

## 2.1. Виды ремонтов электрооборудования

Различают два основных вида ремонта: текущий и капитальный; оба ремонта относятся к плановым.

*Текущий ремонт* (ТР) – это ремонт, осуществляемый для восстановления работоспособности оборудования и состоящий в замене или восстановлении его отдельных составных частей. Перечень обязательных работ, подлежащих выполнению при текущем ремонте электрооборудования тяговой подстанции, определен Инструкцией по техническому обслуживанию и ремонту оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог (ЦЭ-936), а в промышленных предприятиях – в ремонтной документации энергетического цеха (подразделения).

Во время текущего ремонта, как правило, выполняются работы по техническому обслуживанию электрооборудования, восстановление отдельных узлов и деталей, ревизия электрооборудования, проверка точности срабатывания. Такой вид ремонта обеспечивает поддержание оборудования в работоспособном состоянии в период до очередного планового ремонта.

Например, при ТР вентильных разрядников и ограничителей перенапряжения проводятся:

- запись показаний счетчиков регистратора срабатываний;
- очистка от загрязнений;
- очистка дугогасящих колец у разрядников типа РВБК, РВПК, РБК;
- проверка и восстановление целостности защитных покрышек, проверка отсутствия сдвигов и смещения фланцев, состояния цементных швов и их покрытие, состояния предохранительных клапанов;
- проверка состояния экранных колец, состояния опорных изоляторов и изоляторов оттяжек;
- проверка исправности заземляющих шин и заземлений;
- проверка состояния всех креплений и правильности действия регистраторов срабатывания;
- замена перегоревших плавких вставок;
- восстановление покрытия цементных швов, окраски фланцев и присоединяемых шин;
- измерение сопротивления элемента разрядника, сопротивления изолятора, сопротивления изоляции изолирующих оснований у разрядника с регистраторами срабатывания.

*Капитальный ремонт* – это ремонт, выполняемый для обеспечения исправности и полного или близкого к полному восстановлению ресурса оборудования с заменой или восстановлением любых его частей.

При капитальном ремонте послеремонтный ресурс оборудования должен составлять не менее 80 % ресурса нового оборудования.

Капитальный ремонт производится по окончании срока межремонтного периода, установленного для каждого вида оборудования, и включает в себя ревизию оборудования с тщательным внутренним осмотром, измерениями, испытаниями и устранением выявленных неисправностей. Выводу оборудования в капитальный ремонт предшествует тщательная подготовка: составляются ведомости намеченных работ и графики их выполнения; проводятся предварительные осмотры и испытания, измерения и проверки; подготавливается необходимая ремонтная документация; заготавливаются запасные части, инструменты, подъемно-транспортные средства; выполняются противопожарные мероприятия и мероприятия по требованиям безопасности.

В объем капитального ремонта входят: работы по текущему ремонту (полный объем); замена изношенных деталей, узлов и агрегатов; замена изоляции и послеремонтные испытания.

Например, при капитальном ремонте трансформаторов без смены обмоток выполняются следующие работы:

- вскрытие трансформатора, осмотр сердечника;
- ремонт элементов выемной части без расшивки железа и без замены обмоток, ремонт отводов обмоток, ремонт переключателей;
- ремонт расширителя, предохранительной трубы, радиаторов, кранов, изоляторов, маслоочистительных устройств;
- проверка системы опрессовки обмоток;
- очистка или замена масла;
- смена сорбента в фильтрах;
- чистка и окраска бака трансформатора и всех его элементов;
- проверка контрольно-измерительных приборов, устройств защиты, автоматики, сигнализации, установленных на трансформаторе;
- сушка, подсушка изоляции;
- ремонт устройств регулирования напряжения;
- заварка мест течи масла, замена резиновых уплотнений;
- проверка систем охлаждения согласно заводским инструкциям;
- испытания в объеме межремонтных испытаний с учетом мощности, первичного напряжения и конструкции трансформаторов;
- определение погрешности трансформаторов тока и напряжения, используемых для подключения расчетных средств учета электрической энергии;
- измерение сопротивления изоляции стяжных шпилек, бандажей, полубандажей, прессующих колец относительно активной стали и ярмовых балок, а также ярмовых балок – относительно активной стали, электростатических экранов – относительно обмоток и магнитопровода;
- определение соотношения  $C2/C50$  для масляных трансформаторов мощностью выше 1000 кВА;
- определение отношения  $\Delta C/C$  для масляных трансформаторов мощностью свыше 1000 кВА;
- испытание повышенным напряжением промышленной частоты в течение 1 мин изоляции обмоток 35 кВ и ниже при капитальном ремонте трансформатора со сменой обмоток;
- испытание изоляции доступных стяжных шпилек, прессующих колец и ярмовых балок мегомметром на напряжение 2500 В в течение одной минуты.

*Средний ремонт* предусматривает разборку и замену отдельных узлов и проводится не чаще одного раза в год.

*Ремонт оборудования по техническому состоянию* выполняется в случае выявленных при осмотрах неисправностей, угрожающих нормальной работе оборудования, после отказов в работе оборудования и устройств релейной защиты и автоматики (РЗА), при повреждениях оборудования аварийными токами, атмосферными и коммутационными воздействиями, а также при выработке установленного механического и коммутационного ресурса.

*Аварийный ремонт* необходим при внезапных поломках деталей или выходе из строя отдельных узлов, проводки, аппаратуры вследствие неправильной эксплуатации, перегрузок и других причин. Аварийный выход из строя электрооборудования должен быть оформлен аварийным актом установленной формы. В этом акте указывают причину аварии, виновных, допустивших неправильную эксплуатацию или перегрузку, и профилактические мероприятия, предотвращающие такие аварии в будущем. В зависимости от объема аварийный ремонт может быть отнесен к текущему или капитальному.

Устранение непредвиденных повреждений оборудования подстанций проводится во время внеплановых ремонтов, при проведении которых заменяют или восстанавливают те элементы, из-за которых произошли отказы оборудования. При правильно органи-

зованной системе ППР и эксплуатации внеплановые ремонты, как правило, не должны иметь места.

### *Планирование ремонтов – система ППР*

Для каждой электроустановки должен быть составлен годовой график планово-предупредительного ремонта (ППР), утверждаемый ответственным за электрохозяйство дистанции электроснабжения, с указанием всех работ независимо от исполнителя, предусматривающий все необходимые виды текущего ремонта, в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

На основании этого графика ответственные за электрохозяйство подразделений дистанции электроснабжения составляют месячные планы работ и утверждают их у начальника дистанции электроснабжения железной дороги или его заместителя.

Система ППР электрооборудования представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на поддержание электротехнического оборудования в состоянии постоянной работоспособности, предупреждения его преждевременного износа и исключения аварийных ситуаций.

Сущность системы ППР заключается в производстве необходимых видов ремонта электрооборудования через определенные промежутки календарного времени его работы. Чередование и периодичность этих ремонтов определяется назначением электрооборудования, его конструктивными особенностями, габаритными размерами и условиями эксплуатации.

Система ППР направлена на предупреждение остановки оборудования вследствие износа его частей и деталей и предусматривает планирование и организацию ремонтов, определение их видов, объема работ по каждому, сроков проведения и порядок учета и отчетности. Ее целью являются:

- совершенствование организации ремонта;
- уменьшение затрат на ремонт при повышении качества работы;
- снижение капитальных вложений в электрохозяйство путем обеспечения нормальной работы оборудования при минимальном количестве технически необходимого резерва;
- сокращение простоев технологического оборудования из-за преждевременного выхода из строя электрической части;
- обеспечение роста производительности технологического оборудования и труда рабочих;
- предупреждение преждевременного физического износа электротехнического оборудования, повышение сроков службы деталей, узлов, аппаратуры и покупных изделий.

