

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна
Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета
Дата подписания: 23.08.2023 17:36:21
Уникальный программный ключ:
d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по выполнению практических работ
по дисциплине
«Эксплуатация электроэнергетических систем»
направления подготовки
13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

Пятигорск
2022

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание

№ п/п		Стр.
	Введение	
1.	Цель и задачи изучения дисциплины	
2.	Оборудование и материалы	
3.	Наименование практических работ	
4.	Содержание практических работ	
4.1	Практическая работа №1 Организация эксплуатации системы электроснабжения промышленного предприятия.	
4.2	Практическая работа №2 Порядок проведения оперативных переключений.	
4.3.	Практическая работа №3 Тепловизионное обследование электроэнергетического оборудования.	
4.4	Практическая работа №4 Проведение работ повышенной опасности. потребителей методом статистических испытаний	
4.5	Практическая работа №5 Эксплуатация генераторов и синхронных компенсаторов.	
4.6	Практическая работа №6 Эксплуатация оборудования распределительных устройств.	
4.7	Практическая работа №7 Эксплуатация воздушных линий электропередачи.	
4.8	Практическая работа №8 Эксплуатация кабельных линий электропередачи.	
4.9	Практическая работа №9 Поиск короткозамкнутых витков в электрических машинах.	
5	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
5.1	Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины	
5.2	Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	
5.3	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины	

Введение

Практические занятия создают оптимальные дидактические условия для деятельностного освоения студентами содержания и методологии изучаемой дисциплины «Эксплуатация электроэнергетических систем», использование специального лабораторного оборудования и технических средств. Практические занятия занимают преимущественное место при изучении общепрофессиональных и профессиональных дисциплин. Практические занятия проводятся с целью выработки практических умений и приобретения навыков в решении задач, отработки упражнений, выполнении чертежей, производстве расчётов и т.п.

Целью практических занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определённые действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных, необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным и профессиональным дисциплинам.

Библиографический список содержит сведения о справочной литературе и дополнительных изданиях, необходимых для углубленного изучения отдельных вопросов.

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины является

- формирование у студентов систематических знаний по вопросам проектирования и эксплуатации комплексных систем электроснабжения городов и промышленных предприятий.

Задачами дисциплины является:

- определять величины расчетных нагрузок,
- проектировать на вариантной основе эксплуатацию комплексных систем электроснабжения.

2. Оборудование и материалы

Аппаратные средства: переносной ноутбук, проектор, доска магнитно-маркерная.

Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащена оборудованием и техническими средствами обучения.

3. Наименование практических работ

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
7 семестр			
1	Практическое занятие №1. Введение. Организация эксплуатации электрооборудования. Организация эксплуатации системы электроснабжения промышленного предприятия. Научиться организовывать эксплуатацию систем электроснабжения промышленного предприятия.	3	—
2	Практическое занятие №2. Структура эксплуатационного обслуживания электроустановок. Порядок проведения оперативных переключений. Получить навыки расчёта порядка проведения оперативных переключений.	3	—
3	Практическое занятие №3. Средства электротехнических измерений и методы контроля в электроустановках. Тепловизионное обследование электроэнергетического оборудования. Освоить тепловизионное обследование электроэнергетического оборудования.	3	—
4	Практическое занятие №4. Обслуживание электроустановок напряжением до 1 кВ.	3	—

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

	Проведение работ повышенной опасности. Освоить теорию проведения работ повышенной опасности.		
5	Практическое занятие №5. Эксплуатация устройств систем управления, контроля релейной защиты и автоматики. Эксплуатация генераторов и синхронных компенсаторов. Освоить теоритические основы эксплуатации генераторов и синхронных компенсаторов.	3	—
6	Практическое занятие №6. Эксплуатация воздушных линий электропередачи Эксплуатация оборудования распределительных устройств. Получить навыки расчёта оборудования распределительных устройств	3	—
7	Практическое занятие №7. Методы определения повреждений в силовых кабелях: абсолютные и относительные Эксплуатация воздушных линий электропередачи. Получить навыки расчёта воздушных линий электропередачи.	3	—
8	Практическое занятие №8. Обслуживание электрических машин. Эксплуатация кабельных линий электропередачи. Получить навыки расчёта кабельных линий электропередачи.	3	—
9	Практическое занятие №9. Неисправности машин постоянного тока, асинхронных двигателей, способы их устранения. Поиск короткозамкнутых витков в электрических машинах. Научиться определять неисправность обмоток электрических машин исходя из показателей приборов контроля.	3	—
Итого		27	—

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

Организация эксплуатации системы электроснабжения промышленного предприятия

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Организация службы эксплуатации системы электроснабжения

Под термином «эксплуатация» понимается стадия жизненного цикла электрооборудования, на которой реализуются, поддерживаются и восстанавливаются его технические характеристики.

Для обеспечения требуемых технических характеристик электрооборудования, проводится его техническое обслуживание – комплекс мероприятий, включающий в себя осмотры, межремонтное обслуживание, профилактические испытания и диагностику оборудования и сооружений.

Осмотры оборудования выполняются с целью визуального контроля состояния этого оборудования. Различают плановые и внеочередные осмотры. Периодичность плановых осмотров регламентируется ПТЭ, и инструкциями эксплуатирующей организации, учитывающей специфику конкретных условий работы. Внеочередные осмотры проводятся при резком изменении условий работы электрооборудования, отключения его средствами РЗА и т.д.

При **межремонтном обслуживании** производятся мероприятия, рекомендованные заводом-изготовителем, в том числе: чистка изоляции, смазка, устранение мелких дефектов и неисправностей.

В процессе эксплуатации основные характеристики большей части электрооборудования меняются в сторону их ухудшения. Изменения такого рода невозможно оценить при осмотрах оборудования, поэтому периодически необходимо проводить его **профилактические испытания**.

По результатам осмотров, профилактических испытаний или диагностики электрооборудования делают вывод о его дальнейшей работоспособности или необходимости проведения **ремонта**.

В свою очередь по назначению выделяют следующие виды ремонтов:

- **восстановительный ремонт** (без изменения конструкции отдельных узлов, тех. характеристики оборудования не меняются);
- **реконструкция** (изменение конструктивного исполнения отдельных узлов, замена отдельных материалов при практически неизменных технических характеристиках);
- **техническое перевооружение** (некоторые узлы и детали заменяются более совершенными, тех. характеристики эл. оборудования улучшаются).

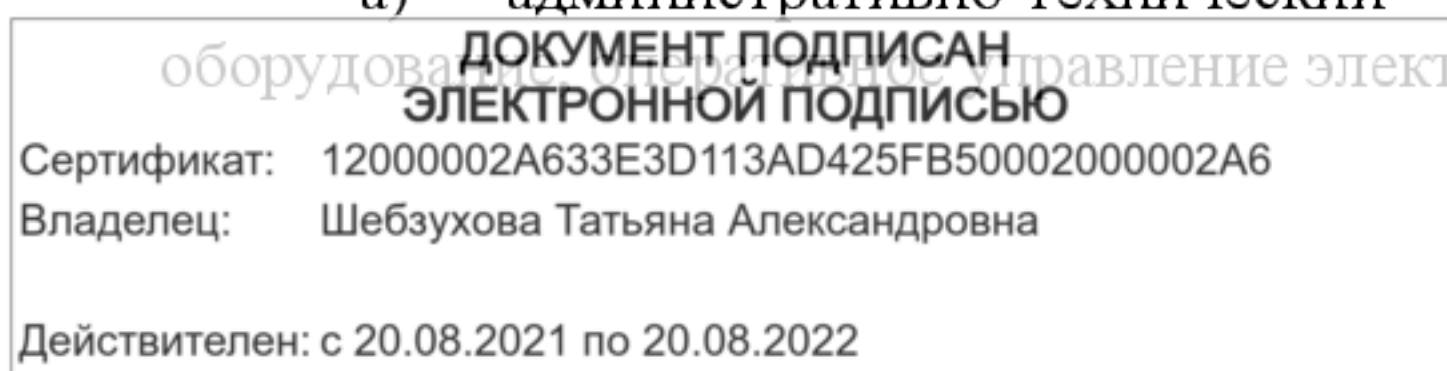
По объему работ, ремонты делятся на текущие и капитальные.

Текущий ремонт проводится для поддержания работоспособности и заключается в замене или восстановлении отдельных частей объекта (напр. быстро изнашивающихся деталей).

При **капитальном ремонте** проводится полная разборка оборудования с заменой или восстановлением любых его частей, в результате чего достигается практически полное восстановление его ресурса работы.

Персонал, осуществляющий техническую эксплуатацию системы электроснабжения промышленного предприятия, делится, по своему назначению, на следующие группы:

- а) **административно-технический** (организует техническое обслуживание электрооборудованием и ремонтные работы;



б) оперативный (осуществляет техническое обслуживание и оперативное управление, проведение осмотров, оперативных переключений, подготовку рабочего места, допуск к работе и т.д.

в) ремонтный (выполняет все виды работ по ремонту электрооборудования установок;

Эксплуатационный персонал должен иметь соответствующую выполняемым работам подготовку и группу допуска.

