Расчет и выбор числа и мощности компенсирующих устройств

1. Исходные данные для расчета компенсирующих устройств.

Данные, определённые из расчёта нагрузок

Активная расчётная мощность - $\mathbf{P_р}$ = 3090,21кВт;

Реактивная расчётная мощность - $\mathbf{Q_р}$ = 2413,15кВАр;

Полная расчётная мощность - $\mathbf{S_р}$ = 3920,8кВА;

Расчётный коэффициент мощности – $\mathbf{\cos \varphi_р}$ = 0,79;

Расчётный тангенс мощности – $\mathbf{tg\ \varphi_р}$ = 0,78;

Данные, определённые из расчёта силовых трансформаторов:

Количество трансформаторов на подстанции – $\mathbf{n_{тр}}$ =2шт;

Стандартная номинальная мощность выбранного трансформатора – $\mathbf{S_{ном}}$ 4000кВА;

Напряжение сторон трансформатора – $\mathbf{U_{ВН}/U_{НН}}$ = 35/10,5кВ;

Фактический коэффициент загрузки трансформатора – $\mathbf{\beta_{факт}}$ = 0,5;

Ток холостого хода трансформатора – $\mathbf{i_{хх}}$ =0,9%;

Напряжение короткого замыкания трансформатора – $\mathbf{U_{кз}}$ =7,5%;

Данные, задаваемые руководителем к

Тангенс мощности энергосистемы – $\mathbf{tg\ \varphi_{эс}}$ = 0,4;

2. Определяем реактивную мощность – $\mathbf{Q_{эс}}$ в кВАр, которую, может выдать энергосистема при данной активной расчётной мощности

$$\mathbf{Q_{эс} = P_р * tg\ \varphi_{эс}}$$

$$Q_{эс} = 3090{,}21*0{,}4 = 1236{,}08\text{кВАр}$$

$$1236{,}08 < 2413{,}15$$

если выполняется условие $\mathbf{Q_{эс} \leq Q_р}$, то расчёт компенсирующих устройств должен производиться обязательно.

3. Определяется пропускная мощность - **Qпр** в кВАр,

при нормальном режиме работы, с фактическим коэффициентом загрузки трансформатора

$$Q_{пр} = \sqrt{(n_{тр,} * \beta_{факт} * S_{ном\ тр})^2 - P_р{}^2}$$

$$Q_{пр} = \sqrt{(2 * 0{,}5 * 4000)^2 - 3090{,}21^2} = 2539{,}8 кВАр$$

4. Определяется пропускная мощность - $\mathbf{Q'_{пр}}$ в кВАр,

при работе в послеаварийном режиме работы

$$\mathbf{Q'_{пр} = \sqrt{(1,4 * S_{ном})^2 - P_р{}^2}}$$

$$Q'_{пр} = \sqrt{(1{,}4 * 4000)^2 - 3090{,}21^2} = 4670{,}18 кВАр$$

5. Определяется место установки компенсирующих устройств

5.1. Определяется возможность пропуска реактивной мощности через трансформаторы и место установки компенсирующих устройств путём сравнения:

$$\mathbf{Q_{пр} \geq Q_р; \quad и \quad Q'_{пр} \geq Q_р;}$$

- два условия выполняются, то установка компенсирующих устройств возможна на любой стороне трансформатора,
- при выполнении второго условия по напряжению стороны.
- условия не выполняются, то установка компенсирующих устройств возможна только на низкой стороне.

$$4670{,}18 \geq 2413{,}15 \quad и \quad 2539{,}8 \geq 2413{,}15$$

5.2. Напряжения сторон силового трансформатора $\mathbf{U_{ВН} / U_{НН}}$ = 35/10,5кВ:

После предварительного определения места расположения установки компенсирующих устройств необходимо проверить возможность подключения компенсирующих устройств к данному классу напряжения.

