

ГОСТ 27389-87

Установки конденсаторные для компенсации реактивной мощности. Термины и определения. Общие технические требования.

1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Конденсаторная установка – электроустановка, состоящая из конденсаторов и относящегося к ней вспомогательного электрооборудования (регулятора реактивной мощности, контакторов, предохранителей и т.д.)

Мощность ступени – значение мощности, на которую можно изменить мощность конденсаторной установки в пределах суммарной мощности.

Разрядное устройство – устройство, подключенное к выводам или шинам или встроенное в конденсатор, служащее для уменьшения остаточного напряжения после отключения конденсатора от сети.

1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

2.2. Установки должны допускать длительную эксплуатацию при повышении напряжения до 1,1 номинального и повышения действующего значения тока до 1,3 тока, соответствующего номинальному напряжению и номинальной частоте как из-за повышения напряжения, так и вследствие наличия высших гармоник, или из-за одновременного действия обоих факторов, независимо от гармонического состава.

2.4. Напряжение управления конденсаторной установки не должно превышать (220 ± 22) В частотой 50 Гц и подводится от внешней сети или сниматься на самой установке.

2.8. Установка по реактивному току должна быть плавно регулируемой от $\cos \varphi = 0.85$ до $\cos \varphi = 1$ и должна обеспечивать индикацию ступени коммутации.

2.13. Встроенный регулятор реактивной мощности должен иметь защиту, которая при отсутствии управляющего напряжения отключает все конденсаторные ступени, а при восстановлении напряжения снова подключает их к сети в соответствии с установленным кодом коммутации. При отсутствии управляющего напряжения должна быть предусмотрена сигнализация.

2.17. ***Номинальный ток применяемых контакторов должен быть в 1,5-2 раза выше номинального тока конденсаторов. Контактторы должны одновременно включать (выключать) все фазы.***

2.18. Конденсаторные установки должны иметь защиту от перегрузки током.

ГОСТ 12.2.007.5-75

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ КОНДЕНСАТОРНЫМ УСТАНОВКАМ

1.2. Конденсаторы должны быть герметичными.

1.3. Конденсаторы в металлических корпусах с изолированными от корпуса выводами должны иметь на корпусе один болт для заземления, кроме конденсаторов в климатических исполнениях О и Т по ГОСТ 15150-69 на номинальные напряжения переменного и постоянного токов 250 В и выше, которые должны иметь два болта для заземления.

Допускается на конденсаторах, где конструктивно невозможно установить два болта, устанавливать один болт для заземления.

1.4. **Конденсаторы в металлических корпусах, один из выводов которых соединен с корпусом, должны иметь на корпусе символ электрического напряжения по ГОСТ 12.4.026-76 или надпись "Осторожно! Корпус под напряжением".**

1.5. Конденсаторы после отключения их от электросети должны допускать независимо от автоматического разряда индивидуальный разряд замыканием выводов накоротко или на резистор, а также на корпус и на землю.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ОТДЕЛЬНЫМ ВИДАМ СИЛОВЫХ КОНДЕНСАТОРОВ И КОНДЕНСАТОРНЫМ УСТАНОВКАМ

2.1. **Конденсаторы для повышения коэффициента мощности и конденсаторы для продольной компенсации**

2.1.1. Конденсаторы на напряжение до 1050 В включительно и конденсаторы на напряжение 4000; 4400; 6300; 6600; 6900 и 7300 В мощностью 200 квар и более должны иметь встроенные внутри корпуса предохранители, защищающие их при пробое секции.

Допускается изготовление конденсаторов на напряжение свыше 1050 В без встроенных внутри корпуса предохранителей, что должно быть оговорено в технических условиях на конденсаторы конкретного типа.

Применение конденсаторов на напряжение свыше 1050 В без встроенных внутри корпуса предохранителей должно осуществляться при условии обеспечения целостности корпусов конденсаторов при пробоях секций за счет применения наружной защиты предохранителями или другого типа защиты.