Обслуживание сложного электротехнологического оборудования как то: электросварка, электролиз, электротермия и т.д., а так же сложного энергонасыщенного производственно-технологического оборудования, при работе которого необходимо постоянное техническое обслуживание и регулировка электроаппаратуры, электроприводов, эл. машин, должен осуществлять электротехнологический персонал.

Для проверки знаний электротехнологического персонала, руководитель предприятия должен назначить комиссию в составе не менее 5 человек. Председатель комиссии должен иметь группу по электробезопасности V у потребителей с электроустановками напряжением до и выше 1000 В и группу IV – с электроустановками напряжением только до 1000 В.

Система управления электрохозяйством является составной частью системы управления энергохозяйством, интегрированной в систему управления потребителя в целом, и должна обеспечивать:

- оперативное развитие схемы электроснабжения для удовлетворении возрастающих потребностей в электроэнергии
- эффективную работу электрохозяйства путем совершенствования энергетического производства и осуществления мероприятий по энергосбережению
- повышение надежности и безопасности
- контроль за состоянием электроустановок и т.д.

У потребителя должен быть налажен анализ технико-экономических показателей работы электрохозяйства. Необходима постоянная оценка режимов работы электрооборудования, соответствие их основных показателей его работы нормированным и расчетным значениям.

Так же необходим налаженный учет основных показателей электрооборудования (сменный, суточный, месячный, квартальный, годовой) по установленным формам.

Необходимый объем нормативной и технической документации на предприятии устанавливается ПТЭ и делится на три типа:

- тех. документация по объекту;
- структурному подразделению;
- рабочему месту.

В первую группу входит:

- ген. план предприятия с нанесенными зданиями, сооружениями, подземными коммуникациями;
- акты наладки, испытаний и приемки основного электрооборудования в эксплуатацию
- тех. паспорта этого оборудования
- производственные инструкции по эксплуатации электроустановок
- должностные инструкции по рабочим местам, включая инструкции по охране труда.

Основная техническая документация в структурном подразделении:

- журналы учета электрооборудования с указанием тех. данных и инвентарных

номеров:	ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

- исполнительные чертежи воздушных и кабельных линий и заземляющих устройств;
- схемы электроснабжения по объекту в целом и по его структурным подразделениям;
- списки работников, имеющих право отдавать распоряжения, выдавать наряды-допуски, допускать к работе, выполнять оперативные переключения.

На рабочих местах необходимы (ТП, РП):

- оперативная однолинейная схема электрических соединений, на которой отмечается фактическое положение коммутационной аппаратуры
- журнал учета электрооборудования;
- кабельный журнал;
- оперативный журнал;
- журнал учета работ по нарядам и распоряжениям;
- листки осмотра эл. оборудования
- ведомости показаний КИП и т.д.

2 Оперативное управление электрохозяйством

У пром. предприятий, имеющих собственные источники электроэнергии или имеющих в своей системе электроснабжения самостоятельные предприятия электрических сетей, необходима организация системы оперативного диспетчерского управления для обеспечения:

- разработки и ведения требуемых режимов работы;
- организация пусков и отключений;
- локализация аварий и восстановление требуемых режимов работы;
- выполнение требований качества электрической энергии и т.д.

Система оперативного управления, организационная структура и форма управления, число работников в смене определяются руководителем и нуждаются в документальном оформлении.

Система оперативного управления должна иметь четкую иерархическую структуру, причем для каждого уровня должны быть установлены две категории управления электрооборудованием и сооружениями – оперативное управление и оперативное ведение.

В оперативном управлении старшего работника, из числа оперативного персонала находятся объекты (напр. линии, токопроводы, устройства РЗА), операции с которыми требуют координации действий подчиненного персонала и согласованных изменений режимов на нескольких объектах. Такого рода операции необходимо производить под руководством старшего работника.

В оперативном ведении старшего работника должно находиться оборудование и сооружения, операции с которыми не требуют координации действий персонала разных энергетических объектов. Операции должны осуществляться с разрешения старшего работника.

Все линии, токопроводы, оборудование и устройства систем электроснабжения, должны быть распределены по иерархическим уровням оперативного управления.

Оперативное управление должно осуществляться со щита управления или диспетчерского пункта, оборудованного средствами связи, причем все переговоры рекомендуется записывать на магнитную ленту. На щитах управления должны находиться оперативные схемы электрических соединений управляемых электроустановок. Все изменения режимов работы электрооборудования, а так же места наложения и снятия

заземлений, должны отображаться в схеме.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Все переключения необходимо производить, предварительно согласовав их с вышестоящим оперативным персоналом в управлении или ведении которого находится данное оборудование по установленному на предприятии порядку: по устному или телефонному распоряжению с записью в оперативном журнале. Переключения должен производить работник из числа оперативного персонала, непосредственно обслуживающий электроустановки.

Сложные переключения (требуется строгое соблюдения последовательности операций с коммутационными аппаратами и заземляющими ножами) производятся, как правило двумя работниками по специальным бланкам и программам переключений, которые должны разрабатываться на предприятии.

При переключениях должна соблюдаться следующая последовательность действий:

- работник, получивший задание на переключение, обязан его четко повторить, записать в оперативный журнал и сделать необходимые изменения на оперативной схеме, составить, если требуется, бланк переключений.
- если переключение выполняют два работника, получивший распоряжение должен пояснить порядок переключений второму работнику, участвующему в операции
- при возникновении сомнений в правильности выполнении переключений их необходимо прекратить и проверить требуемую последовательность по оперативной схеме
- после выполнения задания необходимо сделать соответствующую запись в оперативном журнале

3. Оперативно-диспетчерское управление при ликвидации аварий в системах электроснабжения

При ликвидации аварий и в прочих случаях не терпящих промедления допускается в соответствии с инструкциями предприятия проведение переключений без ведома вышестоящего оперативного персонала, в управлении или ведении которого находится данный объект.

В случае сложных переключений или при переключениях на оборудовании не имеющем защитных блокировок, в условиях аварийного положения допускается производить переключения без соответствующих бланков, с последующей записью в оперативный журнал.

4. Автоматизированные системы управления электроснабжением предприятия, их назначение и правила их эксплуатации

В настоящее время в системах электроснабжения промышленных предприятий применяют следующие виды автоматики: автоматическое повторное включение (АПВ); автоматическое включение резервного питания (АВР); автоматическое регулирование мощности компенсирующих устройств; автоматическая аварийная разгрузка по частоте (АЧР). Устройства автоматики выполняются на постоянном или переменном оперативном токе. На оперативном постоянном токе устройства автоматики в СЭС ПП применяют при наличии электромагнитных или пневматических приводов, на переменном – при наличии пружинных приводов. **Сущность АПВ** состоит в том, что элемент системы электроснабжения промышленного предприятия, отключенный в результате работы средств релейной защиты включается повторно. Опыт эксплуатации показывает, что достаточно большой процент повреждений имеет неустойчивый характер и после отключения напряжения самоустраняется. В числе таких повреждений перекрытия изоляции ВЛЭП в результате атмосферных перенапряжений, схлестывание проводов, неустойчивые замыкания на землю, повреждения изоляции во вторичных цепях, неправильные действия оперативного персонала. Следует учитывать и тот факт, что стоимость устройств

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

АПВ ничтожно мала по сравнению с убытками, приносимыми недоотпуском электроэнергии и простоем технологического оборудования. Устройствами АПВ, как правило, оснащаются воздушные (реже кабельные) линии, секции и системы шин, двигатели и одиночные трансформаторы, при этом в логике защиты стоит запрет на АПВ при работе газовой и дифференциальной защиты. Различают одно- и многократные АПВ, причем с увеличением кратности, эффективность их работы уменьшается (так для ВЛ 1 – 60-75%, а для 2 – 30-35%). Часто применяется ускорение действия защиты после АПВ.

Автоматическое включение резервного питания применяют, когда перерыв в электроснабжении вызывает убытки по величине значительно превосходящие стоимость самого устройства АВР. Их применяют, когда имеется в наличии или проектируется второй источник питания. В таких случаях при повреждении включается дополнительный источник питания, нормально находящийся в резерве. Чаще применяют схемы с резервом, работающим в нормальном режиме. При выполнении устройства АВР должны соблюдаться следующие условия:

- для предотвращения включения резервного источника на КЗ в неотключившемся рабочем источнике, схема АВР не должна работать до отключения выключателя этого источника.

- действие АВР должно быть однократным, применяется УДЗ после срабатывания АВР и др.

Автоматическое регулирование мощности КУ.

АЧР отключает часть потребителей, как правило линий отходящих от ГПП или ГРП, устанавливается по требованию энергосистемы.

Устройства РЗА, находящиеся в эксплуатации должны быть постоянно включены в работу, кроме тех устройств, которые должны выводиться из работы в соответствии с назначением и принципом действия, режимом работы электрической сети и условиями селективности. Плановый вывод оформляется соответствующей заявкой и произведен с разрешения вышестоящего персонала в оперативном управлении или ведении находится данный объект.