*Организационно-технические мероприятия* предусматривают непрерывное совершенствование системы ППР путем применения рациональных методов и организации ремонтных работ, внедрения прогрессивной технологии ремонта, изучения и использования передового опыта.

Оборудование останавливают для планово-предупредительного ремонта электрооборудования принудительно, по заранее составленному графику, когда оно ещё находится в рабочем состоянии. Этот принцип планового вывода электрооборудования в ремонт позволяет произвести необходимую подготовку к остановке оборудования – как со стороны специалистов сервисного центра, так и со стороны производственного персонала заказчика. Подготовка к ППР электрооборудования заключается в уточнении дефектов оборудования, подборе и заказе запасных частей и деталей, которые следует сменить при ремонте. При этом вырабатывается алгоритм проведения ППР электрооборудования, обеспечивающий бесперебойную работу производства в период ремонта. Такая

подготовка позволяет осуществлять полный объем ремонтных работ без нарушения нормальной работы предприятия.

Планово-предупредительный ремонт электрооборудования, выполняемый в сроки, установленные графиком, и в объеме, предусмотренном при его составлении, должен компенсировать износы, образовавшиеся вследствие работы оборудования в течение периода времени, предшествовавшего ППР.

Изменить периодичность, установленную Инструкцией по техническому обслуживанию и ремонту оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог для ТО и ТР, ответственный за электрохозяйство дистанции электро-снабжения может по согласованию со службой электроснабжения железной дороги при соответствующем техническом обосновании и при:

- отсутствии отрицательной динамики результатов испытаний, измерений, в сравнении с предыдущими результатами испытаний, измерений после капитального ремонта;

- небольшом ежемесячном количестве отключений выключателей, отсутствии загрязнения для тяговых подстанций слабозагруженных участков;

- учете срока эксплуатации и состояния оборудования, в том числе после капитального ремонта.

Основными нормативами, необходимыми для планирования и проведения ремонтов оборудования, считаются *периодичность*, *продолжительность* и *трудоемкость* различных видов ремонтов.

*Периодичность ремонтов* – это интервал работы оборудования в часах между окончанием одного вида ремонта и началом последующего. Периодичность ремонтов и испытаний электрооборудования тяговых подстанций определяется Инструкцией по техническому обслуживанию и ремонту оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог.

*Продолжительность ремонтов* – это интервал времени, который регламентируется Типовыми нормами времени на текущий ремонт устройств и оборудования тяговых подстанций, от начала ремонтных работ (вывода в ремонт) электрооборудования, находящегося в эксплуатации, до момента ввода его в эксплуатацию в нормальном режиме.

*Трудоемкость ремонта* – это трудозатраты на проведение одного ремонта, выраженные в человеко-часах. Нормы времени установлены на полный объем работ с разбивкой по операциям и выполняемый эвеном или бригадой.

Нормы времени указаны в человеко-часах и рассчитаны по формуле:

$$H_{вр} = T_{оп} \left( 1 + \frac{\alpha_{пз} + \alpha_{об} + \alpha_{от.л}}{100} \right),$$

где  $H_{вр}$  – норма времени на операцию;

$T_{оп}$  – оперативное время на операцию;

$\alpha_{пз}$  – время на подготовительно-заключительные работы;

$\alpha_{об}$  – время на обслуживание рабочего места;

$\alpha_{от.л}$  – время на отдых и личные надобности.

Показатель  $\alpha$  выражается в процентах оперативного времени.

Время на подготовительно-заключительные работы и обслуживание рабочего места составляет 8 % оперативного времени: получение задания, производственный инструктаж о порядке и объеме выполняемых работ, ознакомление с чертежами, инструкциями, технической документацией, подготовка и уборка рабочего места.

Время на отдых и личные надобности составляет при выполнении ремонта на месте установки электрооборудования 20 %, в мастерской – 8 %, в трансформаторной башне – 10 % оперативного времени.