2.3. Установки конденсаторные

2.3.1. Двери ячеек конденсаторных установок на напряжение 1000 В и ниже должны запираются на встроенный замок.

2.3.2. **В конденсаторных установках на напряжение свыше 1000 В должна быть предусмотрена блокировка, препятствующая открыванию дверей при наличии напряжения на конденсаторах.**

2.3.3. При делении конденсаторной установки на секции разъединители секций должны быть снабжены блокировкой с выключателем батареи, не допускающей отключения секции без отключения всей батареи.

2.3.4. Конденсаторные установки на напряжение 1000 В и ниже должны иметь групповую, а на напряжение свыше 1000 В - индивидуальную защиту конденсаторов от токов короткого замыкания, осуществляемую плавкими предохранителями.

2.3.5. Конденсаторные установки на напряжение свыше 1000 В должны иметь разъединители с заземляющими ножами для заземления установки после ее отключения.

2.3.6. Сопротивление изоляции цепей управления и контроля конденсаторных установок должно быть не менее 1 МОм при температуре (20±5) °С.

2.3.7. В конденсаторных установках на напряжение **свыше 1000 В** должны быть предусмотрены **заземляющие элементы**:

- у вторичных обмоток трансформаторов тока и напряжения;
- у приводов разъединителей;
- у корпусов выключателей;
- у корпусов регуляторов мощности и приставок к ним.

2.3.8. Болт заземления каждого из конденсаторов, входящих в установку, должен быть соединен заземляющим проводником с каркасом ячейки установки. Каркасы ячеек должны иметь пластины для присоединения заземляющих проводников сваркой.

2.3.9. **Вводная ячейка конденсаторной установки должна иметь болт диаметром не менее 8 мм для присоединения переносного заземления.**

2.3.10 Конденсаторные установки должны иметь световую сигнализацию или вольтметр в вводной ячейке, указывающие наличие напряжения на них, а многоступенчатые установки, кроме того, должны иметь сигнализацию о включении каждой ступени.

Допускается применение конденсаторных установок без разъединителей с заземляющими ножами при условии размещения конденсаторной установки в пределах непосредственной видимости разрыва в распределительном устройстве, питающем конденсаторную установку и имеющем разъединитель с заземляющими ножами.

2.3.11. Конденсаторные установки должны иметь разрядные устройства, обеспечивающие после отключения установок от электросети снижение амплитудного значения напряжения на установках до 50 В за время не более:

1 мин - в конденсаторных установках на напряжение 1000 В и ниже;

5 мин - в конденсаторных установках на напряжение свыше 1000 В.

2.3.12. В конденсаторных установках должна быть обеспечена возможность создания видимого разрыва цепи установки или на распределительном устройстве, расположенном от конденсаторной установки в пределах непосредственной видимости разрыва при проведении ремонтных работ.

2.3.13. В вводной ячейке конденсаторной установки на напряжение свыше 1000 В при применении выключателей в выкатном исполнении должна быть предусмотрена фиксация рабочего и разобщенного положения выключателя.

2.3.14. На внутренней стороне двери вводной ячейки должна быть помещена принципиальная электрическая схема установки.

СНиП 3.05.06-85

3.234. При монтаже конденсаторных установок должна быть обеспечена горизонтальная установка каркасов и вертикальная установка конденсаторов;

- расстояние **между дном** конденсаторов нижнего яруса и **полом помещения** или дном маслоприемника должно быть **не менее 100 мм**;
- паспорта конденсаторов (таблички с техническими данными) должны быть обращены в сторону прохода, из которого производится их обслуживание;
- инвентарный (порядковый) номер конденсатора должен быть написан маслостойкой краской на стенке бака каждого конденсатора, обращенной к проходу обслуживания;
- расположение токоведущих шин и способы присоединения их к конденсаторам должны обеспечивать удобство смены конденсаторов во время эксплуатации;
- ошиновка не должна создавать изгибающих усилий в выводных изоляторах конденсаторов;
- заземляющая проводка должна быть расположена так, чтобы она не препятствовала смене конденсаторов во время эксплуатации.