В случае угрозы неправильной работы, устройство должно выводиться из работы немедленно, без разрешения вышестоящего оп. персонала, но с дальнейшим его уведомлением и оформлением заявки. При этом оставшиеся в работе устройства должны обеспечивать полноценную защиту оборудования от всех видов повреждений. Если условие не соблюдается, необходимо отключать все присоединение.

На каждое устройство РЗА у потребителя должно храниться:

- паспорт-протокол;
- методические указания или инструкция по техническому обслуживанию;
- технические данные и параметры в виде карт или таблиц уставок;
- принципиальные и монтажные схемы;

Все случаи неправильной работы устройств должны тщательно анализироваться эксплуатирующим персоналом.

5. Основные пути снижения потерь электроэнергии. АСКУЭ

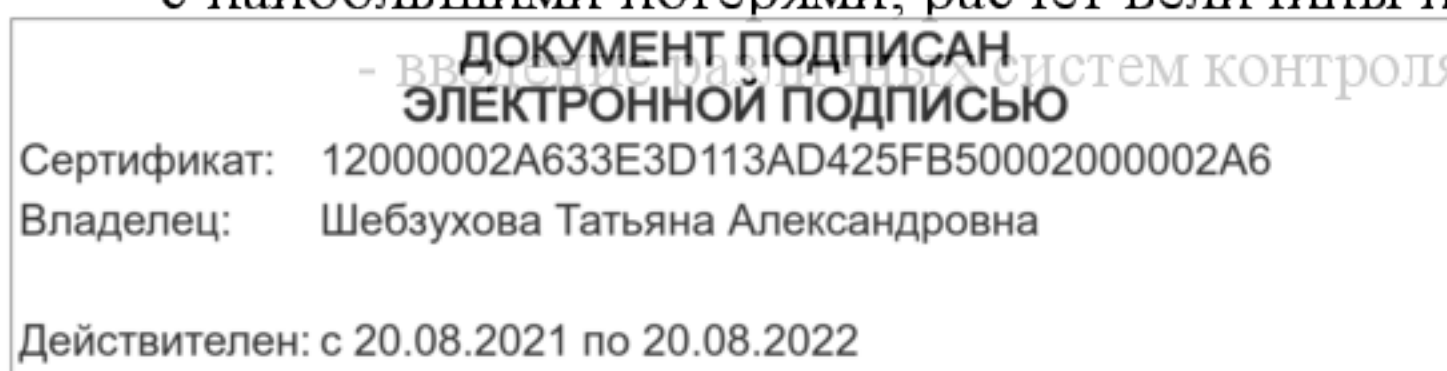
Все мероприятия по снижению потерь можно разделить на две большие группы:

- организационные
- технические

Основы организационных мероприятий составляют следующие:

- внедрение программного обеспечения, проведение расчетов по выявлению точек с наибольшими потерями, расчет величины потерь в целом;

- внедрение системы контроля и стимулирования персонала;



- установление в договорах электроснабжения условий потребления реактивной энергии потребителями и т.д.

Основу технических мероприятий составляет:

- реализация оптимальных режимов работы сетей (определение точек нормального разрыва, регулирования напряжения на ЦП, выравнивание нагрузок фаз в сети 0,38кВ, оптимизация работы двухтрансформаторных подстанций, перевод неработающих генераторов в режим СК и т.д.)

- реконструкция электрических сетей (разукрупнение подстанций, ввод КУ, ввод РПН, сооружение новых линий, увеличение сечения и мощности трансформаторов и т.д.)

- совершенствование учета электроэнергии (работа ИТТ без перегрузок, установка АСКУЭ, периодические проверки и т.д.)

В условиях реформы всей российской экономики, вопросы концепции развития АСКУЭ встали достаточно остро. Она безусловно нужна как городу, так в сельских районах и фактически является технической базой реализации договорных и финансовых взаимоотношений между поставщиками и потребителя энергоресурсов, а также эффективным инструментом по реализации экономических методов управления потреблением энергоресурсов, также позволит автоматизировать финансово-банковские операции при расчете с потребителями.

Конечно, можно осуществлять учет старыми «дедовскими» методами, однако разумнее и экономичнее использовать АСКУЭ.

В последние годы наблюдается резкое повышение интереса к комплексным системам учета энергоресурсов, связанное со структурной перестройкой экономики страны. В настоящее время АСКУЭ стала успешно применяться даже при строительстве жилых домов в крупных российских городах, и видна тенденции к тому, что скоро внедрение АСКУЭ в промышленность и жилищное строительство станет в России повсеместным.

К настоящему моменту на рынке существуют множество различных систем АСКУЭ. В основном их отличия друг от друга заключаются в следующем:

тип выходной телеметрической информации используемых приборов учета (аналоговая, импульсная, встроенный интерфейс с различным протоколом обмена);

принцип передачи накопленной информации (выделенный канал, телефонная линия, силовая линия, mini GSM или же прямой съем информации на самом объекте).

Однако опыт показал, что передача данных только по одному из указанных видов связи ненадежна, так как каждый конкретный объект имеет свои особенности.

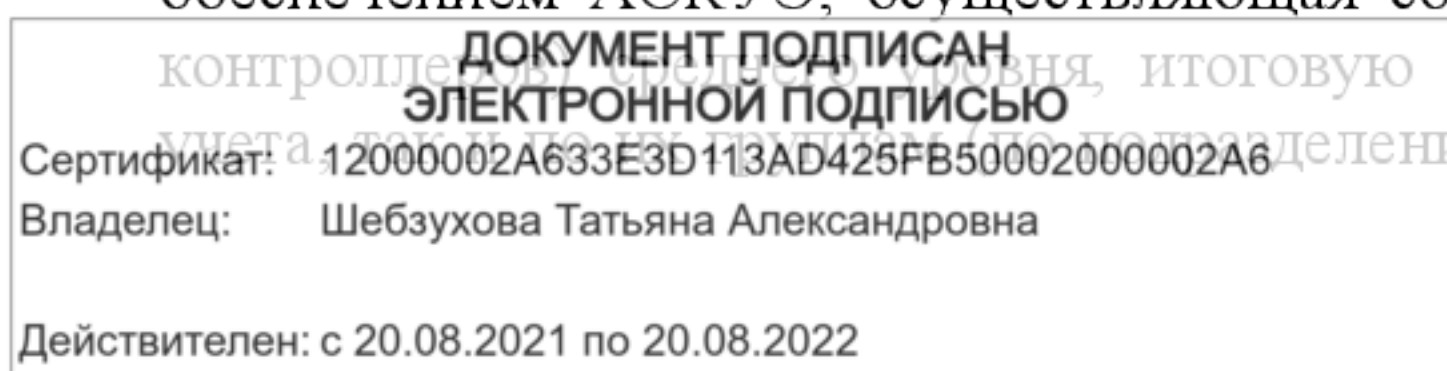
Классификация систем учета и электросчетчиков

Обобщенная структура АСКУЭ содержит три уровня:

нижний - первичные измерительные преобразователи (ПИП) с телеметрическими выходами, осуществляющие непрерывно или с минимальным интервалом усреднения измерение параметров энергоучета потребителей (расход, мощность, давление, температура, количество энергоносителя, количество теплоты с энергоносителем) по точкам учета (фидер, труба);

средний - контроллеры (К) - специализированные измерительные системы, или многофункциональные программируемые преобразователи с встроенным программным обеспечением энергоучета, осуществляющие в заданном цикле интервала усреднения круглосуточный сбор измерительных данных с территориально распределенных ПИП, накопление, обработку и передачу этих данных на верхний уровень;

верхний - персональная ЭВМ (ПЭВМ) со специализированным программным обеспечением АСКУЭ, осуществляющая сбор информации с контроллера (или группы контроллеров), итоговую обработку этой информации как по точкам учета, так и по подразделениям и объектам предприятия), отображение и



документирование данных учета в виде, удобном для анализа и принятия решений (управления) оперативным персоналом службы главного энергетика и руководством предприятия.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Организация эксплуатации системы электроснабжения промышленного предприятия
2. Организация службы эксплуатации системы электроснабжения предприятия
3. Оперативное управление электрохозяйством. Оперативно-диспетчерское управление при ликвидации аварий в системах электроснабжения
4. Автоматизированные системы управления электроснабжением предприятий, их назначение и правила их эксплуатации.
5. Основные пути снижения потерь электроэнергии при эксплуатации электроустановок. Автоматизированные системы коммерческого и технического учета и контроля электроэнергии (АСКУЭ).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

Порядок проведения оперативных переключений

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Оперативные распоряжения

Работа оперативного персонала должна быть построена так, чтобы каждый работник сознательно, ясно и четко представлял последовательность проводимых операций, ремонтных и других работ в электроустановках.

Все оперативные переговоры должны вестись персоналом в ясной форме, полностью исключающей возможность неправильного истолкования оперативного распоряжения. Переговоры должны быть краткими, в основном состоящими из твердо установленных определений.

При формулировании и при повторении оперативных распоряжений должны быть четко указаны: *название станции и подстанции, соответствующий номер оборудования, напряжение, положение аппарата в схеме коммутации, назначение оборудования.*

Лица, отдающие и принимающие оперативные распоряжения и сообщения об исполнении, обязаны назвать свою должность и фамилию.

