**Дисциплина: Эксплуатация оборудования электрических сетей**

**Лекция № 13. «Техническое обслуживание конденсаторных установок от 0,22 до 10 кВ и конденсаторов связи 35-220 кВ»**

Оглавление

[13.1 Назначение конденсаторных установок 1](#_Toc421198147)

[13.2 Режимы работы, уровни напряжений 2](#_Toc421198148)

[13.3 Особенности по выполнению мер безопасности при обслуживании КУ 3](#_Toc421198149)

[13.4Техническая документация 5](#_Toc421198150)

[13.5 Осмотры, капитальные и текущие ремонты 5](#_Toc421198151)

[13.6 Эксплуатация и обеспечение надёжной работы конденсаторов связи 35-110 кВ 6](#_Toc421198152)

[13.7 Профилактические испытания конденсаторов 6](#_Toc421198153)

# 13.1 Назначение конденсаторных установок

Самым дешёвым и одновременно самым эффективным средством повышения технико-экономических показателей электрических систем является компенсация реактивной мощности. Понятие источники реактивной мощности (ИРМ) обычно относят к любым устройствам, способным целенаправленно воздействовать на баланс реактивной мощности в электроэнергетической системе. В системах электроснабжения (СЭС) промышленных предприятий ИРМ применяют с целью компенсации реактивной мощности, потребляемой мощной резкопеременной нагрузкой, и симметрирования нагрузки. Ко второй группе ИРМ относятся статические компенсаторы реактивной мощности - конденсаторные батареи (КБ). Конденсаторные батареи способны регулировать генерируемую ими мощность только ступенчато. Для их коммутации (включения, выключения) применяют в сетях до 1 кВ - обычные контакторы, в сетях 6 - 10 кВ и выше - выключатели. Основная роль конденсаторных установок в сетях промышленных предприятий это снижение потерь электроэнергии в сетях и регулирование напряжения в допустимых пределах. Мощность, генерируемая КБ, при ее заданной ёмкости С пропорциональна квадрату приложенного напряжения и его частоте **QКБ = U2С.** Поэтому нерегулируемые КБ обладают отрицательным регулирующим эффектом. Это значит, что мощность КБ снижается со снижением приложенного напряжения, тогда как по условиям режима эту мощность необходимо увеличивать.

Современные конденсаторные установки допускают длительную работу при повышении действующего значения напряжения между выводами до 1,1 U ном, сети. Обеспечивают длительную работу без снижения срока службы при повышении действующего значения тока до 1,3 I ном., как за счёт повышения напряжения, так и за счёт высших гармоник или за счёт того и другого вместе независимо от гармонического состава тока. С учётом предельного отклонения ёмкости наибольший допустимый ток может быть до 1,43 I ном. конденсатора.Использование конденсаторных установок, являющихся наиболее распространённым средством компенсации реактивной мощности в промышленных сетях, даёт возможность:

- повышения коэффициента мощности до требуемой величины;

- уменьшения потерь электроэнергии в элементах сети электроснабжения;

- регулирования напряжения в различных точках сети;

- повышения качества электроэнергии.

Применение их позволяет:

- обеспечивать высокую точность заданного коэффициента мощности;

- поддерживать оптимальный режим компенсации реактивной мощности в зависимости от нагрузки;

- снижать тепловые потери в распределительных сетях и расходы на электроэнергию;

- снижать влияние высших гармонических составляющих тока на электрооборудование;

- разгружать оборудование подстанций и распределительных сетей, увеличивать срок его службы.

Нижеуказанные требования распространяются на конденсаторные установки напряжением от 0,22 до 10 кВ и частотой 50 Гц, предназначенные для компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения и присоединяемые параллельно индуктивным элементам электрической сети. Конденсаторная установка должна находиться в техническом состоянии, обеспечивающем ее долговременную и надёжную работу. Управление конденсаторной установкой, регулирование режима работы батарей конденсаторов должно быть, как правило, автоматическим. Управление конденсаторной установкой, имеющей общий с индивидуальным приёмником электрической энергии коммутационный аппарат, может осуществляться вручную одновременно с включением или отключением приёмника электрической энергии. Кроме силовых конденсаторов, используемых для компенсации реактивной мощности, в электроэнергетике эксплуатируются конденсаторы связи, конденсаторы отбора мощности, конденсаторы для делителей напряжения, конденсаторы для повышения коэффициента мощности, конденсаторы установок продольной компенсации и конденсаторы, используемые для защиты от перенапряжений.