6. Определение потерь реактивной мощности в силовых трансформаторах - $\mathbf{\Delta Q_{тр}}$,

$$\mathbf{\Delta Q_{тр} = ((U_{кз} * \beta_{факт}{}^2 \backslash 100) + (i_{хх} \backslash 100)) * S_{ном}}$$

$$\Delta Q_{тр} = ((7{,}5 * 0{,}5^2 \backslash 100) + (0{,}9 \backslash 100)) * 4000 = 112 кВАр$$

7. Определяем необходимую расчётную мощность компенсирующих устройств на любой стороне силового трансформатора подстанции:

для одной цеховой трансформаторной подстанции или ГПП завода; для распределительного пункта объекта, от которого питаются цеховые ТП различных отраслей промышленности:

$$\mathbf{Q_{КУрасч} = Q_р - Q_{эс} - \sum(n_{тр} * \Delta Q_{тр})}$$

$$Q_{КУрасч} = 2413{,}5 - 1236{,}08 - \sum(2 * 112) = 953{,}07 кВАр$$

8. Определяем реактивную мощность компенсирующих устройств, подключённых к каждой секции шин двухтрансформаторной подстанции:

$$\mathbf{Q'_{КУрасч} = Q_{КУрасч} / 2}$$

$$Q'_{КУрасч} = 953{,}07 / 2 = 476{,}54 кВАр$$

9. Выбираем компенсирующие устройства по напряжению и мощности по справочной литературе.

Рекомендуется выбирать количество и мощность установленных компенсирующих устройств таким образом, чтобы их суммарная мощность, как можно ближе подходила к расчётной реактивной мощности, определённой на каждую секцию шин.

$$\mathbf{Q'КУуст \approx Q'КУрасч}$$

2шт КЭП-10,5-200-2У1

1шт КЭ2-10,5-75-2У3

10. Определяется общая установленная реактивная мощность компенсирующих устройств

$$\mathbf{Q_{КУуст} = Q'_{КУуст} *2}$$

$$Q_{КУуст} = (400+75)*2 = 950 кВАр$$

11. Определяется погрешность, обусловленная неточностью выбора мощности компенсирующих устройств с расчётной мощностью компенсирующих устройств, которая не должна превышать $\mathbf{\Delta Q_{КУ} \leq \pm 5\%}$

$$\mathbf{\Delta Q_{КУ} = ((Q_{КУрасч} - Q_{КУ\ уст})/ Q_{КУрасч})*100}$$

$$\Delta Q_{КУ} = ((953{,}07 - 950)/ 953{,}07)*100 = 0{,}32\%$$

12. Определяется полная расчётная мощность объекта, завода или цеха с учётом установки компенсирующих устройств

$$S'_р = \sqrt{P_р{}^2 + (Q_р - Q_{КУуст})^2}$$

$$S'_р = \sqrt{3090{,}21^2 + (2413{,}15 - 950)^2} = 3419{,}09 кВА$$

13. Проверяется возможность установки трансформатора меньшей стандартной мощности:

13.1.При работе трансформатора в послеаварийном режиме

$$\mathbf{1{,}4*S'_{тр.\ ном.} \geq 0{,}75*S'_р}$$

$$1{,}4*2500 \geq 0{,}75*3419{,}09$$

$$3500 \geq 2564{,}32 \text{ – условие выполняется}$$

13.2. При работе в нормальном режиме:

$$\beta_{факт} = S'_р / (n_{тр} * S'_{тр.\ ном})$$

$$\beta_{факт} = 3419{,}09/(2*\ 2500) = 0{,}68$$ – условие не выполняется

$$\beta_{факт} = 3419{,}09/(2*\ 4000) = 0{,}43$$ – условие не выполняется

Лучше взять слегка перезагруженный трансформатор, чем не дозагруженный.

Таблица.

Тип установки	**Мощность, кВАр**	**количество, шт.**	**Суммарная мощность, кВАр**
КЭП-10,5-200-2У1	**200**	**4**	**950**
КЭ2-10,5-75-2У3	**75**	**2**	

Если трансформатор меньшей стандартной мощности не подходит по следующим условиям, то рекомендуется окончательно определить трансформатор, ранее выбранный в расчёте трансформаторов.

После окончательного выбора компенсирующих устройств и мощности трансформатора необходимо проанализировать возможные схемы трансформаторных подстанций, а также определить компановку трансформаторной подстанции, затем определить конструктивное выполнение электрических сетей и только после выполнения этих пунктов можно приступать к расчёту электрических сетей.

Таблица.

Тип, марка	Мощность Sном , кВА	Напряжение на сторонах, U, кВ		Потери трансформатора, кВт		Uкз, %	Iхх, %
		ВН	НН	Рхх	Ркз		
ТМ-2500/35	2500	35	10,5	3,9	23,5	6,5	1,0