При отдаче *распоряжения на действие с защитой* должны быть названы:

- наименование оборудования или присоединения, на котором установлена защита,
- наименование защиты и объем действия с ней.

Все участники оперативных переговоров должны твердо знать фамилии лиц, имеющих право отдавать и принимать к исполнению оперативные распоряжения.

Лицу, непосредственно производящему операции, дается *только одно задание*, в объем которого входят *операции, направленные к достижению только одной цели*,

например: *документ подписан* *электронной подписью* *перевод линий с одной системы шин на другую, отключение и включение линий, перевод линий с одной секции или системы шин для вывода*

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

В одном задании **объединять операции**, не направленные к одной цели (например, вывод из ремонта линии и включение из холодного резерва силового трансформатора и т. д.), **запрещается**.

Объем оперативного распоряжения определяется лицом, отдающим данное распоряжение, в зависимости от местных условий, квалификации дежурного персонала и от территориального расположения оборудования в схеме.

Электрооборудование электростанции и подстанции может находиться:

- **в работе** (коммутационные аппараты оборудования включены и несут нагрузки);
- **в горячем резерве** (оборудование отключено только выключателями);
- **в холодном резерве** (оборудование отключено выключателями и разъединителями);
- **в ремонте** (оборудование отключено и заземлено, установлено ограждение и повешены плакаты в соответствии с правилами техники безопасности);
- **в промежуточном состоянии** – под напряжением (оборудование включено коммутационными аппаратами только с одной стороны и не несет нагрузки).

Оперативное задание может быть **простым и сложным**, включающим ряд операций. Типовыми переключениями, на проведение которых требуется выдача **сложных заданий**, являются следующие:

- перевод оборудования в одно из основных четырех оперативных состояний (в работу, в горячий резерв, в холодный резерв, в ремонт);
- перевод присоединений с одной системы работающих шин на другую;
- перевод присоединения со своего выключателя на обходной в распределительных устройствах с обходными системами шин;
- ввод в работу резервной системы шин с переводом на нее части или всех присоединений;
- отыскание однополосных замыканий на землю (в сетях с изолированной нейтралью).

Порядок выполнения сложных типовых заданий указывается в местных инструкциях. Если сложное переключение не типовое, то распоряжение о его выполнении выдается по-операционно.

При операциях по выводу в ремонт линий с двусторонним питанием порядок действия оперативного персонала на обоих концах определяется состоянием линии на момент выдачи задания.

2. Оперативные переключения

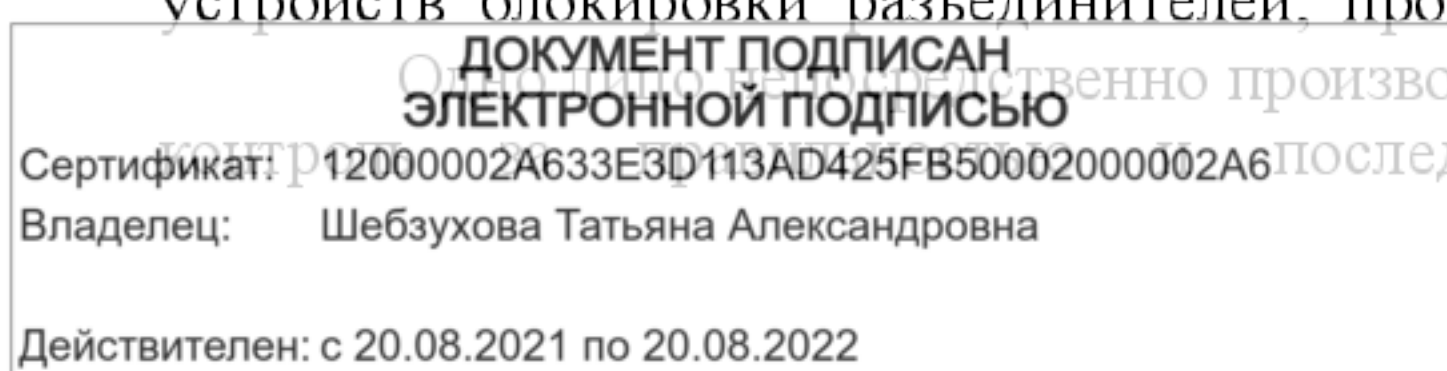
Переключения в распределительных устройствах электростанций и подстанций производятся по распоряжению или с ведома вышестоящего оперативного персонала.

В случаях, не терпящих отлагательства (пожар, несчастный случай с людьми, стихийное бедствие), а также при ликвидации аварии допускается производство переключений без ведома вышестоящего персонала, но с последующим его уведомлением.

Лицо, отдающее распоряжение о производстве переключений, обязано предварительно проверить по оперативной схеме последовательность предполагаемых операций. *Отдающий распоряжение может считать его выполненным только после сообщения исполнителем лично или по телефону об исполнении распоряжения.*

На электростанциях и подстанциях при наличии на установке двух и более лиц все сложные переключения (т. е. переключения, производимые более чем на одном присоединении), а также простые переключения в схемах установок, не имеющих устройств блокировки разъединителей, производятся двумя лицами.

Оперативный персонал производит переключения, а второе – осуществляет последовательность производимых операций.



Контролирующим лицом при производстве переключений является *старший по должности и квалификации*.

На электроустановках, имеющих действующие устройства блокировки разъединителей от неправильных операций, простые переключения, а также все операции на щитах и сборках напряжением 500 в и ниже разрешается выполнять персоналу единолично, имеющему квалификационную группу не ниже IV.

Наложение и снятие переносных заземлений должны производиться двумя лицами независимо от порядка оперативного обслуживания электроустановок. Отключение и включение выключателей и разъединителей со щита управления во всех случаях могут производиться единолично.

Все простые переключения в схемах электрических установок напряжением выше 1000 в, а также сложные переключения в распределительных устройствах, оборудованных полностью блокировочными устройствами от неправильных операций с разъединителями, производятся без бланков переключений.

Переключения при ликвидации аварий также производятся без бланков с последующей записью операций в оперативном журнале. **Порядок производства переключений** в распределительных устройствах устанавливается следующий: лицо, получившее распоряжение о производстве переключений, обязано повторить его, записать задание в оперативный журнал и установить порядок предстоящих операций.

При выполнении переключений двумя лицами, лицо, получившее распоряжение, обязано разъяснить второму лицу, участвующему в переключении, порядок и последовательность производства операции.

В случае возникновения сомнений в правильности производства предстоящей операции все переключения прекращаются до выяснения.

Как известно, последствия аварии, возникающей в период максимума нагрузки, бывают гораздо тяжелее, чем в период минимальных нагрузок. Анализ аварий, возникающих вследствие грубых нарушений персоналом правил техники безопасности, показывает, что большую часть их допускает персонал в конце смены. Поэтому *в период максимума нагрузки и в конце смены производство переключений при нормальных условиях эксплуатации не допускается.*

При заземлениях в цепях постоянного тока до отыскания и ликвидации заземления запрещается производить всякие операции, если они не диктуются аварийным положением.

3. Действия с разъединителями

Включение разъединителей как ручными приводами, так и штангой надлежит производить быстрым движением, но без удара в конце хода.

Производить обратный отвод ножей разъединителя при приближении их к контактам (губкам) категорически воспрещается, так как это ведет к возникновению аварий (дуговые разряды).

Отключение разъединителей следует производить медленно и осторожно. При возникновении дуги в момент отхода ножей от контактов разъединитель должен быть быстро включен обратно; операция должна быть прекращена до выявления причин появления дуги.

В отключенном положении ножи разъединителя должны быть полностью (до отказа) отведены от контактов.

4. Действия с выключателями

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН	
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

ручным приводом следует производить быстро, упор; при этом должна загореться сигнальная

лампа «включено».

При дистанционном включении в зависимости от типа контактора нажим на кнопку «включить» или поворот ключа управления необходимо производить до момента загорания сигнальной лампы «включено».

Отключение выключателя вручную надлежит производить легким поворотом штурвала до отказа или поворотом рычажного привода, а также воздействием на защелку привода, нажатием на специальную кнопку или сердечник отключающей катушки. При этом должна загореться сигнальная лампа «отключено».

При дистанционном отключении соответствующее действие с ключом управления или кнопкой необходимо продолжать до момента загорания лампы «отключено».

Проверка положения выключателя после отключения обязательна во всех случаях, если за этим отключением предстоит операция с разъединителями, за исключением случаев, когда разъединители управляются дистанционно.

Операциям с разъединителями должно предшествовать снятие с выключателя оперативного тока, за исключением случаев перевода с одной системы шин на другую при включенном выключателе данного присоединения. Оперативный ток снимается предохранителем в цепи соленоида включения до проверки положения выключателя. Соблюдение такой последовательности при выполнении указанных операций полностью обеспечивает надежность, потому что не во всех распределительных устройствах (РУ) предохранители цепей оперативного тока расположены рядом с выключателями.

