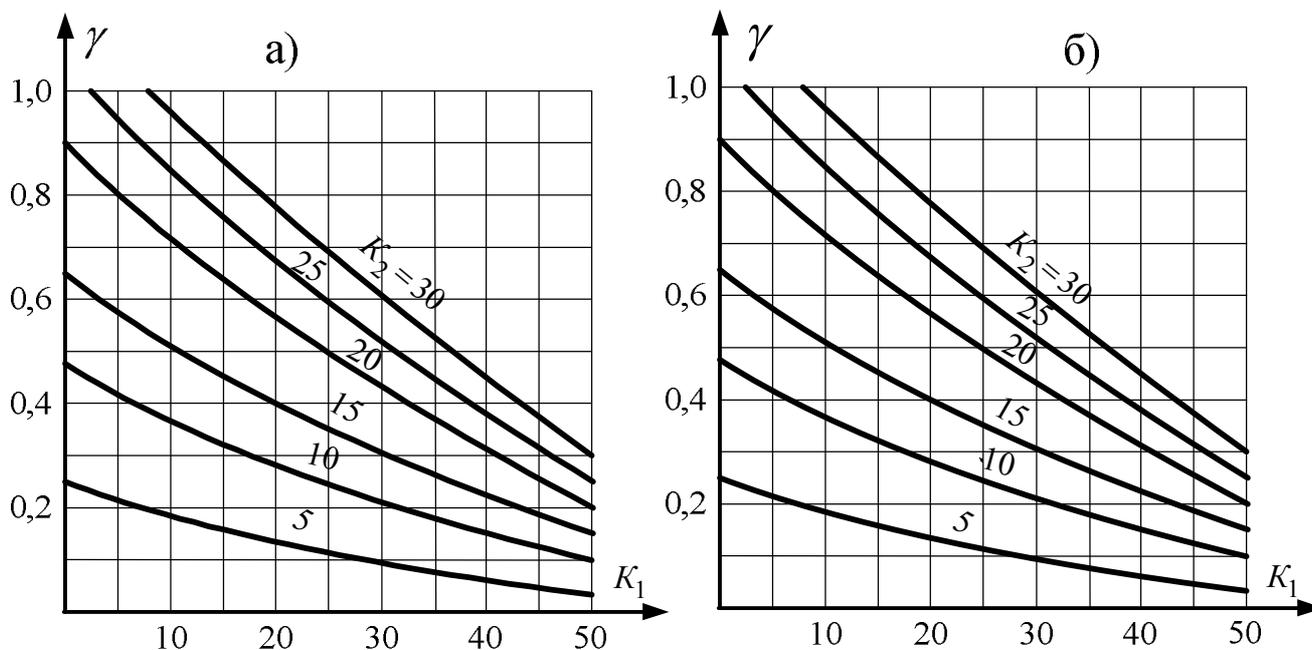


Рисунок 3.1 – Значения коэффициента γ для радиальной схемы питания трансформаторов, а) напряжение – 6 кВ, б) напряжение - 10 кВ

Таблица 3.1- 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 3.2 – 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

$$Q_{HK2} = 3200 - 2291,29 - (0,08 \cdot 10 \cdot 1000) = 1491,3 \text{ кВАр}$$

Суммарная расчетная мощность компенсации определяется как сумма

$$Q_{HK} = Q_{HK1} + Q_{HK2} \quad (3.4)$$

$$Q_{HK} = 908,71 + 1491,3 = 2400 \text{ кВАр}$$

Рассчитанная мощность распределяется между трансформаторами пропорционально их реактивным нагрузкам.

Для пяти двухтрансформаторных ТП в данной задаче необходимы 10 компенсирующих устройств. Принимаются к установке комплектные конденсаторные установки типа УК-0,38-250-У3 мощностью 250 кВАр каждая. Общая мощность компенсирующих устройств составляет $Q_{КУ} = 2500$ кВАр

$$Q_{KV} = 10 \cdot 250 = 2500 \text{ кВАр} .$$

Реактивная мощность нагрузки с учетом компенсирующих устройств составляет

$$Q_{P.K} = Q_P - Q_{KV} = 3200 - 2500 = 700 \text{ кВАр} .$$

Полная мощность с учетом компенсации

$$S_P = \sqrt{5000^2 + 1950^2} = 5048,76 \text{ кВА} .$$

Коэффициент мощности после применения компенсирующих устройств

$$\cos \varphi = \cos(\text{artg } \varphi) = \cos\left(\text{artg } \frac{700}{5000}\right) = 0,99 .$$

Задача 3.2

Рассчитать мощность компенсирующих устройств механического цеха ремонтного завода с расчетной нагрузкой: активная расчетная мощность $P_P=600$ кВт; реактивная расчетная мощность $Q_P=420$ кВАр. По категории надежности электроснабжения электрооборудование относится ко второй 70% и к третьей - 30%.

