

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению практических работ **Планирование электроэнергетических режимов**

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) Интеллектуальные системы электроснабжения

Ставрополь, 2026 г.

ВВЕДЕНИЕ

Практические занятия по дисциплине «Планирование электроэнергетических режимов» проводятся в форме семинаров, на которых студенты выступают с развернутыми ответами на вопросы по теме занятия. Ответы на вопросы готовятся студентами самостоятельно в ходе подготовки к практическим занятиям по литературе, список которой приведен в данном методическом пособии. Один студент выступает с развернутым ответом, а остальные могут его дополнить или исправить, т.е. занятие проводится в форме дискуссии.

В данных методических указаниях приведены краткие теоретические сведения по теме каждого практического занятия и список вопросов, рассматриваемых на занятии.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1

Общие вопросы оперативного управления режимами энергосистем

Краткие теоретические сведения

Нормальная работа энергосистем возможна только при четко функционирующей системе оперативного управления их режимами. Необходимость эффективной системы оперативного управления обусловлена следующими важнейшими *свойствами энергосистем*:

- значимость производимого продукта не только в сфере материального производства, но и при обеспечении безопасных и комфортных условий работы и проживания больших групп людей;
- сложность производственной структуры, большой объем производимой продукции, разнообразие основного оборудования с разными техникоэкономическими характеристиками и, как следствие, возможность ведения допустимых, но не оптимальных режимов с перерасходом энергоресурсов;
- непрерывность процессов производства, распределения и потребления электрической энергии;
- быстрота протекания технологических процессов;
- наличие условий повышенной опасности для здоровья и жизни людей, эксплуатирующих оборудование самих энергосистем.

Оперативное управление в энергосистемах называют оперативнодиспетчерским или диспетчерским, поскольку оно реализуется через диспетчерские службы.

Цель диспетчерского управления — разработка и ведение режимов энергосистем, обеспечивающих надежное и бесперебойное снабжение потребителей электрической и тепловой энергией удовлетворительного качества при максимальной экономичности работы энергосистемы в целом,

создание возможности безопасного обслуживания оборудования энергосистемы.

Для достижения данной цели при реализации диспетчерского управления приходится решать следующие *задачи*:

- долгосрочное и краткосрочное планирование графиков нагрузки энергосистем;
- составление балансов мощности и энергии;
- разработка нормальной и ремонтных схем энергосистемы;
- регулирование частоты и активной мощности;
- регулирование напряжения и реактивной мощности;
- расчеты статической и динамической устойчивости;
- внутрисуточная оптимизация режимов;
- экспрессные расчеты потокораспределения в электрической сети в вынужденных режимах работы энергосистемы;
- рассмотрение заявок на вывод оборудования в ремонт;
- руководство оперативными переключениями в электрических сетях; • ведение служебной документации и др.

Система диспетчерского управления основана на следующих *принципах*:

- отделение оперативно-диспетчерских функций от административнохозяйственных;
- иерархическая структура диспетчерского управления с обязательным подчинением дежурного оперативного персонала каждой ступени управления диспетчерскому персоналу более высокой ступени управления;
- предоставление персоналу каждой ступени управления максимальной самостоятельности в выполнении всех оперативных функций, не требующих вмешательства оперативного руководителя более высокой ступени диспетчерского управления;

- соблюдение строжайшей технологической и диспетчерской дисциплины.

Структура диспетчерского управления в энергетике строится по иерархическому принципу и имеет следующие уровни:

- 1) управление единой энергосистемой страны;
- 2) управление объединенными энергосистемами;
- 3) управление региональными энергосистемами;
- 4) управление предприятий электрических сетей;
- 5) управление районов электрических сетей.

Для четкого функционирования системы ОДУ *все оборудование энергосистем* (электрических станций, электрических и тепловых сетей) *распределяется по оперативной подчиненности* между диспетчерами различных ступеней системы и закрепляется за ними.

Разделение и закрепление оборудования между различными ступенями диспетчерского управления производят на основании анализа влияния режима его работы (состояния) на режим работы энергосистемы в целом. В оперативном отношении закрепленное оборудование может находиться в оперативном управлении диспетчера (операции с таким оборудованием выполняются только по распоряжению и под руководством дежурного диспетчера) и в оперативном ведении диспетчера (операции с таким оборудованием выполняются только с разрешения дежурного диспетчера вышестоящего уровня управления).

В оперативном управлении диспетчера находится в основном то оборудование, операции с которым требуют координации действий подчиненного оперативного персонала и согласованных изменений на нескольких объектах, например согласованные действия на подстанциях для отключения (включения) линии электропередачи (ЛЭП), связывающей две энергосистемы, или ЛЭП между подстанциями разных электросетей.

В оперативном ведении диспетчера находится оборудование, режим работы или состояние которого влияет на генерируемую мощность энергосистемы, величину резерва мощности, надежность работы электрических сетей. Например, снизить мощность на электростанции оперативный персонал может только с разрешения вышестоящего диспетчера, который должен принять меры по вводу в работу резервной мощности энергосистемы или другие меры, нормализующие работу энергосистемы.

К *оперативным руководителям* относятся: дежурные диспетчеры объединения энергосистем, отдельной энергосистемы, предприятия электрических сетей, района электрических сетей. К *оперативному персоналу* относятся: оперативные руководители, начальники смен электрических цехов электростанций, дежурные (диспетчеры, инженеры, электромонтеры) подстанций, персонал ОВБ, оперативно-ремонтный персонал с правом выполнения переключений в электроустановках.

Для выполнения своих должностных обязанностей *диспетчер должен знать*:

- организацию диспетчерского управления;
- оперативную подведомственность оборудования, включая устройства РЗА и ПА;
- схему электрических соединений и технические характеристики пропускной способности в нормальных и аварийных режимах;
- схемы распределительных устройств электростанций;
- принципиальные тепловые схемы электростанций;
- основные параметры и характеристики теплосилового и электрического оборудования электростанций;
- принципы оптимального распределения генерирующей мощности между электростанциями;

- наименования подстанций и линий электропередачи;
- принципы заземления нейтрали в электрических сетях;
- принципы действия защит, схемы релейной защиты подведомственного оборудования (генераторов, трансформаторов, линий электропередачи, шин подстанций);
- допустимые режимные параметры в контрольных точках сети;
- организацию и порядок выполнения оперативных переключений;
- порядок ликвидации аварий;
- организацию ремонтных работ;
- графики ограничения и отключения потребителей;
- правила организации работы с персоналом;
- порядок ввода в эксплуатацию вновь вводимых и реконструированных электроустановок;
- порядок действий в особых ситуациях (по условиям гражданской обороны);
- схемы электроснабжения потребителей первой категории;
- аппаратуру диспетчерского пункта;
- правила пользования связью и объектами энергосистемы;
- методы оказания первой доврачебной помощи пострадавшим;
- порядок ведения технической документации;
- должностные инструкции оперативного персонала разного уровня диспетчерского управления, действующие инструктивные материалы, а также в установленном объеме ПТЭ, ПУЭ, Правила пожарной безопасности (ППБ), Правила техники безопасности (ПТБ) и др.

На должность диспетчера назначаются лица, имеющие соответствующее образование по специальности (например, диспетчер ОДУ должен иметь высшее образование, а диспетчер РЭС может иметь среднее техническое образование, но при этом должен иметь стаж работы на электроустановках не менее трех лет). До назначения на должность диспетчера надо пройти

профессионально-техническую подготовку в установленном объеме, индивидуальную подготовку, предусматривающую стажировку, проверку знаний, дублирование и противоаварийные тренировки. При подготовке диспетчера применяют тестирование, моделирующие установки, электронные тренажеры и т.д.

Должностные обязанности, права и ответственность диспетчеров разных уровней диспетчерского управления регламентируются должностными инструкциями, которые утверждаются руководителем предприятия или вышестоящей организацией.

Принимая смену, диспетчер обязан:

- ознакомиться по мнемосхеме и по оперативной документации с режимом работы основного оборудования и устройств РЗА и ПА, находящихся в его оперативном управлении и ведении;
- ознакомиться с записями в оперативном журнале, начиная со своей предыдущей смены;
- ознакомиться с поступившими распоряжениями, телефонограммами, инструкциями, записями в документации;
- ознакомиться с заявками и принятыми по ним решениями на вывод оборудования в ремонт, с программами на испытание оборудования;
- уточнить число работающих бригад, места выполнения работ;
- ознакомиться с поступившими, но не рассмотренными заявками;
- проверить наличие ОВБ и обеспеченность их транспортными, защитными средствами и приспособлениями, аварийным запасом ремонтного материала;
- проверить наличие оперативной документации и инструкций, принять ключи от служебных помещений диспетчерского пункта;

- получить информацию от дежурных узла связи и телемеханики, службы вычислительной техники о состоянии каналов связи, работе вычислительной техники, телемеханики;
- оформить сдачу-приемку смены соответствующей записью в оперативном журнале с указанием времени приемки-сдачи.

Диспетчер, сдающий смену, должен сообщить:

- замечания по работе оборудования в его смену;
- замечания по работе средств связи;
- перечень объектов, на которых производятся работы, и количество бригад на них, места установленных переносных заземлений и включенных заземляющих ножей;
- устные распоряжения, указания вышестоящего оперативного персонала.