# 13.2 Режимы работы, уровни напряжений

Разработка режимов работы конденсаторной установки должна выполняться исходя из договорных величин экономических значений реактивной энергии и мощности. Режимы работы конденсаторной установки должны быть утверждены техническим руководителем предприятия. При напряжении, равном 110% от номинального значения, вызванном повышением напряжения в электрической сети, продолжительность работы конденсаторной установки в течение суток должна быть не более 12 ч. При повышении напряжения свыше 110% от номинального значения конденсаторная установка должна быть немедленно отключена. Если напряжение на любом единичном конденсаторе (конденсаторах последовательного ряда) превышает 110% его номинального значения, работа конденсаторной установки не допускается. Если токи в фазах различаются более чем на 10%, работа конденсаторной установки не допускается. В месте установки конденсаторов должен быть предусмотрен прибор для измерения температуры окружающего воздуха. При этом должна быть обеспечена возможность наблюдения за его показаниями без отключения конденсаторной установки и снятия ограждений. Если температура конденсаторов ниже предельно допустимой низшей температуры, обозначенной на их паспортных табличках или в документации завода-изготовителя, то включение в работу конденсаторной установки не допускается.Включение конденсаторной установки разрешается лишь после повышения температуры окружающего воздуха до указанного в паспорте значения температуры.Температура окружающего воздуха в месте установки конденсаторов должна быть не выше максимального значения, указанного на их паспортных табличках или в документации завода-изготовителя. При превышении этой температуры должна быть усилена вентиляция (если конденсаторная установка находится в закрытом помещении). Если в течение 1 ч температура не снизилась, конденсаторная установка должна быть отключена. Конденсаторная установка (конденсаторная батарея или ее секция) должна включаться при напряжении ниже номинального и отключаться при повышении напряжения до 105 - 110% номинального.

Включение конденсаторной установки, отключившейся действием защит, разрешается после выяснения и устранения причины ее отключения.

При отсутствии указаний завода-изготовителя не допускается включение конденсаторной установки при температуре конденсаторов ниже:

- минус 40°С для конденсаторов климатического исполнения У и Т;

- минус 60°С для конденсаторов климатического исполнения ХЛ.

Включение конденсаторной установки в соответствии с инструкцией по их эксплуатации разрешается лишь после повышения температуры конденсаторов (окружающего воздуха) до указанных в инструкции значений и выдержки их при этой температуре в течение указанного времени.

# 13.3 Особенности по выполнению мер безопасности при обслуживании КУ

Конденсаторы батареи должны иметь порядковые номера, нанесённые на поверхность корпуса. Включение конденсаторной установки после ее отключения допускается не ранее чем через 1 мин при наличии разрядного устройства, присоединяемого непосредственно (без коммутационных аппаратов и предохранителей) к конденсаторной батарее. Если в качестве разрядного устройства используются только встроенные в конденсаторы резисторы, то повторное включение конденсаторной установки допускается не ранее чем через 1 мин для конденсаторов напряжением 660 В и ниже и через 5 мин для конденсаторов напряжением 660 В и выше.

Включение конденсаторной установки, отключённой действием защитных устройств, разрешается только после выяснения и устранения причины отключения. Конденсаторная установка должна быть обеспечена:

- резервным запасом предохранителей на соответствующие номинальные токи плавких вставок;

- специальной штангой для контрольного разряда конденсаторов, хранящейся в помещении конденсаторной батареи;

- противопожарными средствами (огнетушители, ящик с песком и совком).

- на дверях снаружи и внутри камер, дверях шкафов конденсаторных батарей должны быть выполнены надписи, указывающие их диспетчерское наименование. На внешней стороне дверей камер, а также шкафов конденсаторных батарей, установленных в производственных помещениях, должны быть укреплены или нанесены несмываемой краской знаки безопасности. Двери должны быть постоянно заперты на замок.

