

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

ДИСПЕТЧЕРСКОЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

сборник учебно-методических материалов

для направления подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Благовещенск, 2017

*Печатается по решению
редакционно-издательского совета
энергетического факультета
Амурского государственного
университета*

Составители: Мясоедов Ю.В., Мясоедова Л.А., Подгурская И.Г.

Диспетчерское и технологическое управление: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 13.03.02. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017.

© Амурский государственный университет, 2017

© Кафедра энергетики, 2017

© Мясоедов Ю.В., Мясоедова Л.А., Подгурская И.Г., составление

Содержание

1 КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА	3
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ.....	100
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.....	140
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	159

1 КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

1. Представление ЭС как объекта деятельности

1.1. Структура контролируемых диспетчером процессов

Деятельность диспетчера по управлению объектом определяется структурой контролируемых им процессов, зависящей от иерархического уровня управления. Так структура контролируемых диспетчером РЭС процессов может быть задана следующим образом:

- изменение времени - независимый линейный процесс;
- независимый случайный процесс изменения погодных условий;
- изменение режимов электропотребления;
- случайные (аварийные) изменения условий внешнего электроснабжения;
- случайный процесс чрезвычайных происшествий - пожары, разрушения и пр.

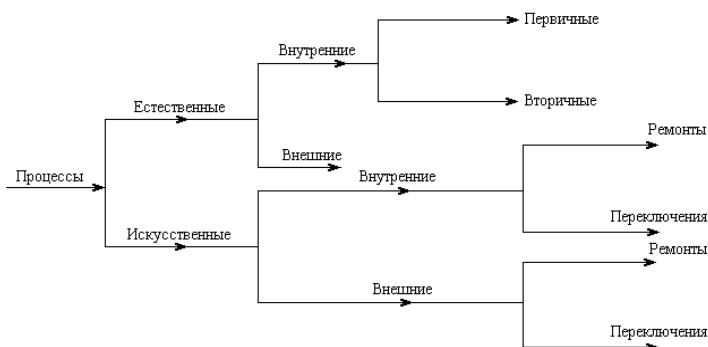


Рис. 1. Структура контролируемых диспетчером РЭС процессов

Естественные внутренние первичные процессы:

- возникновение “земли” в сети 10 и 35 кВ. Параметр процесса - частота возникновения “земли” зависит от погодных условий. При возникновении “земли” возможно как самоустранение “земли”, так и переход замыкания на землю в устойчивое или короткое замыкание.
- аварийное отключение ЛЭП, силовых трансформаторов, шин. Данные процессы обусловлены случайными внешними и внутренними причинами. Существует зависимость аварийных отключений оборудования от характера погоды;
- отказ выключателя с работой УРОВ и отказ короткозамыкателя с работой УРОК.

Внутренние вторичные процессы:

- изменение токовой нагрузки линий электропередач. Загрузка линий электропередач определяется величиной нагрузки потребителей, схемой коммутации сети;
- изменение напряжений в узлах сети. Определяется изменениями напряжений в питающих узлах, изменениями нагрузки, изменениями схемы коммутации сети и коэффициентов трансформации трансформаторов;
- провисание проводов линий электропередач. Определяется изменениями механической нагрузки (например, появлением гололеда), изменениями температуры воздуха, токовой нагрузки линий.

Можно привести основные причинно-следственные связи между задающими процессами и повреждениями или опасными ситуациями в электросетях, например:

- низкая температура, гололед → обрывы проводов;
- высокая температура, перегрузка линий электропередач → недопустимые провисания проводов;
- сильный порывистый ветер → схлестывание и обрывы проводов, повреждение и падение опор;
- недопустимо высокое или низкое напряжение в сети → повреждение электроприемников.

Искусственные процессы. К ним относятся ремонты оборудования электросетей и переключения. Эти процессы регламентируются соответствующими правилами (правила производства работ в электроустановках и правила выполнения оперативных переключений).

1.2. Классификация состояний и режимов ЭС. Требования к ним.

Режимом работы ЭС называется ее состояние, определяемое значениями мощностей, напряжений, токов, частоты, характеризующих процесс производства, преобразования, передачи и распределения энергии и называемых параметрами режима.

Нормальный режим – это режим работы, при котором обеспечивается выполнение требований к надежности, экономичности и качеству электроэнергии.

Режим, в который ЭС вынужденно перешла из нормального и существование которого должно быть ограничено, поскольку нарушена часть критериев надежности, экономичности или качества энергии называется *утяжеленным* (ухудшенным). Этот режим обычно создает повышенную опасность аварийных нарушений и в ряде случаев предшествует аварийному.

Аварийный режим, подлежащий быстрейшей ликвидации, может возникнуть в результате перехода от утяжеленного режима или внезапно – при предшествующем нормальном режиме (например, из-за КЗ).

Послеаварийный режим, в который ЭС переходит из аварийного (обычно в результате действия релейной защиты и автоматики), часто является утяжеленным и необходимо вмешательство оперативного персонала для восстановления длительно допустимого, т.е. нормального, режима. При успешном АПВ осуществляется автоматический переход от аварийного к нормальному без вмешательства персонала.

Задача управления режимами ЭС возложена на диспетчера. Одной из основных функций ОДУ по управлению режимами является функция переключений (маршрутизация потоков). Встроенность диспетчера для выполнения этой функции показана на рис. 2.

Здесь объектом управления является ЭС. У нее можно выделить несколько областей состояний: оптимальных состояний; нормально недопустимых отклонений параметров; неоптимальных потерь энергии; недостаточной надежности; аварийных отключений потребителя.



Рис. 2. Содержание функции переключений в электросетях

Причем постоянно происходит изменение состояний из-за возмущений:

- аварийных отключений;
- изменения режима потребления;
- ремонтных и эксплуатационных изменений;

- изменения режима выработки.

Перечисленные возмущения могут привести к выходу из области оптимальных состояний. Диспетчер на основе информации о текущем состоянии сети, логической основы переключений проводит анализ ситуации, синтезирует решение по вводу в область оптимальных состояний и осуществляет регулирование (переключения).

Т.о., комплекс задач управления режимами связан с реализацией требований по надежности, качеству электроэнергии и экономичности.

Требования по надежности

Оценка и нормирование надежности электроснабжения должны выполняться в проектом и эксплуатационном аспектах. В настоящее время основным критерием надежности является критерий (n-1). Критерий надежности (n-1) говорит, что электроснабжение потребителей не должно нарушаться при отключении любого (ЛЭП, трансформатор, шина, выключатель и т.д.), но только одного элемента.

Требования по качеству электроэнергии

Показателями качества электроэнергии (КЭ) являются следующие показатели: установившееся отклонение напряжения δU ; размах изменения напряжения δU_t ; доза фликера P_t ; коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U ; коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения $K_U(n)$; коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} ; коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} ; отклонение частоты Δf ; длительность провала напряжения Δt_n ; импульсное напряжение $U_{имп}$; коэффициент временного перенапряжения $K_{пер U}$.

Одной из основных характеристик качества электроэнергии является отклонение напряжения. Для отклонения напряжения δU установлены следующие нормы:

- нормально допустимые и предельно допустимые значения на выводах приемников электрической энергии равны соответственно $\pm 5\%$ и $\pm 10\%$ от номинального напряжения электрической сети.

Требования к регулированию напряжения в ЭС определяется в первую очередь необходимостью ограничения допустимыми пределами отклонений напряжения на приемниках электроэнергии, при которых обеспечивается эффективное их использование и удовлетворяются требования надежности (достаточный срок службы приемников).

Напряжение в ЭС регулируется оперативным персоналом в соответствии с заданными графиками напряжения в основных узлах, служащих контрольными точками. Этими графиками, которые задаются в виде двух предельных уровней или в виде оптимального графика с предельно допустимыми отклонениями, должно обеспечиваться поддержание необходимых уровней напряжения в пунктах питания распределительной сети.

Поддержание заданных уровней напряжения осуществляется в настоящее время вручную и с помощью устройств автоматики воздействием на изменение коэффициентов трансформации силовых трансформаторов и последовательных регулировочных устройств, включением и отключением батарей конденсаторов и синхронных компенсаторов.

Требования экономичности

Как уже отмечалось выше, в нормальном режиме должно обеспечиваться удовлетворение потребностей в электрической энергии с соблюдением установленных требований по надежности и качеству при максимальной экономичности. Решение этой задачи обеспечивается: улучшением экономических характеристик оборудования; оптимизацией состава оборудования, включенных в работу; оптимизацией распределения активных мощностей между параллельно работающими энергосистемами, электростанциями и включенными агрегатами; оптимизацией использования энергоресурсов и выработки электроэнергии за длительный период; оптимизацией схемы и режима ЭС по напряжению и реактивной мощности.

Выбор схемы и оптимизация режима ЭС по напряжению и реактивной мощности производится по критерию минимума потерь активной мощности с учетом ограничений по предельным уровням напряжения, определяемым требованием качества электроэнергии и условиями работы оборудования

2. Психологические особенности деятельности диспетчеров энергообъединения.

В современных экономических условиях при эксплуатации энергообъединений и энергосистем наиболее важной является проблема надежности функционирования электрооборудования. Однако, несмотря на широкое внедрение технических и организационных мероприятий, направленных на ее повышение, при реализации диспетчерского и технологического управления энергопредприятием наблюдается тенденция к увеличению отказов оборудования и ошибочных операций, при выполнении персоналом оперативных переключений, что приводит к авариям и несчастным случаям. Это связано не только с моральным и физическим износом оборудования, но и с наличием так называемого человеческого фактора.

Поскольку резко возросла оснащенность рабочего места диспетчера современной вычислительной и коммуникационной техникой, а также современным программным обеспечением под различные задачи его профессиональной деятельности, что обусловлено повсеместным внедрением автоматизированных систем диспетчерского и технологического управления (АСДТУ), можно сделать вывод о значительном увеличении потоков обрабатываемой диспетчером информации, необходимой для принятия рационального решения в условиях жесткого дефицита времени.

Следовательно, для решения проблемы повышения надежности эксплуатации энергообъединений и энергосистем необходимо повышать не только надежность технических устройств, но и надежность выполнения человеком определенных действий, направленных на управление этой техникой.

Процесс управления энергопредприятием и его мониторинг, осуществляемый диспетчером является сложным многофункциональным, поли психическим образованием, который целесообразно реализовать на основе системного подхода с элементами эвристики при представлении процесса управления в виде динамической системы – единой и целостной, но вместе с тем и структурированной.

Функции и задачи диспетчера по управлению энергопредприятием.

Основу деятельности диспетчера энергопредприятия составляют функции по его управлению. Наиболее характерные из них:

- выполнение графиков нагрузки и межсистемных перетоков при заданном резерве мощности;
- разработка оптимального режима работы и схем электрических соединений основной сети, а также порядка регулирования частоты и активной мощности, напряжения и межсистемных перетоков мощности;
- выбор уставок релейной защиты, системной и противоаварийной автоматики (РЗА), а также устройств автоматики регулирования частоты и перетоков мощности (АРЧМ) системного значения (в энергосистемах) и группового регулирования активной мощности (ГРАМ) на электростанциях;
- ликвидация аварий системного значения.

Для реализации этих функций требуется умение адекватного представления структуры и динамики процессов диспетчерского и технологического управления в энергосистеме или в любом ее структурном подразделении, как единого целого организма, отражающего сложные взаимосвязи всех элементов. Данное умение основывается на ряде психических процессов: восприятии, памяти, мышлении и т.д., которые непосредственно используются в повседневной профессиональной деятельности диспетчера, особенно при решении прогностических задач в условиях неполноты и некорректности исходной информации, а именно:

- удовлетворение потребности в электрической энергии;
- бесперебойность энергоснабжения потребителей;
- надежность работы энергопредприятия;
- обеспечение качества энергии;
- обеспечение экономичности работы энергосистемы и др.

Достижение поставленных перед диспетчером задач возможно только лишь при его надежной и эффективной работе, под которой понимается способность диспетчера выполнять в

оптимальном режиме все необходимые профессиональные операции как в обычных, так и в экстремальных условиях.

На основании вышеизложенного, целесообразно рассмотреть динамику деятельности диспетчера и оценить надежность принятия им решений с момента получения информации до отдачи оперативной команды в зависимости от следующих групп факторов, таких как:

- дифференциально-психологические факторы;
- дефицит времени;
- эмоциональные состояния;
- групповые процессы.

Прием и оценка исходной информации.

Основной задачей при анализе потоков информации, получаемых с помощью АРМ диспетчера (автоматизированного рабочего места) является определение оптимального режима ее поступления, с целью исключения как информационной недогрузки, так и перегрузки операторов и поддержания необходимой уровня активности.

В настоящее время намечаются два пути решения проблемы динамических условий приема диспетчером информации. Один заключается в исследовании перцептивных “когнитивных” факторов и выявлении компенсаторных возможностей операторов; второй путь лежит в области дифференциальной психологии и состоит в определении индивидуальных особенностей приема и переработки информации индивидуумами при различных режимах информационной нагрузки.

Поэтому в настоящее время наиболее распространены два способа кодирования диспетчерской информации: на диспетчерском щите – мнемосхема, которая облегчает процесс приема и оценки информации; на персональном компьютере – оперативная схема, выполняющая те же функции, а также, дополнительно, функции непосредственного управления информацией.

Как мнемосхема, так и оперативная схема представляют собой условное графическое изображение управляемого объекта, служащее диспетчеру для облегчения запоминания функциональной схемы управления объектом, мысленного связывания показаний отдельных приборов и других индикационных элементов. Они применяются в тех случаях, когда управляемый объект имеет сложную функциональную структуру, и эта структура может изменяться в процессе оперативного контроля.

В процессе деятельности диспетчера энергопредприятия важно разделять получаемую информацию на основную, требующую немедленного оперативного вмешательства, и второстепенную, которая носит информативный, справочный характер. Поэтому, в последнее время, с целью снижения информативной загрузки диспетчера, а следовательно, и его психологической усталости, на ряде диспетчерских пунктов используют специальное программное обеспечение (“советчик диспетчера”), позволяющее повысить эффективность принимаемых решений за счет предварительной обработки поступающей информации данным комплексом.

Принятие решений

Очень сложен процесс принятия решения у диспетчера, особенно в условиях дефицита времени, так как в оперативном управлении существует большое число задач, требующих при их решении рассмотрения целого ряда аспектов (организационных, правовых, экономических, социально-психологических и т.д.). При решении таких задач большое значение имеет не только непосредственный опыт работы, но и умение логически, рационально мыслить. Здесь процесс принятия решения по своей сути близок к творчеству, причем умственные действия здесь выступают в сокращенном виде: не систематический, всеобъемлющий перебор вариантов, а некоторая рациональная стратегия, существенно ограничивающая поле поиска - то, что обычно называют, эвристическим методом решения.

В качестве эвристик не выступает основной механизм мышления - анализ через синтез, - а есть включение исследуемого объекта во все новые связи с другими предметами и явлениями. При решении нестереотипных задач используются аналогия, упрощение, индукция, эмпатия, инверсия и т.д. Процесс поиска результата можно представить в виде графа (“дерева решений”), в котором эвристики являются своеобразным фильтром вариантов.

Так, при использовании метода аналогии устраняются все промежуточные решения, имеющие различия с выбранным аналогом. Успешное использование аналогии связано также с выходом за рамки привычных ограничений. Упрощение можно представить как процесс отбрасывания несущественных условий, связей и отношений. Особый интерес представляют крайние случаи, в которых искомые зависимости проявляются наиболее четко. Использование индукции подобно нахождению аналогии в рассматриваемых ситуациях; кроме того, оно включает обобщение полученных результатов и их использование при решении новой ситуации.

Решение ряда вопросов происходит путем внезапной догадки, “озарения”; этот прием подобен поиску решения одновременно от начала к концу и от конца к началу, что сокращает число рассматриваемых вариантов сразу с двух сторон.

Интересные данные по индивидуальному стилю мыслительной деятельности получены Ю.Н. Кулюткиным и Г.С. Сухобской. Результаты исследований позволили авторам выделить пять групп, каждой из которых был присущ свой характерный стиль деятельности при решении “нестереотипных” задач.

В одну из них вошли люди, осторожно выдвигавшие гипотезы и осторожно принимавшие решения. Ориентировочные действия у них явно преобладали над исполнительными. Даже в том случае, когда вся предварительная информация была собрана, они колебались в принятии решения и нередко начинали изучать второстепенные детали в задаче, чтобы тем самым заранее обезопасить себя от возможной ошибки.

Другую группу составляли лица с крайне замедленным темпом принятия решения. Ориентировочная фаза решения была у них достаточно развернута. Они делали многочисленные сопоставления между разными условиями задачи, но с трудом останавливались на каком-либо одном плане решения. Допустив малейшую ошибку, они отказывались от общей установки и начинали решать задачу заново.

Представители этой и охарактеризованной выше групп были отнесены к категории лиц с “осторожным характером решений”, а обследование с помощью специальных диагностических методов показало, что они, как правило, обладали слабой нервной системой, высокой чувствительностью и преобладанием процессов торможения над возбуждающими процессами. Поиск решения осторожными испытуемыми был всегда связан с оценкой каждого из совершенных шагов, проверкой и перепроверкой операций.

В следующие две группы вошли люди с “импульсивным характером решений”. Они относились уже к сильному типу нервной системы с преобладанием процессов возбуждения над тормозными процессами, и это нашло соответствующее отражение в характере решения задач: свернутая ориентировочная часть, быстрое выдвижение гипотезы, склонность к риску и минимизация функции самоконтроля. Они использовали преимущественно апостериорную оценку и коррекцию гипотезы, т.е. не оценивали свой каждый шаг.

Действительно, как в процессе приема информации, так и в процессе решения задач и принятия решений заметную роль играют индивидуальные различия диспетчеров.