Функции диспетчерского управления осуществляются с помощью *оперативных переговоров*, содержание и форма проведения которых регламентируются инструкциями, разрабатываемыми в энергосистемах.

К оперативным переговорам относятся выдача распоряжений, разрешений, получение информации о выполнении распоряжений и разрешений, обмен информацией по текущей эксплуатации.

Оперативные переговоры проводятся *по общей форме*:

- 1) наименование объекта;
- 2) должность и фамилия дежурного;
- 3) содержание распоряжения, разрешения, информации;
- 4) время отдачи распоряжения, разрешения, передачи информации.

В энергосистемах важнейшим оперативным документом является *оперативный журнал*. В него в краткой, конкретной форме с использованием только общепринятых в энергетике терминов и понятий записываются оперативные переговоры. Содержание записей должно отображать все основные события по текущей эксплуатации, происшедшие в течение смены.

Записи в оперативный журнал производятся сразу после передачи или получения оперативной информации. Исключение составляют записи при возникновении и ликвидации аварийных режимов. В этом случае записи могут временно вноситься в черновик.

Техническими средствами диспетчерского управления оборудуются диспетчерские пункты. К ним, в частности, относятся диспетчерские щиты и пульты. На диспетчерских щитах отображается схема электрической сети (мнемосхема). Рабочее место диспетчера располагается за диспетчерским пультом. Диспетчерские пункты оснащаются также компьютерной техникой.

Вопросы к практическому занятию 1

1. Каковы цели и основные задачи оперативного управления в энергосистемах?
2. Каковы основные свойства энергетических систем, определяющие требования к системе оперативного управления?
3. Каковы основные принципы организации диспетчерского управления?
4. Какова структура диспетчерского управления?
5. Как закрепляется оборудование энергосистем в оперативном отношении?
6. В чем суть терминов «оперативные руководители» и «оперативный персонал»?
7. Какими знаниями должен обладать диспетчер энергосистемы, предприятия электрических сетей, РЭС?
8. Как осуществляется подготовка диспетчера?
9. Каковы должностные обязанности и права диспетчера?
10. Как осуществляется приемка и сдача смены дежурным диспетчером?
11. Каковы форма и методика проведения оперативных переговоров?
12. Какие сведения и по какой форме записываются в оперативный журнал?

13. Какие технические средства используются при реализации диспетчерского управления?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2

Основные положения о переключениях в электрических сетях

Краткие теоретические сведения

По сложности оперативные переключения делятся на три категории: сложные, несложные и простейшие.

К *сложным* относятся переключения, сопровождающиеся большим числом операций с разъединителями, выключателями, операциями в цепях релейной защиты, противоаварийной системной автоматики, например перевод присоединений с одной системы шин на другую, вывод системы (секции) шин в ремонт, замена выключателя присоединения шиносоединительным или обходным, отключение и включение трехобмоточного трансформатора на подстанции с двумя и более трансформаторами, отключение и включение присоединений на подстанциях с двумя и полтора выключателями на цепь и др.

К *несложным* (простым) относятся переключения, связанные с отдельными присоединениями (трансформаторами, линиями и т.д.), с разборкой и сборкой схемы разъединителями.

К *простейшим* относятся переключения в сетях напряжением 0,38 кВ, отключение и включение одиночного выключателя без разборки и сборки схемы распределительного устройства разъединителями, отключение отпаечных разъединителей линий электропередачи, разрядников, трансформаторов, дугогасящих катушек при отсутствии замыкания на землю, отключение и включение одиночных присоединений подстанций с комплектными распределительными устройствами внутренней (КРУ) и наружной (КРУН) установки, если они оборудованы механической блокировкой.

По *производственной необходимости* оперативные переключения делятся на плановые, внеплановые и аварийные.

Плановые переключения выполняются по разрешенным диспетчером заявкам на вывод (ввод) оборудования и по режимным соображениям. О плановых переключениях оперативному персоналу известно заранее.

К *внеплановым* относятся все текущие переключения, не предусмотренные заранее разрешенной диспетчерской заявкой. Необходимость внеплановых переключений может быть вызвана целесообразностью изменения схемы электрической сети для повышения надежности и экономичности работы энергосистемы из-за непредвиденного изменения состава работающего оборудования на электрических станциях и в электрических сетях, незапланированного снижения нагрузки электрических станций, снижения напряжения в узлах нагрузки, задержки оборудования энергосистемы в ремонте и т.п.

К *аварийным* относятся переключения, связанные с ликвидацией и локализацией аварий: отключение поврежденного оборудования электрической сети, подача резервного питания, снятие напряжения с объекта при возникновении опасности для жизни людей, животных, угрозы возникновения пожара. К аварийным могут относиться переключения на нормально функционирующем объекте, если они срочно необходимы для предупреждения возникновения или развития аварии на других объектах.

Переключения на оборудовании, линиях электропередачи, в устройствах РЗА, находящихся в ведении вышестоящего оперативного персонала, должны выполняться только с его *разрешения*, а находящихся в его управлении — только по его *распоряжению*. Допускается производить переключения без разрешения или распоряжения только в случаях, не терпящих отлагательства (аварии, несчастные случаи, стихийные бедствия, угроза жизни людей и

сохранности оборудования). В этом случае требуется уведомить диспетчера о возникшей ситуации и произведенных переключениях.

Переключения в распределительных устройствах могут выполнять только лица, имеющие на это *право*, т.е. допущенные к оперативной работе, знающие схему электроустановки, расположение объектов (оборудования) в натуре, обученные правилам производства операций с коммутационными аппаратами, знающие последовательность переключений, прошедшие проверку знаний по ПТЭ, ПТБ, ППБ и действующих инструкций, дублирование на рабочем месте и непосредственно обслуживающие электроустановку, на которой производится переключение.

Все переключения в оборудованных действующей оперативной блокировкой электроустановках напряжением выше 1000 В, требующие соблюдения строгой последовательности выполнения операций, а также переключения в электроустановках с неисправными блокировочными устройствами должны выполняться только по *бланкам переключений*.

Сложные переключения в главной схеме электрических соединений объекта, в схемах собственных нужд и схемах устройств РЗА и ПА должны выполняться по *типовым бланкам переключений*.

При выполнении переключений в электроустановках разных уровней диспетчерского управления и разных энергообъектов применяются *программы переключений* (типовые программы). Степень детализации программ должна соответствовать уровню диспетчерского управления.

Применение типовых бланков переключений облегчает работу оперативного персонала, в значительной степени уменьшается вероятность неправильных действий с коммутационными -аппаратам и в цепях РЗА, поскольку при сложных переключениях приходится выполнять до нескольких десятков операций и предварительно проводить режимные мероприятия.

Типовые бланки переключений для оперативного персонала станций подписываются начальником электроцеха и его заместителем по РЗА, для оперативного персонала подстанций — начальником службы подстанций и начальником службы РЗА предприятия сетей. Типовые программы переключений подписываются начальниками диспетчерских служб, служб

РЗА. Типовые бланки переключений и программы переключений утверждает технический руководитель подразделения энергосистемы (главный инженер, главный диспетчер).

Бланки переключений (обычные и типовые) должны находиться на строгом учете. Они выдаются оперативному персоналу пронумерованными.

Дежурный персонал обязан передавать по смене чистые обычные и типовые бланки переключений с записью их количества в оперативном или специальном журнале и хранить использованные бланки переключений по порядку их номеров.

Порядок производства операций по бланку переключений на электроустановках с постоянным дежурным персоналом следующий:

- 1) диспетчер отдает распоряжение, в котором:
 - указывает конечную цель переключений;
 - проверяет наличие контролирующего лица;
 - проверяет наличие бланка переключений, соответствующего схеме электрических соединений;
 - указывает время отдачи распоряжения;
 - отдает распоряжение (краткое по форме и ясное по содержанию);
 - ждет повтора распоряжения (или дает разъяснения при необходимости);

- подтверждает, что отданное им распоряжение понято правильно, и отдает команду «Правильно, выполняйте»;

2) дежурный, производящий переключения:

- критически осмысливает принятое распоряжение, при необходимости требует разъяснения;

- повторяет распоряжение;

- указывает время принятия распоряжения;

- после подтверждения того, что распоряжение понято им правильно, приступает к его выполнению:

- записывает распоряжение в оперативный журнал;

- устанавливает по оперативной схеме или схеме-макету

последовательность выполняемых операций, в том числе операции с РЗА;

- проверяет возможность выполнения предстоящих операций по режиму работы оборудования;

- определяет безопасный способ выполнения предстоящих операций и наличие соответствующих приспособлений (штанга, ключи и др.) и средств защиты;

- при необходимости составляет обычный бланк переключений или подготавливает к использованию типовой бланк;

3) оба лица, участвующих в переключениях, проверяют по оперативной схеме или схеме-макету правильность и последовательность выполнения записанных в бланке операций, в том числе операций в цепях РЗА, и, если у них не возникло сомнений по намеченному порядку операций, подписывают бланк и приступают к выполнению задания;

4) на месте переключений персонал обязан внимательно проверить по надписям наименование присоединения и название аппарата, на котором

предстоит проведение операции, и убедиться в правильности выбранного присоединения;

5) контролирующее лицо зачитывает содержание операции, подлежащей выполнению по бланку;

6) лицо, выполняющее операцию, повторяет содержание операции и, получив разрешение контролирующего лица, выполняет ее;

7) после выполнения операции контролирующее лицо делает в бланке соответствующую отметку, чтобы исключить возможность пропуска какой-либо операции.