## *Ремонт по фактическому состоянию электрооборудования*

Система ППР подразумевает, что только время эксплуатации электрооборудования определяет его остаточный ресурс. Плановые ремонты проводятся в жестко фиксированное время, которое определяется только межремонтным периодом; чаще всего общее состояние электрооборудования при этом не учитывается. Однако практика показывает, что остаточный ресурс зависит от множества факторов и не может определяться только временем эксплуатации оборудования.

Внедрению новых технологий определения реального текущего технического состояния способствовало развитие компьютерной и микропроцессорной техники с последующим развитием средств и методов контроля.

*Оперативная диагностика* оборудования предполагает использование неразрушающих методов контроля, без остановки работы и без воздействия на его механический и коммутационный ресурсы. При этом используются следующие *методы*: физико-химическая диагностика, тепловизионная техника, методы акустического, и частично электрического контроля.

*Тепловизионная диагностика* позволяет производить поэлементную, а также общую оценку технического состояния электрооборудования в процессе его работы, выявлять многие дефекты на ранней стадии их развития, а также определять приемлемые эксплуатационные ограничения, препятствующие развитию дефектов. При тепловизионном диагностировании можно выявить следующие неисправности:

- а) на силовых трансформаторах:
  - нарушения в работе систем охлаждения;
  - нарушения внутренней циркуляции масла в баке трансформатора;
  - дефекты изоляции высоковольтных вводов;
  - ослабление контактных соединений токоведущих частей;
- б) на масляных выключателях:
  - ухудшение состояния основной изоляции, изоляции вводов, шунтирующих конденсаторов;
  - перегрев контактных соединений аппаратных зажимов, контактов дугогасительных устройств;
- в) на разъединителях:
  - нарушения разъемных контактных соединений, аппаратных зажимов;
  - трещины в опорно-стержневых изоляторах, дефекты подвесной изоляции;
- г) на вентильных разрядниках, ограничителях перенапряжений:
  - обрыв шунтирующих сопротивлений;
  - дефекты монтажа;
  - неравномерность распределения напряжения по элементам;
- д) на измерительных трансформаторах напряжения и тока:
  - нарушения наружных и внутренних контактных соединений;
  - ухудшение внутренней изоляции обмоток, связанное со шламообразованием и другими дефектами.

Тепловизионная диагностика может стать основной для организации надежного наблюдения за техническим состоянием оборудования, позволяя обнаруживать дефекты контактных соединений, участки перегрузки кабелей, производить оценку работоспособности трансформаторов, электродвигателей, разрядников и другого электрооборудования в процессе эксплуатации без снятия напряжения. Такая диагностика информативна, экономична и удобна.

Периодичность теплового контроля оборудования зависит от его повреждаемости и затрат на профилактику. При этом современные предприятия, заботясь о повышении надежности и устойчивости производства, по собственной инициативе вводят

периодичность тепловизионной диагностики электрооборудования с интервалом в полгода, чтобы не упустить ситуацию из-под контроля.

Система ремонтов по техническому состоянию предполагает в процессе работы оборудования наибольшее внимание уделять его диагностике и измерению его основных технических параметров, а вывод оборудования в ремонт осуществлять не по жестко фиксированному графику-плану ППР (что значительно увеличивает затраты на ремонт), а только тогда, когда технические характеристики электрооборудования вышли за нормально допустимые пределы. Суть технологии состоит в том, что обслуживание и ремонт производятся в зависимости от реального текущего технического состояния механизма, контролируемого в процессе эксплуатации без каких-либо разборок и ревизий, на базе контроля и анализа соответствующих параметров.

Сравнение методов ремонта показывает, что при обслуживании электрооборудования по графику ППР часть работ по обслуживанию выполняется без фактической их необходимости; часть узлов и деталей заменяется, хотя их остаточные ресурсы фактически еще достаточно велики; отмечается понижение надежности оборудования после его разборки и частичной замены деталей. Если же обслуживание проводится по фактическому состоянию, то диагностические приборы выдают объективную информацию о состоянии оборудования; не будет нарушений в работе оборудования из-за необоснованной его разборки; достаточно точно определяются сроки и объемы ремонтных работ.