Таким образом, знание индивидуальных особенностей диспетчеров позволит повысить надежность их деятельности, улучшив качество принятия и переработки информации. Но, кроме учета индивидуального стиля принятия решения, необходимо знание еще многих психологических особенностей, нужных диспетчеру в его деятельности.

Так, например, давно известно, что устойчивость внимания подвержена колебаниям, что очень трудно оставаться внимательным на протяжении длительного времени. Диспетчеру это крайне необходимо, и он “держит внимание” за счет волевых усилий, что в конечном итоге приводит к повышению утомляемости.

Помимо волевого напряжения внимания, диспетчеру энергосистемы необходима высокая скорость принятия решений в условиях дефицита времени. Время простой сенсомоторной реакции зависит от модальности ощущения и интенсивности сигнала. Быстрее всего человек реагирует на тактильные раздражители, затем на слуховые и зрительные. Скорость принятия решения важна в аварийных ситуациях, поэтому подготовка диспетчеров должна строиться с учетом работы в условиях дефицита времени.

Такая подготовка позволяет научить их реагировать с требуемой скоростью (время простой двигательной реакции уменьшается с 0,2 сек. до 0,14 сек) и снизить ошибки на 70%.

У диспетчера должна быть развита оперативная и долговременная память, оперативное мышление. Наличие подобных свойств не только позволит диспетчеру принять быстрое решение, но и позволит гарантировать качество принятого решения.

Эмоциональные перегрузки

При подготовке диспетчера энергопредприятия необходимо учитывать влияние эмоциональных перегрузок в аварийных ситуациях.

Наиболее распространенной формой поведения в экстремальных условиях является следующая: функции человеком выполняются замедленно, импульсивно, напряженно, наблюдается общая заторможенность и скованность. Все эти явления сильно выражены, и внешне испытываемые судорожно сжимают рукоятки управления, напряженно всматриваясь в пульт и т.п. Данный тип поведения называется напряженным.

Другой тип поведения в экстремальных условиях - человек отказывается от выполнения своих функций. Это может проявляться в желании оттянуть время, не вмешиваться в ход событий, иногда оператор даже старается уйти подальше от пульта, чтобы не испытывать влияние эмоциогенных факторов и не волноваться. Такой тип поведения называется трусливым.

Иногда человек просто ничего не может делать и не делает в экстремальной ситуации - тормозной тип.

В ряде случаев под действием стрессорирующих факторов человек начинает действовать агрессивно и бессмысленно. Этот тип поведения называется агрессивно-бесконтрольным.

Однако есть и такие люди, которые в экстремальных условиях начинают работать не хуже, а лучше. Это - прогрессивный тип поведения.

Испытуемые с таким типом поведения в сложных ситуациях отличаются повышенным тонусом, минимальной затратой сил, меньшей утомляемостью. Они работают легко и с удовольствием.

Вышеприведенные типы поведения человека в аварийных ситуациях предложены Е.А. Милеряном.

Исследования, проводившиеся со слушателями СП-Б Ф ВИПКэнерго, показали, что для диспетчеров энергосистем характерны и некоторые другие типы поведения.

Полученные данные можно представить следующим образом:

Таблица 1 - Данные о типе поведения

Тип поведения	Частота встречаемости
Напряженный	3
Трусливый	7
Тормозной	8
Агрессивно-бесконтрольный	4
Прогрессивный	4
Уходящий в мелочи	6
Суетливый	1
Временно заторможенный	2
Ложно-прогрессивный	5

Поведение диспетчера при аварийных ситуациях чаще соответствует следующим типам:

- диспетчер в сложной ситуации не видит общей цели; выделив общее направление необходимых действий, начинает заниматься второстепенными вещами, которые не ведут к скорейшему разрешению ситуации, - уходящий в мелочи;
- диспетчер в момент аварии не может не только принять верное решение, но и осознать направление, в котором необходимо производить действия; он как бы мечется от одного решения к другому - суетливый;
- диспетчер реагирует на начало сложной ситуации как тормозной, но затем включается в работу и демонстрирует прогрессивный тип поведения - временно заторможенный;

- диспетчер демонстрирует прогрессивный тип поведения, но делает совершенно не то, так как принял неверное решение - ложно-прогрессивный.

Надежность работы диспетчера энергосистемы зависит от функции самоконтроля. Общее определение самоконтроля может быть дано с позиции функционального подхода: “самоконтроль как одно из звеньев замкнутого контура самоуправления и саморегулирования, функциональным назначением которого является установление степени рассогласования между эталоном и контролирующей составляющей”.

Основные факторы экстремального воздействия, по мнению диспетчеров, это:

- дефицит информации (часто возникает из-за неумения информативно составлять сводки, вести телефонные и радиопереговоры, из-за неумения общаться на техническом языке);
- невыполнимость работы (возникает чаще всего из-за взаимного непонимания производителей энергии и потребителей энергии);
- лишние люди в момент аварии (зачастую в момент аварии в помещении пульта появляются начальники различных служб (релейной защиты, автоматики и телемеханики и т.п.), присутствие которых, безусловно, является излишним).

Анализируя причины ошибок, диспетчеры, в основном, указывают не на источники ошибок, а на периоды в работе, когда чаще всего появляются ошибки. Во-первых, это авария - моменты эмоциональной и информационной перегрузки; во-вторых - во время спокойной работы.

Большая психологическая нагрузка диспетчера при недостаточном умении самоконтроля влияет на снижение надежности, поэтому необходимо обучение диспетчеров энергосистем методам саморегуляции. Например, аутогенная тренировка позволяет повысить скорость реакции человека на 50%, улучшить способность к концентрации внимания на 60%, увеличить объем зрительной памяти на 60%. Все это, безусловно, позволяет не только научиться управлять собой, но и улучшить столь необходимые для диспетчера качества - внимание, память, время реакции.

3. Оперативные переключения как составная часть диспетчерского и технологического управления энергопредприятием (энергообъединением).

Надежность и эффективность диспетчерского и технологического управления энергопредприятием (энергообъединением) или энергосистемой непосредственно связана с повышенными требованиями, предъявляемыми к оперативным переключениям, как одной из подзадач жизненного цикла оперативного управления, представленного на рис.3.

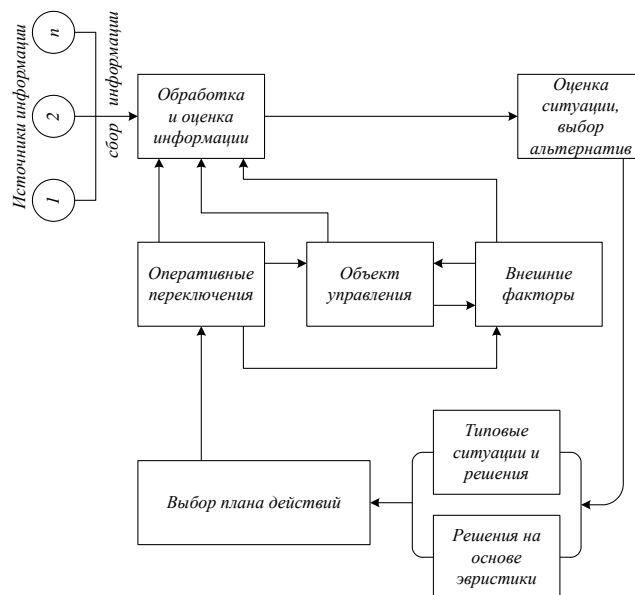


Рис. 3. Схема оперативного управления

Из приведенной примерной схемы оперативного управления следует, что этот цикл включает четыре основных этапа: обработку и оценку получаемой информации, оценку ситуации и выбор альтернатив, выбор плана необходимых действий и непосредственную его реализацию,

т.е. сами оперативные переключения. Эти четыре этапа (вместе с промежуточной фазой принятия либо типового решения, либо решения на основе эвристики) являются этапами действий субъекта управления - оперативного лица (диспетчера). Другими участниками процесса управления являются также показанные на рис.3 объект управления, внешние факторы и источники информации. Стрелками на схеме обозначены управленческие связи между участниками и этапами процесса управления, то есть направления потоков информации и управленческих команд.

Понятие “внешние факторы” варьируется в зависимости от конкретики рассматриваемых цели и задач управления. Для большинства задач по ведению электрического режима нагрузка потребителей электроэнергии в первом приближении рассматривается как величина статическая, независимая от действий оперативного персонала (кроме случаев, связанных с отключением этой нагрузки частично или полностью), что позволяет отнести ее к внешним факторам таким как климатические условия, режимные и прочие связи со смежными организациями и т.п. Однако в случаях, когда рассматриваются задачи, связанным с действиями оперативного персонала по управлению потребителем (регулирование величины электропотребления, изменение КЭ и т.д.), потребителей следует относить к объекту управления.

Этап обработки и оценки информации заключается прежде всего в получении диспетчером сведений о состоянии первичной схемы, о режиме работы оборудования, о состоянии первичного и вторичного оборудования (в том числе о состоянии устройств релейной защиты и автоматики), о персонале, средствах диспетчерского управления и т.п. - применительно как к объекту управления, так и к внешним факторам.

Источниками информации в общем случае являются как технические средства диспетчерского управления входящие в комплекс СДТУ и АСДУ (информационно-измерительный комплекс: датчики телемеханики, лампы вызова на коммутаторе прямой связи), так и устные (радио и телефонные) сообщения оперативных и прочих работников энергосистемы, смежных организаций (в том числе потребителей энергии, посторонних лиц - населения) и т.д.

Поступление информации может осуществляться как по вызову (поступать в ответ на запрос оперативного работника, диспетчера от информационно-измерительного комплекса, от подчиненного и т.д.), так и путем циклического опроса периферийных устройств, но может поступить и неожиданно (спонтанно) в связи с имеющимися место событиями (изменение показаний приборов, доклад местного персонала об аварийной ситуации и т.п.).

В общем случае получение информации - событие растянутое во времени, кроме того, в ряде случаев включающее несколько последовательно поступающих порций - квантов информации. Растянутость во времени и дробность потока информации может вызываться как длительным развитием самого события, порождающего эту информацию, так и неодновременностью срабатывания каналов информации так, например, можно выделить первоначально полученную порцию информации, пришедшую в темпе события по каналам телемеханики и дополнительную информацию, поступающую со значительной задержкой из сообщений подчиненного оперативного персонала (по инициативе этого персонала или по специальным запросам диспетчера).

Сбор информации включает в себя ее обработку и предварительную оценку, в ходе которой следует особо рассмотреть достоверность полученной информации, используя такие методы как сопоставление информации об одном и том же событии, полученной из разных источников или разными путями, а также сопоставление полученных данных с результатами предварительных расчетов, с гипотетической моделью ситуации, а также определить достаточно ли полученной информации для перехода к оценке самой ситуации.

Оценка информации по ее достаточности предполагает проверку наличия таких ее составляющих, как информация о схеме, о режиме, о состоянии оборудования, о работе устройств РЗА и АСДУ, о действиях и состоянии персонала. Успешная ее проверка на достаточность может быть произведена только при наличии у диспетчера гипотетической модели ситуации, конструируемой и видоизменяемой по мере поступления информации.

Если полученной информации недостаточно - следует получить дополнительную, причем, эта дополнительная информация также должна быть проверена с точки зрения достоверности и достаточности.

Оценка ситуации и выбор альтернатив включает построение ситуационной рабочей модели, то есть формирование в сознании диспетчера представления о произошедшем событии. Затем выполняется процедура ее анализа (представление ситуации в виде элементарных событий). Примером могут служить следующие явления - перегрузка оборудования, понижение надежности, повреждение оборудования, погашение потребителей и т.п. Далее проводится оценка возможной динамики развития и предельно допустимого времени нормализации каждого из элементарных событий. Очевидно, что не имея возможности одновременно заняться всеми этими событиями при их многочисленности и многообразии, диспетчер должен их ранжировать, то есть выделить те элементарные события, которые следует нормализовать в первую очередь - с учетом приведенных выше соображений о предельно допустимом времени нормализации, позволяющем исключить усугубление ситуации в целом.

Выбор плана действий включает поиск общего принципа нормализации ситуации (стратегия) с последующей разработкой конкретных операций, основанных на этом принципе (тактическое решение). При этом рекомендуется использовать как типовые ситуации и соответствующие им решения, известные диспетчеру (освоенные в ходе профессиональной подготовки), так и находить новые нетрадиционные решения на основе эвристических методов.

При выборе как стратегии, так и тактики оперативного решения желательно найти такой вариант действий, который бы позволил не только в кратчайшие сроки нормализовать наиболее опасное по своим последствиям элементарное событие, но и по возможности одним ходом обеспечить бы нормализацию возможно большего числа таких событий. Примером является включение резервного элемента электросети, одновременно снижающее величину опасной перегрузки и повышающее надежность электроснабжения.

В общем случае в намеченную программу тактических мероприятий включаются и такие действия, как сбор дополнительной информации или проверка достоверности уже полученной. Первоначально намеченный диспетчером тактический план действий не должен охватывать слишком большое количество мероприятий, то есть не обязательно доводить его до завершения намеченного стратегического решения. При уверенности в практической осуществимости намеченной стратегии действий достаточно иметь тактические решения для первых этапов реализации выбранного стратегического плана. Это объясняется тем, что развитие ситуации, в любой динамической системе (например, электроэнергетической), а также результаты реализации первых этапов намеченного плана могут потребовать корректировки не только тактического, но зачастую и стратегического плана действий.

Этап реализации решения (оперативные переключения) включает непосредственные действия с оборудованием, перемещение оперативного персонала (выезд на подстанцию разъездной оперативной бригады), а также и вытекающую из вышесказанного корректировку. Корректировка может заключаться в полном, кардинальном изменении стратегии (намеченном ранее плане нормализации ситуации) или в “надстройке” первоначально намеченного плана последующими этапами действий. Данный этап также сопровождается получением дополнительной информации обусловленной результатами реализации принятого плана действий.

Таким образом, рассматриваемый жизненный цикл оперативного управления замкнулся, что позволяет на основе заключительной информации принять решение о прекращении оперативных действий или об их продолжении. В последнем случае речь пойдет уже о новом цикле управленческих действий, на базе новой информации о ситуации.

Существует и другой вариант представления цикла оперативного управления, который подробно рассмотрен и обоснован в работах Я.А. Циреля. В них данный цикл реализуется в графической форме, а именно - в виде дерева логических рассуждений. Преимущества такого представления заключаются в возможности наглядного изображения взаимосвязи и взаимовлияния отдельных слагаемых рассматриваемого цикла, а также обеспечении желательной степени надежности.

4. Оперативные переключения: организация, последовательность и типизация.

4.1. Оперативные состояния оборудования

Основными оперативными состояниями электрического оборудования (трансформаторов, коммутационных аппаратов, шин, устройств РЗА и т.п.), установленного на подстанциях энергопредприятий (энергообъединений), являются – рабочее, ремонтное, резервное (в том числе в автоматическом резерве), под напряжением.

Оборудование считается находящимся в *работе*, если коммутационные аппараты в его цепи включены и образована замкнутая электрическая цепь между источником питания и приемником электроэнергии.

Если оборудование отключено коммутационными аппаратами или расшиновано и подготовлено к производству работ, то независимо от выполнения на нем ремонтных работ в данный момент времени оно считается находящимся в *ремонте*.

Оборудование считается находящимся в *резерве*, если оно отключено коммутационными аппаратами и возможно немедленное включение его в работу с помощью этих коммутационных аппаратов.

Оборудование считается находящимся в *автоматическом резерве*, если оно отключено только выключателями или отделителями, имеющими автоматический привод на включение, и может быть введено в работу действием автоматических устройств.

Оборудование считается *находящимся под напряжением*, если оно подключено коммутационными аппаратами к источнику напряжения, но тем не менее не находится в работе (силовой трансформатор на холостом ходу, линия электропередачи, включенная со стороны питающей ее подстанции и т.д.).

Устройство релейной защиты и автоматики считается *включенным в работу*, если выходная цепь этого устройства с помощью накладок (блоков, ключей) подключена к электромагнитам управления включающих или отключающих коммутационных аппаратов.

Устройство релейной защиты и автоматики считается *отключенным*, если выходная цепь этого устройства отключена накладками (блоками, ключами) от электромагнитов управления коммутационных аппаратов.

Устройство релейной защиты и автоматики считается *отключенным для технического обслуживания* (эксплуатационной проверки), если его нельзя включить в работу из-за неисправности и необходимости проведения профилактических работ.

Главная схема электрических соединений подстанции зависит от следующих факторов: типа подстанции; числа и мощности установленных силовых трансформаторов; категорийности потребителей электрической энергии по надежности электроснабжения; уровней напряжения; количества питающих линий и отходящих присоединений; величин токов короткого замыкания, экономичности; гибкости и удобства в эксплуатации; безопасности в обслуживании и др. Варианты возможных схем электрических соединений приведены в электротехническом справочнике [т.3, кн.1.].

Перевод оборудования из одного оперативного состояния в другое происходит в результате оперативных переключений. Оперативные переключения выполняют также при всевозможных изменениях режимов работы оборудования и при ликвидации аварийных ситуаций, когда перевод оборудования из одного оперативного состояния в другое происходит автоматически – в результате действия релейной защиты и автоматических устройств.

Изменением оперативного состояния оборудования на подстанциях (электрических станциях) руководит диспетчер, в оперативном управлении которого находится основное оборудование, устройства релейной защиты и различные автоматические устройства, а в оперативном подчинении – персонал, осуществляющий их эксплуатацию.

4.2. Организация и порядок производства переключений в электроустановках Отдача оперативной команды (распоряжения)

Распоряжение о переключении отдается диспетчером непосредственно подчиненному персоналу (обычно по телефону). Содержание и объем распоряжения определяется диспетчером, который учитывает сложность задания, необходимость координации действий оперативного

персонала и согласованность изменений в схемах электроустановок. Лицо, получившее распоряжение, обязано повторить его и получить подтверждение в том, что распоряжение понято им правильно.