Вопросы к практическому занятию 2

1. Как подразделяются оперативные переключения по сложности?
2. Какие можно привести примеры оперативных переключений разной сложности?
3. Как подразделяются оперативные переключения по необходимости?
4. Какие можно привести примеры плановых, внеплановых и аварийных переключений?
5. Какие оперативные переключения выполняются по распоряжению диспетчера?
6. Какие оперативные переключения выполняются по разрешению диспетчера?
7. Кто имеет право производить оперативные переключения?
8. В каких случаях переключения производятся по бланкам переключений, программам переключений?
9. Для чего применяются типовые бланки переключений?
10. Как оформляются бланки переключений?
11. Как производятся переключения по бланкам переключений?
12. Каков порядок выдачи и хранения бланков переключений?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3

Выполнение переключений в электрических сетях

Краткие теоретические сведения

При переключениях, связанных с *ликвидацией аварий*, должны в полном объеме соблюдаться требования ПТБ. В случае аварийного исчезновения напряжения на электроустановках оперативный персонал должен быть готов к его появлению без предупреждения.

Объекты энергосистемы могут быть с постоянным дежурным персоналом (наиболее ответственные), с дежурством на дому и обслуживаемые ОВБ.

При выполнении сложных и больших по объему плановых переключений кроме лиц, выполняющих переключения, должен присутствовать начальник электроцеха электростанции или его заместитель, на подстанциях — начальник подстанции или лицо, замещающее его. Они осуществляют общий контроль за ходом переключений и могут участвовать в переключениях в качестве контролирующего лица. В этом случае они включаются в бланк переключений.

В случаях, когда оперативные переключения должны выполняться двумя лицами (табл. 2.1), а постоянный дежурный на объекте один или дежурство осуществляется на дому, для производства переключений в качестве контролирующего лица должен привлекаться работник, назначенный руководством предприятия.

Все оперативные *переключения, выполняемые персоналом ОВБ*, осуществляют два человека.

Оперативные блокировки представляют собой устройства, препятствующие неправильным действиям персонала при производстве

оперативных переключений в электроустановках. Оперативными блокировками оснащаются коммутационные аппараты и заземляющие ножи стационарных защитных заземлений.

Важнейшими коммутационными аппаратами в электроустановках являются *выключатели*. Они служат для включения и отключения участков электрических цепей, находящихся под нагрузкой, а также для их автоматического отключения по команде релейной защиты при повреждениях.

Разъединители — коммутационные аппараты, служащие для создания видимого разрыва между ремонтируемым оборудованием, не находящимся под напряжением, и оборудованием, находящимся под напряжением. Разъединители не имеют дугогасящих камер, как выключатели, поэтому коммутационные операции с ними осуществляются в обесточенных цепях

(после действия выключателя) или при прохождении только небольших токов.

Отделители — коммутационные аппараты, выполненные на базе разъединителей. Их назначение такое же, как и разъединителей. Отделители оснащаются быстродействующим автоматическим приводом, с помощью которого производится быстрое размыкание цепи, например в бестоковую паузу при действии АПВ.

При включении линии необходимо соблюдать следующий порядок выполнения операций с коммутационными аппаратами:

- 1) осмотреть присоединение и проверить отключенное положение выключателя;
- 2) включить шинные разъединители ШР и проверить их включенное положение;
- 3) включить линейные разъединители ЛР и проверить их включенное положение;
- 4) включить оперативный ток линейного выключателя (если он был снят);

- 5) включить выключатель и проверить по приборам наличие нагрузки или напряжения на присоединении.

Отключение линии надо выполнять в следующем порядке:

- 1) отключить линейный выключатель и проверить его отключенное положение;
- 2) снять оперативный ток с привода выключателя (по необходимости);
- 3) отключить линейные разъединители и проверить их отключенное положение;
- 4) отключить шинные разъединители и проверить их отключенное положение.

Перевод присоединений с системы шин I на систему шин II выполняется в следующем порядке:

- 1) включается на ШСВ защита с мгновенным действием на отключение;
- 2) проверяется готовность системы шин II к подаче напряжения (положение заземляющих ножей, отсутствие переносных заземлений, отключенное положение шинных разъединителей присоединений, отсутствие механических повреждений);
- 3) включаются ШР шиносоединительного выключателя (если они были отключены);
- 4) включается шиносоединительный выключатель (напряжение подается на систему шин II);
- 5) отключается защита ШСВ;
- 6) включаются ШР2 присоединений на систему шин II;
- 7) отключаются ШР1 присоединений;
- 8) отключается шиносоединительный выключатель.

Ряд ремонтных работ на линиях электропередачи напряжением 220...750 кВ с горизонтальным расположением фаз, связанных с подъемом к проводам и гирляндам изоляторов, могут выполняться под напряжением, т.е. *без отключения линии*. К таким работам относятся:

- замена поддерживающих гирлянд изоляторов;
- замена отдельных изоляторов в гирлянде;
- замена и ремонт сцепной арматуры, зажимов, виброгасителей;
- замена и ремонт дистанционных распорок между проводами фазы линии;
- снятие набросов с проводов.

Работы под напряжением могут проводиться при температуре от -20 °С до 4-40 °С, относительной влажности воздуха не более 90% и скорости ветра не более 10 м/с.

Вопросы к практическому занятию 3

1. Каковы особенности оперативных переключений при ликвидации аварий?
2. Как производятся переключения при разных формах дежурства на подстанциях?
3. Каковы особенности производства переключений персоналом ОВБ?
4. Каковы основные правила действий с блокировкой при переключениях?
5. Каково назначение оперативной блокировки?
6. Каково назначение основных коммутационных аппаратов - выключателей, разъединителей, отделителей?
7. Как производится управление выключателем?
8. Каковы особенности управления воздушными выключателями?
9. При каких условиях запрещается производить плановые переключения?
10. Как осуществляется проверка отключенного положения выключателя?
11. В каких случаях снимается оперативный ток с выключателя после его отключения?
12. Что можно отключать разъединителями?
13. Как можно уменьшить ток холостого хода трансформаторов при отключении их разъединителями?

14. Какие меры безопасности применяются перед действиями с разъединителями?
15. Как включаются и отключаются разъединители?
16. Каков порядок выполнения операций при отключении и включении линий?
17. Каков порядок отключения и включения двух- и трехобмоточных трансформаторов?
18. Как осуществляется перевод присоединений с одной системы шин на другую?
19. Каковы действия диспетчера при руководстве выводом линий в ремонт?
20. Какие работы относятся к работам на линии?
21. Какие плакаты и в каких местах вывешиваются при отключении линии?
22. Какие работы и при каких условиях выполняются на линиях электропередачи 220...750 кВ под напряжением?
23. Каковы должны быть действия диспетчера при организации проведения работ на линии под напряжением?
24. Каким образом выявляются линии, находящиеся под наведенным напряжением?
25. Какие технические мероприятия применяются для снижения наведенного напряжения в месте производства работ?
26. Какие дополнительные меры безопасности должен принимать диспетчер при выводе в ремонт линии под наведенным напряжением?
27. Каковы особенности вывода линии в ремонт при установке базового заземления и специальных заземлений?
28. Какие виды работ нельзя выполнять в распределительных устройствах, в которых выведенная в ремонт линия, находящаяся под наведенным напряжением, не заземлена?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4.

Графики нагрузки и их прогнозирование в энергосистемах

Краткие теоретические сведения

Нормальным режимом работы энергосистемы называется режим, при котором обеспечивается электроснабжение всех потребителей и качество электрической энергии (качество частоты и напряжения в установленных пределах). К основным параметрам нормального режима относятся: частота переменного тока в системе; напряжения, токи, потоки активной и реактивной мощности в узлах системы; токи, потоки активной и реактивной мощности в ветвях схемы сети (в линиях и трансформаторах); активная и реактивная мощность электростанций; реактивная мощность компенсирующих устройств.

Под *графиками нагрузки* понимают зависимость, характеризующую последовательность изменения во времени нагрузки (активной и реактивной мощности, тока) какого-либо элемента системы (потребителя, электростанции, линии электропередачи) или энергосистемы в целом.

На характер графиков нагрузки непосредственное влияние оказывают:

- режим работы потребителей, определяемый технологическими особенностями производственных или бытовых процессов, составом электроприемников;

- распорядок работы производственных и административнохозяйственных служб или режим работы и отдыха населения;

- естественная освещенность;

- температура воздуха и скорость ветра.

Основные методы управления нагрузкой, направленные на *выравнивание графиков нагрузки*:

- Введение многоставочных тарифов.
- Использование потребителей-регуляторов.
- Применение накопителей энергии.
- Ограничение нагрузки потребителей.
- Оперативное отключение нагрузки с питающих центров.
- Перевод стрелок часов в летнее и зимнее время.
- Снижение напряжения в центрах питания.
- Снижение частоты в системе.
- Объединение энергосистем и получение эффекта от совмещения графиков нагрузки.
- Применение в системе гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС).