Типы регулирования реактивной мощности и методика расчета параметров конденсаторной установки

По оценкам, приведенным в различных источниках, среднестатистические потери электроэнергии в сетях потребителя лежат в пределах 8-16%. Одной из основных причин таких потерь по-прежнему остается недостаточный уровень компенсации реактивных нагрузок с помощью компенсирующих устройств. Наиболее распространенным типом компенсирующих устройств являются регулируемые конденсаторные установки (УКРМ-0,4). К их достоинствам можно отнести низкие потери активной мощности, простота

подключения и обслуживания, возможность подключения практически в любом узле системы энергопотребления. Автоматическое регулирование мощности КУ дает возможность компенсировать переменную реактивную нагрузку трансформаторных подстанций (ТП) предприятий, что в конечном итоге приводит к уменьшению тока в линиях передачи, уменьшению общей потребляемой мощности и позволяет реализовать наиболее экономичный режим работы сети, поддерживая отклонение напряжения на шинах ТП в допустимых пределах.

Автоматическое регулирование мощности УКРМ-0,4 может осуществляться в зависимости от суточного графика нагрузки, по значению параметра коэффициента мощности, по уровню и знаку реактивной мощности (генерация или потребление), по току нагрузки или по нескольким параметрам одновременно (например, по времени суток, по реактивной мощности и напряжению).

Регулирование по времени суток используется при достаточно стабильных графиках нагрузки по реактивной мощности или необходимости выполнения предписаний энергоснабжающей организации по генерации (потреблению) заданного уровня мощности в определенное время суток.

Автоматическое регулирование по величине и знаку реактивной мощности целесообразно вести в том случае, если энергосистема обеспечивает соответствующие уровни напряжения на вводе, потребителю из экономических или других соображений необходимо обеспечить компенсацию или поддержание реактивной составляющей мощности с максимальной точностью.

Регулирование по уровню напряжения применяется, как правило, вместе с регулированием по другим критериям и при необходимости поддержания постоянства напряжения с допустимыми отклонениями в узле.

При резко переменном графике нагрузки по мощности и заведомо известном характере реактивности регулирование можно производить по уровню тока нагрузки или в сочетании с другими параметрами.

Для каждого узла энергосистемы потребителя должно выполняться условие баланса активной и реактивной мощностей, т.е. генерируемая мощность жестко определяется ее потреблением. При нарушении в узле баланса мощностей возникают перетоки реактивной энергии, меняется напряжение и, как следствие, возрастают потери.

В большинстве практических случаев просматривается техническая и экономическая целесообразность полной или близкой к ней компенсации реактивной мощности в узле ее потребления с регулированием по основному параметру - реактивной мощности. Такое регулирование, как правило, совпадает с регулированием по напряжению.

Для правильного определения требуемых технических параметров УКРМ-0,4 и ее оптимального использования в дальнейшем потребитель вынужден сам или с помощью энергосервисных компаний оценить основные параметры: полную мощность, шаг регулирования по мощности, регулирующий эффект по напряжению.

Рассмотрим основные соотношения, позволяющие произвести эти оценки на примере расчета параметров УКРМ-0,4 потребителя с ТП номинальной мощностью $S_{2H} = 1000$ кВА.

Пусть ТП работает с коэффициентом загрузки

$$K_3 = S_{2p}/S_{2H} = 0,8,$$

где S_{2p} - реальная потребляемая мощность вторичной обмоткой ТП.