Чрезвычайно существенным для оперативно-диспетчерского персонала является наличие специфических навыков отдачи (и соответственно приемки) оперативных распоряжений. При этом обязательно соблюдение общих правил отдачи распоряжения:

- отдача команды, как правило, непосредственно подчиненному оперативному работнику;
- увязка содержания распоряжения и порядка его выполнения со сложностью самого задания с учетом необходимости координации действий оперативного персонала и согласованности изменений в схемах электроустановок;
- обязательность указания в распоряжении цели переключений и последовательности выполнения операций;
- ограничение объема распоряжения, как правило, одним заданием, притом направленным на достижение только одной цели, без совмещения в одном задании стремления достичь одновременно двух и более различных целей;
- безусловная краткость и ясность содержания распоряжения, позволяющая четко представить последовательность намечаемых операций и допустимость их выполнения с учетом фактических состояния схемы и режима работы оборудования;
- безусловная необходимость повторения полученного распоряжения с выполнением его только после подтверждения лицом, отдавшим распоряжение, правильности повторения.

Требование отдачи команды непосредственно подчиненному работнику позволяет избежать возможное ее искажение при передаче через промежуточное звено.

В ходе оперативных переговоров при этом общении создается эффективная возможность выявления и немедленного устранения неточностей и ошибок в команде, а при необходимости может быть изменен и сам план действий (т.е. само распоряжение).

Однако, согласно /9/, возможно исключение: передача команды через дежурного другой электроустановки. Это разрешается лишь в случае нарушения прямой связи; при этом оговариваются дополнительные меры по предотвращению возможных искажений команды при такой “ретрансляции”: она должна осуществляться с записью передаваемой команды лицом, выполняющим функцию посредника, в оперативный журнал или на магнитофон.

Требование увязки содержания распоряжения и порядка его выполнения со сложностью самого задания направлено в первую очередь на то, чтобы диспетчер учел квалификацию лица, принимающего команду, характеристики и качество коммутационной аппаратуры и т.д. Это может привести к более подробному предварительному обсуждению с подчиненным работником деталей предполагаемой программы действий, либо даже продиктовать то или иное изменение в самой программе действий.

Координация действий оперативного персонала и обеспечение согласованности изменений в схемах электроустановок необходимы при переключениях, затрагивающих несколько объектов, или выполняемых с участием нескольких оперативных лиц. Не менее важно при переключениях, ведущихся на одном объекте, учитывать необходимую последовательность в изменении первичной схемы электроустановки или в состоянии устройств РЗА.

Примерами обязательной жесткой последовательности операций при переключениях в пределах одного объекта являются включение резервного источника питания до отключения основного, введение ускорения защиты перед опробованием рабочим напряжением аварийно отключившейся ВЛ и т.п.

Достаточно распространенной ошибкой, связанной с несоблюдением координации действий оперативного персонала смежных энергообъектов, служит включение под напряжение ВЛ с одной ПС при неотключенных заземляющих разъединителях этой ВЛ на другой ПС.

Распространенности подобной ошибки способствует то обстоятельство, что информация о состоянии противоположного конца ВЛ у дежурного данной ПС отсутствует, а следовательно, сопоставить сведения о фактическом состоянии концов ВЛ может только один оперативный

работник - диспетчер; в этих условиях, когда практически никто его дополнительно не контролирует, особенно важна четкость его действий.

Требование обязательного указания цели переключения, обусловлено необходимостью вовлечения подчиненного оперативного работника в обсуждение как сути оперативного распоряжения, так и предлагаемой последовательности операций. Знание цели предстоящих переключений позволяет лицу, принимающему команду, представить возможную последовательность операций, которую далее предположительно назовет лицо, отдающее распоряжение.

Таким образом, при расхождении операций, указанных в распоряжении, по содержанию или последовательности с ожиданиями исполнителя, у последнего возникают уточняющие вопросы.

В противном случае, восприятие команды подчиненным происходит достаточно пассивно, и возможные ошибки или нерациональные оперативные решения будут восприняты и выполнены.

Ограничение объема распоряжения только одним заданием, к тому же направленным на достижение только одной цели уменьшает возможность оперативной ошибки, связанной с искажением команды вследствие неправильного ее понимания; облегчает координацию оперативных переключений, выполняемых на нескольких объектах или несколькими оперативными лицами. Исключение их этого правила, разрешающее выдачу одновременно несколько заданий с указанием очередности их выполнения, допускается только в отношении персонала ОВБ - в целях создания условий для разработки последним рационального маршрута перемещений с учетом всего комплекса предстоящих переключений. Однако и в этих условиях исполнитель (ОВБ) не должен приступать к очередному заданию до доклада диспетчеру о выполнении предыдущего. Таким образом, фактически и в этом случае каждый раз выдается только одно задание, а разница заключается в том, что ОВБ сразу узнает всю программу действий, включающую несколько заданий.

Требование краткости и ясности содержания распоряжения связано с овладением навыками использования специфического оперативного языка и применением только стандартных установленных терминов (общеотраслевых, либо принятых на данном энергообъекте, в энергосистеме). Это исключает двусмысленность толкования команд, дает экономию времени, немаловажную в оперативной работе, за счет применения в оперативном распоряжении кратких “специальных” терминов и выражений, позволяющих одним-двумя словами обозначить целую программу действий.

Дополнительно к общим правилам отдачи распоряжения следует отметить, что оперативное распоряжение полученное персоналом не может быть им изменено или отсрочено. При возникновении конфликтной ситуации отменить или изменить распоряжение диспетчера может только он сам или его непосредственный начальник. Вышеизложенное лишний раз свидетельствует о достаточно жесткой связи, существующей между конкретными требованиями /10/ и порядком оперативных переключений.

4.3. Составление оперативных бланков и программ.

Действия персонала при производстве переключений

Под *оперативными переключениями* понимаются проводимые оперативным персоналом по определенной программе изменения рабочих положений коммутационных аппаратов первичной схемы (выключатели, разъединители, отделители и т.д.) и вторичной схемы (рубильники, переключатели, накладки и испытательные блоки и т.д.), совершаемые с целью изменения схемы или режима работы электроустановки. В понятие *оперативные переключения* помимо самих операций с коммутационной аппаратурой (включение, отключение, переключение) входит также составление соответствующей программы (последовательности, алгоритма) этих операций, а также выполнение контрольных или проверочных операций (контроль фактических параметров режима, проверка положения коммутационных аппаратов, состояния оборудования и т.д.). Данная последовательность (алгоритм) действий документально оформляется в виде **бланков переключений, карт и программ**.

Бланки переключений использует персонал, непосредственно выполняющий переключения. В бланке переключений должны быть отражены все операции, подлежащие выполнению в ходе поставленной оперативной задачи, включая операции с коммутационными аппаратами, цепями оперативного тока, устройствами РЗ и А и т.п., а также наиболее важные проверочные действия. При этом каждая операция (действие) имеет свой порядковый номер. Различают обычный (единичный) бланк переключений и типовой бланк. **Обычный бланк** составляется тем же оперативным работником, который будет участвовать в предстоящих разовых переключениях, как правило, после получения распоряжения о переключениях и выполнения записи этого распоряжения в оперативный журнал. Возможно составление бланка заблаговременно, но только обязательно именно тем дежурным, который впоследствии будет участвовать в переключениях.

Типовой бланк переключений ориентирован на неоднократно повторяющиеся оперативные задания и обычно предназначается лишь для производства сложных переключений. Типовой бланк разрабатывается персоналом энергопредприятия заранее, рассматривается специалистами и утверждается соответствующим руководством. Допустимость применения типового бланка при выполнении данного конкретного задания устанавливается лицом, уполномоченным рассматривать и разрешать оперативные заявки. Типовой бланк, разработанный применительно к конкретному состоянию схемы, режима и других условий работы электроустановки, запрещается применять в случае, если эти условия не соответствуют заложенным в основу бланка.

Типовой бланк переключений, составленный в форме таблицы, выполненной с помощью системы условных графических значков (символов) и с применением определенных сокращений записей операций и действий, называется **картой переключений**.

Программа переключений по своему содержанию соответствует бланку переключений, но в отличие от последнего предназначается для применения руководящим оперативным персоналом (дежурные диспетчеры ЦДУ, ОДУ, энергосистемы, ПЭС, РЭС, начальники смен электростанций) при производстве переключений в электроустановках различных уровней управления или в случае переключений, затрагивающих одновременно два и более энергообъекта. Программа переключений, как и бланк, может быть как обычной (единичной) так и типовой.

Уточняя основные понятия, связанные с производством оперативных переключений, особо остановимся на задачах и ответственности контролирующих лиц, имеющих отношение к этим переключениям. Дело в том, что в связи с некоторой нечеткостью понимания этой проблемы, существующей в практике эксплуатации, в ряде случаев проявляется тенденция возложить на вышестоящие звенья оперативного управления (диспетчера ПЭС, РЭС, энергосистемы) дополнительную ответственность, дополнительный контроль за правильностью производства переключений, который реально не может быть реализован.

В общем случае необходимо различать два возможных вида функций контроля, осуществляемых в связи с производством переключений:

- контроль правильности заполнения бланка, программы переключений;
- пооперационный контроль действий по бланку, программе.

Основное различие этих двух функций проистекает из привязки контроля к определенному этапу технологии производства переключений: контроль правильности заполнения бланков и программ соответствует этапу подготовки этих документов, а поэтапный контроль действий - этапу самих этих действий с оборудованием (осмотр оборудования, операции с приводами и т.п.). Первый вид контроля осуществляется, как правило, заблаговременно, а второй вид - в ходе самих операций. При этом пооперационный контроль действий по бланку осуществляется лицом, находящимся непосредственно рядом с контролируемым, контроль правильности заполнения бланка, программы - лицом, находящимся на другом рабочем месте.

Контроль правильности заполнения бланка. Согласно Типовой инструкции по переключениям в электроустановках ТИ 34-70-040-85, при использовании как обычного, так и типового бланка правильность записанных в этом документе операций должна быть проверена по оперативной схеме-макету электроустановки, и именно это обстоятельство должно быть

удостоверено двумя подписавшимися: не только лицом, выполняющим операции, но и вторым лицом, контролирующим.

После такого рода проверки в оперативном журнале должны быть специальной записью зафиксированы не только распоряжение о производстве переключений и фамилия, отдавшего это распоряжение, оперативного лица (диспетчера), но и сам факт сопоставления содержания принятой программы переключений с фактической схемой и режимом электроустановки, то есть проверка допустимости принятой последовательности операций. В случае, когда переключения производит одно лицо, названный выше контроль правильности принятой в бланке (программе) последовательности операций в сопоставлении с фактической схемой и режимом электроустановки диспетчер осуществляет "дистанционно", то есть по телефону, глядя на имеющиеся у него документы, в том числе на схему электроустановки, и не видя естественно, саму электроустановку. После проверки правильности содержания и последовательности, записанных в бланке переключений операций по оперативной схеме или схеме-макету, в этот бланк вносятся фамилия диспетчера, разрешившего производство переключений по этому бланку /9/. Тем самым фиксируется факт выполнения диспетчером функции контроля правильности заполнения бланка. На электростанции в случае когда в переключениях непосредственно участвует начальник смены электроцеха (совместно с дежурным электромонтером, выполняющим операции), на бланке дополнительно должна быть сделана запись "переключения разрешаю" за подписью начальника смены электростанции; таким образом в числе контролеров правильности заполнения бланка вовлекается еще одно лицо.

В случае использования типового бланка переключений дополнительно правильность его заполнения контролируется путем выполнения ряда специальных организационных мероприятий. Прежде всего, правильность составления типового бланка контролируется начальниками электроцеха (на электростанциях) или начальниками ОДС и службы РЗА (на предприятиях электросетей); эти лица подписывают типовые бланки и несут за них ответственность. Допустимость использования в том или ином конкретном случае типового бланка устанавливается лицом, уполномоченным рассматривать и разрешать оперативные заявки. На типовом бланке должны быть указаны условия допустимости его применения (для какого задания, в какой исходной схеме). В ответственность диспетчера, собирающегося отдать команду на переключения с использованием типового бланка, входит предварительное выполнение сверки этого типового бланка с фактической схемой электроустановки. При этом в оперативном журнале должен быть зафиксирован факт выполнения проверки соответствия указанной в типовом бланке последовательности операций существующему состоянию схемы электроустановки, а также и само распоряжение диспетчера о производстве переключений с использованием данного типового бланка.

Следует уточнить, что все названные выше контролирующие лица, "удаленные" от рабочего места, на котором выполняются оперативные переключения, а именно, административно-технические руководители (начальники электроцеха, диспетчерских служб и служб РЗА), а также дежурные диспетчеры или начальники смен станций фактически контролируют только правильность составления бланка (обычного или типового) и отвечают только за эту сторону производства оперативных переключений.

Пооперационный контроль качества оперативных переключений, выполняется непосредственно на месте производства переключений, то есть в РУ, на пульте управления и т.д. и может быть осуществлен только при условии, когда реально привлечение на рабочее место для участия в переключении второго лица. В соответствии с на энергообъектах должен существовать перечень видов переключений, выполняемых как по бланкам переключений, так и без бланков, с указанием числа оперативных лиц, участвующих в тех или иных переключениях, иначе говоря, с выделением тех видов оперативных переключений, которые должны выполняться двумя оперативными лицами, следовательно - подвергаться пооперационному контролю. Подобными контролирующими лицами могут быть как оперативные работники этой электроустановки, так и лица административно-технического персонала, которым предоставлено право подобного контроля (список этих лиц утверждается главным инженером предприятия). Очень существенно,

что второму лицу, привлекаемому к пооперационному контролю, должны быть разъяснены цель и последовательность предстоящих операций, сущность полученного оперативного распоряжения. Во всех должностных положениях и оперативно-диспетчерских документах должно быть четко указано, что пооперационный контроль производством переключений осуществляется лицом, непосредственно находящимся на том рабочем месте, на котором выполняется оперативные переключения, рядом с лицом, проводящим действия с коммутационными аппаратами, то есть в РУ или на пульте управления, в релейном зале и т.д. Остальные лица, имеющие отношение к производству переключений, а именно вышестоящие оперативные работники (в том числе дежурные диспетчеры энергосистем, ПЭС, РЭС), административно-технические работники и специалисты, не находящиеся в момент производства переключений рядом с лицом, выполняющим операции по переключениям и в силу этого не имеющие возможность видеть управляемое оборудование, фактически могут вести контроль только за правильностью составления бланка (программы) переключений и только за это должны нести ответственность.

Возлагать же на диспетчера функций контроля правильности производства переключений в целом, что, в соответствии с вышесказанным, включает также и пооперационный контроль операций, недопустимо.

4.4. Порядок действий персонала при проведении оперативных переключений

Переключения на подстанциях (электростанциях) могут выполняться одним или двумя лицами, что определяется местными условиями: уровнем напряжения электроустановки (до или выше 1000В), сложностью схемы, видом оперативного обслуживания (дежурный персонал или оперативно-выездная бригада) и т.д. При участии в переключениях двух лиц контролирующим назначается старшее в смене или специально назначенное и прибывшее на подстанцию лицо, на которое помимо функций контроля за правильностью выполнения каждой операции возлагается также наблюдение за переключениями в целом. Низшее по должности лицо обычно выполняет роль исполнителя, но ответственность за правильность выполнения переключений лежит на обоих. В ходе выполнения оперативных переключений запрещается перераспределение обязанностей между лицом, производящим переключения, и лицом, контролирующим переключения, также не допускается совместное одновременное выполнение указанными лицами различных операций.

При выполнении операций по бланку переключения оперативный персонал действует следующим образом:

1. на месте выполнения операции проверяет по надписи наименование электрической цепи и название коммутационного аппарата, к приводу которого он подошел. Выполнение операций по памяти без проверки надписи у привода аппарата категорически воспрещается;
2. убедившись в правильности выбранного коммутационного аппарата, зачитывает по бланку содержание операции и после этого выполняет ее. При участии в переключениях двух лиц операция выполняется после повторения ее исполнителем и получения соответствующего подтверждения контролирующего;
3. выполненную операцию отмечают в бланке, чтобы избежать пропуска очередной операции.

Переключения должны выполняться строго по бланку и изменять установленную в нем последовательность действий не допускается. При производстве переключений персонал обязан выполнять необходимые действия в схемах релейной защиты, автоматики и вторичных цепях, руководствуясь указаниями местных инструкций по их обслуживанию. Последовательность операций в первичных схемах должна быть согласована с операциями в схемах вторичных устройств и записана в бланке переключений. Поэтому все типовые бланки, используемые в электроустановках, должны быть согласованы со службой релейной защиты и автоматики.

В бланке должно быть отражено время начала и время окончания переключений. В оперативном журнале производится запись о выполнении распоряжения в соответствии с той формой, которая установлена в энергосистеме. После этого вносятся изменения в оперативную схему или схему-макет, и о выполнении распоряжения на переключения информируется диспетчер, отдавший это распоряжение. Информацию передает лицо, получившее распоряжение на переключения.

4.5. Последовательность основных операций и действий при отключении и включении электрических цепей

Операции с коммутационными аппаратами, установленными в одной электрической цепи, выполняются в последовательности, определяемой назначением этих элементов и безопасностью операций для лиц, выполняющих переключения.

При отключении электрической цепи, имеющей выключатели, первой выполняется операция отключения выключателей, при этом разрывается цепь тока и снимается напряжение только с отдельных элементов электрической цепи (линии электропередачи, трансформатора и т.д.). Если электрическая цепь выводится в ремонт, то для безопасности работ она отключается и разъединителями. Практикой установлена следующая последовательность отключения разъединителей: вначале отключаются линейные (трансформаторные), а затем шинные разъединители. При включении электрической цепи производится обратная последовательность действий.

Данная последовательность операций с линейными и шинными разъединителями объясняется необходимостью уменьшения последствий возможных повреждений, которые могут иметь место при ошибках персонала.