К *долгосрочному планированию* относится планирование режимов на несколько лет, год, квартал, месяц. Планирование осуществляется на уровне объединенного диспетчерского управления (в России — также на уровне центрального диспетчерского управления), центральной диспетчерской службы энергосистемы, диспетчерской службы электрических сетей (предприятия электрических сетей).

При долгосрочном планировании на уровне ОДУ (ЦДУ) производятся следующие основные работы:

- выполняется прогнозирование типовых суточных графиков нагрузки и электропотребления;
- составляются графики покрытия нагрузки для характерных дней планируемого периода;
- определяется допустимая мощность генераторов, которые могут быть выведены в ремонт;
- разрабатываются годовые и месячные планы ремонта оборудования;

-формируются эксплуатационные схемы основной электрической сети;

-разрабатываются режимы энергосистемы для характерных периодов года (зимний максимум нагрузки, летние ремонты оборудования и т.д.);

-разрабатываются режимы энергосистемы, связанные с вводом новых объектов;

-выполняются расчеты потокораспределения и напряжений в основной

сети энергосистемы; для характерных дней выполняется оптимизация режимов по напряжению и реактивной мощности; задаются графики напряжений в контрольных точках;

-проводится анализ структуры и динамики потерь мощности и электроэнергии;

-выполняются расчеты токов короткого замыкания и устойчивости энергосистемы; определяются максимальные допустимые мощности по межсистемным и транзитным линиям;

-разрабатываются требования к оснащению основной сети устройствами релейной защиты и противоаварийной автоматики;

-разрабатываются предложения о величине и продолжительности ограничения потребителей по мощности и электроэнергии в случае предполагаемого дефицита мощности и электроэнергии;

-разрабатываются программы проведения системных испытаний в случае присоединения новых объектов (мощных линий, электростанций и т.п.).

Различают *краткосрочное планирование* режимов на неделю и на сутки.

На уровне ОДУ решаются следующие задачи:

-осуществляется прогнозирование суточных графиков нагрузки;

-рассматриваются заявки на ввод в работу нового оборудования электростанций и сетей, релейной защиты, противоаварийной автоматики и средств автоматического регулирования режимов, вывод их в ремонт или резерв;

-корректируется основная схема сети с учетом разрешенных заявок;

-осуществляется покрытие графиков нагрузки с учетом ремонтов на основании разрешенных заявок путем составления баланса активной мощности, особенно на часы утреннего и вечернего максимумов и часы ночного минимума с учетом маневренных возможностей электростанций и действующих договоров с другими энергосистемами на экспорт (импорт) электроэнергии. В результате получаются графики нагрузки электростанций; - в случае появления дефицита мощности и электроэнергии определяются размеры и длительность ограничения нагрузки потребителей;

-выполняются расчеты по оптимизации суточного режима системы и основной электрической сети;

-планируется горячий резерв мощности;

-анализируются фактические режимы за прошедшие сутки с целью выявления причин их отклонений от запланированных.

Прогнозирование нагрузки ведется обычно методами, основанными на непосредственной экстраполяции. Для этого диспетчерская служба энергосистемы накапливает статистический материал о графиках нагрузки каждого дня недели и динамике этих нагрузок в течение года.

При *долгосрочном прогнозировании* используются структурные методы (на основе предполагаемого развития отдельных отраслей и типовых графиков

нагрузки по отраслям) и статистические (на основе ретроспективной статистической информации). Статистическая информация получается на основе данных организаций энергонадзора, телеизмерений режимных параметров, а также по результатам контрольных измерений, которые осуществляются обычно два раза в год (июнь, декабрь) для характерных точек графиков нагрузки энергосистемы в рабочие и выходные дни.

При *краткосрочном прогнозировании* часто используют метод, основанный на выделении так называемой регулярной (базовой) составляющей в изменении нагрузки/

Вопросы к практическому занятию 3

1. Что понимается под нормальным режимом энергосистемы?
2. Каков характер суточных графиков нагрузки различных потребителей: одно-, двух- и трехсменных предприятий, коммунально-бытовой нагрузки, наружного освещения?
3. Как влияет температура окружающей среды и освещенность на характер суточного графика нагрузки энергосистемы?
4. Что представляет собой годовой график нагрузки по продолжительности?
5. Как определить коэффициент заполнения суточного графика нагрузки?
6. Какие известны методы выравнивания графика нагрузки энергосистемы?
7. В чем проявляется эффект от совмещения графиков нагрузки при объединении энергосистем?
8. Что понимается под долгосрочным и краткосрочным планированием режимов?
9. Какие работы выполняются при долгосрочном и краткосрочном планировании режимов на уровне ОДУ, ЦДС, ОДС?
10. Как осуществляется прогнозирование электропотребления и его режимов (графиков нагрузки)?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5

Регулирование нормальных режимов в энергосистемах

Краткие теоретические сведения

Для управления режимами энергосистем и электрических сетей имеются различные *средства управления и регулирования*, оказывающие разное влияние на режимы. К ним относятся:

- котлоагрегаты, турбогенераторы, гидрогенераторы электростанций с их системами регулирования вспомогательным технологическим оборудованием;
- трансформаторы без регулирования напряжения под нагрузкой (без РПН);
- устройства РПН трансформаторов и вольтодобавочных трансформаторов (ВДТ) продольного, поперечного и продольно-поперечного регулирования;
- различные компенсирующие устройства: батареи конденсаторов (БК), синхронные компенсаторы (СК), статические тиристорные компенсаторы (СТК), шунтирующие реакторы (ШР) и др.;
- коммутационные аппараты, прежде всего выключатели, а также выключатели нагрузки, разъединители, отделители, выключатели-включатели и др.;
- дугогасящие катушки для компенсации емкостных токов в сетях с изолированной нейтралью;
- различные устройства автоматического регулирования возбуждения (АРВ) генераторов, напряжения трансформаторов (АРНТ) и др.;
- каналы связи (проводные, высокочастотные, радиоканалы), системы телеизмерения, телесигнализации и телеуправления;
- устройства телеуправления мощностью электростанций, выключателями, настройкой релейной защиты и автоматики;
- информационно-вычислительные комплексы для сбора, обработки, хранения и передачи информации о параметрах оборудования и режимов;

- автоматизированные системы управления электростанциями и подстанциями.

Для реализации согласованных действий диспетчерского персонала различных уровней по управлению режимами все оборудование энергосистемы в зависимости от подчиненности разделяется на нижеследующие категории.

1. *Оборудование, находящееся в оперативном управлении*

диспетчера данного уровня. Так, в оперативном управлении диспетчера ОДУ должно находиться оборудование, операции с которым отражаются непосредственно на балансе мощности системы, потокораспределении в системообразующей сети, показателях качества электроэнергии (частота и напряжение), экономических показателях функционирования системы и ее надежности. Это оборудование требует согласованных мероприятий по управлению основной схемой сети (например, при производстве оперативных переключений, настройке релейной защиты и автоматики), осуществляемых одновременно на нескольких объектах. Операции с таким оборудованием выполняются только по распоряжению диспетчера, в чьем управлении оно находится.

2. *Оборудование, находящееся в оперативном ведении диспетчера* данного уровня. Так, в оперативном ведении диспетчера ОДУ должно находиться остальное оборудование, участвующее в производстве и передаче электроэнергии и оказывающее заметное влияние на режим системы. Операции с этим оборудованием производятся с разрешения (согласия) диспетчера, в чьем ведении оно находится.

3. *Оборудование, находящееся в оперативном управлении и ведении диспетчеров нижестоящих звеньев диспетчерского управления.* К нему относится оборудование, операции с которым не отражаются на основной сети энергосистемы.

В соответствии с межгосударственным стандартом стран СНГ *качество частоты* в энергосистеме оценивается отклонением частоты, под которым понимают алгебраическую разность между фактическим значением частоты и ее номинальным значением при медленных изменениях.

Первичное регулирование частоты — процесс мобилизации первичной регулирующей мощности электростанций и энергосистем при возникновении небаланса мощности, заканчивающийся установлением неуравновешенного баланса мощности при новой частоте.

Вторичное регулирование частоты (режима) — процесс восстановления планового баланса мощности путем использования вторичной регулирующей мощности для компенсации возникшего небаланса мощности, ликвидации перегрузки транзитных связей, восстановления частоты и потраченных при действии первичного регулирования резервов первичной регулирующей мощности. Вторичное регулирование может осуществляться по команде диспетчера или систем автоматического режима по частоте и перетокам мощности.

Третичное регулирование частоты — оперативное регулирование мощности специально выделенных электростанций с целью восстановления вторичного резерва по мере его исчерпания, а также для осуществления оперативной коррекции режима в иных целях (например, для оптимизации распределения нагрузок между электростанциями при изменившейся нагрузке потребителей).

При неуправляемом процессе снижения частоты вследствие появления больших дефицитов мощности может возникнуть *лавина частоты*. Это явление более вероятно в дефицитных системах и энергорайонах при отключении линий, по которым в них подается мощность. Лавина частоты в системе может приводить к отрицательным техническим, экономическим и социальным последствиям. Поэтому, чтобы не допустить ее, при оперативном управлении должны быть

приняты все меры вплоть до отключения части потребителей от устройства АЧР, а также отключения вручную.