При производстве операций в РУ, где предохранители цепей оперативного тока расположены далеко от выключателя, за время от проверки положения выключателя до снятия оперативного тока с привода может произойти изменение положения выключателя (ошибочное включение выключателя, включение выключателя вследствие двойного замыкания на землю в цепи оперативного тока и пр.).

Выполнение при этом последующей операции с разъединителями при включенном выключателе может вызвать повреждение оборудования и серьезную травму персонала.

Проверка положения после включения обязательна у шиносоединительного выключателя (ШСВ) перед началом перевода присоединений с одной системы шин на другую.

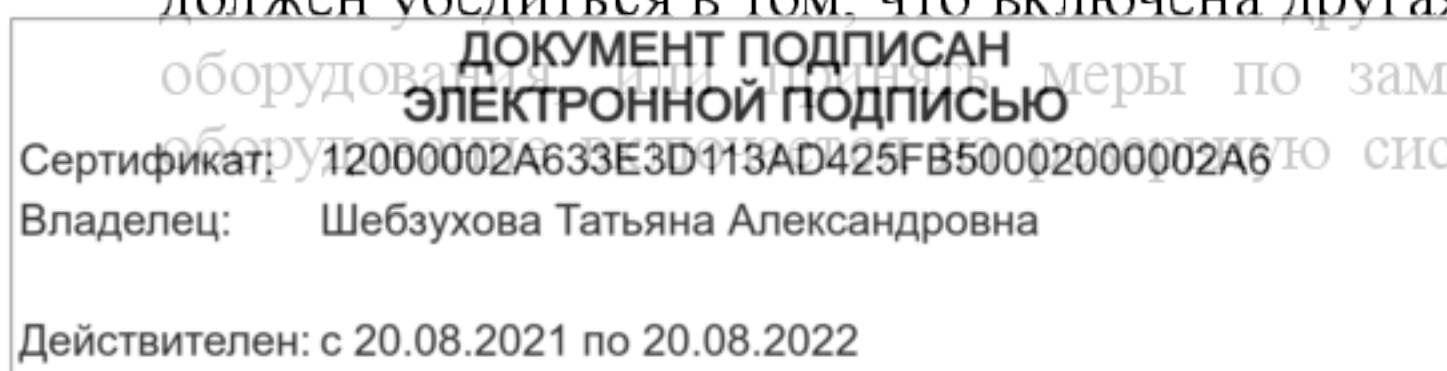
Действительное положение выключателя следует проверять в основном по механическому указателю. Вспомогательными средствами могут служить сигнальные лампы и измерительные приборы данного присоединения. У воздушных выключателей с отделителями и выключателей типа ВМГ и МГГ проверка положения выключателя производится путем осмотра рабочих контактов.

5. Действия с устройствами релейной защиты и автоматики

Все операции с устройствами релейной защиты и электроавтоматики производятся только с разрешения вышестоящего оперативного персонала. При ликвидации аварии персонал может действовать самостоятельно и уведомить затем вышестоящего оперативного работника.

Нельзя оставлять без защиты оборудование, шины и линии, находящиеся под нагрузкой или под напряжением; также не должны оставаться без защиты от внутренних повреждений генераторы, синхронные компенсаторы и трансформаторы.

Перед отключением релейной защиты по заявкам оперативный персонал должен убедиться в том, что включена другая защита, обеспечивающая надежную защиту оборудования. При необходимости принять меры по замене отключенной защиты резервной, либо отключить систему шин через ШСВ с соответствующей



защитой.

При изменениях в схеме главной (первичной) цепи необходимо своевременно производить отключение, включение или изменение уставок устройств релейной защиты и электроавтоматики согласно местных инструкций.

В случае превышения тока нагрузки присоединений (максимально допустимое значение по условиям настройки 'релейной защиты) необходимо принять меры к его разгрузке.

При опробовании оборудования перед включением выключателя персонал должен убедиться в исправности выключателя, наличии оперативного тока на цепях защиты и на управлениях выключателя, а также в том, что на опробуемом присоединении все (в том числе быстродействующая) защиты включены и поставлены в положение, соответствующее опробованию (если это необходимо).

Действие АПВ и АВР с выключателя, которым производится опробование, нужно отключить.

При опробовании ШСВ или обходным выключателем нужно включить защиты ШСВ или обходного выключателя от всех видов коротких замыканий с уставками согласно указанию в местных инструкциях.

При автоматическом отключении или включении выключателей оперативный персонал должен:

а) по сигнализации установить и записать, какие выключатели отключились, и квити́ровать их ключи управления. При этом на выключателях, имеющих АПВ, квити́рование ключей допускается только после того, как персонал убедился в том, что устройство АПВ вернулось в исходное положение;

б) тщательно осмотреть и записать, на каких реле отпали сигнальные флажки и какое время зафиксировано указателями реле времени, затем установить флажки и указатели в нужное положение и сообщить вышестоящему оперативному персоналу (при наличии на щите управления второго лица осмотр сигнальных реле производится персоналом совместно, т. е. с контролирующим лицом);

в) деблокировать реле, имеющие самоудержание (например, на газовой защите трансформаторов), и поднять грузы выключателей с грузовыми приводами, включающимися от АПВ или АВР;

г) привести в соответствие с первичной схемой соединений устройства автоматики и релейной защиты, имеющие ключи, отключающие устройства, переключатели и рубильники, положение которых зависит от первичной схемы соединений;

д) после автоматического отключения сообщить в местную службу релейной защиты и электроавтоматики о выпавших флажках сигнальных и других реле, о показаниях указателей времени и запуске автоматических осциллографов и пр.

При резких изменениях напряжений и токов в сети, не сопровождающихся отключениями или включениями выключателей, персонал обязан осмотреть панели релейной защиты и электроавтоматики и зафиксировать действие всех сигнальных реле.

При появлении сигнала заземления в сети постоянного оперативного тока персонал должен немедленно принять меры по отысканию места нарушения изоляции и его устранению согласно местным инструкциям.

6. Последовательность производства операций

Производство основных операций с выключателями и разъединителями

должно производиться в следующей последовательности.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН

ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

- а) включить шинные разъединители;
- б) включить линейные разъединители;
- в) включить выключатель.

Отключение линии:

- а) отключить выключатель;
- б) отключить линейные разъединители;
- в) отключить шинные разъединители.

Включение генератора:

- а) включить шинные разъединители;
- б) включить генераторные разъединители (разъединители, устанавливаемые в некоторых случаях между выводами генератора и выключателем);
- в) синхронизировать генератор и включить генераторный выключатель.

Отключение генератора:

- а) отключить генераторный выключатель;
- б) отключить генераторные разъединители;
- в) отключить шинные разъединители.

Включение трехобмоточного трансформатора:

- а) включить шинные разъединители высшего, среднего и низшего напряжения;
- б) включить трансформаторные разъединители высшего, среднего и низшего напряжения (если они есть);
- в) включить выключатели высшего, среднего и низшего напряжения.

Отключение трехобмоточного трансформатора:

- а) отключить выключатели низшего, среднего и высшего напряжения;
- б) отключить трансформаторные разъединители низшего, среднего и высшего напряжения;
- в) отключить шинные разъединители низшего, среднего и высшего напряжения.

Ошибочное действие персонала при производстве оперативных переключений вызывает поражение людей током, повреждение оборудования и прекращение электроснабжения электроприемников. Последствия от ошибочного включения или отключения тока разъединителями зависят от того, какими разъединителями – шинными или линейными – производится операция. Поэтому *первыми должны включаться, а последними отключаться разъединители, неправильное действие которых может привести к более тяжелым последствиям.*

Исходя из этого ясно, что всегда следует *сначала включать шинные, затем линейные разъединители и только потом выключатель.* При отключении сначала следует отключить выключатель, затем линейные разъединители, а потом шинные.

В практике имели место случаи отключения работающего трансформатора от действия релейной защиты, когда к номинальному току работающего трансформатора накладывался намагничивающий ток включаемого трансформатора. Поэтому *включение трансформаторов следует производить со стороны высшего напряжения.*

Подключение шинных соединений с одной системы шин на другую:

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

ШВ включена с уставками, указанными в

местных инструкциях по защите (если на выключателе имеется специальная автоматика, отключить ее);

б) убедиться в том, что напряжения обеих систем шин синхронны и равны по величине;

в) включить ШСВ;

г) отключить защиту и оперативный ток с привода ШСВ;

д) по механическому указателю (или по состоянию рабочих контактов выключателя) проверить включенное положение выключателя;

е) включить шинные разъединители всех намеченных к переводу присоединений на ту систему шин, с которой намечается их питание; затем, если в этом есть надобность, перевести питание измерительных приборов, приборов учета, защиты и сигнализации, переводимых присоединений на соответствующие цепи трансформаторов напряжения;

ж) отключить шинные разъединители переводимых присоединений от системы шин, с которой они ранее питались;

з) включить оперативный ток на привод, после чего отключить ШСВ;

и) проверить отключение ШСВ;

к) включить защиту ШСВ и специальную автоматику.