Например, по ошибке отключены под нагрузкой линейные разъединители. Возникшее при этом, короткое замыкание (КЗ) устранится автоматическим отключением выключателя линии. Отключение же под нагрузкой шинных разъединителей может вызвать отключение сборных шин, следовательно последствия будут более тяжелые.

При включении электрической цепи в работу операции с выключателями выполняются в последнюю очередь во всех случаях.

Устройства автоматики (АПВ, АВР и др.) обычно выводятся из работы перед отключением выключателя, на который они воздействуют, и вводятся в работу только после включения выключателя, чтобы избежать ложного срабатывания.

Кроме операций с коммутационными аппаратами при производстве оперативных переключений необходимо выполнять проверочные действия. К проверочным действиям относятся проверки режимов работы подстанций и отдельных видов оборудования, проводимые до начала переключений, а также в ходе их выполнения.

По результатам таких проверок судят о возможности выполнения переключений; предупреждается возникновение утяжеленных режимов работы оборудования и выход показателей качества электрической энергии за пределы нормируемые ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

В процессе переключений должны проверяться нагрузки отключаемых (включаемых) электрических цепей, действительные положения коммутационных аппаратов, стационарных заземлителей (заземляющих ножей), а также отсутствие напряжения на токоведущих частях перед их заземлением.

Проверка положения выключателей на месте их установки должна проводиться обязательно, если после отключения этих выключателей будут производиться операции с разъединителями (отделителями) данных электрических цепей.

В КРУ отключенное положение выключателя проверяется перед каждой операцией перемещения тележки из рабочего в испытательное положение и наоборот.

Проверка отсутствия напряжения на токоведущих частях перед их заземлением является наиболее ответственным оперативным действием персонала. *На практике все случаи наложения заземления под напряжением явились результатом отказа от предварительной проверки отсутствия напряжения на заземляемом оборудовании.*

При переключениях в реальных условиях выполнение всех проверочных действий должно быть обязательным, а наиболее важные из них отражаются в бланке переключений.

Далее рассматриваются примеры последовательности действий в ходе оперативных переключений по выводу оборудования в ремонт и при вводе его в работу после ремонта.

Очередность выполнения необходимых действий указана соединительными линиями со стрелками - сплошными для случая отключения и пунктирными для включения рассматриваемой цепи.

Данные последовательности операций относятся к типовым схемам и компоновкам РУ, и учитывают типовое оснащение присоединений устройствами релейной защиты и автоматики.

В случаях, если фактическое исполнение РУ (схема, компоновка, характеристики оборудования и т.п.) отличается от типовых, последовательность коммутационных операций должна быть уточнена местной инструкцией; последней, в частности, уточняется и перечень необходимых проверочных (контрольных) действий, которые должны быть выполнены оператором в ходе переключений.

4.6. Основные операции на подстанциях с двумя рабочими системами шин

В нормальных условиях эксплуатации обе системы сборных шин должны находиться в работе. Это связано с требованиями надежности к электроснабжению потребителей, так как при возможном коротком замыкании и отключении релейной защитой одной системы шин вторая система шин останется в работе.

Вывод одной системы шин в ремонт

При выводе в ремонт системы шин требуется освободить ее посредством перевода всех ее присоединений на другую систему шин, которая остается в работе. Для выполнения этого требования одним из необходимых условий является соблюдение равенства потенциалов каждой системы шин.

Для схем с шиносоединительным выключателем (ШСВ) это условие достигается включением ШСВ, который электрически соединяет между собой обе системы шин. В то же время шиносоединительный выключатель шунтирует при переводе каждую пару шинных разъединителей принадлежащих одному присоединению.

В этом случае включение (отключение) шинных разъединителей переводимого присоединения не представляет опасности, поскольку шунтирующая их цепь шиносоединительного выключателя, обладая незначительным электрическим сопротивлением, практически не вызывает падения напряжения между подвижными и неподвижными контактами разъединителя, что исключает возможность образования электрической дуги.

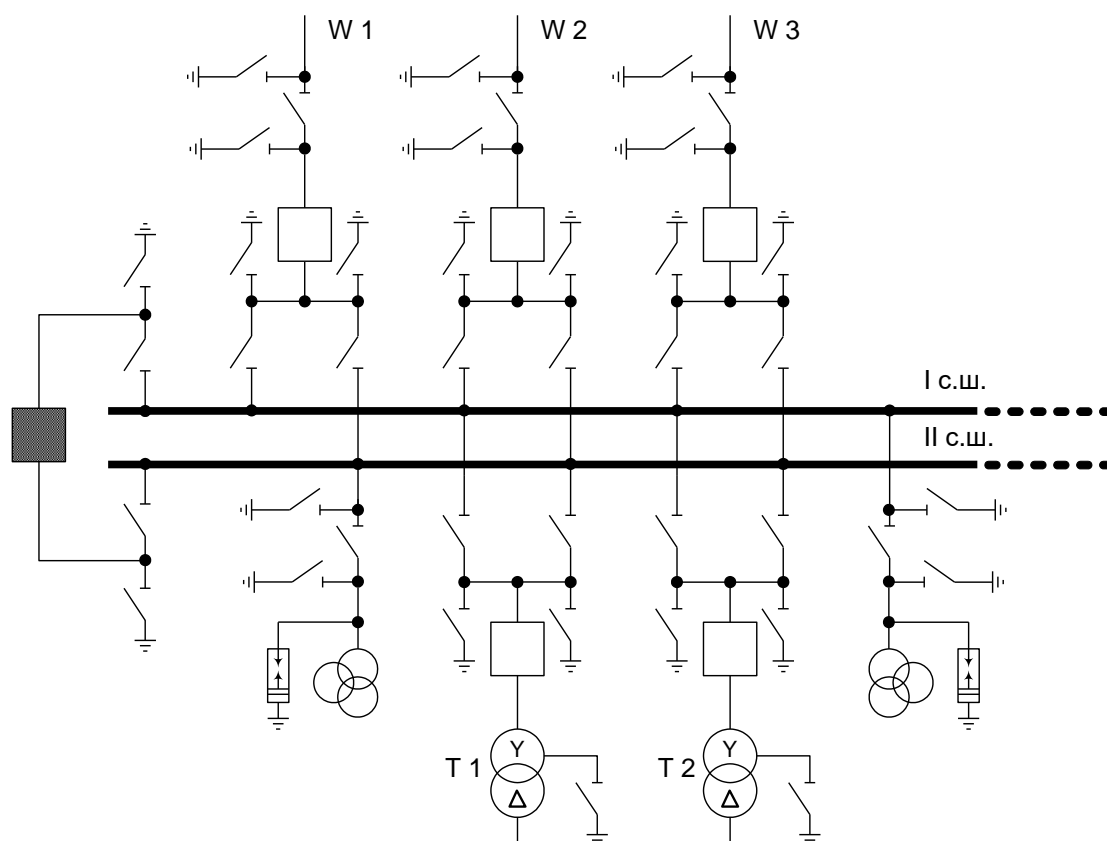


Рис 4. Схема с шиносоединительным выключателем

Операции по выводу в ремонт I системы шин производятся в следующем порядке:

- *включается ШСВ;*
- *дифференциальная защита шин переводится в режим работы с нарушением фиксации присоединений;*
- *отключаются автоматические выключатели в цепях управления ШСВ и его защит;*
- *отключается АПВ шин;*
- *проверяется включенное состояние ШСВ и его разъединителей;*
- *включаются шинные разъединители всех переводимых присоединений на II систему шин;*
- *проверяется включенное положение этих разъединителей;*
- *отключаются шинные разъединители переводимых присоединений от I системы шин;*
- *проверяется отключенное положение каждого разъединителя;*
- *на релейном щите переключается питание цепей напряжения защит, автоматических устройств и измерительных приборов на трансформатор напряжения II системы шин;*
- *включаются автоматические выключатели в цепях управления ШСВ и его защит;*
- *проверяется отсутствие нагрузки на ШСВ;*
- *отключается ШСВ - снимается напряжение с I системы шин;*
- *включается АПВ шин;*
- *проверяется отключенное положение ШСВ и отключаются шинные разъединители ШСВ от I системы шин;*
- *отключаются шинные разъединители трансформатора напряжения I системы шин;*
- *отключаются автоматические выключатели (снимаются предохранители) со стороны низшего напряжения обмоток трансформатора напряжения.*

После этого выполняются операции по проверке отсутствия напряжения на токоведущих частях и производится их заземление. В зависимости от местных условий и характера работ выполняются необходимые мероприятия по обеспечению безопасных условий труда ремонтного персонала (вывешивают необходимые плакаты, устанавливают ограждения и т.д.) и производится допуск бригады к работе.

Ввод в работу I системы шин после ремонта

После окончания ремонтных работ и соответствующего оформления наряда оперативным персоналом производится осмотр рабочего места, проверяется отсутствие людей и посторонних предметов на оборудовании, удаляются временные ограждения, снимаются переносные плакаты, вывешенные на месте работ и на приводах шинных разъединителей и ШСВ.

Для ввода в работу I системы шин и восстановления нормальной схемы питания от нее части присоединений необходимые операции выполняются в следующей последовательности:

- *снимаются защитные заземления;*
- *включаются шинные разъединители ШСВ;*
- *включаются разъединители трансформаторов напряжения I системы шин;*
- *включаются автоматические выключатели (устанавливаются предохранители) со стороны низшего напряжения обмоток трансформатора напряжения;*
- *проверяется, имеют ли защиты минимальные уставки по току и времени и включены ли защиты на отключение, подается напряжение оперативного тока на привод ШСВ;*
- *производится опробывание I системы шин напряжением: включается ШСВ и по вольтметрам проверяется наличие напряжения на I системе шин;*
- *снимается оперативный ток с привода ШСВ, отключается АПВ шин;*
- *на ОРУ визуально проверяется включенное положение ШСВ и производится перевод части присоединений со II системы шин на I систему шин;*
- *подается оперативный ток на привод ШСВ и производится отключение ШСВ;*
- *дифференциальная защита шин переводится в нормальный режим работы и включается АПВ шин.*

4.7. Способы вывода в ремонт выключателей электрических цепей

Способы вывода выключателей в ремонт существенно отличаются друг от друга в зависимости от схемы подстанции и количества выключателей, приходящихся на одну электрическую цепь.

Наиболее характерные из этих способов представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Основные способы вывода в ремонт выключателей

№ п/п	Схема подстанции	Способ вывода в ремонт	Основные группы операций
1	Любая схема при одном выключателе на цепь	Отключение присоединения на время ремонта, если это допустимо режимом сети	Отключение выключателя присоединения; операции с разъединителями
2	С двумя системами шин и одним выключателем на цепь	Замена выключателя присоединения шиносоединительным выключателем	Отключение цепи для отсоединения выключателя и установки вместо него перемычек; освобождение одной системы шин для включения на нее цепи, выключатель которой выведен в ремонт
3	С двумя рабочими и обходной системой шин и одним выключателем на цепь	Замена выключателя присоединения обходным выключателем	Операции выполняются без отключения цепи и освобождения рабочей системы шин
4	Многоугольник, полторная, с двумя выключателями на цепь	Отключение выводимого в ремонт выключателя присоединения и вывод его из схемы с помощью разъединителей	Операции выполняются без отключения цепи, на время отсутствия выключателя в схеме снижается ее надежность
5	Мостик с выключателем и ремонтной перемычкой на разъединителях для ремонта секционного выключателя	Замена секционного выключателя ремонтной перемычкой с разъединителями	Включение в работу перемычки на разъединителях; отключение и вывод из схемы секционного выключателя с помощью разъединителей в его цепи

Перевод присоединений с одной системы шин на другую без шиносоединительного выключателя для РУ, где часть присоединений имеет по два выключателя на цепь

В схеме РУ 110 кВ с двумя системами отдельно работающих шин, приведенной на рис., имеются присоединения с одним и двумя выключателями на цепь.

В нормальном режиме работы цепи с двумя выключателями работают по схеме жесткой фиксации на той или иной системе шин.

Для перевода присоединений с одной системы шин на другую необходимо соблюдать условие равенства потенциалов на шинах.

Это достигается включением выключателей на обе системы шин у присоединений, имеющих по два выключателя на цепь.

Последовательность операций выглядит следующим образом:

- включаются вторые выключатели двух-трех присоединений с двумя выключателями на цепь и проверяется (по амперметрам) распределение нагрузки по фазам включенных выключателей;
- дифференциальная защита шин переводится в режим с “нарушением фиксации”;
- включаются шинные разъединители на обе системы шин одного присоединения (для этой цели обычно выбирается обходной выключатель $Q1$) и проверяется их включенное положение;
- включаются разъединители переводимых на другую систему шин присоединений и проверяют их включенное положение;
- отключаются шинные разъединители переводимых присоединений от той системы шин, на которую они были включены и проверяется их отключенное положение;

- цепи напряжения переключаются на соответствующий трансформатор напряжения;
- отключаются шинные разъединители обходного выключателя от обеих систем шин;
- отключаются вторые выключатели присоединений с двумя выключателями на цепь;
- отключается УРОВ и защита шин для переключений в токовых и оперативных цепях этих устройств;
- проверяется защита шин под нагрузкой и включается в работу по нормальной схеме, включается в работу УРОВ.

4.8. Включение проверочных операций в бланк оперативных переключений

Опыт эксплуатации электроустановок свидетельствуют о необходимости включения в бланк оперативных переключений помимо коммутационных операций так называемых проверочных (контрольных) операций. Это связано с тем, что количество коммутационных операций в бланке всегда четко ограничено составом коммутационной аппаратуры, предусмотренной схемой (первичной и вторичной) в данном РУ, а также поставленной задачей по производству переключений. В то же время перечень и количество проверочных операций при тех же условиях и задаче варьируются в зависимости от уровня квалификации составителя бланка.

Обычно в оперативный документ (бланки, программу) включаются не все, а лишь важнейшие проверочные операции. Однако, необходимые по технологии производства переключений проверочные операции, но не включенные в бланк, тем не менее выполняются лицом, производящим переключения. Предполагается, что в самом сознании оперативного работника существует непрерывная связь необходимых проверочных операций с соответствующими операциями по изменению положения коммутационного аппарата, даже если эти проверки не включены в бланк (программу) переключений.

5. Оперативные действия по предупреждению и ликвидации аварийных ситуаций при производстве переключений.

Производство оперативных переключений наиболее ответственная часть эксплуатационно-ремонтного обслуживания электроустановок. По статистике энергосистем до 60% всех нарушений в работе электростанций и сетей составляют ошибки при операциях с коммутационным оборудованием, причем около двух третей этих ошибок связано с оперированием заземляющими разъединителями. Чрезвычайно тяжелы и последствия отказов (ошибок), допущенных при оперативных переключениях, которые могут приводить не только к нарушениям функционирования энергоустановок, но и к несчастным случаям с людьми. По данным ежегодных анализов нарушений в работе электроустановок, до 13-19% всех нарушений, связанных с недостатками эксплуатации в энергосистемах страны, - это ошибки оперативного персонала. Следует отметить, что чем выше должность оперативного работника в иерархии оперативного управления, тем большую долю в общем числе допущенных этим работником нарушений составляют ошибки, совершенные при оперативных переключениях. Например, ошибки при переключениях, совершаемые оперативным персоналом энергосистем, превышают 50% от общего количества эксплуатационных ошибок, а для диспетчеров ЦДС и ОДС такие ошибки составляют более 70% учтенных нарушений в их работе.

Согласно данным Госинспекции по эксплуатации, основными ошибками при производстве оперативных переключениях являются: игнорирование проверочных операций; несоблюдение порядка осмотра оборудования непосредственно перед выполнением переключений; слабый контроль вышестоящего персонала за очередностью выполнения операций; правильность заполнения бланков переключений. Достаточно часто встречаются такие ошибки, как производство операций не на том присоединении (не на той системе шин), которые указаны в бланке, пропуск операций или нарушение последовательности их выполнения, а также использование бланков составленных без учета фактического состояния схемы электроустановки (применение типовых бланков, не соответствующих схеме или режиму электроустановки, существовавшим на момент выполнения операций).

В информационном бюллетене генеральной инспекции по эксплуатации электростанций, приводится анализ ошибочных действий персонала энергосистем, согласно которому наиболее

часто отмечаются следующие ошибки оперативного персонала, связанные с производством оперативных переключений:

- неправильное составление бланков переключений;
- невнимательность по отношению к надписям на оборудовании;
- несогласованность действий оперативного персонала;
- отсутствие у персонала устойчивой привычки к безусловному выполнению инструкций и правил, в том числе инструкций по производству переключений;
- невнимательность и сниженное чувство ответственности у лиц, проводящих оперативные переключения;
- производство переключений без бланков;
- самовольное деблокирование приводов коммутационных аппаратов;
- недостаточная тренированность в области производства переключений;
- низкий уровень знаний электрических схем, а также конструктивных особенностей оборудования и порядка его оперативного обслуживания.

Далее будут рассмотрены причины аварий, детальный анализ ошибок, совершаемых при производстве оперативных переключений, действия персонала по предупреждению и ликвидации аварийных ситуаций.

5.1. Причины аварий и отказов

Основные виды ошибок при оперативных переключениях

Ошибки при оперативных переключениях являются частным случаем ошибок, совершаемых в ходе оперативно-диспетчерского управления и имеют особое значение в связи с тем, что они подчас создают серьезную угрозу здоровью и даже жизни самого оперативного персонала, совершающего эту ошибку. Поэтому для предотвращения их повтора любая ошибка должна быть детально зафиксирована и тщательнейшим образом изучена.

Система организации оперативного управления должна быть построена таким образом, чтобы эффективно способствовать выявлению оперативных ошибок и раскрытию их действительных причин. С этой точки зрения, какие бы то ни было административные наказания за оперативную ошибку должны быть по возможности исключены. Именно отсутствие такого подхода способствует умышленному сокрытию отдельными работниками энергопредприятий фактов и обстоятельств таких ошибок. В результате существенно искажается публикуемая СПО ОРГРЭС отчетно-статистическая информация, используемая на местах для разработки соответствующих мероприятий.