Данная технология меняет систему обслуживания оборудования на предприятии, что позволяет:

- контролировать реальное текущее техническое состояние оборудования;
- контролировать качество выполненных ремонтных и наладочных работ;
- обоснованно планировать сроки и содержание ремонтных и наладочных работ;
- планировать сроки приобретения запасных частей по мере их необходимости;
- сократить потребность в запасных частях, материалах и их запасах на складе;
- повысить ресурс и надежность оборудования, продлить межремонтный период и срок службы.

Для перехода к ремонту по фактическому состоянию необходима достаточно точная система диагностирования текущего технического состояния оборудования.

*Задание.*

*Дать ответы, оформив в текстовом редакторе Word, на контрольные вопросы.*

1. Какие основные виды ремонта различают, к каким они относятся?
2. Что понимают под текущим ремонтом, что и чем при нем определяется?
3. Что выполняется, как правило, во время текущего ремонта, что он обеспечивает?
4. Что понимают под капитальным ремонтом, какой его послеремонтный ресурс?
5. Когда производится и что включает в себя капитальный ремонт?
6. Что предшествует выводу оборудования в капитальный ремонт?
7. Что входит в объем капитального ремонта?
8. Что предусматривает и как проводится средний ремонт?
9. Когда выполняется ремонт оборудования по техническому состоянию?
10. Когда необходим аварийный ремонт, что при этом оформляется и указывается?

11. В зависимости от чего и к чему может быть отнесен аварийный ремонт?
12. Когда проводится устранение непредвиденных повреждений оборудования подстанций?
13. Что должно быть составлено для каждой электроустановки, кем утверждено, что там указано и предусмотрено?
14. Что и на основании чего составляют и кем утверждается?
15. Что представляет собой система ППР электрооборудования?
16. В чем заключается сущность системы ППР?
17. На что направлена система ППР?
18. Что является целью системы ППР?
19. Что предусматривают организационно-технические мероприятия?
20. Для чего и как останавливают оборудование?
21. Что позволяет принцип планового вывода электрооборудования в ремонт?
22. В чем заключается подготовка к ППР электрооборудования, что при этом вырабатывается, обеспечивается, что позволяет такая подготовка?
23. ППР электрооборудования, выполняемый в какие сроки, что должен компенсировать?
24. Чем установлена периодичность ППР, кто и в каких случаях может её изменить?
25. Что считается основными нормативами, необходимыми для планирования и проведения ремонтов оборудования?
26. Что понимают под периодичностью ремонтов?
27. Что понимают под продолжительностью ремонтов?
28. Что понимают под трудоемкостью ремонта?
29. Как считаются нормы времени, какое время в них учитывается и в чем выражается?
30. В чем заключается недостаток системы ППР?
31. Что предполагает оперативная диагностика, какие методы она использует?
32. Что позволяет производить тепловизионная диагностика?
33. Какие неисправности можно выявить при тепловизионном диагностировании?
34. Основной для чего может стать тепловизионная диагностика?
35. Что предполагает система ремонтов по техническому состоянию?
36. В чем состоит суть технологии ремонтов по техническому состоянию?
37. Что показывает сравнение методов ремонта?
38. Что меняет и что позволяет технология ремонтов по фактическому состоянию?
39. Что необходимо для перехода к ремонту по фактическому состоянию?

Присылать задания, выполненные в текстовом редакторе **Microsoft Word** и сохраненные в файл с расширением **doc** или **docx**:

Плохих А.В. – в ВК в личные сообщения

<https://vk.com/id134665099>

Название файла, пример: **Иванов И. ЭС-311 11.12**

**Срок исполнения задания: 18.12.2020**