Вопросы к практическому занятию 4

1. Какие известны способы и средства регулирования режимов?
2. Что включает ведение заданного режима на уровне ОДУ, ЦДС, ОДС?
3. Как осуществляется управление оборудованием, находящимся в оперативном управлении и оперативном ведении диспетчера?
4. Какое оборудование находится в оперативном управлении диспетчера ОДУ, ЦДС, ОДС, РДС РЭС?
5. Каким показателем оценивается качество частоты?
6. Что понимается под первичным и вторичным регулированием частоты?
7. От чего зависит баланс активной мощности в системе?
8. По каким формулам определяется крутизна характеристики регулятора скорости турбин и крутизна статической характеристики нагрузки по частоте?
9. Как учитывается отклонение частоты при контроле за межсистемными перетоками активной мощности?
10. Каково назначение первичного и вторичного регулирования частоты?
11. Какие станции наиболее удобно привлекать к вторичному регулированию частоты?
12. Что понимают под лавиной частоты? При каких условиях она может возникнуть?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6

Резервы мощности в энергосистемах

Краткие теоретические сведения

Под *полным резервом активной мощности* понимают разность между мощностью электростанций и суммарной нагрузкой потребителей. По назначению различают следующие виды резервов мощности: ремонтный, эксплуатационный, аварийный, нагрузочный и резерв взаимопомощи.

Ремонтный резерв предназначен для компенсации мощности генераторов, выводимых в плановые ремонты. Капитальный ремонт выполняется, как правило, при сезонных снижениях потребления системы (например, летом). Поэтому при максимальных нагрузках ремонтный резерв необходим в основном для проведения текущих ремонтов.

Эксплуатационный резерв служит для компенсации временного снижения мощности, которое возникает в условиях эксплуатации, но не имеет аварийного характера. Например, мощность ГЭС со слабо зарегулированным стоком уменьшается при сезонных снижениях напора воды в период ее максимального расхода за счет повышения отметки нижнего бьефа. Снижение электрической мощности ТЭЦ происходит обычно при уменьшении тепловой нагрузки. Это в большей мере касается ТЭЦ, имеющих турбины с противодавлением. На КЭС эксплуатационные снижения располагаемой мощности могут происходить за счет низкой калорийности топлива, при повышении температуры циркуляционной воды и т.д. Все эти отклонения можно более или менее предвидеть заранее.

Аварийный резерв предназначен для обеспечения электроснабжения в случае снижения мощности, вызванного аварийным простоем оборудования станций или электрических сетей.

Нагрузочный резерв служит для компенсации возможных превышений действительной нагрузки энергосистемы над расчетной из-за ошибок прогнозирования суточного графика нагрузки. Он составляет 2,5...3,0% от максимального потребления.

Резерв взаимопомощи создается для оказания помощи энергосистемам других стран в соответствии с действующими договорами.

Ремонтный и эксплуатационный резервы относятся к *планируемому резерву*, величина которого зависит от технических характеристик станций и необходимого объема ремонтов. Она в известной мере может быть определена заранее. Совокупность аварийного и нагрузочного резервов и резерва взаимопомощи называется *оперативным резервом*.

По степени мобильности устанавливают категории оперативного резерва первой, второй и третьей очереди.

Вопросы к практическому занятию 6

1. Какие известны виды резервов активной мощности в системе?
2. Что понимается под резервом энергии?
3. Каково назначение оперативного резерва мощности? Из каких частей он должен состоять?
4. Что такое резерв взаимопомощи?
5. Что такое аварийный резерв?
6. Что такое эксплуатационный резерв?
7. Что такое категории оперативного резерва по степени мобильности?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7

Баланс реактивной мощности в энергосистемах и регулирование напряжения

Краткие теоретические сведения

В установившихся режимах энергосистем должен соблюдаться оперативный баланс реактивных мощностей, включающий: реактивную мощность генераторов электростанций; зарядную мощность линий; реактивную мощность синхронных двигателей, которые могут работать в режиме перевозбуждения или недовозбуждения; мощность компенсирующих устройств в режиме выдачи или потребления реактивной мощности; реактивную мощность потребителей, в том числе собственных нужд электростанций и подстанций; потери реактивной мощности в электрических сетях.

При напряжении в узле потребления меньше критического дальнейшее снижение напряжения вызывает дополнительные падения напряжения в сети и, как следствие, дальнейшее снижение напряжения. Возникнет лавинообразный процесс, называемый *лавиной напряжения*.

Наиболее распространенные средства генерации и регулирования реактивной мощности.

- Генераторы электрических станций
- Линии электропередачи
- Компенсирующие устройства

Регулирование напряжения при оперативном управлении энергосистемами и электрическими сетями должно обеспечивать решение следующих задач:

- поддержание допустимых в соответствии с ГОСТом напряжений у потребителей;

- поддержание оптимального режима напряжений в системообразующих и питающих сетях 750...35 кВ, обеспечивающего минимум суммарных потерь активной мощности.

Для регулирования напряжения в энергосистемах используются:

- генераторы электростанций и синхронные компенсаторы путем регулирования тока возбуждения, в том числе в зоне недовозбуждения;
- трансформаторы, автотрансформаторы и вольтодобавочные трансформаторы путем изменения их коэффициентов трансформации;
- батареи конденсаторов на системных и потребительских подстанциях путем их полного или частичного включения или отключения;
- нерегулируемые шунтирующие реакторы путем их включения или отключения;
- управляемые реакторы с плавным или ступенчатым регулированием;
- статические тиристорные компенсаторы.

Вопросы к практическому занятию 7

1. В чем суть баланса реактивной мощности в системе?
2. Что понимается под лавиной напряжения? При каких условиях она может произойти?
3. Может ли произойти лавина напряжения в отдельном узле, а не во всей системе сразу?
4. Какие факторы ограничивают выдачу и потребление реактивной мощности генераторами электростанций?
5. Каково может быть соотношение зарядной мощности линии и потерь реактивной мощности в ней и от чего это соотношение зависит?

6. От чего зависит выдаваемая в сеть реактивная мощность батареи конденсаторов и потребляемая из сети реактивная мощность шунтирующих реакторов?
7. В каких режимах может работать синхронный компенсатор?
8. Каковы ограничивающие факторы при работе генераторов в режиме недовозбуждения?
9. Какие условия должны соблюдаться при переводе генераторов в режим недовозбуждения?
10. Каковы задачи регулирования напряжения в системе?
11. По какому критерию должно осуществляться регулирование напряжения в системообразующих и питающих сетях?
12. Как отражается состояние погоды на выборе оптимальных режимных напряжений?
13. Что понимается под контрольными точками по напряжению? В каких узлах системы они устанавливаются?
14. Как выбирается режим напряжений в центре питания распределительной сети?
15. Из каких соображений выбираются ответвления трансформаторов напряжением 6... 10/0,38 кВ в распределительных сетях?
16. Что такое зона нечувствительности регулятора напряжения?
17. Каковы длительно допустимые рабочие напряжения в сетях напряжением 750...6 кВ?
18. Какие средства используют в системах для регулирования напряжения?
19. Каков принцип воздействия на режим напряжений генераторов электростанций?
20. На что надо воздействовать, чтобы изменить на генераторе активную и реактивную мощность?

21. От чего зависит соотношение напряжений по концам линии? Какое оно может быть?
22. Каковы особенности регулирования напряжения в узле нагрузки с дефицитом реактивной мощности?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8

Нормальные и ремонтные схемы соединений энергосистем

Краткие теоретические сведения

Схемы электрических соединений в нормальных и ремонтных режимах *должны обеспечивать:*

- надежное электроснабжение потребителей, которое непосредственно связано с пропускной способностью линий электропередачи, сети, сечения сети;
- устойчивость электрических станций, узлов нагрузки и энергосистемы в целом;
- соответствие токов короткого замыкания допустимым для установленного оборудования (выключателей, разъединителей, шин и т.д.);
- правильность работы противоаварийной и системной автоматики;
- экономичное потокораспределение активных и реактивных мощностей;
- качество электрической энергии в соответствии с требованиями стандарта;
- локализацию возможных аварий с минимальными отключениями потребителей и минимальной потерей генерирующих мощностей.

Под *пропускной способностью* линии электропередачи понимают активную или полную мощность, которую можно длительно передавать с учетом технических ограничений. К таким ограничениям относятся допустимый ток по нагреву проводов, допустимая потеря напряжения, устойчивость параллельной работы электростанций, пропускная способность концевых устройств (трансформаторов, выключателей и т.п.), вынужденные уставки релейной защиты. Перегрузочная способность в период аварий или в послеаварийном режиме определяется теми же факторами.

Для группы линий применяют термин «*сечение электрической сети*», под которым понимают совокупность линий электропередачи,

характеризующую суммарную пропускную способность определенного района электрической сети. При проектировании энергосистем обычно используют показатель надежности N-1. Это означает, что сечение сети должно обеспечивать заданную пропускную способность без ограничения потребителей при отключении любой линии из данной группы линий.

Для ограничения токов короткого замыкания и согласования их с параметрами установленного в системе электрооборудования используются различные способы как на стадии проектирования, так и в условиях эксплуатации системы. Основные из них:

1. Секционирование основных сетей энергосистемы.
2. Опережающее деление сети в режиме короткого замыкания.
3. Секционирование шин электростанций и подстанций
4. Применение токоограничивающих реакторов
5. Выбор режимов заземления нейтралей трансформаторов.
6. Включение в нейтрали трансформаторов и автотрансформаторов токоограничивающих реакторов или резисторов.