В любую программу подготовки и обучения оперативно-диспетчерских работников должны включаться разделы по изучению характерных ошибок и оперативные указания по действиям в ситуациях, возникающих вследствие совершения возможных оперативных ошибок. Квалификацию оперативного работника следует оценивать, в частности, с учетом количества известных ему типовых оперативных ошибок, соответствующих предупредительных мероприятий и стандартных программ действия в ситуациях, вызванных этими ошибками.

Оперативные ошибки

Пренебрежение необходимостью приравнивать программу оперативных переключений к фактической схеме и режиму работы приводит к многочисленным оперативным ошибкам.

Например,

- повышение уровня напряжения в сети может поставить под вопрос допустимость отключение тока холостого хода трансформатора (или зарядного тока линии электропередачи) разъединителем;
- в условиях, когда устройство РПН трансформатора нагружено током, превышающим номинальный, недопустимо регулирование коэффициента трансформации на этом трансформаторе под нагрузкой (ни вручную, ни автоматически);
- при выведенной из работы или неисправной дифзащите шин недопустимо оперировать шинными разъединителями и воздушными выключателями, находящимися под напряжением по крайней мере не введя предварительно взамен отсутствующей дифзащиты шин ускорение на соответствующих резервных защитах, или временную защиту и т.д.

Чаще всего опасность ошибки, связанной с неучетом фактического состояния схемы и режима электроустановки возникает при использовании типовых бланков (программ), составляемых применительно к конкретным схеме и режиму.

Проблема определения причин ошибок, возникающих при оперативных переключениях, достаточно сложна, чем объясняется большое количество предложений по классификации этих причин.

Ошибки первого уровня - неверные действия при реализации принятого правильного решения, т.е. прямые ошибки, совершаемые непосредственно на месте производства оперативных переключений при действиях с приводами коммутационных аппаратов, с органами управления и регулирования, установленными на панелях управления, релейной защиты и автоматики и т.п. Причиной этого рода ошибок может явиться неправильная ориентация в расположении оборудования или органов управления (в том числе коммутационных аппаратов). Эта причина зависит не только от субъективного характера оператора, но и от степени учета необходимых требований эргономики при конструктивном исполнении и компоновке коммутационной аппаратуры и ее органов управления; системы оперативных обозначений, наличия необходимых надписей, отличительной раскраски и т.д.

К этому уровню оперативных ошибок можно отнести случайные, непреднамеренные отклонения от имеющихся директивных указаний, нормативных документов (оператор забывает выполнять один из шагов намеченного алгоритма действий (пропускает тот или иной пункт бланка переключений), либо путает ключи управления или совершает другие подобные неправильные "механические" действия).

Ошибки второго уровня - ошибки в самих оперативных решениях, т.е. ошибки оперативного мышления, вызванные неправильным пониманием ситуации (неверный анализ, ошибочное диагностирование причин ее возникновения и перспектив развития, неверная оценка возможных последствий своих действий). Ошибки этого уровня чаще всего проявляются в редко встречающихся сложных и нестандартных (аварийных) ситуациях, для которых заранее не подготовлено (или не известно оператору) типовое решение. Основными причинами таких ошибок являются недостатки в подготовке оперативного работника.

Применительно к оперативным переключениям - это ошибки принципиального плана, содержащиеся в самом бланке (программе переключений); связанные с неправильным применением типовых бланков и программ переключений, когда схема или режим работы не совпадают с оговоренными условиями применимости этих документов; совершаемые при переключениях в аварийной ситуации (когда коммутационная и иная аппаратура используется в нестандартных режимах).

К двум названным уровням оперативных ошибок следует добавить третий, выделив в особую группу ошибки, вызванные отступлениями от известных нормативов. При оперативных переключениях к **ошибкам третьего уровня** относят умышленные изменения, вносимые экспромтом (без всестороннего рассмотрения и соответствующего согласования) в типовой бланк или программу переключений; осознанные попытки отключения коммутационными аппаратами токов, превышающих их коммутационные способности; вывод из действия исправной оперативной блокировки (деблокирование) и т.п.

Психологической причиной этой группы ошибок является подмена регламентной нормы (нормы, зафиксированной в директивном документе) так называемой эксплуатационной нормой, т.е. сложившимся, принятым на данном энергетическом объекте порядком действий. При этом оператор отступает от руководящих указаний (действующих нормативов), применяя решения, обосновываемые тезисами "у нас так делают всегда", или "я уже делал так и все было хорошо". Опасность заключается в том что, к оперативной ошибке с тяжелыми последствиями приводит не единичное неправильное действие, а только цепочка последовательных неправильных действий, включающая от 2 до 8 "звеньев". Объясняется эти принятой в электроэнергетики системой многократной страховки, основанной на резервировании и дублировании, на случай ошибок персонала и отказов оборудования. Классический пример - требования правил безопасности, предписывающие при подготовке рабочего места не только снятие напряжения путем отключения

соответствующих коммутационных аппаратов с созданием видимых разрывов, при обязательном запираании приводов отключенных аппаратов, но также и установку заземлений со всех сторон, откуда может быть подано напряжение (не считая дополнительных заземлений на месте работ в случае необходимости снятия наведенного напряжения). Очевидно, оба названных и равно обязательных нормативных мероприятия дублируют друг друга, а следовательно, невыполнение одного из них не вызывает несчастного случая (хотя и повышает риск такого развития событий). В результате подобное отступление от правил выглядит вполне оправданным решением (“сокращение объема переключений”), создавая в сознании оператора стереотип допустимости подобных действий. При этом создаются психологические предпосылки для расширения перечня допустимых отступлений от нормы, в конечном счете порождающие возможную реализацию всей последовательной цепочки ошибок, приводящей к трагическому финалу.

Существует еще одна классификация оперативных ошибок, основанная на выделении следующих двух видов так называемых коммутационных аварий (неправильных коммутационных действий с разъединителями и другими аппаратами):

- ошибки психологического характера как результат неправильной ориентации на месте производства операций, зависящие от субъективного характера оператора и допускаемые несмотря на наличие информации, необходимой для предотвращения ошибки;
- ошибки чисто информационные, вызванные отсутствием необходимой информации или сложностью ее восприятия, переработки и анализа. Такие ошибки являются результатом недостаточной осведомленности оператора о состоянии объекта и проявляются главным образом при переключениях на сложных объектах или в сложных ситуациях.

Основными психологическими причинами ошибок в действиях операторов являются:

- ❖ ограниченные природные возможности человека по объему, скорости восприятия и переработке информации (пример - импульсивная попытка отключения разъединителя при загорании между его контактами электрической дуги вследствие включения разъединителем тока нагрузки, что обычно приводит к возникновению короткого замыкания);
- ❖ склонность настаивать на априорном решении, принятой стратегии действий даже в случае, когда реакция объекта управления неадекватна ожидаемой (пример - продолжающиеся попытки поднять напряжение на шинах низшего напряжения с помощью РПН трансформаторов, несмотря на то, что вследствие дефицита реактивной мощности такие действия вызывают понижение напряжения в сети высшего напряжения; другой пример - неоднократные попытки повторного включения аварийно отключившегося элемента без осмотра последнего, приводящие к развитию аварийной ситуации);
- ❖ несоответствие выбранной оператором стратегии управления той, на которую ориентировался изготовитель техники (пример - повторное включение элемента, автоматически отключившегося из-за короткого замыкания, выключателем, израсходовавшим свой коммутационный ресурс);
- ❖ чрезмерное доверие к надежности устройств РЗА, к сообщениям и действиям партнеров, подчиненных и вышестоящих оперативных лиц (примеры: некритическое, без возражений, восприятие полученной оперативной команды; ошибочная повторная подача напряжения на шины с неотключенным поврежденным присоединением после работы дифзащиты шин из-за того, что не был своевременно выявлен неотключившийся выключатель);
- ❖ подверженность влиянию эмоций, искажающему восприятие информации, в том числе так называемой гиперрефлексии, то есть завышению объема и значимости сигнала (пример - ошибочный вывод о погашении узла нагрузки на основе возмущенного сообщения потребителя об исчезновении напряжения на потребительской электроустановке, сопровождаемого угрозами о предъявлении соответствующих санкций, в то время как фактически в бестоковую паузу АПВ на линии электропередачи произошло излишнее отключение автоматов на электроприемниках);
- ❖ потеря бдительности вследствие монотонных условий оперативной работы.

5.2. Основные виды ошибок при оперативных переключениях по статистике энергосистем

Конкретные виды ошибок, совершаемых персоналом при производстве оперативных переключений, названы и проанализированы в обзорах состояния эксплуатации и технологических нарушений, а также неправильных действий работников энергетических систем, периодически подготавливаемых Государственной инспекцией по эксплуатации электростанций и сетей. К основным видам ошибок (нарушений) при оперативных переключениях в формулировках Госинспекции относят:

- производство оперативных переключений без предварительного анализа состояния схемы и режима работы оборудования;
- невнимательный осмотр оборудования при его приемке по окончании ремонтных работ;
- отсутствие записей в оперативном журнале о включении заземляющих разъединителей или установке переносных заземлений;
- необоснованное производство переключений без программы, бланка;
- производство переключений по неправильно составленному бланку, программе (пропуск операций в бланке, ошибочная последовательность операций и т.п.);
- использование бланка, составленного не для этого вида переключений;
- нарушение указанного в бланке, программе переключений порядка операций;
- нечеткая формулировка оперативного задания;
- выдача двух и более заданий одновременно в ситуациях, когда такая выдача недопустима;
- самовольное расширение полученного оперативного задания;
- рассеивание внимания отвлечением на другие работы при производстве переключений, а также перерывы в производстве переключений;
- единоличное производство переключений в случаях, когда нужно контролирующее (второе) лицо.

Представляют интерес материалы неофициальной статистики ошибок оперативного персонала, полученные за ряд лет по ПС 35-330 кВ ПЭС Северо-запада России и приведенные в Цирель Я.А. «Загрузка оперативно-диспетчерского персонала энергосистем оперативными переключениями и характерные ошибки при переключениях».

“... ценность этого материала определяется тем, что на этом ПЭС были приняты дополнительные меры, направленные на обеспечение максимально полного и достоверного учета количеств и обстоятельств оперативных ошибок: каждая оперативная ошибка рассматривалась руководством предприятия в самой дружественной атмосфере, совершивший ошибку оперативный работник не только, как правило, не наказывался, но наоборот, тем или иным способом поощрялся за сам факт подробного и объективного сообщения об этой ошибке и т.д.

Результаты этого анализа позволили выделить основные виды ошибок при производстве переключений и указать их процентное соотношение в общем количестве ошибок (см. табл.3)”.

Следует отметить, что из общего числа учтенных оперативных ошибок 20,2% составляют ошибки, при которых имевшаяся блокировка могла бы предотвратить неверные действия оперативного персонала, однако последний выводил из действия блокировочное устройство, не позволявшее выполнить намеченную неправильную операцию.

Примером оперативной ошибки, связанной с отключением аппарата, которым не следовало оперировать, совершенной в условиях, когда операции выполнялись только выключателями, является следующий случай. Для уменьшения расхода электроэнергии на ее транспорт при снижении нагрузки в выходные дни на двухтрансформаторной ПС напряжением 35/10 кВ предусматривалось отключение одного из трансформаторов (Т1) выключателями 35 и 10 кВ с оставлением в работе лишь второго трансформатора (Т2). В исходном режиме Т1 и Т2 работали параллельно. Дежурный монтер отключил выключатель 10 кВ Т1, а затем, доложив о выполнении этой команды и о том, что нагрузка 10 кВ полностью взята Т2, получил команду на отключение выключателя 35 кВ Т1. Фактически же вместо этого выключателя был отключен выключатель 35 кВ Т2, что (при ранее отключенном выключателе 10 кВ Т1) привело к погашению РУ 10 кВ на время, потребовавшееся дежурному монтеру для оценки ситуации и повторной подачи напряжения на шины 10 кВ. Последнее было также выполнено с нарушением установленного

порядка оперативных переключений: импульсивно оператор произвел обратное включение только что отключенного выключателя 35 кВ Т2, т.е. подал напряжение сразу и на Т2, и на шины 10 кВ и на всю распределительную сеть 10 кВ этого узла, не предупредив потребителя о повторной подаче напряжения на его погашенные электроустановки, что было необходимо сделать по условиям имеющегося эксплуатационного соглашения потребителя с электроснабжающей организацией.

Таблица 3 - Виды оперативных ошибок

<i>№</i>	<i>Вид оперативной ошибки</i>	<i>Доля, %</i>
1	Отключение аппарата, которым не следовало оперировать (отключение ЛР вместо ШР при переводе присоединения с одних шин на другие; отключение выключателя не того присоединения; отключение выключателя посредством устройства телеуправления вместо выполнения телеизмерения и т.п.), в том числе: при операциях выключателями или ключами ТУ; при операциях отделителями и отделителями.	21,3 7,5 13,8
2	Подача напряжения на заземленные токоведущие части, в том числе: при использовании заземляющих разъединителей; при использовании переносных заземлений	15,9 10,6 5,3
3	Заземление токоведущих частей, находящихся под напряжением.	7,4
4	Ошибочная последовательность (отключение разъединителя до отключения выключателя или включение его при включенном выключателе; самопроизвольное включение выключателя (от устройства РЗА); отключение основного источника питания до включения резервного; включение разъединителя, шунтирующего регулировочный трансформатор, до перевода переключателя этого трансформатора в среднее положение; отключение междушинного выключателя до завершения перевода присоединений с одних шин на другие, в т.ч.: отключение разъединителя под нагрузкой.	21,3 10,6
5	Ошибочные действия с РЗА (не выведена дистанционная защита перед отключением ТН; не отключено устройство, на котором работает персонал; при переводе присоединения на обходной выключатель не выведены защиты со своего выключателя).	6,4
6	Ошибки, последствия которых сказались не сразу (отключенный ЗР нейтрали работающего автотрансформатора, включенный ЗР на конденсаторе контроля напряжения линии в схеме АПВ, выведенное из действия или ошибочно введенное устройство защиты, автоматики), в т. ч.: при операциях в первичной схеме; при операциях во вторичной схеме.	9,6 4,3 5,3
7	Диспетчерские ошибки, связанные с неправильным докладом вышестоящему оперативному лицу, либо с неправильно отданной (понятой) командой этого лица (подача напряжения на заземленную ЛЭП; отключение основного источника питания до включения резервного и другие); (пример - выдача команды на один конец транзитной ВЛ подать напряжение на ВЛ после окончания ее ремонта до получения сообщения о снятии заземления с другого конца ВЛ); здесь общим признаком диспетчерских ошибок является нарушение надлежащей координации действий нескольких соисполнителей комплекса оперативных переключений, в т. ч.: при операциях на одной ПС; при операциях, затрагивающих несколько объектов.	16,0 6,4 9,6
8	прочие ошибки	2,1

В данном случае совершению оперативной ошибки, способствовало отсутствие дистанционного управления приводами выключателей: вынужденное перемещение оператора в ходе оперативных переключений от одного привода к другому способствовало ложному подходу (невзирая на наличие соответствующих надписей) к присоединению, которым оперировать не

следовало. При наличии дистанционного управления выключателями данной ошибке может способствовать встречающееся иногда неудачное размещение ключей управления (в отличие от принятого типового решения): ключи управления выключателями 35 и 6 кВ трансформатора были смонтированы не на общих панелях, а на разных, а именно, выключатели 35 кВ обоих трансформаторов на одной панели, а выключатели 6 кВ - на другой, даже не смежной с первой панелью.

Примером диспетчерской ошибки, совершаемой в пределах одной ПС, служит случай нарушения необходимой последовательности операций, выполнявшихся только выключателями. В РУ 6 кВ, выполненном по схеме с двумя рабочими системами шин, питавшимися отдельно (каждая от своего трансформатора), при отключенном по условиям ограничения токов КЗ шиносоединительном выключателе (ШСВ), ставилась задача перевода всей нагрузки на Т2, путем включения ШСВ. Затем, убедившись в его включении, следовало отключить выключатель Т1 6 кВ. Было принято решение для ограничения параллельной работы Т1 и Т2 (в этом режиме из-за больших токов КЗ оборудование РУ 6 кВ не проходило по условиям термической и динамической стойкости), привлечь к выполнению операций двух оперативных работников. Один, стоявший у панели с ключом управления ШСВ 6 кВ, должен был его включить; второй, стоявший у панели управления выключателем 6 кВ Т1, должен был после включения ШСВ сразу отключить выключатель 6 кВ Т1. Этим предполагалось исключить затраты времени на переход от одной панели управления к другой (панели значительно удалены друг от друга). Оба привлеченных лица были допущены к обслуживанию ПС. Однако, необходимая последовательность действий была нарушена оператором, стоявшим у ключа управления выключателем 6 кВ Т1. Он, вопреки четким указаниям, не дожидаясь сообщения о включении ШСВ и непосредственной команды в свой адрес, преждевременно отключил выключатель 6 кВ Т1, тем самым погасив одну систему шин в РУ 6 кВ и питаемый от нее район электросети.

Среди ошибочных операций, совершаемых с устройствами РЗА распространены случаи ложного отключения трансформатора от струйного реле при попытке включения трансформатора под напряжение по завершении эксплуатационных работ. В отличие от газового, струйное реле после срабатывания неспособно самостоятельно вернуться в исходное состояние, требуется воздействие оператора на специальную кнопку возврата на корпусе реле. Необеспечение возврата реле (по незнанию или по невнимательности работника) приводит к немедленному автоматическому отключению трансформатора при попытке его включения под напряжение после завершения некоторых видов работ на трансформаторе (доливка масла и т.п.).