Порядок производства операций при переводе всех присоединений с рабочей системы шин на резервную при наличии шиносоединительного выключателя:

а) убеждаются по оперативной схеме, что система шин находится в резерве, и производят внешний осмотр резервной системы шин;

б) включают ШСВ с подключенной на нем защитой от коротких замыканий (с нулевой установкой по времени);

в) проверяют наличие напряжения на резервной системе шин по вольтметрам;

г) отключают оперативный ток с привода и защиты на ШСВ (рубильником, накладкой и пр.);

д) производят перевод питания цепей напряжения защиты присоединений с трансформаторов напряжения рабочей системы шин на трансформаторы напряжения резервной системы (согласно местной инструкции);

е) производят перевод разъединителей присоединений с одной системы шин на другую (согласно местной инструкции, учитывающей конструктивные особенности РУ и управления разъединителями);

ж) проверяют качество включения разъединителей на резервную систему шин;

з) проверяют отсутствие нагрузки на ШСВ по амперметру;

и) включают оперативный ток на привод и отключают ШСВ.

При отсутствии ШСВ частичный перевод присоединений с одной системы шин на другую запрещается.

При полном переводе присоединений, в случае отсутствия ШСВ, включают шинные разъединители на резервную систему шин одного из мощных источников и держат их в этом состоянии до конца переключения. Это присоединение переводится последним после тщательной проверки перевода всех остальных присоединений.

При переводе присоединений особенно тщательно необходимо следить за тем, чтобы не включить разъединители присоединений, не находящихся в работе.

При переводе присоединения необходимо предусмотреть сохранение правильного питания цепей напряжения измерительных приборов релейной защиты и

автоматики.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

разъединители, как правило, должны быть

включены на обе системы шин. Трансформатор напряжения резервной системы шин должен быть также включен.

7. Бланк переключения

Бланк переключения, составляемый для предупреждения возможных неправильных операций, является основным оперативным документом, определяющим содержание задания и последовательность производства особо опасных и сложных переключений. По бланкам переключения производятся операции в схемах электроустановок напряжением выше 1 000 в, когда РУ не оборудованы или оборудованы не полностью блокировочными устройствами от неправильных операций с разъединителями, и сложные переключения.

В бланк переключения вносятся не только операции с переключающими аппаратами, но также и другие операции, как-то:

- включение и отключение оперативного тока;
- проверка отсутствия напряжения;
- операции с защитой или спецавтоматикой;
- отключение и включение цепей питания защиты, измерительных приборов и автоматики;
- ввод и вывод АПВ, АВР, АЧР;
- наложение или снятие защитных переносных заземлений.

Бланк заполняется непосредственно перед началом переключений после получения распоряжения тем лицом, которое получило распоряжение.

Каждая операция или действие, вносимое в бланк, должно иметь порядковый номер, каждый бланк переключений проверяется и подписывается.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Оперативное распоряжение.
2. Каким образом производятся оперативные переключения?
3. Действия с разъединителями.
4. Действия с выключателями.
5. Действия с устройствами релейной защиты и электроавтоматики.
6. Последовательность производства операций.
7. Что такое «Бланк переключения»?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

Тепловизионное обследование электроэнергетического Оборудования

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Тепловидение

Тепловидение можно назвать универсальным способом получения различной информации об окружающем нас мире. Как известно, тепловое излучение имеет любое тело, температура которого отлична от абсолютного нуля. Кроме того, подавляющее большинство процессов преобразования энергии (а к ним относятся все известные процессы) протекает с выделением или поглощением тепла. Так как средняя температура на Земле не высока, большинство процессов проходят с малым удельным выделением тепла и при небольших температурах. Соответственно и максимум энергии излучения таких процессов попадает в инфракрасный микроволновый диапазон. Инфракрасное излучение невидимо для человеческого глаза, но может быть обнаружено различными приемниками теплового излучения и тем или иным способом преобразовано в видимое изображение.

Тепловидение – это научно-техническое направление, изучающее физические основы, методы и приборы (тепловизоры), обеспечивающие возможность наблюдения слабонагретых объектов.

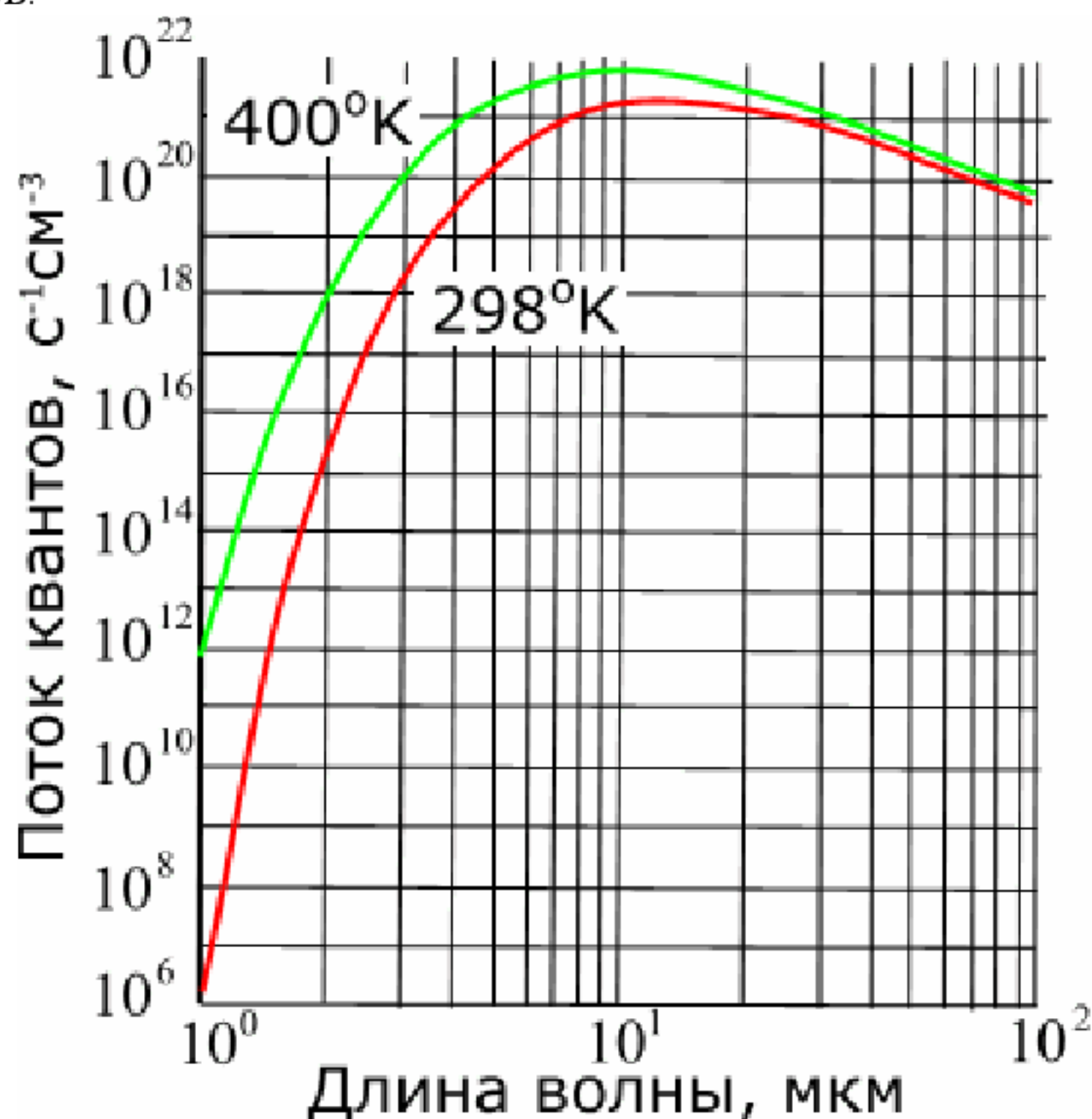


Рисунок 1 - Зависимость плотности потока квантов, испускаемых абсолютно черным телом при двух температурах, от длины волны.

представить в виде, показанном на рис.1 (показаны зависимости эмиссии фотонов от длины волны при двух температурах абсолютно черного тела). При повышении температуры объектов увеличивается число испускаемых квантов излучения (ИК-излучение) при фиксированной длине волны. Испускаемые кванты света, в том числе невидимые (инфракрасные) с длиной волны > 1 мкм могут быть зарегистрированы датчиками инфракрасных излучений (полупроводниковые фотонные датчики).

Тепловое изображение объектов формируется специальным инфракрасным объективом и регистрируется с помощью фокальной матрицы, установленной в фокальной плоскости объектива.