Достоинства *релейной защиты* оцениваются селективностью (избирательностью) действия и быстродействием. С точки зрения настройки релейной защиты на соответствующую схему можно выделить два типа защит:

- 1) неизменно селективные, срабатывающие при возникновении аварий на данном элементе независимо от схемы сети в данный момент;
- 2) условно селективные, правильная работа которых зависит от схемы сети.

В энергосистемах распространена *специальная автоматика отключения нагрузки* (САОН), назначение которой заключается в следующем: • сохранение устойчивости параллельной работы дефицитных частей системы с остальной системой в послеаварийных режимах;

- сохранение устойчивости узла нагрузки в послеаварийных режимах после отключения одной из основных питающих линий;

- ликвидация перегрузки оставшихся связей (линий, трансформаторов) при аварийном отключении одной из линий сечения сети.

Основной противоаварийной автоматикой для предотвращения и ликвидации системных аварий при возникновении внезапного дефицита активной мощности является *автоматическая частотная разгрузка потребителей*.

Оборудование энергосистем (котлы, турбогенераторы, трансформаторы, линии электропередачи и т.п.) может находиться в одном из следующих *оперативных состояний*: в работе в соответствии с его эксплуатационными характеристиками, работе с ограничениями, работе в испытательном режиме, резерве, ремонте, на консервации, вне резерва (когда не может быть включено в работу из-за соответствующего технологического состояния).

Вопросы к практическому занятию 7

1. Каковы требования к оперативным схемам электрических соединений?
2. Что понимается под пропускной способностью линии и сечения электрической сети? Какими факторами она может ограничиваться?
3. Что характеризует показатель надежности N-1?
4. Почему распределительные сети напряжением 6...20 кВ работают обычно в разомкнутом режиме?
5. Как используется оперативная маневренность схем электрических соединений при ремонтах оборудования?
6. Какие известны способы ограничения токов короткого замыкания?
7. Каковы принципы управления настройкой релейной защиты и противоаварийной автоматики при управлении режимами?
8. Каково назначение специальной автоматики отключения нагрузки?

9. Как обеспечивается самонастройка устройств автоматической частотной разгрузки?
10. Каковы задачи управления режимом нейтрали трансформаторов в сетях с глухозаземленной нейтралью?
11. Как осуществляется управление режимом нейтрали трансформаторов в сетях с изолированной нейтралью?
12. Каков порядок вывода оборудования системы в ремонт?
13. Как осуществляется допуск к ремонтным работам на линиях электропередачи?
14. Какие параметры характеризуют пусковые режимы котлов и турбин электростанций?
15. В чем заключается пуск синхронных генераторов?
16. Какие бывают виды испытаний оборудования?
17. В чем заключается проверка чередования фаз и фазировки линий и трансформаторов? В каких случаях ее следует проводить?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9

Общие принципы ликвидации аварий в энергосистемах

Краткие теоретические сведения

Совокупность процессов, происходящих в энергосистеме и определяющих ее состояние в любой момент времени или на некотором его интервале, называется *режимом системы*.

Режим энергосистемы зависит от схемы соединения ее элементов и характеризуется показателями, называемыми параметрами режима. К ним относятся частота, напряжение, мощность, ток, углы сдвига векторов ЭДС, напряжений, токов и т.д.

Режим энергосистемы может быть установившимся или переходным, нормальным или аварийным. Различают следующие *основные виды режимов* электрических систем:

- нормальный установившийся режим, при котором обеспечивается снабжение всех потребителей электроэнергией надлежащего качества, а параметры режима могут приниматься неизменными;
- нормальный переходный режим, во время которого энергосистема переходит из одного нормального рабочего состояния в другое;
- аварийный переходный режим, обусловленный возникновением аварийных или не предусмотренных при проектировании систем ситуаций, при котором скорости изменения параметров настолько значительны, что должны учитываться при эксплуатации энергосистем;
- аварийный установившийся режим, при котором не обеспечивается снабжение электроэнергией всех потребителей и (или) параметры режима не находятся в установленных допустимых пределах; в таких режимах требуется устранение аварийных условий;

- длительный переходный режим, обусловленный возмущениями, при котором вступает в действие автоматика турбин, котлов электростанций, противоаварийная автоматика энергосистем, диспетчер принимает меры по предотвращению развития аварии;
- восстановительный режим, при котором обеспечивается возврат системы к нормальному функционированию.

Наиболее характерные *этапы развития аварийного процесса*:

- возникновение короткого замыкания на оборудовании энергосистемы (на линии электропередачи, трансформаторе, генераторе, распределительном устройстве подстанции или электростанции);
- отделение неповрежденного оборудования от основной сети энергосистемы (вследствие ошибок оперативного персонала или неправильных действий релейной защиты и автоматики);
- нарушение баланса мощностей в энергосистеме либо в отдельных ее энергорайонах из-за отключения нагрузки, оборудования сети, электростанций или отдельных генераторов;
- перегрузка оборудования электростанций или электрической сети;
- нарушение синхронной работы отдельных энергосистем или районов энергообъединения;
- отделение энергорайона с дефицитом (или избытком) активной (или реактивной) мощности.

Процессы, происходящие в энергосистемах при авариях, могут быть разделены по скорости их протекания на три категории (рис. 4.3). К первой категории относятся короткие замыкания, коммутации в электрической сети и вызываемые ими быстрые (доли секунды) *электромагнитные процессы*. Если наряду с электромагнитными процессами в энергосистеме происходят и механические процессы, например в турбинах и их автоматических

регуляторах, в двигателях нагрузки, где электрическая энергия преобразуется в механическую, то в системе происходят *электромеханические процессы* (вторая категория), которые продолжаются, как правило, уже несколько секунд. К третьей категории относятся *длительные переходные процессы*, обусловленные возникновением дефицитов и избытков мощности, когда изменяются основные параметры режима сист-мы: частота, напряжение и перетоки мощности по линиям электропередачи. Длительность таких процессов может достигать нескольких десятков минут.

При быстро развивающихся процессах ликвидация или предотвращение аварий осуществляется комплексом устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики, в состав которого входят:

- релейная защита, выявляющая и отключающая поврежденное оборудование;
- устройства АПВ, восстанавливающие нормальную схему сети в случае, если повреждение было неустойчивым;
- устройства АВР, включающие резервные источники питания потребителей;
- автоматика управления активной мощностью, предотвращающая нарушение устойчивости (АПНУ); к ней относятся также автоматика разгрузки электростанций, автоматика загрузки генераторов, САОН, селективная автоматика предотвращения асинхронного хода (САПАХ);
- автоматика, устраняющая перегрузки линий по допустимому току нагрева проводов;
- автоматика, ликвидирующая асинхронный режим (АЛАР, АПАХ), осуществляющая деление энергосистемы на несинхронно работающие части;

- автоматика, восстанавливающая баланс активной или реактивной мощности в отделившейся части энергосистемы; в ее состав входят АЧР, автоматика частотного пуска агрегатов, дополнительная аварийная разгрузка по напряжению (ДАРН), АЧД, отделяющая от системы электростанции или генераторы с собственными нуждами на сбалансированную нагрузку при понижении частоты и напряжения;
- автоматика ограничения повышения частоты (АОЧ);
- автоматика ограничения повышения напряжения и др.

При возникновении аварий в энергосистеме (сети) оперативный персонал должен прежде всего распознать аварию и оценить ее последствия.

Это можно сделать на основании показаний приборов, сигнализации о срабатывании устройств защиты и автоматики, информации оперативноинформационного комплекса (ОИК), сообщений оперативного персонала.

Диспетчер составляет *план действий по ликвидации аварии*, который должен отвечать трем основным требованиям: безопасность персонала, сохранность оборудования, скорейшее восстановление электроснабжения потребителей.

Различают четыре характерные *структуры оперативного управления*:

- 1) иерархическую;
- 2) строго централизованную;
- 3) централизованную; 4) смешанную.

При возникновении аварии каждый оперативный работник самостоятельно ведет ликвидацию аварии на оборудовании, находящемся в его непосредственном оперативном управлении, привлекая весь подчиненный ему персонал. При необходимости к ликвидации аварии по требованию

диспетчера может быть привлечен любой работник, в том числе руководящий персонал энергосистемы, сетей или электростанций.

Все распоряжения дежурного диспетчера по вопросам, входящим в его компетенцию, обязательны к исполнению подчиненным оперативным персоналом. Если распоряжение диспетчера представляется подчиненному оперативному персоналу неверным, он обязан указать на это диспетчеру. При подтверждении диспетчером своего распоряжения оперативный работник обязан его выполнить.