При замене предохранителей конденсаторная установка должна быть отключена от сети и должен быть обеспечен разрыв (отключением коммутационного аппарата) электрической цепи между предохранителями и конденсаторной батареей. Если условий для такого разрыва нет, то замена предохранителей производится после контрольного разряда всех конденсаторов батареи специальной штангой. Контрольный разряд конденсаторов разрешается производить не ранее, чем через 3 минуты после отключения установки, если нет других указаний заводов-изготовителей.

При техническом обслуживании конденсаторов, в которых в качестве пропитывающего диэлектрика используется трихлордифенил, следует принимать меры для предотвращения его попадания в окружающую среду. Вышедшие из строя конденсаторы с пропиткой трихлордифенилом при отсутствии условий их утилизации подлежат уничтожению в специально отведённых местах.

Меры безопасности при проведении работ:

1.При проведении работ конденсаторы перед прикосновением к ним или их токоведущим частям после отключения установки от источника питания должны быть разряжены независимо от наличия разрядных устройств, присоединённых к шинам или встроенным в единичные конденсаторы. Разряд конденсаторов - снижение остаточного напряжения до нуля - производится путем замыкания выводов накоротко и на корпус металлической шиной с заземляющим проводником, укреплённой на изолирующей штанге.

2. Выводы конденсаторов должны быть закорочены, если они не подключены к электрическим схемам, но находятся в зоне действия электрического поля (наведённого напряжения).

3. Не разрешается прикасаться к клеммам обмотки отключённого от сети асинхронного электродвигателя, имеющего индивидуальную компенсацию реактивной мощности, до разряда конденсаторов.

4. Не разрешается касаться голыми руками конденсаторов, пропитанных трихлордифенилом (ТХД) и имеющих течь. При попадании ТХД на кожу необходимо промыть кожу водой с мылом, при попадании в глаза - промыть глаза слабым раствором борной кислоты или раствором двууглекислого натрия (одна чайная ложка питьевой соды на стакан воды).

# 13.4Техническая документация

На каждую КУ, отдельно стоящий конденсатор, конденсаторы делительных установок должны быть составлены паспорта-протоколы или протоколы, в которых отмечаются результаты всех измерений и испытаний, ремонты, техническое обслуживание. Проектная техническая документация.

# 13.5 Осмотры, капитальные и текущие ремонты

Осмотр конденсаторной установки (без отключения) должен проводиться в сроки, установленные местной производственной инструкцией, но не реже 1 раза в сутки на объектах с постоянным дежурством персонала и не реже 1 раза в месяц на объектах без постоянного дежурства. Внеочередной осмотр конденсаторной установки проводится в случае повышения напряжения или температуры окружающего воздуха до значений, близких к наивысшим допустимым, действия защитных устройств, внешних воздействий, представляющих опасность для нормальной работы установки, а также перед ее включением. При осмотре конденсаторной установки следует проверить:

- исправность ограждений и запоров, отсутствие посторонних предметов;

- значения напряжения, тока, температуры окружающего воздуха, равномерность нагрузки отдельных фаз;

- техническое состояние аппаратов, оборудования, контактных соединений, целостность и степень загрязнения изоляции;

- отсутствие капельной течи пропитывающей жидкости и недопустимого вздутия стенок корпусов конденсаторов;

- наличие и состояние средств пожаротушения.

О результатах осмотра должна быть сделана соответствующая запись в оперативном журнале.

Периодичность капитальных и текущих ремонтов, объем проверок и испытаний электрооборудования и устройств конденсаторной установки должны соответствовать требованиям норм испытания электрооборудования.

Средний ремонт конденсаторных установок должен производиться в зависимости от их технического состояния по решению технического руководителя энергообъекта. Текущий ремонт конденсаторных установок должен производиться ежегодно.

# 13.6 Эксплуатация и обеспечение надёжной работы конденсаторов связи 35-110 кВ

Надёжная работа конденсаторов связи 35-110 кВ обеспечивается путем периодических технических осмотров и регулярного обслуживания, профилактических испытаний, измерений, чистки изоляции, контроля контактных соединений. Испытания конденсаторных установок должны быть организованы в соответствии с Объёмом и нормами испытаний электрооборудования и заводскими инструкциями.