К ошибкам оперативных переключений, выявленных не сразу, относятся: включение трансформаторов на параллельную работу при невыравненных коэффициентах трансформации, т.е. со значительным уравнивающим током; ввод в работу трансформатора с отключенной полностью или частично системой принудительного охлаждения и т.д.. Примером служит случай на крупной тепловой электростанции, где при включении энергоблока в сеть через трансформатор типа ТЦ-630000/220, имевший систему охлаждения с принудительной циркуляцией масла и воды, была ошибочно открыта только одна из двух, имеющихся на маслоохладителе, водяных задвижек (на входе), а вторая (на выходе) осталась закрытой. Начавшееся повышение температуры трансформатора не было своевременно выявлено, чему способствовал отказ в работе имевшейся автоматической сигнализации перегрева масла (неисправность термосигнализатора). В результате оперативная ошибка, приведшая к недопустимому перегреву трансформатора, стала очевидной только тогда, когда из-за превышения температуры масла произошел выброс последнего из бака трансформатора, вследствие чего сработала сигнализация "понижение уровня масла" и энергоблок был отключен.

5.3. Действия персонала при ликвидации аварийных ситуаций

Основной обязанностью эксплуатационного персонала подстанций является обеспечение надежной работы электрического оборудования и бесперебойного электроснабжения потребителей. Все случаи нарушения нормальных режимов работы (автоматическое отключение оборудования при КЗ, ошибочные действия персонала, перерывы в электроснабжении

потребителей и т.д.) рассматриваются как аварии или отказы в работе в зависимости от их характера, степени поврежденности оборудования и тех последствий, к которым они привели.

Аварии на подстанциях – события редкие, но значительные по своим последствиям. Они устраняются либо действием специальных автоматических устройств, либо ликвидируются действиями оперативного персонала.

Ликвидация аварий оперативным персоналом заключается:

- в выполнении переключений, необходимых для отделения поврежденного оборудования и предупреждения развития аварии;
- в устранении опасности для персонала;
- в восстановлении в кратчайший срок электроснабжения потребителей, потерявших питание;
- в выявлении состояния отключившегося на подстанции (электростанции) оборудования и принятия мер по его включению в работу или выводу в ремонт.

Действия персонала в аварийной ситуации сводятся к следующим основным этапам:

- сбор и систематизация поступившей информации;
- анализ собранной информации для установления реальной картины аварийной ситуации;
- составлений плана действий (принятие оперативного решения);
- реализация плана и его корректировка в зависимости от уточнения информации и реального хода ликвидации аварии;

Рассмотрим реализацию последовательности ликвидации аварийной ситуации подробно по этапам. В момент возникновения аварийной ситуации оперативному персоналу необходимо:

- снять звуковой сигнал и записать время начала аварии;
- установить место аварии (РУ, помещение, ячейка);
- осмотреть световые табло на панелях щита управления;
- при необходимости сквитировать ключи управления коммутационных аппаратов, определив по сигнальным лампам несоответствие положений аппарата и ключа управления;
- доложить диспетчеру о возникновении аварийной ситуации, получить разрешение и осмотреть реле на панелях релейной защиты и автоматики. Пометить мелом сработавшие указательные реле, записать наименования сработавших выходных реле защиты и автоматики, поднять выпавшие блинкера.

Собрав, таким образом, информацию об аварии необходимо ее проанализировать, т.е. установить характер аварии и составить о ней общее представление. При оценке аварийной ситуации с учетом сработавших устройств РЗА следует принимать во внимание принципы и зоны действия защит, на какие повреждения они действуют, возможность ложного срабатывания или отказа в отключении. Требуется определить какое оборудование отключилось и какие участки остались без напряжения, существует ли опасность для персонала, в какой мере нарушено электроснабжение потребителей, как отразилась авария на работе энергосистемы или участков сети.

Следующий этап – составление плана ответных действий, который должен отвечать трем основным требованиям: обеспечению безопасности персонала, сохранности оборудования, скорейшему восстановлению питания потребителей. При этом должны учитываться требования энергосистемы по ограничению перетоков мощности по линиям электропередачи и через шины узловых подстанций и т.д. Действия оперативного персонала при реализации плана должны выполняться осознанно, без нарушения установленного порядка переключений и требований правил технической эксплуатации и техники безопасности, но в то же время расторопно, без излишнего промедления. Для тех случаев когда нет необходимости тратить время на установление связи и переговоры с диспетчером вводится понятие “самостоятельных действий”.

Под самостоятельными действиями понимаются оперативные действия с оборудованием, которые выполняются оперативным персоналом в соответствии с требованиями инструкций на основе анализа поступившей информации и без предварительного получения распоряжения или разрешения вышестоящего диспетчера в случае нависшей угрозы для жизни людей или стихийных бедствиях. Естественно, что при первой же возможности следует доложить диспетчеру о выполненных операциях.

5.4. Действия персонала при автоматическом отключении линий электропередачи

Автоматическое отключение тупиковых линий

Данное повреждение приводит к прекращению электроснабжения потребителей, если отсутствует источник резервного питания. Задачей персонала в этом случае является по возможности быстрое включение в работу отключившейся линии, с тем, чтобы сократить до минимума продолжительность перерыва питания нагрузки и нарушения технологического процесса производства на предприятиях.

Независимо от успешности работы АПВ однократного действия, устанавливаемого на таких линиях, они немедленно (без внешнего осмотра оборудования, предупреждения потребителей) включаются под напряжение. При включении на неустранившееся КЗ (признаком этого служит бросок тока с одновременным снижением напряжения на шинах) персонал должен отключить выключатель линии, не дожидаясь действия защиты.

Автоматическое отключение транзитных линий

Данное повреждение не приводит к прекращению электроснабжения потребителей, однако может привести к перегрузке (на узловой или проходной подстанции) других, оставшихся в работе линий; может возникнуть необходимость ограничения мощности потребителей или выдаче мощности электростанций; напряжение в узловых точках может понизиться до недопустимых значений.

Во избежание этого, отключившаяся под действием защиты транзитная линия в минимально короткие сроки опробуется напряжением и включается под нагрузку по разрешению соответствующего диспетчера.

Если при опробывании линии напряжением обнаруживается КЗ, ее состояние проверяется локационным искателем и высылаются обходчики для установления причины КЗ.

5.5. Действия персонала при автоматических отключениях трансформаторов

Отключение трансформатора максимальной токовой защитой

Предположим, что при этом исчезло напряжение на шинах НН и действием автоматических устройств (АВР) оно на шины не подавалось. Трансформатор остался включенным со стороны ВН, что указывает на отсутствие в нем повреждений. В этом случае пытаются подать напряжение на шины НН вручную от отключившегося трансформатора (без его осмотра) или от трансформатора, находящегося в резерве, от АВР или вручную, если АВР был отключен или отказал в действии. В случае неуспешного включения выключателя действием автоматических устройств повторная подача напряжения на шины, оставшиеся без напряжения, без осмотра оборудования не производится. При осмотре обращается внимание на положение указательных реле защит присоединений, так как одной из причин отключения трансформатора может быть отказ в отключении выключателя одного из присоединений при КЗ на нем. Поврежденное оборудование выводится из схемы, после чего трансформатор включается в работу.

Отключение трансформатора защитой от внутренних повреждений.

Повреждения внутри трансформатора носят устойчивый характер, при этом могут реагировать все его защиты от внутренних повреждений (токовая отсечка, газовая защита, дифференциальная защита). Подавать напряжение на трансформатор без его осмотра в этом случае нельзя. Необходимо осмотреть все оборудование присоединения трансформатора, взять пробу газа из газового реле для анализа, выявить и устранить повреждение и причину, приведшую к аварии. Автоматическое отключение трансформатора может произойти также в результате действия всего лишь одной защиты от внутренних повреждений, например дифференциальной или газовой (в эксплуатации отмечены случаи ложного срабатывания газовой защиты при сквозных КЗ). Часто это связано не с повреждениями внутри трансформатора, а с нарушением внешней изоляции и возникновением КЗ в зоне действия дифференциальной защиты. Такие нарушения изоляции, как правило, нестойки и самоустраняются при отключении трансформатора. В этом случае производится осмотр всего оборудование присоединения трансформатора, проверяется заполнение маслом газового реле и, в случае отсутствия явных признаков

повреждений, принимаются меры по вводу трансформатора в работу. При обнаружении неисправностей они устраняются, после чего трансформатор вводится в работу.

5.6. Действия персонала при автоматических отключениях сборных шин

Сборные шины подстанций могут лишиться напряжения при:

- КЗ на линиях, на оборудовании (трансформаторах напряжения, разрядниках, шинных разъединителях), на участках соединительных проводов от шин до выключателей, а также на выключателях;
- КЗ на любом присоединении, отходящем от шин, и отказе в действии его выключателя или защиты;
- отказе или неправильной работе защиты шин или устройства резервирования при отказе выключателя;
- аварии в энергосистеме.

Отключение сборных шин действием дифференциальной защиты шин.

В случае КЗ на шинах и отключении выключателей этой системы шин возможно нарушение электроснабжения потребителей. Основным методом ликвидации данной аварии является подача напряжения на шины действием автоматического устройства АПВ шин. При отсутствии АПВ или его отказе напряжение на шины подается вручную включением выключателя любого присоединения, находящегося под напряжением. Это действие выполняется персоналом без предварительного осмотра шин. Если попытка подачи напряжения окажется неуспешной, проводится осмотр оборудования, входящего в зону действия ДЗШ. Выявленное осмотром поврежденное оборудование отключается со всех сторон сначала выключателями (если они не отключились), а затем разъединителями, обеспечивая возможность подачи напряжения на неповрежденную часть электроустановки.

Отключение сборных шин действием УРОВ.

При КЗ на присоединении, отходящем от шин и отказе его выключателя, действием УРОВ отключается шиносоединительный выключатель (если он включен) и выключатели всех присоединений, продолжающих питать КЗ.

При отключении всех остальных выключателей данной системы шин неотключившийся выключатель обнаруживается по сигнальной лампе индивидуальной сигнализации. Затем персонал должен предпринять попытку отключения выключателя со щита управления или с места установки.

Если эти действия не принесут успеха, то после проверки отключенного состояния выключателей других присоединений, деблокируются и отключаются шинные разъединители присоединения отказавшего выключателя. Далее на шины подается напряжение по любой транзитной линии, а в случае отсутствия напряжения на линиях – включением шиносоединительного или секционного выключателя.

Отключение сборных шин при отказе ДЗШ или УРОВ.

При КЗ на шинах и отказе в действии ДЗШ КЗ будет отключаться выключателями, установленными на противоположных концах электрических цепей, при этом на линиях придут в действие резервные (дистанционные) защиты, а на трансформаторах – резервные максимальные токовые защиты.

Аналогичная аварийная ситуация будет иметь место и при КЗ на любой отходящей от шин подстанции электрической цепи и отказе ее выключателя, когда УРОВ отсутствует или отказало в действии. В обоих случаях персонал должен осмотреть указательные реле устройств релейной защиты и автоматики.

Если анализ работы защит и визуальные признаки повреждения (вспышка, дым, характерный запах) не дадут результатов, персонал должен передать сообщение диспетчеру и действовать далее по его указаниям. Если же по результатам анализа работы защит будет установлен отказ выключателя какого-либо присоединения, следует отключить отказавший в отключении выключатель и доложить диспетчеру.

6. Противоаварийные тренировки и работа на тренажерах

Обучение на тренажерах: тренажеры применяются для обучения персонала правилам выполнения оперативных переключений и методам ликвидации аварий в главных схемах электрических соединений подстанций. Это одно из основных технических средств обучения. При обучении на тренажерах правилам переключений приобретаются и закрепляются знания действующих в энергосистемах инструкций по переключениям и, кроме того, устраняется разрыв между знаниями и оперативными действиями, поскольку персоналу в процессе обучения приходится иметь дело с имитаторами коммутационных аппаратов и различных электрических устройств, подобными элементам реального оборудования.

Тренажеры позволили многократно повторять формируемые действия в самой разнообразной обстановке, отрабатывать их по элементам, что помогает обучаемым быстрее усвоить существо изучаемых приемов. Тренажер при обучении устранению неисправностей дает возможность в течение двух часов тренировать каждого человека в обнаружении не менее 10 неисправностей, в то время, как при ручном вводе неисправности эта цифра равняется 2-3. Результатом тренировки является повышение точности и скорости выполнения отрабатываемых действий.

Особенно эффективно применение тренажеров при обучении методам ликвидации аварий. С помощью тренажеров воспроизводятся (моделируются) различные аварийные ситуации и изучаются методы их устранения, что практически неосуществимо при обучении на действующих подстанциях. При максимальном приближении обучения к реальным условиям исключается всякая опасность для персонала в случае ошибочных действий. Персоналу предоставляется возможность многократного повторения режимов КЗ и проводимых при этом операций, пока не будут получены необходимые знания и твердые навыки (т.е. навыки правильных действий) в устранении аварий. И наконец, сама система обучения с помощью тренажеров носит объективный характер, не зависящий от знаний и опыта наставников при обычных традиционных формах обучения. При обучении оперативного персонала АЭС 40 часов обучения на тренажере эквивалентны 200 часам обучения на реальной АЭС.

С появлением тренажеров возникла проблема разработки рациональных методов обучения направленных на сокращение сроков и повышение качества обучения, то есть на выработку у оператора наиболее эффективных и устойчивых навыков управления. В основном это "тренаж" (когда выяснение состава действий и овладение ими происходит в процессе многочисленных проб их выполнения) и метод "специальной организации действия" (когда предварительно выделяется система операций, осуществляется их поэтапная отработка).

Советским психологом В.В. Чебышовой и американским психологом Д. Уолфом были выдвинуты общие требования к организации обучения на тренажерах:

- определение задачи, понимание цели и способов ее достижения;
- осознание цели обучающимися;
- своевременные, объективные оценки результатов;
- правильная организация обратной связи;
- активность обучающихся;
- постепенное усложнение задач;
- правильное распределение упражнений во времени;
- разнообразие материала практических задач;
- полнота и определенность инструкции.

Вводя обучение на тренажерах, важно учесть и требования к тренажерам:

навыки, развиваемые на тренажере, должны по своей структуре соответствовать навыкам трудовой деятельности (в ряде случаев упрощенным и схематизированным);

при окончательной оценке тренажера надо учитывать, насколько отрицательные навыки, если они все-таки возникают, существенны, насколько трудно устранимы и какова доля положительных навыков и качество последних;

тренажер должен предусматривать варьирование выполнения действий;

тренажер должен обеспечивать восприятие результатов воспроизводимых на нем действий (с объективной регистрацией этих результатов для последующего анализа);

успешность применения тренажера определяется методической целенаправленностью и обеспечением необходимого числа повторений упражнения.

Кроме того, важно осознать, что содержанием обучения диспетчеров будут как алгоритмические операции, так и принятие нестандартных решений, что обуславливает использование различных методов обучения - от традиционных до активных - при подготовке диспетчеров энергосистем. Не менее важно формировать и умение противостоять панике и страху в аварийной ситуации. Есть два основных способа борьбы со страхом:

борьба на уровне отдельного человека;

борьба на уровне группы.

В ходе обучения, цель которого - снизить остроту психологического потрясения, используют один из способов подготовки к пугающим ситуациям - "взрывную терапию", заключающуюся в создании обстановки, максимально приближенной к реальной действительности.

Сущность обучения на тренажере заключается в усвоении обучаемыми заранее записанных программ действий, в которых заложена правильная последовательность операций и действий в решении поставленных задач. Каждая аварийная ситуация может иметь несколько вариантов ее ликвидации. Программой каждой задачи предусмотрен единственный вариант решения, но этот вариант является оптимальным, исключая все другие решения. Лишь в необходимых случаях программы содержат возможные комбинации действий с однотипным оборудованием, например с шинными разъединителями присоединений при переводе их с одной системы сборных шин на другую и т.д.

Программы разработаны с учетом практической организации оперативной работы. В них находят отражение все операции и действия, выполняемые персоналом самостоятельно и по распоряжению диспетчера. Последовательность операций, включенных в программы, согласована с требованиями инструкций по ликвидации аварий. Обучение ликвидации аварий с применением тренажера может быть индивидуальным и групповым под руководством преподавателя (инструктора). В последнем случае группы в составе 8-10 человек набирают из обучаемых примерно одинаковой подготовки и уровня знаний, что способствует повышению их активности и заинтересованности в приобретении знаний и навыков. Учебный процесс разбит на две части - теоретическую и практическую. В теоретической части изучаются содержание учебных задач и методы их решения. Теоретическая часть обучения является достаточно ответственной, поскольку на ее основе в дальнейшем должны будут формироваться умения, навыки и формы поведения персонала в аварийных ситуациях. Но знания превращаются в умения и навыки не сразу, а по мере применения знаний в конкретных ситуациях. Тренажеры как средства практического обучения представляют для этого широкие возможности. Упражняясь на тренажере, обучающиеся пробуют свои силы, ошибаются, наталкиваются на целесообразные действия. Ошибки отбрасываются, а верные решения закрепляются. Так приобретаются профессиональные навыки, так совершенствуются системы действий при ликвидации аварий.

6.1 . Проведение противоаварийных тренировок.

В практике энергосистем противоаварийные тренировки, проводимые с оперативным персоналом, обслуживающим подстанции, являются основной формой обучения методам и приемам предупреждения, локализации и ликвидации аварий в случае их возникновения. Одной из задач противоаварийных тренировок является проверка способности персонала самостоятельно, быстро и четко ориентироваться в аварийных ситуациях и действовать в соответствии с имеющимися инструкциями и указаниями. Следует отметить, что использование тренажеров при обучении не заменяет, а дополняет систему подготовки персонала путем проведения противоаварийных тренировок.

Первые противоаварийные тренировки были проведены на Шатурской электростанции в 1933 году. В дальнейшем они начали широко применяться в «Мосэнерго». В процессе противоаварийной тренировки моделируется авария либо уже происходившая, либо придуманная.