Вопросы к практическому занятию 8

1. Что понимается под режимом энергосистемы?
2. Какие вы знаете основные виды режимов электрических систем?
3. Каковы наиболее характерные этапы развития аварийного процесса?
4. Какие категории переходных процессов вы знаете?
5. Какие устройства релейной защиты и автоматики предназначены для ликвидации и предотвращения аварий в энергосистемах?
6. Какие вы знаете аварийные режимы электрических систем?
7. Как диспетчер может распознать аварию и оценить ее последствия?
8. Каким требованиям должен отвечать план ликвидации аварий?
9. Какие вы знаете управляющие воздействия диспетчера на электростанцию, потребителей электроэнергии и электрическую сеть?
10. Какие вы знаете структуры оперативного управления?
11. Кто может быть привлечен к ликвидации аварии?
12. Как должен действовать оперативный персонал, если распоряжения диспетчера представляются ему неверными?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 10

Ликвидация аварий на объектах энергосистемы

Краткие теоретические сведения

Перегрузки линий электропередачи в условиях эксплуатации неизбежны и возникают в основном в результате:

- изменения схемы сети (отключения линий или трансформаторов);
- аварийного снижения генерирующей мощности в приемной части энергосистемы;
- аварийного снижения электропотребления в избыточной части энергосистемы;
- разделения энергосистемы на части.

Перегрузка линий электропередачи может быть *опасна* вследствие:

- нарушения статической устойчивости;
- превышения допустимой температуры нагрева провода (токовая перегрузка линии);
- токовой перегрузки выключателей, разъединителей, трансформаторов тока и другого оборудования, входящего в состав линий электропередачи.

Под воздействием тока, проходящего по проводам, происходят следующие явления:

- изменяются механические характеристики материала провода и его способность нести механическую нагрузку;
- провод удлиняется, вследствие чего увеличивается стрела провеса, уменьшаются габариты провода до земли и находящихся на ней предметов;
- увеличивается нагрев соединительных зажимов проводов, что приводит к снижению их прочности;

- изменяются температура и сопротивление провода и как следствие этого — количество теплоты, выделяемое проводом в окружающую среду.

В настоящее время *допустимую токовую нагрузку* определяют исходя из допустимой температуры нагрева провода 70 °С при температуре окружающего воздуха 25 °С и скорости ветра 0,6 м/с. Такая допустимая температура принята с учетом условий работы контактных соединений.

Под *нагрузочной способностью* понимают способность трансформатора нести нагрузку, превышающую номинальную. В условиях эксплуатации она определяется графиком нагрузки и температурой охлаждающей среды.

В условиях эксплуатации различают два вида *перегрузок трансформаторов*: систематические и аварийные.

Основные *причины аварийного снижения частоты* — отключение части генерирующей мощности; отделение части системы с дефицитом генерирующей мощности из-за аварийного отключения линий электропередачи; нарушение устойчивости электростанций с последующим отключением линий электропередачи и генераторов.

Лавина частоты возникает в условиях, когда полностью исчерпана мощность электростанций. Поэтому единственная возможность удержать частоту на допустимом уровне — это снижение мощности потребителей электроэнергии.

Для предотвращения и ограничения развития аварий со снижением частоты в энергосистемах применяется комплекс средств противоаварийной автоматики. Одним из них является *АЧР*, основное назначение которой — отключением части менее ответственных потребителей сохранить электрические станции в работе и обеспечить питание наиболее ответственных потребителей.

Автоматическая частотная разгрузка имеет несколько *категорий*:

- АЧР I — быстродействующая разгрузка, имеющая различные по частоте уставки и минимальные выдержки времени, близкие к нулю; цель АЧР I — прекращение снижения частоты после возникновения дефицита мощности;
- АЧР II — медленнодействующая разгрузка с уставками, близкими по частоте и разными по времени; на АЧР II возлагается функция подъема частоты до допустимого уровня;
- дополнительная, действующая при больших дефицитах мощности и предназначенная для ускорения отключения потребителей и увеличения объема отключаемой нагрузки;
- спецочереди АЧР, предназначенные для предотвращения снижения частоты в энергообъединении до верхних уставок АЧР II в случаях, когда в напряженных режимах не удастся реализовать оперативные ограничения и отключения потребителей при возникновении дефицита мощности.

Вопросы к практическому занятию 9

1. Когда возникают перегрузки линий электропередачи?
2. Чем опасна перегрузка линий электропередачи?
3. Какие явления происходят в линии при прохождении по ней тока?
4. Чем определяется допустимая токовая нагрузка линии?
5. Какова допустимая длительность перегрузки линии?
6. Какие основные мероприятия могут быть использованы для устранения перегрузки линии?
7. Что понимается под нагрузочной способностью трансформатора?
8. Какие различают виды перегрузки трансформаторов?
9. От чего зависит допустимая длительность перегрузки трансформатора?
10. Какие основные мероприятия могут быть использованы для устранения перегрузки трансформаторов?

11. Можно ли допустить большие величину и длительность систематической перегрузки трансформатора, чем разрешает ГОСТ, инструкция?
12. Каковы причины аварийного снижения частоты?
13. Как действует автоматический регулятор скорости турбин при снижении или повышении частоты?
14. Когда возникает лавина частоты?
15. Каково основное назначение АЧР?
16. Какие категории имеет АЧР?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д.Л. Файбисовича.- М.: Изд. НЦ ЭНАС.- 2012.- 352 с.
2. Правила устройства электроустановок. - СПб.: издательство Деан, 2007. – 928с.
3. Оперативное управление в энергосистемах: учеб. пособие / Е.В. Калентионюк, В.Г. Прокопенко, В.Т. Федин ; под общ. ред. ВТ. Федина. — Минск : Выш. шк., 2007. — 351 с.
4. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике / В А. Баринов [и др.]; под общ. ред. Ю.Н. Руденко, В А. Семенова. М., 2000.
5. Андриевский, В.Н. Эксплуатация воздушных линий электропередачи / В.Н. Андриевский, А.Г. Голованов, А.С. Зеличенко. М., 1976.
6. Баринов, В.А. Режимы энергосистем. Методы анализа и управления / В.А. Баринов, С.А. Совалов. М., 1990.
7. Баркан, Я.Д. Автоматизация энергосистем / Я.Д. Баркан, Л .И. Орехов. М., 1981.
8. Баркан, Я.Д. Эксплуатация электрических систем / Я.Д. Баркан. М., 1990.

9. Портной, М.Г. Управление энергосистемами для обеспечения устойчивости / М.Г. Портной, Р.С. Рабинович. М., 1978.
10. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок. М., 1987.
11. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. М., 1989.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические рекомендации

по организации самостоятельной работы обучающихся
по дисциплине **Планирование электроэнергетических режимов**
Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) Интеллектуальные системы электроснабжения

Ставрополь, 2026

1. МЕТОДИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1.1. Методика самостоятельной работы по подготовке к лекции

При подготовке к лекции в первую очередь необходимо прочитать конспект лекции.

Конспект лекции следует рассматривать как источник информации по конкретной дисциплине или группе дисциплин. Любой источник информации содержит лишь некоторый набор сведений, далеко не исчерпывающий существующие точки зрения, статистические данные, аналитические выкладки, касающиеся прямо или косвенно данной тематики. В силу этого обстоятельства конспекты лекций рекомендуется расширять и обогащать, активно используя дополнительную литературу.

Даже самого лучшего конспекта недостаточно, чтобы безупречно подготовиться к тесту, семинару, зачету, экзамену. Конспект лекций – один (но далеко не единственный) из основных источников информации по конкретному курсу, помимо рекомендованных учебников, учебных и учебнометодических пособий, научных работ, аналитических и статистических сборников и прочего. При этом преподаватель в процессе оценки знаний студента обычно ориентируется именно на прочитанные им лекции, поэтому конспекты следует использовать при подготовке к ответу в обязательном порядке.

Во-первых, тему целесообразно учить в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. В учебниках различных авторов в соответствии с их подходом к преподаванию дисциплины темы могут излагаться в различном порядке.

Во-вторых, рекомендованная преподавателем литература по соответствующей теме, отмеченная в конспекте, будет нужна для более широкого обзора темы и охвата всех вопросов, предложенных

преподавателем. При этом самостоятельно, без консультации преподавателя, дополнительную литературу подобрать достаточно сложно.

В-третьих, в конспекте содержится уже проработанная информация, не требующая детального подхода к изучению. Стиль изложения материала в различных литературных источниках далеко не всегда бывает доступным.

В-четвертых, содержание конспекта – минимум, который студент обязан знать в обязательном порядке в соответствии с учебным планом. При этом в авторских учебниках и пособиях отдельным разделам может уделяться большее внимание, чем остальным, а ваш лектор может иметь на этот счет собственное мнение.

В-пятых, конспект окажет вам большую услугу, если рассматривать его как маленькую энциклопедию важнейших вопросов, которые могут быть вам заданы преподавателем. Большинство вопросов при итоговой оценке знаний будет задано с учетом того, что в лекциях предлагались ответы на них.

1.2. Методика самостоятельной работы по подготовке к практическим занятиям

Практические занятия по дисциплине предполагают изучение основных положений планирования и управления режимами энергосистем. В ходе самостоятельной подготовки к практическим занятиям студенты готовят программы расчетов, обрабатывают результаты и составляют отчеты.

Форма отчётности – наличие отчетов по решенным задачам, правильность которых проверяет преподаватель и делает соответствующие пометки в журнале.

В ходе самостоятельной работы студенту необходимо отслеживать научные статьи в специализированных изданиях.