# 13.7 Профилактические испытания конденсаторов

Объем и нормы проверок и испытаний, приведённые ниже, распространяются на конденсаторы связи, конденсаторы отбора мощности, конденсаторы для делителей напряжения, конденсаторы для повышения коэффициента мощности, конденсаторы установок продольной компенсации и конденсаторы, используемые для защиты от перенапряжений.

Проверка состояния конденсатора производится путем визуального контроля. При обнаружении течи (капельной или иной) жидкого диэлектрика конденсатор бракуется независимо от результатов остальных испытаний.

Сопротивление разрядного резистора не должно превышать 100 МОм.

Измерение ёмкости производятся при отрицательных результатах контроля по результатам тепловизионных измерений. Ёмкость измеряется у каждого отдельно стоящего конденсатора с выводом его из работы или под рабочим напряжением (путем измерения ёмкостного тока или распределения напряжения на последовательно соединенных конденсаторах). Измерение ёмкости является обязательным после испытания конденсатора повышенным напряжением. Изменённые значения ёмкости конденсаторов от паспортных не должны выходить за пределы, указанные в таблице 1. При контроле конденсаторов под рабочим напряжением оценка их состояния производится сравнением измеренных значений ёмкостного тока или напряжения конденсатора с исходными данными или значениями, полученными для конденсаторов других фаз (присоединений).

Таблица 1. Допустимое изменение ёмкости конденсаторов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | Допустимое изменение измеренной ёмкости конденсатора относительно паспортного значения, % | |
| При первом включении | В эксплуатации |
| Конденсаторы связи, отбора мощности и делительные | ±5 | ±5 |
| Конденсаторы для повышения коэффициента мощности и конденсаторы, используемые для защиты от перенапряжений | ±5 | ±10 |
| Конденсаторы продольной компенсации | +5 | ±10 |
|  | -10 |  |

Измерение тангенса угла диэлектрических потерь.

Измерение производится на конденсаторах связи, конденсаторах отбора мощности и конденсаторах делителей напряжения.Измеренное значение tgδ не должно превышать 0,3% (при температуре 20°C) при первом включении и 0,8% в эксплуатации.

Испытание повышенным напряжением

Испытывается изоляция относительно корпуса при закороченных выводах конденсатора.

Величина и продолжительность приложения испытательного напряжения регламентируется заводскими инструкциями. Испытательные напряжения промышленной частоты для различных конденсаторов приведены ниже:

|  |  |
| --- | --- |
| Конденсаторы для повышения коэффициента мощности с номинальным напряжением, кВ | Испытательное напряжение, кВ |
| 0,22 | 2,1 |
| 0,38 | 2,1 |
| 0,5 | 2,1 |
| 1,05 | 4,3 |
| 3,15 | 15,8 |
| 6,3 | 22,3 |
| 10,5 | 30,0 |
| Конденсаторы для защиты от перенапряжений типа |  |
| СММ-20/3-0,107 | 22,5 |
| КМ2-10,5-24 | 22,5-25,0 |

Испытания напряжением промышленной частоты могут быть заменены одноминутным испытанием выпрямленным напряжением удвоенного значения по отношению к указанным испытательным напряжениям.

Испытание батарей конденсаторов

Испытание производится трёхкратным включением батарей на номинальное напряжение с контролем значений токов по фазам. Токи в фазах не должны отличаться более чем на 5%.

Тепловизионный контроль конденсаторов.

Тепловизионный контроль производится в соответствии с указаниями приложения 3. «Объём и нормы испытания электрооборудования».

Контактные соединения.

Предельные значения температуры нагрева контактных соединений силовых конденсаторов, отдельно стоящих или соединенных в батарею, не должны превышать данных, приведённых в «Объём и нормы испытания электрооборудования».

Элементы батарей силовых конденсаторов

При контроле измеряется температура нагрева корпусов элементов конденсаторов. Измеренные значения температуры конденсаторов одинаковой мощности не должны отличаться между собой более чем в 1,2 раза.

Оценка состояния батарей силовых конденсаторов

Оценка технического состояния батарей производится по результатам тепловизионного контроля.

Элементы конденсаторов связи и делительных конденсаторов.

При выявлении локальных нагревов в элементах конденсаторов производится внеочередной контроль состояния их изоляции.