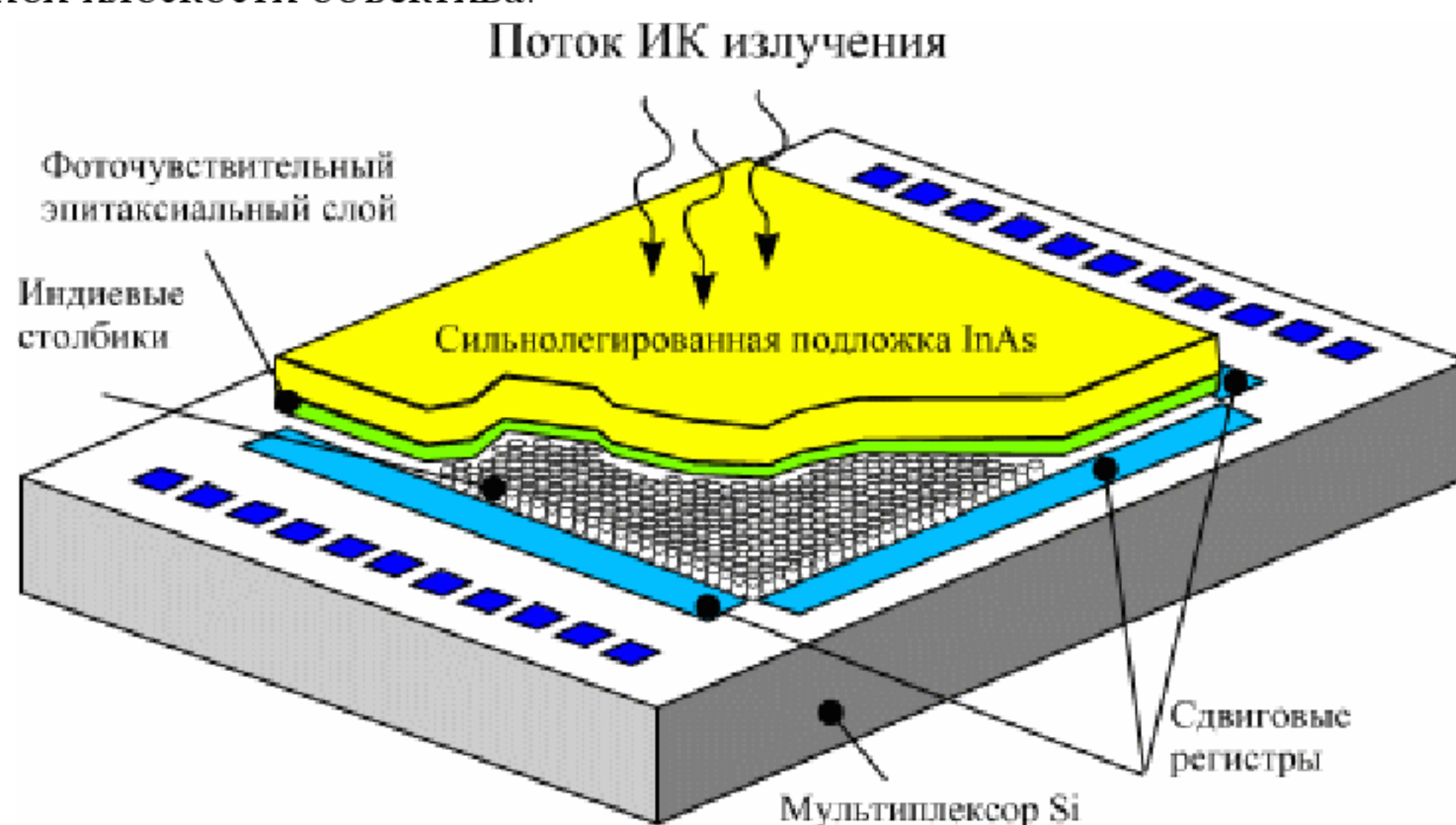


Рисунок 2 - Строение гибридной микросхемы

Спектральный диапазон предлагаемой матрицы составляет 2,65-3,05 мкм. С точки зрения разработчиков, для решения ряда термографических задач, это очень удобный спектральный диапазон. Это связано с тем, что для фотонных приемников отношение числа информационных падающих квантов излучения (например для $T=30$ °С, некоторой температуры поверхности кожи человека) и паразитных фоновых квантов (температура окружающего фона $T=25$ °С) увеличивается с уменьшением длины волны падающего излучения. Так для спектрального диапазона 8,5-12 мкм, характерного для приемников на основе соединений ртуть-кадмий-теллур отношение составляет 1,08, для диапазона 7,5-8 мкм (приемник на основе сверхрешеток AlGaAs/GaAs) - 1,1, для диапазона 4,5-5 мкм (приемники на основе InSb¹ и силицида платины) - 1,13, для диапазона 3,5-3,9 (приемники на основе InSb и силицида платины) - 1,23, для диапазона 2,65-3,05 мкм (матрица на основе InAs матрицы) - 1,3 и для диапазона 1,4-1,8 мкм - 1,6. В целом это дает возможность матрицам в коротковолновой области легче регистрировать малые температурные контрасты на объектах. Кроме того, с уменьшением длины волны падающего излучения уменьшается паразитный поток комнатного фона, что упрощает схемы считывания сигналов.

Элементы фокальной матрицы преобразуют кванты света в электрические заряды, которые считываются кремниевым мультиплексором (рис.2), усиливаются, и передаются в компьютер. После

записи в памяти тепловизора информации о температурах точек объекта происходит создание изображения, в котором каждой точке с определенной температурой присваивается свой цвет: чем выше температура, тем ярче цвет. В результате на экране монитора получаем тепловизионное изображение объекта (термограмму).

2. Тепловизионный контроль электрооборудования

При тепловизионном контроле электрооборудования следует применять тепловизоры с разрешающей способностью $0,1 \dots 0,2^\circ\text{C}$. Это означает, что две точки объекта с разностью температуры $0,1 \dots 0,2^\circ\text{C}$ будут отличаться цветом. Верхний предел температурного диапазона тепловизора должен быть не менее 200°C , нижний — около 0°C .

Оценка теплового состояния электрооборудования и токоведущих частей в зависимости от условий их работы и конструкции может осуществляться:

- по допустимым температурам нагрева;
- превышениям температуры;
- избыточной температуре.
- коэффициенту дефектности;
- динамике изменения температуры во времени;
- путем сравнения измеренных значений температуры объекта с другим, заведомо исправным оборудованием.

Превышение температуры - разность между измеренной температурой нагрева и температурой окружающего воздуха.

Наибольшие допустимые температуры нагрева $\Theta_{\text{доп}}$ и превышения температуры $\Delta\Theta_{\text{доп}}$ для некоторого оборудования, его токоведущих частей, контактов и контактных соединений приведены в табл. 2.1.

Избыточная температура - превышение измеренной температуры контролируемого узла над температурой аналогичных узлов других фаз, находящихся в одинаковых условиях.

Коэффициент дефектности - отношение измеренного превышения температуры контактного соединения к превышению температуры, измеренному на целом участке шины (провода), отстоящем от контактного соединения на расстоянии не менее 1 м.

Таблица 1 – Наибольшие допустимые температуры

Контролируемые узлы	$\Theta_{\text{доп}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta\Theta_{\text{доп}}, ^\circ\text{C}$
Токоведущие неизолированные металлические части	120	80
Контакты из меди и ее сплавов	75	35
Аппаратные выводы из меди, алюминия и их сплавов	90	50
Болтовые контактные соединения	90	50
Предохранители на напряжение 3 кВ и выше	75	35
Встроенные ТТ:		
обмотки	-	10
магнитопровод	-	15
Жилы силовых кабелей в режиме нормальном/аварийном с изоляцией:		
-из полихлорвинила и полиэтилена	70/80	
-из сшитого полиэтилена	90/130	
-из резины	65	
-из пропитанной бумаги при напряжении, кВ:		
1 и 3	80/80	
6	65/75	
10	60	
	55	
	50	

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Рассмотрим основные принципы тепловизионного контроля оборудования систем электроснабжения. Состояние *контактов и контактных соединений* оборудования оценивается по избыточной температуре при рабочих токах нагрузки:

$$I_{\text{раб}} = 0,3 \dots 0,6 I_{\text{ном}}$$

В качестве норматива используется значение температуры, приведенное к $0,5 I_{\text{ном}}$:

$$\Delta\Theta_{0,5} = \Delta\Theta_{\text{раб}} \left(\frac{0,5 I_{\text{ном}}}{I_{\text{раб}}} \right)^2,$$

где $\Delta\Theta_{0,5}$ – избыточная температура при токе $0,5 I_{\text{ном}}$

$\Delta\Theta_{\text{раб}}$ – избыточная температура при рабочем токе нагрузки.

Тепловизионный контроль при рабочих токах, меньших $0,3 I_{\text{ном}}$, не способствует выявлению дефектов на ранней стадии их развития.

Степень неисправности *контактов и контактных соединений* оценивается следующим образом:

$\Delta\Theta_{0,5} = 5 \dots 10^\circ\text{C}$ - начальная степень неисправности, которую следует держать под контролем и принимать меры по ее устранению во время проведения ремонта, запланированного по графику;

$\Delta\Theta_{0,5} = 10 \dots 30^\circ\text{C}$ - развившийся дефект; следует принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе электрооборудования из работы;

$\Delta\Theta_{0,5} > 30^\circ\text{C}$ - аварийный дефект, требующий немедленного устранения.

Токоведущие части. При оценке теплового состояния токоведущих частей различают степени неисправности, исходя из следующих значений коэффициента дефектности:

до 1,2 - начальная степень неисправности, которую нужно держать под контролем;

1,2... 1,5 - развившийся дефект; следует принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе линии из работы;

более 1,5 - аварийный дефект; требуется немедленное устранение.