С учетом тока при аварийной перегрузке ($I_{2H} = 1,4 \times I_{2N} = 2021$ А) коэффициент трансформации тока:

$$K_{TT} = (2001 \text{ А} / 5 \text{ А}) = 400.$$

Эти данные можно использовать для оценки верхней границы тока нагрузки, измеряемой регулятором, для расчетов уставки по току в некоторых моделях регуляторов.

Примем, что реальный коэффициент мощности лежит в пределах $\cos\phi = 0,6 \dots 0,8$, что соответствует среднестатистическим данным по большинству промышленных предприятий.

Суммарную мощность УКРМ-0,4 определим по одной из формул:

$$Q_{KY} = S_{2H} \times K_3 \times \sin\phi = 480 \dots 640 \text{ кВАр, или} \\ Q_{KY} = S_{2H} \times K_3 \times \cos\phi \times (\operatorname{tg}\phi - \operatorname{ctg}\phi) = 1000 \times 0,8 \times 0,6 \times (1,33 - 0,33) = 640 \text{ кВАр,}$$

где ϕ - текущий фазовый угол ($\cos\phi = 0,6$), 1 - требуемый фазовый угол ($\cos\phi = 0,95$).

Из условия поддержания необходимой точности регулирования ($<5\%$) определим мощность меньшей секции УКРМ-0,4:

$$Q_{c \min} = (Q_{KY}/100) \times 5\% = 24 \dots 32 \text{ кВАр,}$$

Целесообразно выбрать $Q_{c \min}$ при минимальном коэффициенте загрузки ТП для обеспечения и в этом случае точности регулирования. Так при $K_3 = 0,4$:

$$Q_{c \min} = 12 \dots 16 \text{ кВАр.}$$

Выберем коэффициент трансформации трансформатора тока, включенного в цепь нагрузки ТП. Номинальный ток вторичной обмотки ТП: $I_{2H} = S_{2H} / (1,73 \times U_{2H}) = 1444 \text{ A}$, где $U_{2H} = 0,4 \text{ кВ}$ - номинальное, вторичное напряжение.

$$I_{и \max} = (K_3 \times S_{2H}) / (1,73 \times U_{2H} \times K_{\text{ТТ}}) = 2,89 \text{ A}.$$

Для режимов ТП, близких к холостому ходу т.е. при K_3 5% входной измеряемый регулятором ток:

$$I_{и \max} = 0,2 \text{ A}$$

Изменение напряжения в % при подключении секций конденсаторных батарей определяется по одной из формул:

$$DV_C = (Q_c \times X_c) / (10 \times U_{2H} \times U_{2P});$$

$$DV_C = (Q_c \times U_{K3}) / S_{2H};$$

$$DV_C = (Q_c / S_{K3});$$

где Q_c - мощность подключаемой секции, кВАр;

X_c - индуктивное сопротивление внешней сети по отношению к узлу присоединения УКРМ-0,4, приведенное ко вторичной обмотке трансформатора;

U_{2H} , U_{2P} - номинальное и действительное напряжение сети, кВ;

S_{K3} - мощность короткого замыкания в месте установки КУ, мВА.

Опуская детали расчетов сопротивлений линии передачи, приведем оценку изменения напряжения при включении УКРМ-0,4 мощностью 600 кВАр для ТП с $S_{2H} = 1000 \text{ кВА}$, что составляет 12,4...22,8 В. В качестве устройства управления УКРМ-0,4 применяются регуляторы коэффициента мощности отечественного и зарубежного производства.

Соотношение величин отдельных конденсаторных ступеней. Варианты комбинаций величин.

№	Комбинация	Индикация	№	Комбинация	Индикация
1	1:1:1:1:1	1	7	1:2:2:2:2	7
2	1:1:2:2:2	2	8	1:2:3:3:3	8
3	1:1:2:2:4	3	9	1:2:3:4:4	9
4	1:1:2:3:3	4	10	1:2:3:6:6	10
5	1:1:2:4:4	5	11	1:2:4:4:4	11
6	1:1:2:4:8	6	12	1:2:4:8:8	12