В ходе тренировки воспроизводятся действия по ликвидации этой аварии. Например, до войны в «Мосэнерго» часто моделировалась авария 16 августа 1936 года, лишившая Москву на 30 минут электроэнергию. В настоящее время все диспетчеры должны раз в месяц проходить противоаварийную тренировку в своей системе. Но многие руководители диспетчерских служб и еще чаще сами диспетчеры считают противоаварийные тренировки не эффективными.

Действительно, традиционное проведение аварийных игр не дает необходимого эффекта из-за опущения искусственности, которое возникает у диспетчеров тренировки. Для решения этой проблемы тренировка должна удовлетворять следующим требованиям:

темп тренировки должен варьироваться (изменение темпа может достигаться изменением скорости подачи новых данных);

программированная система оценки результатов (такая система может быть построена в соответствии с хорошо известной оперантной теорией программированного обучения, согласно которой система оценки должна представлять программу наказаний и поощрений);

включение в программу тренировки ряда задач, либо не имеющих решения, либо допускающих несколько вариантов решения.

Включение в процесс обучения диспетчеров подобных противоаварийных тренировок позволит подготовить специалистов, способных справиться с теми сложными задачами, которые ставит перед ними сегодняшний день /4/.

Каждая аварийная ситуация предъявляет высокие требования к эмоционально-волевым качествам персонала. Во время тренировок вырабатываются и эти качества, так как при нецелесообразных или ошибочных действиях персонал неизбежно подвергается воздействию неблагоприятных эмоциональных реакций, которые он учится преодолевать.

Таким образом, противоаварийные тренировки при всей их условности в какой-то мере воспитывают и развивают у персонала те качества, которые нужны ему при ликвидации подлинных аварий.

В течение года с каждым оперативным работником проводятся плановые противоаварийные тренировки. Для этого на предприятиях электрических сетей заранее составляются календарные и тематические планы. Проводятся также и внеочередные тренировки, когда появляется необходимость в более тщательной подготовке персонала, а также при неудовлетворительной ликвидации произошедших аварий.

Темы тренировок обычно выбирают с учетом аварий и неполадок, имевших место с аналогичным оборудованием на данной подстанции или в схемах других подстанций энергосистемы, при этом принимаются к сведению "узкие места", дефекты оборудования и практически возможные ненормальные режимы в работе подстанции. Иногда темы тренировок связывают с сезонными и стихийными явлениями (грозами, гололедом, пожарами и т.д.), угрожающими нормальной работе оборудования, а также с вводом в работу нового, не освоенного еще в эксплуатации оборудования и новых схем. Используются как темы тренировок отдельные указания типовых и местных инструкций по ликвидации аварий.

В зависимости от темы и числа участников тренировки могут быть индивидуальными и групповыми. В них, как правило, принимает участие персонал, свободный от дежурства. Руководителями назначают инженерно-технических работников предприятий, хорошо знающих оперативную работу, а также диспетчеров электросетей и энергосистем.

Тренировки проводятся по специально составленным программам, в каждой из которых указываются исходная схема подстанции, режим ее работы, показания измерительных приборов, работа устройств сигнализации, действие автоматических устройств в период аварии, оптимальный порядок ликвидации аварии и варианты решения тренировочной задачи. Опыт показывает, что успех тренировки зависит от того, насколько хорошо продумана ее программа.

Тренировки, как правило, проводятся на рабочих местах. Однако их участники должны понимать, что они ликвидируют не настоящие, а условные, учебные аварии и что никаких действий с оборудованием производить нельзя. Для предотвращения ошибок действия персонала должны контролироваться на протяжении всей тренировки. Информация об аварии носит условный характер, и поступает она не с действующих приборов, а с тренировочных плакатов,

заранее развешиваемых на щитах управления, панелях релейной защиты и других местах, где разворачиваются те или иные учебные события.

Перед началом тренировки ее участники подробно инструктируются руководителем. Контролерам указываются места, где они должны находиться, разъясняются их роль и обязанности на отдельных этапах тренировки. Тренирующимся лицам сообщаются схема подстанции, режим ее работы и другие сведения. В этот момент руководитель тренировки (сам и через контролеров) сообщает ее участникам внешние признаки аварии, при этом персонал сразу же обращает внимание на развешенные тренировочные плакаты, получает по ним нужную информацию и далее ориентируется по этим плакатам в ходе ликвидации аварии. Большая роль в процессе тренировки принадлежит ее руководителю: он дополняет картину событий, сообщает участникам тренировки все интересующие их сведения, принимает сообщения персонала, ликвидирующего аварию, передает распоряжения, якобы поступившие от диспетчера, одновременно пристально наблюдает за действиями персонала, фиксирует ошибки и нарушения правил эксплуатации и техники безопасности.

Во время тренировок руководители иногда прибегают к искусственному приему введения помех (частые телефонные звонки и, наоборот, отказы в работе средств связи, настойчивые требования потребителей скорее подать напряжение, отказы в работе блокирующих устройств и т.д.), чтобы тренировки больше напоминали действительные аварийные ситуации. Смысл введения помех состоит в том, чтобы наблюдать поведение тренирующихся в условиях, затрудняющих производственную деятельность, проверять стойкость, сопротивляемость действию помех, что является одним из положительных качеств оперативного персонала. Тренировки обычно проводятся в достаточно быстром темпе, чтобы воссоздать эффект "дефицита времени" (кажущуюся быстротечность, недостаток времени), что часто испытывается персоналом в реальных условиях.

Заканчиваются тренировки техническими разборами, которые проводят их руководители в присутствии всех участников, при этом подробно рассматриваются все действия персонала: отмечаются правильные оперативные действия и допущенные ошибки, нарушения правил и инструкций, дается персональная оценка действиям каждого работника, намечаются технические мероприятия, выполнение которых считается целесообразным в связи с проведенной тренировкой. При оценке действий персонала принимается во внимание его поведение во время ликвидации учебной аварии (нерешительность, замедленность действий, подверженность действию помех, затрудненность в восприятии информации и т.п.), так как это качество персонала во многом определяет его организованность, целесообразность и безошибочность действий.

Можно утверждать, что тот, кто не склонен к растерянности, обнаруживает быстроту ориентировки, обладает необходимыми знаниями и умеет применять их в условиях тренировки, тот не потеряет присутствия духа в сложной аварийной обстановке.

6.2. Назначение и устройство учебного тренажера ТЭ-2М

Тренажер ТЭ-2М является эффективным техническим средством обучения оперативного персонала предприятий электрических сетей. Его применение при обучении дает возможность тщательного изучения последовательности выполнения всех видов переключений на подстанциях с различными схемами электрических соединений. При этом операции с коммутационными аппаратами в необходимых случаях чередуются с проведением операций в схемах релейной защиты, автоматики, цепях управления выключателями и т.д.

Тренажер представляет возможность создавать характерные аварийные ситуации на подстанциях и обучать персонал практическим методам ликвидации аварий, что невозможно выполнить при подготовке персонала на рабочих местах действующих подстанций персонал при обучении на тренажере имеет возможность многократно повторять операции, пока не будут приобретены необходимые знания и твердые навыки оперативной работы.

Обучение персонала или совершенствование его знаний проводится по единой методике, основанной на производственной практике энергосистем. Последовательность выполнения переключений на тренажере и методы ликвидации аварий полностью соответствуют указаниям

типовых инструкций. Также при разработке программ данного тренажера были учтены требования правил техники безопасности.

Тренажер состоит из щита с мнемосхемой шин, двух пультов с имитаторами вторичных устройств, небольшой телефонной станции, фотосчитывающего устройства, шкафа управления и блоков питания.

Щит тренажера собран из мозаичных унифицированных секций, смонтированных на общем основании. На щите изображена мнемосхема электрической сети, включающей в себя схемы различных подстанций напряжением 10-220 кВ. Элементы оборудования ПС и ЛЭП напряжением 10 кВ выполнены голубым полистиролом, 110 кВ - красным и 220 кВ - желтым. Оборудование собственных нужд ПС показано черным цветом.

Коммутационные аппараты на схемах имитируются ключами, имеющими световую индикацию, - грифы ключей светятся ровным светом при включенном положении аппаратов, не светятся при отключенном положении и светятся мигающим светом при несоответствии положений аналогов аппаратов с положением ключей на мнемосхеме.

Пульты имитируют щит управления подстанции и релейный щит. На них размещены тумблеры, кнопки и табло, с помощью которых проверяются режимы работы электрических цепей, воспроизводятся действия, выполняемые с отключающими устройствами релейной защиты и автоматики, цепями напряжения и оперативного тока приводов выключателей, имитируются действия персонала при производстве работ в цепях вторичных соединений, считываются показания фиксирующих индикаторов повреждений, высвечиваются результаты осмотров оборудования при авариях и т.п. При контрольных и проверочных действиях реализуются устройства обратной связи в виде световых табло, имеющих соответствующие надписи.

Аппаратура пульта управления, расположенного слева от щита, имитирует работу устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) и вторичных цепей ПС.

С помощью пульта проверяются режимы работы электрических цепей, выполняются операции по отключению, включению и перестройке устройств РЗА, имитируется действие персонала в цепях РЗА, а также при осмотрах оборудования.

Пульт контроля и выбора заданий расположен справа от щита. На нем размещены электронные табло, отображающие последовательность оперативных действий при выполнении переключений и ликвидации аварий, ошибочные операции и действия, а также табло счета ошибок - оценочное табло. При правильном выполнении заданий на пульте контроля высвечивается цифра очередного выполненного шага, а при выполнении всех действий задания загорается табло "ЗАДАНИЕ ВЫПОЛНЕНО". При допущении ошибки на любом шаге загорается табло "РЕШЕНИЕ ОШИБОЧНО" и при этом появится на табло код аппарата, операция с которым выполнена ошибочно. Ошибочно повернутый ключ должен быть возвращен в исходное положение.

Телефонная станция тренажера используется как при участии в процессе обучения диспетчера, руководящего тренировкой по телефону, так и при индивидуальном обучении, когда необходимы обращение к диспетчеру или передача информации в другие инстанции.

6.3. Назначение и устройство компьютерного тренажера «Модус»

Тренажер по оперативным переключениям для персонала энергетических объектов представляет собой готовый комплекс программ для персонального компьютера, который можно использовать для первоначального обучения, для самоподготовки, для собеседования при приеме на работу и аттестации оперативного персонала различного уровня. При этом от обучаемого не требуется навыков работы с компьютером.

Следует отметить, что компьютерный тренажер «МОДУС» является в некотором роде аналогом мнемотренажера ТЭ-2М. То есть, тренажер «Модус» содержит стандартную базу оперативных переключений для нормальных и аварийных заданий, практически совпадающую с типовыми заданиями тренажера ТЭ-2М. Однако, помимо стандартной базы данных по оперативным переключениям, разработчиками тренажера совместно с представителями энергосистем дополнительно созданы базы данных по ряду предприятий электрических сетей, ТЭЦ и других энергообъектов.

Значительным преимуществом тренажера «Модус» является наличие редактора упражнений, который позволяет любому пользователю, легально приобретшему тренажер, существенно расширять имеющуюся базу заданий, за счет рисования новых схем и формирования по ним бланков переключений, как для нормальных, так и для аварийных заданий. Причем для выполнения вышеперечисленных задач не требуется специальных знаний программиста. Это позволяет творчески подходить к процессу обучения: на первом этапе изучать основные положения в области оперативных переключений, стандартную последовательность основных операций и действий при оперативных переключениях на тренажере ТЭ-2М, а затем после приобретения соответствующих навыков и умений осуществлять переход к компьютерному тренажеру.

Суть тренинга состоит в том, что обучаемый должен воспроизвести определенную последовательность действий при переключениях в электрической части энергообъекта в условиях нормальной работы или при аварийной ситуации на схемах энергообъектов, подобных тем, которые он обслуживает на своем рабочем месте.

При тренировке обучаемый может иметь дело с информацией, представленной в виде электрических схем, графических изображений, текстовых данных, элементов мультимедиа.

Графический интерфейс «Модуса» ориентирован на то, что основной формой представления информации будет представление электрических схем. Тренажер не производит какого-либо топологического анализа схем, расчетов режима. Ответственность за составления правильного алгоритма переключений лежит на составителе задач.

7. Автоматизация оперативных переключений при диспетчерском и технологическом управлении.

Система «Советчик диспетчера»

Данная система предназначена для решения технологических задач Службы режимов (ЦДС) посредством автоматической выработки рекомендаций по изменению электрической сети путем коммутации ее элементов и (или) уровня генерации, а также напряжений в узлах таким образом, чтобы в рекомендуемой схеме были устранены перегрузки и режим удовлетворял требованиям качества отпускаемой электроэнергии. Рекомендуемая схема может быть проверена на соответствие ряду критериев, таких, как допустимый уровень токов коротких замыканий, количество привязок узлов схемы к сети 220-500 кВ, диапазон отклонений напряжений узлов от номинала и т.д. Также существует и возможность ручного управления процессом выработки решения с проверкой корректности выработанного варианта действий.

При работе в режиме диалога «Советчик диспетчера» позволяет:

- провести запуск автоматического поиска вариантов переключений и/или изменений генерации в узлах системы, в результате которых перегрузки будут устранены;

- провести запуск автоматического расчета коэффициентов трансформации в устройствах с РПН для устранения перегрузок;

- провести запуск автоматического расчета модулей напряжений в узлах с фиксированным модулем для устранения нарушений ограничений по напряжению и по реактивной мощности и для снятия перегрузок в ЛЭП;

- коммутировать элементы схемы (линии электропередачи, ветви с трансформаторами, шиносоединительные выключатели);

- изменить параметры генераторов (активную и реактивную мощность);

- изменить параметры нагрузок схемы;

- изменить модуль напряжения в узле с фиксированным модулем;

- выполнить расчет установившегося режима в схеме и вывести результаты расчета на экран;

- вывести на экран узлы с нарушениями по напряжению и нарушениями пределов по реактивной мощности генераторов;

- выполнить расчет токов короткого замыкания в узлах схемы, сопоставить его с разрывной способностью выключателей и вывести результаты расчета на экран;

выполнить расчет минимального количества привязок узлов схемы, определенных пользователем, к сети 220 кВ и 500 кВ и вывести результаты расчета на экран;

выполнить расчет перетоков мощности по заданным сечениям, создавать новые сечения и редактировать существующие;

запомнить произвольное число анализируемых схем, с целью последующего их анализа.

При соответствующих доработках система "Советчик Диспетчера" может быть использована:

при обработке заявок на вывод оборудования в ремонт;

для подготовки схем на максимум и для перспективного развития;

при ведении оперативной схемы сети;

как инструмент для противоаварийных тренировок оперативного персонала в сетевых районах «Мосэнерго» и на электростанциях и др.

Программный комплекс можно настроить на конкретную энергосистему примерно в течение месяца, в зависимости от ее сложности.

подобные программные продукты оказывают несомненную помощь оперативному персоналу, принимающему решения по ликвидации аварии в энергосистеме. Главное, чтобы это решение было принято достаточно быстро, хотя для его обоснования требуется значительный объем расчетов. Так, в задании ОАО Мосэнерго на разработку программного продукта "Советчик Диспетчера ЦДП" для определения набора действий по предотвращению развития аварии давалось не более 150 сек. Комплекс "Советчик Диспетчера ЦДП" обладает возможностью провести все необходимые расчеты в требуемые сроки.

«Советчиком...» может пользоваться дежурный диспетчер при аварии, если при этом возникла перегрузка в некотором элементе энергосистемы, или персонал службы режимов, рассматривающий заявки на вывод оборудования в ремонт.

При ликвидации аварии диспетчер может воспользоваться инструкциями, которые имеются на ЦДП, или будет определять действия по своему индивидуальному пониманию режима, существующего в сети. И то и другое, как правило, не соответствует тому состоянию системы, которое имеет место в данный конкретный момент. Режимы и схема сети могут отличаться от тех режимов и схем, для которых вырабатывались рекомендации или на которых основывался опыт. Причины могут быть различными: уровень генерации, нагрузки, состав генерирующего оборудования, отключенное оборудование и т.п.

В то же время каждый из перечисленных факторов может существенно повлиять на выбор противоаварийных воздействий. Например, состав генерирующего оборудования определяет возможности его разгрузки либо дополнительной выработки активной мощности для изменения потокораспределения в желательном направлении. Низкий уровень нагрузки может привести к действиям, отличающимся от действий, которые нужно было бы совершить в моменты максимальной нагрузки. Кроме того, среди различных вариантов ликвидации аварии может быть выбран наилучший с точки зрения определенного критерия: надежности, минимума потерь в сети, минимального экономического ущерба и др.

Очевидно, что в каждом конкретном состоянии системы действия по ликвидации аварии могут быть различны даже при ее возникновении в одном и том же элементе системы и, поэтому, доверяться опыту или заранее установленным рекомендациям может оказаться недостаточным.

И еще одно очень важное обстоятельство: человек - диспетчер или лицо, принимающее решение, - потенциальный источник ошибок. Чем мощнее оборудование, которым человек управляет, тем дороже стоимость ошибки, и поэтому всегда важно иметь и пользоваться быстродействующей системой, способной проверять предполагаемые действия. Так, например, при анализе аварии на линии электропередачи 24.04.1996, из-за которой произошел полный сброс электрической и тепловой нагрузки ТЭЦ-16, программный комплекс СД за 10 секунд предложил несколько способов ликвидации последствий аварии при полном сохранении электрической и тепловой нагрузки станции.

Приведенный пример демонстрирует цену ошибочного или неоптимального решения персонала и, поэтому экспресс-оценка действий персонала должна проводиться обязательно.

Система “Советчик Диспетчера ЦДП” имеет в своем составе достаточно средств для получения характеристик и проверки предлагаемых диспетчером действий.

Несколько иная картина может наблюдаться у персонала по рассмотрению заявок на вывод оборудования в ремонт. В этом случае нет ограничений по времени, но есть, как правило, несколько заявок, связанных с отключением различного оборудования.