Силовые трансформаторы. Тепловизионный контроль трансформаторов напряжением 110 кВ и выше производится при решении вопроса о необходимости их капитального ремонта. Снимаются термограммы поверхности бака трансформатора, элементов системы охлаждения, вводов и другие.

При анализе термограмм:

- сравниваются между собой нагревы вводов разных фаз трансформатора;
- сравниваются нагревы исследуемого трансформатора с нагревами однотипных трансформаторов;
- проверяется динамика изменения нагревов во времени и в зависимости от

нагрузки; **ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН**

ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

- сопоставляются места локальных нагревов с расположением элементов магнитопровода и обмоток;

- определяется эффективность работы систем охлаждения.

При тепловизионной съёмке силовых трансформаторов и АТ проверяются:

- вводы;
- баки;
- системы охлаждения (радиаторы, вентиляторы, маслонасосы);
- термосифонные фильтры (ТСФ);
- контактные соединения.

Тепловизионное обследование для силовых трансформаторов и автотрансформаторов является дополнительным видом диагностики к основным методам испытаний. Однако, достаточно легко и точно можно обнаружить следующие дефекты:

- нагревы внутренних контактных соединений обмоток НН с выводами трансформатора;

- места болтового крепления колокола бака;

- определить уровень масла в расширительном баке, выхлопной трубе и во вводах;

- нарушение в работе систем охлаждения (вентиляторов, маслонасосов, циркуляции масла в радиаторах) и регенерации масла (термосифонных фильтров (ТСФ)).

При использовании мелкозернистого силикагеля, шламообразования в фильтре, случайном закрытии шиберов (задвижки) на трубопроводе фильтра, при работе трансформатора в режиме холостого хода или малой нагрузки трансформатора (менее 50%) циркуляция масла в фильтре будет незначительна или отсутствовать вообще.

Наиболее распространённым дефектом, который может встретиться на практике, является образование воздушных пробок, как в самих вводах трансформатора, так и в баках встроенных трансформаторов тока, образующихся по вине ремонтного персонала при замене вводов, а так же сливе и доливке масла. При осмотре силового трансформатора, необходимо так же обращать внимание на образование аномальных зон нагрева на поверхности бака. Эти и другие возможные дефекты показаны на соответствующих термограммах.

Характерными дефектами для вводов являются увлажнение, образование проводящих отложений на внутренней поверхности фарфоровой крышки ввода, снижение уровня масла. Развитие таких дефектов приводит к изменению tg угла диэлектрических потерь основной изоляции. По мере развития дефекта появляются частичные разряды (ЧР) и в дальнейшем электрический пробой.

Маслонаполненные вводы. Состояние ввода оценивается по распределению температуры по высоте ввода. На рисунке 3 показан характер распределения температуры по высоте маслонаполненного ввода при нормальном его состоянии и некоторых дефектах.



Рисунок 3 - Характер распределения температуры по высоте маслonaполненного ввода.

нормальное распределение температуры (А); распределение температуры при наличии короткозамкнутого контура в маслорасширителе (Б); при перегреве внутренних контактных соединений (В); при понижении уровня масла (Г); при нарушении циркуляции масла (разбухание бумажного остова на токоведущем стержне, шламообразование и т.п.) (Д).

Измерительные трансформаторы. Для оценки состояния внутренней изоляции измеряются температуры нагрева поверхностей фарфоровых покрышек, которые не должны иметь локальных нагревов, а значения температуры, измеренные в одинаковых зонах покрышек трех фаз, не должны отличаться между собой более чем на $0,3^{\circ}\text{C}$.

Аппараты защиты от перенапряжений. Признаками исправного состояния вентильного разрядника являются:

- одинаковый нагрев во всех фазах верхних элементов в местах расположения шунтирующих резисторов;
- практически одинаковое распределение температуры по элементам одной фазы разрядника; отличия температур должны находиться в пределах $0,5-5^{\circ}\text{C}$ в зависимости от количества элементов в разряднике.

Оценка состояния нелинейных ограничителей перенапряжений осуществляется путем пофазного сравнения температур, измеренных по высоте и периметру покрышки ограничителя. На покрышке не должно быть зон локального нагрева.

Конденсаторы. Температуры нагрева корпусов конденсаторов одинаковой мощности при одинаковой нагрузке не должны отличаться между собой более чем в 1,2 раза.

Силовые кабели. Температура нагрева токоведущих жил кабелей, измеренная в местах их подсоединения к аппаратам, не должна превышать допустимого значения.

Воздушные линии электропередачи. Оценка состояния контактных соединений алюминиевых и сталеалюминиевых проводов проводится по коэффициенту дефектности. Нормами устанавливаются следующие степени дефектов в зависимости от величины коэффициента дефектности:

- 1,2... 1,5 - развившийся дефект; следует принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе линии из работы;
- более 1,5 - аварийный дефект; требуется немедленное устранение.

При проведении тепловизионного обследования, имеется возможность оценить состояние подвесной фарфоровой изоляции ЛЭП (контроль подвесной изоляции на подстанции не требуется), а так же опорных и проходных изоляторов ОРУ и ячеек КРУН подстанции.

Гирлянда подвесной линейной изоляции состоит из тарельчатых изоляторов, наибольшую температуру в которой имеют изоляторы, расположенные у фазного провода, а наименьшую - в зоне металлической заземлённой траверсы. Они могут быть - исправные, нулевые и изоляторы с изменяющимися диэлектрическими свойствами т.е у которых значение температуры зависит от поверхностных токов утечки, состояния цементной армировки, наличием механических повреждений фарфора и т.д. Пробой изолятора в гирлянде приводит к увеличению напряжения на исправных изоляторах, что ведёт к повышению их температуры, а на пробитых температура снижается до температуры окружающей среды т.к напряжение равно нулю (пробитые изоляторы выглядят более тёмными на термограммах). Кроме того, повышенные нагревы изоляторов в гирлянде могут быть вызваны их загрязнением выбросами промышленных предприятий. При малом числе изоляторов в гирлянде или большом числе пробитых эффективность тепловизионного контроля существенно возрастает.

У проходных изоляторов, при появлении дефекта, через него начинает протекать ток, что вызывает нагрев. У опорных изоляторов разъединителей и шинных мостов основным дефектом является нарушение технологии запечки изоляторов, приводящее к продольным трещинам и пробоям. На практике можно встретить увлажнение цементной армировки изолятора. В результате увеличивается ток утечки, протекающего через неё и "разогрев" армировки с повышением температуры. При исправном изоляторе, температуры фланца и фарфора почти одинаковы и превышают температуру окружающего воздуха не более чем на 0,5-0,7 град. Перегрев загрязнённого изолятора может достигать 2 град. Чаще всего повреждения изоляторов происходит в межсезонье, когда в течение суток могут наблюдаться значительные перепады температуры с плюса на минус.

3. Преимущества использования ИК – контроля

В заключение следует отметить основные преимущества тепловизионного контроля перед традиционными методами оценки состояния оборудования.

Тепловизионный контроль производится в рабочем состоянии оборудования, то есть под нагрузкой и напряжением. Результаты обследования в таком состоянии являются более достоверными, чем результаты обследований после снятия нагрузки или напряжения. Так, например, для гирлянды изоляторов нагрузкой является не только напряжение, но и тяжение провода. Замеченное тепловизором повреждение изолятора гирлянды может оказаться незамеченным при осмотре гирлянды после снятия с опоры.

Тепловизионный контроль проводится без отключения оборудования и в любое

Документ подписан
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Поскольку повреждения выявляются на работающем оборудовании, то имеется запас времени для подготовки вывода дефектного оборудования в ремонт, не отключая электроустановку и сокращая время ремонта до минимума.

Наряду с другими видами современной диагностики, в частности с хроматографическим анализом трансформаторного масла, тепловизионный контроль позволяет:

- предупредить возникновение аварийных ситуаций в электрооборудовании и тем самым повысить надёжность электроснабжения потребителей;
- значительно снизить затраты на ремонты, поскольку повреждения выявляются на ранних стадиях;
- оценить действительное состояние электрооборудования с определением запаса его работоспособности, что особенно актуально для оборудования, отработавшего 15 лет и более.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что такое тепловидение?
2. Каким образом проводится тепловизионный контроль электрооборудования?
3. Основные преимущества тепловизионного контроля.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1.1. Перечень основной литературы:

1. Зарандия, Ж.А. Основные вопросы технической эксплуатации электрооборудования : учебное пособие / Ж.А. Зарандия, Е.А. Иванов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. - 129 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8265-1386-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=445120>

8.1.2. Перечень дополнительной литературы:

- 1 Привалов, Е.Е. Эксплуатация линий электропередач систем электроснабжения: учебное пособие / Е.Е. Привалов. – 2-е изд., стер. – М.; Берлин: Директ-Медиа, 2017. – 214 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=481650

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим работам.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.
3. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы.

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»,

необходимый документ	ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН	дисциплины
1. http://www.iprbooks.ru/	ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	Университетская библиотека онлайн"
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6		Библиотечная система IPRbooks
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна		
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022		