1.3. Методика самостоятельной работы по самостоятельному изучению литературы

Большая часть самостоятельной работы студента состоит в **изучении литературы**. Одна из задач студента – научиться самостоятельно работать с книгой, а это требует определенных затрат энергии и времени. Поэтому надо научиться делать эту работу рационально, то есть необходимо учиться читать. Методы эффективной работы с книгой в целях развития интеллекта можно условно разделить на две группы:

1. Правильная организация процесса чтения
2. Повышение скорости чтения и восприятия.

В комплексе оба метода могут в 2-3 раза сократить время прочтения различных материалов.

При чтении текста мозг формирует «свою трактовку содержания» прочитанного. Происходит перекодирование сообщения на языке собственных мыслей читателя. Мозг выделяет «ядерное», сущностное значение из текста. Эффективность такой перекодировки зависит от осмысления и внимательности чтения.

Дифференциальный алгоритм чтения в соответствии с блоками позволяет реализовать логико-семантический анализ текста: вначале выделить ключевые слова, затем построить смысловые ряды и, наконец, выделив цепь знаний, сформулировать доминанту. Именно так и только так (по О.А. Андрееву) можно увидеть главное, действительно, проникнуть в суть вещей, явлений, излагаемых автором.

Возможны три основных способа чтения.

- Первый способ – артикуляция или проговаривание вслух (или почти вслух) того, что читаешь. Скорость такого чтения невелика.

- Второй способ – чтение про себя, при котором речевой процесс проявлен в форме внутренней речи, то есть без открытой артикуляции. Текст, при этом усваивается более эффективно.

Способ в принципе допускает быстрое чтение.

- Третий, наиболее совершенный способ чтения – тоже молча, но в условиях максимального сжатия внутренней речи, при котором она проявляется в виде коротких залпов ключевых слов и смысловых рядов, адекватно отражающих смысл текста.

Итак, артикуляция замедляет процесс чтения и от нее необходимо избавиться. Однако не приведет ли сокращение артикуляции при повышении скорости чтения к снижению качества восприятия и осмысления полученной информации?

Как показали исследования психологов, иногда при чтении слова могут быть заменены наглядными представлениями, пространственными схемами. Целые группы слов – одним словом.

Быстро читающие люди обладают способностью, не проговаривая читаемый текст, сразу улавливать и фиксировать замысел автора, а затем усваивать его на уровне внутренней речи. В этом случае, несмотря на высокую скорость чтения, происходит глубокое понимание и усвоение прочитанного, так как основная идея понятна с самого начала. Задачу научиться такому чтению можно решать в два этапа. Первый предполагает сокращение артикуляции, если она ярко выражена, второй – овладение приемами чтения, при которых текст воспринимается крупными информационными блоками.

Перед углубленным чтением любого текста (статьи, книги, конспекта, лекции перед экзаменом) сначала бегло просмотрите его целиком. При этом постарайтесь выявить основные стержневые идеи, наиболее крупные части и логику их изложения. Лишь после такого просмотра переходите к более детальному чтению.

Перед чтением статьи или параграфа учебника попробуйте проделать следующее: прочитайте внимательно первый абзац, потом бегло просмотрите первые или последние фразы следующих абзацев (в них обычно содержится основная информация), обратите внимание на курсивы, разрядки, подзаголовочный текст и, наконец, внимательно прочтите один-два последних абзаца; постарайтесь выявить основное направление текста и его построение.

Прочитав в тексте интересную идею, полезно остановить свое внимание на ней, прислушаться к тем мыслям, которые она у вас вызвала, подумать о тех последствиях, которые из нее вытекают, попытаться развивать ее дальше.

Существенно замедляют чтение регрессии – частые возвратные движения глаз, многократное повторное прочитывание материала. Возвратиться к уже прочитанному, но недостаточно хорошо понятому участку лучше всего, когда прочитан законченный смысловой фрагмент текста и сделана хотя бы попытка его осмысления, а не в процессе чтения предложения. Любой текст не однороден по своей информационной насыщенности. В некоторых предложениях, абзацах сконцентрировано очень много информации, например, формулируются основные положения, ведущие идеи и т.д., а другие служат лишь иллюстрацией, фоном. Таким образом, текст имеет «смысловой рельеф». Чем точнее читатель умеет определить степень важности каждого отрезка текста и приспособить к «смысловому барьеру» способ своего чтения (то есть замедлить и углубить в более важных местах и ускорять в менее важных), тем продуктивнее чтение. Постарайтесь гибко варьировать способ работы с текстом в соответствии с его «смысловым барьером».

Чтобы чтение было эффективным, попробуйте по прочитанному всегда отвечать на 6 вопросов: *«Кто делает? Что делает? Когда? Почему? Где? Как?»*

Самостоятельная работа с книгой может быть успешной, если текст не только прочитан, но и законспектирован. Существует несколько **форм записей**, но любая форма записи не даст нужного результата, если не будет пробуждать мысли того, кто ее ведет, если отсутствует активная работа ума и формирование своих выводов из прочитанного.

Выбор формы записи зависит от индивидуальных особенностей человека, его образованности и опыта. При этом не меньшую роль играет назначение записей, то есть то, какие задачи ставит перед собой человек (для самообразования, для выступления на семинаре, для использования в будущем).

Введение записей мобилизует наряду со зрительной памятью, также и моторную память. Кроме того, у человека, систематически ведущего записи изучаемой литературы, создается свой фонд материалов для быстрого повторения и мобилизации накопленных знаний.

Все записи должны быть убористыми и компактными. Интервалы между строками должны быть достаточными, чтобы вписывать дополнения. Рекомендуется вести записи ручкой, а карандашом или ручкой другого цвета пользоваться для отметок и выделений при последующей работе. Полезно также датировать записи.

Записи могут носить различный характер: план, выписки, тезисы, аннотирование, конспектирование, реферирование.

1.4 Методические указания по самостоятельному решению задач

В ходе самостоятельной подготовки к практическим занятиям студенты выполняют расчеты, представляемые в виде письменных отчетов,

правильность которых проверяет преподаватель и делает соответствующие пометки в журнале.

1.5 Методика самостоятельной работы по подготовке к зачету с оценкой

Экзаменационная сессия – очень тяжелый период работы для студентов и ответственный труд для преподавателей. Главная задача – проверка качества усвоения содержания дисциплины.

На основе такой проверки оценивается учебная работа не только студентов, но и преподавателей: по результатам экзаменов можно судить и о качестве всего учебного процесса. При подготовке к экзамену студенты повторяют материал курсов, которые они слушали и изучали в течение семестра, обобщают полученные знания, выделяют главное в предмете, воспроизводят общую картину для того, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программы курса и конспект, которые указывают, что в курсе наиболее важно. Основной материал должен прорабатываться по учебнику, поскольку конспекта недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть проработан в течение семестра, а перед экзаменом важно сосредоточить внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением в памяти его краткого содержания в логической последовательности.

До экзамена обычно проводится консультация, но она не может возместить отсутствия систематической работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает лишь ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы. Польза от консультации будет только в том случае, если студент до нее проработает весь материал. Надо учиться задавать вопросы,

вырабатывать привычку пользоваться справочниками, энциклопедиями, а не быть на иждивении у преподавателей, который не всегда может тут же, «с ходу» назвать какой-либо факт, имя, событие.

На экзамене нужно показать не только знание предмета, но и умение логически связно построить устный ответ.

Получив билет, надо вдуматься в поставленные вопросы для того, чтобы правильно понять их. Нередко студент отвечает не на тот вопрос, который поставлен, или в простом вопросе ищет скрытого смысла. Не поняв вопроса и не обдумав план ответа, не следует начинать писать. Конспект своего ответа надо рассматривать как план краткого сообщения на данную тему и составлять ответ нужно кратко. При этом необходимо показать умение выражать мысль четко и доходчиво.

Отвечать нужно спокойно, четко, продуманно, без торопливости, придерживаясь записи своего ответа.

На экзаменах студент показывает не только свои знания, но и учится владеть собой. После ответа на билет могут следовать вопросы, которые имеют целью выяснить понимание других разделов курса, не вошедших в билет. Как правило, на них можно ответить кратко, достаточно показать знание сути вопроса. Часто студенты при ответе на дополнительные вопросы проявляют поспешность: не поняв смысла того, что у них спрашивают, начинают отвечать и нередко говорят не по сути.

Студент должен знать, что на экзамене осуществляется не только контроль и выставляется оценка, но это еще и дополнительная возможность, систематизация знаний. Если говорить о сверхзадаче экзаменатора, то она состоит в уяснении не только и не столько того, что студент выучил, сколько того, чему он научился и что останется у него после экзамена, поскольку этот остаток будет характеризовать образовательный уровень студента.

Следует помнить, что необходимым условием правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, поэтому подготовка к экзаменам не должна быть в ущерб сну. Установлено, что сильное эмоциональное напряжение во время экзаменов неблагоприятно отражается на нервной системе и многие студенты из-за волнений не спят ночи перед экзаменами. Обычно в сессию студенту не до болезни, так как весь организм озабочен одним – сдать экзамены. Но это еще не значит, что последствия неправильно организованного труда и чрезмерной занятости не скажутся потом. Поэтому каждый студент помнить о важности рационального распорядка рабочего дня и о своевременности снятия или уменьшения умственного напряжения.