Решение задачи 3.2

Основная категория надежности цеха относящегося к ремонтному заводу определяется как вторая. На ТП можно применить трансформаторы, как с масляным охлаждением, так и сухие с воздушным охлаждением.

Расчет компенсации для ТП с масляными трансформаторами.

На такой ТП необходимо установить два трансформатора с коэффициентами загрузки в рабочем режиме не более $K_3=0,83$.

Так как расчетная реактивная мощность нагрузки менее 750 кВАр для одной ТП, применяется другой упрощенный метод расчета. Требуемая мощность компенсирующих устройств определяется по (3.5) составляет

$$Q_{ТП} = P_P (tg \varphi_1 - tg \varphi_2) \quad (3.5)$$

где $tg \varphi_1$ - расчетное значение, относящее к нагрузке до компенсации,

$tg \varphi_2$ - значение соответствующее требуемому питающей системой $\cos \varphi_2=0,98-0,99$.

Расчетный коэффициент мощности

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = Q_P / P_P \quad (3.6)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = 600 / 420 = 0,7.$$

Требуемая мощность компенсирующих устройств равна

$$Q_{ТП} = 600(0,7 - 0,2) = 300 \text{ кВАр}$$

Под эту мощность подбирается компенсирующее устройство из номенклатурного ряда мощностей. В нормальном режиме трансформаторы ТП работают каждый на свою секцию шин 0,4 кВ, куда и будут подключаться компенсирующие устройства - две конденсаторные установки типа УК-0,38-150-У3.

С учетом компенсирующих устройств расчетная нагрузка равна активная расчетная мощность $P_P=600$ кВт; реактивная расчетная мощность $Q_P=(420-300)=120$ кВАр.

По этой нагрузке выбираются трансформаторы ТМФ-400/10 и проверяются по коэффициенту загрузки по формулам (2.6) и (2.7). Полная мощность

В нормальном режиме коэффициент загрузки равен

$$K_3 = \frac{611,88}{400 \cdot 2} = 0,76$$

где $S_P = \sqrt{600^2 + 120^2} = 611,88 \text{ кВА}$ - полная расчетная мощность с компенсацией.

В аварийном режиме коэффициент загрузки равен

$$K_3 = \frac{611,88}{400 \cdot (2-1)} = 1,52$$

и трансформатор, оставшийся в работе, будет перегружен, если не ввести режим ограничения энергопотребления. В режим ограничения энергопотребления попадают электроприемники третьей категории, их просто могут отключить. Необходимо проверить загрузку трансформаторов при отключении ЭП третьей категории.

При их отключении расчетные мощности будут равны $P_P=420$ кВт; $Q_P=(420-300)=120$ кВАр, полная $S_P=436,81$ кВА и аварийном режиме коэффициент загрузки составит

$$K_3 = \frac{436,81}{400 \cdot (2-1)} = 1,09.$$

Для того чтобы трансформатор не перегружался необходимо отключить не менее половины ЭП третьей категории, в этом коэффициент не превышает значения $K_3=1,3$.

Расчет компенсации для ТП с сухими трансформаторами.

Коэффициент загрузки в нормальном режиме для трансформаторов ТС-630/10 с $S_{HT}=630$ кВА

$$K_3 = \frac{611,88}{630 \cdot 2} = 0,485,$$

в аварийном режиме

$$K_3 = \frac{611,88}{630 \cdot (2-1)} = 0,97,$$

не превышает $K_3=1,1$.

По загрузке нормально проходят выбранные трансформаторы, как в нормальном, так и в аварийном режимах. Режим энергопотребления по загрузке трансформатора в аварийном режиме не требуется

Применение сухих трансформаторов привело к увеличению мощности силовых трансформаторов и удорожанию капитальных затрат, но без необходимости ограничения ЭП третьей категории..

Применение масляных трансформаторов дает возможность снизить мощность трансформаторов на ступень. В данном случае требуется выполнение технико-экономическое сравнение двух вариантов.