Если рассматривать каждую заявку отдельно, то возможна ситуация, когда изменения в схеме, связанные с выполнением одной заявки, могут противоречить выполнению другой. Такие заявки необходимо разносить по времени. Рассмотрение же сразу нескольких заявок может оказаться сложным, если не невозможным. В этом случае “Советчик Диспетчера ЦДП” позволяет рассматривать варианты с несколькими заявками и получать советы, в которых выполняются требуемые ограничения, отсортированные по заданным критериям (надежность, экономичность и пр.).

На основе одного из вариантов “Советчика диспетчера ЦДП энергосистемы” разработан “Программный комплекс для проведения тренировок и соревнований оперативно–диспетчерского персонала энергосистемы”. Тренажер для оперативно-диспетчерского персонала построен для нормальной и аварийной схемы в некоторой энергосистеме “Тренэнерго”, в которой необходимо проведение оперативных переключений или возникла авария по заданному сценарию .

При использовании системы в качестве тренажера программа настраивается определенным образом, в зависимости от поставленных перед тренирующимся задач. В результате может быть ограничен доступ к части определенных выше возможностей. Эти ограничения устанавливаются руководителями тренировочного процесса. Информация о введенных ограничениях расположена в соответствующих разделах справки.

Компьютерные системы управления электрической частью энергообъектов

В современных условиях эксплуатации энергосистем возникла необходимость автоматизации их технологического и диспетчерского управления за счет разработки и внедрения компьютерных систем управления электрической частью энергообъектов, а также систем контроля. Автоматизированные электростанции (подстанции) становятся наиболее важным субъектом как для генерации электроэнергии, так и для ее распределения и использования, в рамках промышленных предприятий.

Основной целью для таких заказчиков является беспереывное, высококачественное и оптимальное по стоимости энергоснабжение. В свете этого была разработана концепция их автоматизации, базирующаяся на распределенной системе для автоматизированных защит, управления и контроля за электростанциями и подстанциями, передающими и распределяющими электроэнергию. Несомненным лидером в данной области является совместное предприятие “АББ Реле-Чебоксары (Автоматизация)” организованное в июле 1994 г. российскими предприятиями АО “ЧЭАЗ”, АО “ВНИИР” и международной компанией АБВ.

На сегодняшний день достаточно широко используются компьютерные системы управления энергообъектами фирмы АБВ, такие как «Система управления MicroSCADA», «Система мониторинга станции SMS 010», «Открытая система управления для электростанций Advant® Power», «Компактная система управления Freelance» и ряд других. Система управления MicroSCADA является членом семейства S.P.I.D.E.R. - концепции АБВ по системам управления энергией в электрических сетях и обеспечивает интеграцию с системами информации, регулирования нагрузки, управления подстанциями и защиты сетей. Система формирует базу для малых и больших систем, выполненных под конкретного заказчика, для дистанционного управления энергообъектами и обладает множеством достоинств.

Функции системы MicroSCADA.

Автоматизация ведения оперативной диспетчерской документации установленной формы заключается в автоматизированной подготовке предусмотренного комплекта унифицированных по форме документов (заявок, бланков переключений, разрешений, приказов, уведомлений и т.п.), связанных с оперативным обслуживанием и выполнением работ на электроустановках. Помимо этого предусмотрена автоматизация составления отчетов об аварийных и плановых отключениях в

сети; ведение статистики повреждений и отключений оборудования по участкам, подстанциям и фидерам.

Управление топологией электрической сети. Графическое отображение сети реализовано в виде цветной оперативно конфигурируемой и масштабируемой топологической схемы, привязанной к географическим координатам, с возможностью использования в качестве фона географической карты местности, с простым механизмом навигации по сети и панорамированием. Графический пользовательский интерфейс организован с использованием топологической и однолинейной схем сети, однолинейных диаграмм подстанций для управления данными и для контроля за состоянием сети и ее элементов. При этом предусмотрено динамическое окрашивание линий топологической схемы и шин однолинейных схем подстанций по заданным правилам в режимах реального времени и имитационного моделирования с учетом состояния коммутирующих аппаратов и значений параметров режима для упрощения визуального контроля за сетью.

Контроль за состоянием объектов управления, формирование предупреждающих и аварийных сигналов и сообщений, управление событиями и аварийными сигналами.

Выполнение сетевых расчетов в оперативном режиме, включая расчет токораспределения, напряжений, потерь мощности и падения напряжения, токов короткого замыкания (КЗ), и отображение их результатов на различных графических образах сети. Локализация устойчивых повреждений (КЗ) в сети, определение вероятных мест КЗ и отображение их на схеме сети на основе измерений и расчетных данных.

Планирование и тестирование переключений в сети в аварийных ситуациях и в нормальном режиме с проверкой уровня напряжений, ограничений элементов сети по нагреву и работы защит, используя режим моделирования. Изоляция зоны повреждения путем оперативного планирования последовательности переключений на основе использования данных сети и эвристических моделей планирования. Управление оперативно-выездными бригадами (ОВБ) с отслеживанием их местонахождения по схеме сети. Управление коммутационными аппаратами и возможность управления переключателями и трансформаторами, независимо от используемого устройства управления ячейкой.

Возможность подключения различных дополнительных диспетчерских средств отображения: мозаичных щитов, панелей индикации, проекционных систем и т.д.

Используемая в системе «База данных процесса» (БДП) - это «быстрая» база данных реального времени, содержащая объекты процесса, масштабы и объекты произвольного типа. Связь системы с процессом проходит через объекты процесса. Поведение каждого объекта может быть задано пользователем. Большинство функций БДП базируется на объектах процесса. Объекты процесса - это образы данных от физических устройств процесса, таких как выключатели, разъединители, ключи, реле, определители, датчики, контроллеры и т.п. Устройства подключаются к системе MicroSCADA посредством удаленных терминалов (RTU), реле защиты и терминалов управления, программируемых логических контроллеров и т.д., которые здесь именуется как устройства процесса с общим именем. Список событий представляет события процесса в порядке времени. Каждое событие обычно представлено строкой текста события, описывающей событие в процессе.

Список блокировок - суммарная информация по текущей ситуации блокировки, которая подвергается контролю. Каждый блокирующий сигнал представляется заранее определенной текстовой строкой. В дополнение к тексту сигнала, индицируется статус блокировки. Процедура блокировки объекта выполняется путем выбора ее из изображения или путем запроса из базы данных процесса и последовательной активизации выбранного условия блокировки. Также возможна процедура автоматической блокировки. Например, когда станция переводится в локальное положение, все объекты, подключенные к станции, могут быть автоматически заблокированы.

Управление переключателями и трансформаторами независимо от используемого устройства управления ячейкой. Следовательно, система поддерживает не только устройства защиты и управления REC 216, REC 316 и REC 316*4, но и регуляторы напряжения МК30Е и

TCS1.10. Диалог для управления ячейкой выбирается при нажатии на соответствующий символ ячейки.

Управление коммутационным оборудованием с рабочего места оператора осуществляется через диалоговые окна управления выключателями. Это диалоговое окно выдается на экран автоматически при выборе элемента для управления. Вызов окна защищается уровнем доступа с целью предотвращения несанкционированного управления. Окно управления связывается также с иерархией управления так, что команда управления этим же объектом не может быть подана с двух различных рабочих мест в одно время. Кроме того, окно управления содержит, помимо ключей 'Отключить выключатель', 'Включить выключатель' и 'Выполнить', другую важную дополнительную информацию, необходимую для операции управления. Это информация о состоянии самого выключателя (управление выключателем заблокировано, симуляция, неопределенное состояние) и как установлена иерархия управления (местное, в самой системе управления, или дистанционно на верхнем уровне в центре управления сетью).

Тренды могут быть представлены в графическом режиме или в табличном режиме. Эти режимы используют одни и те же данные, но, с другой стороны, они могут использоваться независимо. Графический вид тренда содержит до 10 кривых. Они представляются в Декартовой системе координат, состоящей из горизонтальной оси времени (ось X) и вертикальной оси значений (ось Y). Возможен скроллинг кривых в обоих направлениях, X и Y, и изменение параметров обеих осей, так же как и параметры масштабирования кривых тренда. Все кривые могут быть временно стерты с экрана.

Осциллограф предназначен для использования при проверке правильной работы устройств РЗА и выключателей и при анализе проблем защиты в электрических сетях. Осциллограф формирует формы кривых для наблюдаемых объектов как в случае нормальных условий обслуживания, так и при срабатывании устройств РЗА. Таким образом, уставки реле могут базироваться на записанной информации.

8. Система телемеханики

Системой телемеханики называется совокупность датчиков и приемников телемеханической информации, приемопередающих устройств телемеханики и каналов передачи информации.

Системы телемеханики обеспечивают автоматический обмен информацией между диспетчерским пунктом (ДП) или пунктом управления (ПУ) и контролируемыми пунктами (КП) энергопредприятия. При этом на ДП и на КП устанавливаются устройства телемеханики: симплексные, если информация передается в одном направлении, например от КП на ДП, или дуплексные, если информация между этими устройствами должна передаваться в обоих направлениях (от КП на ДП и от ДП на КП). Связь между устройствами телемеханики соответственно обеспечивается либо симплексным каналом (СКС), либо дуплексным каналом связи (ДКС). Каналы связи телемеханических устройств называют каналами телемеханики.

В энергетических системах с помощью устройств телемеханики диспетчер имеет возможность контролировать состояние оборудования и режим работы объектов энергосистемы, своевременно получать извещение о всех изменениях, появившихся в электрической схеме системы, а в ряде случаев и возможность непосредственно управлять оборудованием и режимом работы контролируемых объектов.

Наличие систем телемеханики не только значительно облегчает работу диспетчерского персонала, но и повышает оперативность и технический уровень эксплуатации энергетической системы.

По характеру выполняемые функции системы телемеханики подразделяются на:

а) системы телесигнализации (ТС), обеспечивающие передачу с КП на ДП информации о состоянии оборудования, находящегося на КП; с помощью ТС контролируют положение выключателей мощности, разъединителей, состояние автоматических устройств, контроль объекта и т. д.;

б) системы телеизмерений (ТИ), передающие диспетчеру значения параметров контролируемых производственных процессов: тока, напряжения, мощности, частоты;

в) системы телеуправления (ТУ), обеспечивающие передачу управляющей информации со стороны ДП (ПУ) к исполнительным устройствам контролируемого объекта;

г) система телерегулирования (ТР), решающая задачу передачи управляющих команд типа «больше - меньше», «прибавить - убавить» и других от диспетчера к автоматическому устройству - регулятору, расположенному на контролируемом объекте. Команды управления воздействуют на регулятор в течение времени посылки их диспетчером;

д) системы автотелеуправления (АТУ), обеспечивающие передачу управляющей информации от автомата к автомату. Примером АТУ служит система телеотключения, в которой автомат, управляющий работой выключателя питающей подстанции, получает команду на выключение от автомата, расположенного на удаленной подстанции, не имеющей собственного выключателя мощности;

е) системы автотелерегулирования (АТР), обеспечивающие передачу информации от автомата, контролирующего режим работы объекта, к автомату, расположенному в другом пункте энергосистемы и управляющему работой соответствующего регулятора;

ж) системы аварийно-предупредительной сигнализации (АПС), представляющие собой упрощенные системы ТС, передающие ограниченное количество сигналов типа «авария», «предупреждение» с контролируемого объекта на диспетчерский пункт.

Системы АПС, как правило, выполняются по симплексной схеме, предусматривающей передачу информации только в одном направлении.

Системы ТС и ТИ также могут быть выполнены по симплексной схеме, как и многофункциональные системы типа ТС - ТИ. Системы ТУ и АТУ в большинстве случаев совмещаются с системами ТС, чтобы получить в ПУ информацию о правильности работы автоматических устройств, выполняющих команды телеуправления. Такие системы ТУ - ТС, АТУ - ТС выполняются с использованием многофункциональной аппаратуры телемеханики дуплексной схемы. Системы ТР и АТР совмещают с системами ТИ в дуплексной аппаратуре телемеханики ТР - ТИ, АТР - ТИ. Имеются и другие дуплексные многофункциональные системы телемеханики: ТУ - ТС - ТИ, ТУ - ТР - ТС - ТИ и т. д.

На рис. 1 приведены функциональные схемы симплексной и дуплексной систем телемеханики.

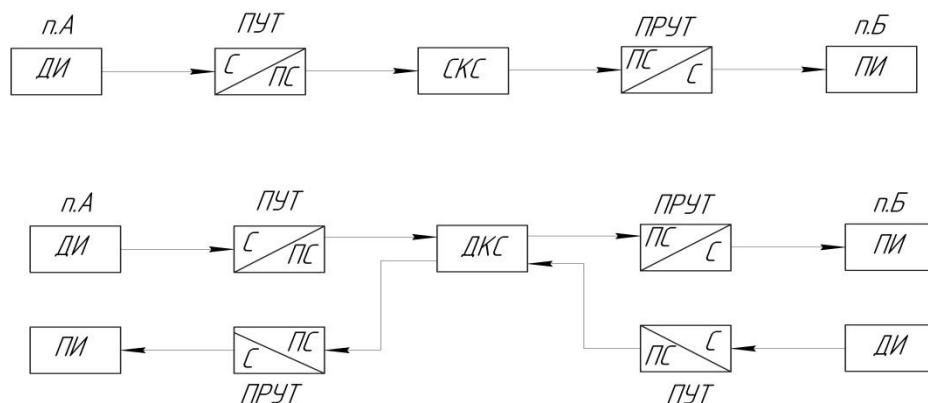


Рис.1. Функциональные схемы симплексной и дуплексной систем телемеханики.

Основные элементы этих систем - датчик информации ДИ, передающее устройство телемеханики ПУТ, приемное устройство телемеханики ПРУТ, получатель информации ПИ и канала связи. В симплексной системе телемеханики используется канал симплексной связи СКС, а в дуплексной системе телемеханики - дуплексный канал связи ДКС. В симплексной системе используются ПУТ и ПРУТ, в дуплексной, системе - устройство телемеханики, каждое из которых имеет в своем составе, как узел передачи (ПУТ), так и узел приема (ПРУТ) телемеханической информации. В симплексной системе телемеханики информация передается в

одном направлении, например от пункта А к пункту Б, в дуплексной системе информация передается как из пункта А в пункт Б, так и в обратном направлении.

Рассмотрим процесс передачи телемеханической информации на примере симплексной системы телемеханики.

Информацией называются сведения о каком-либо процессе или явлении, которые ранее не были известны получателю информации ПИ. Эта информация формируется датчиком информации ДИ, который выдает информацию в виде сообщения. Сообщением в общем случае называется физическое воздействие (механическое, световое, акустическое, тепловое, магнитное или электрическое), один из параметров которого однозначно соответствует передаваемой информации. Форма сообщения определяется видом применяемого ДИ в системах телемеханики, применяются по преимуществу ДИ, вырабатывающие сообщение в виде механического или электрического воздействия. С выхода ДИ сообщение *С* поступает на информационный вход ПУТ. В ПУТ осуществляется преобразование сообщения *С* в первичный электрический сигнал ПС, который затем передается по каналам связи СКС из пункта А в пункт Б. Таким образом, сообщение является объектом передачи, а сигнал - средством передачи сообщения на дальние расстояния. Обязательным условием качественной передачи информации является однозначное соответствие значения информационного параметра первичного сигнала информационному содержанию сообщения. На приемном конце системы телемеханики (пункта Б) ПС с выхода СКС поступает в ПРУТ, в котором сигнал преобразуется в сообщение, передаваемое получателю информации ПИ.

Процесс передачи информации в каждом направлении дуплексной системы телемеханики осуществляется аналогично рассмотренному. По структуре построения системы телемеханики разделяются на однообъектные и многообъектные. Однообъектные системы обеспечивают телемеханическую (симплексную или дуплексную) связь ПУ с одним КП. Многообъектная система телемеханики обеспечивает связь ПУ с несколькими КП.

В таких системах на ПУ располагают специальные многообъективные приемопередающие устройства телемеханики, общие для всех КП системы. В зависимости от структуры используемых каналов связи многообъектные системы телемеханики разделяют на радиальные, цепочечные, древовидные и смешанные. В радиальной системе связь ПУ с каждым КП осуществляется по своему независимому каналу связи. Общее устройство телемеханики ОУТ соединяется с каналами через дуплексные линейные адаптеры 1 - 4, обеспечивающие передачу сигналов по дуплексному каналу связи. Количество адаптеров ОУТ соответствует количеству каналов связи и количеству КП в данной системе телемеханики.

Информация с блоков передачи 5 и 6 поступает через линейный адаптер и канал связи на КП, обратная информация с КП, переданная по обратному каналу связи через адаптер ОУТ, поступает на блок приема 7 и 8.

Наличие независимых каналов связи в данной системе обеспечивает независимый обмен информацией ПУ с каждым КП.

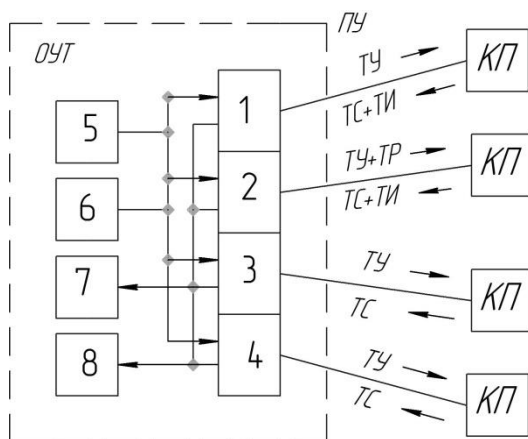


Рис.2. Обмен информацией ПУ с КП

На рис. 3 приведена функциональная схема многообъектной системы телемеханики, рассчитанной для работы по цепочечным **а** и древовидным **б** каналам связи.

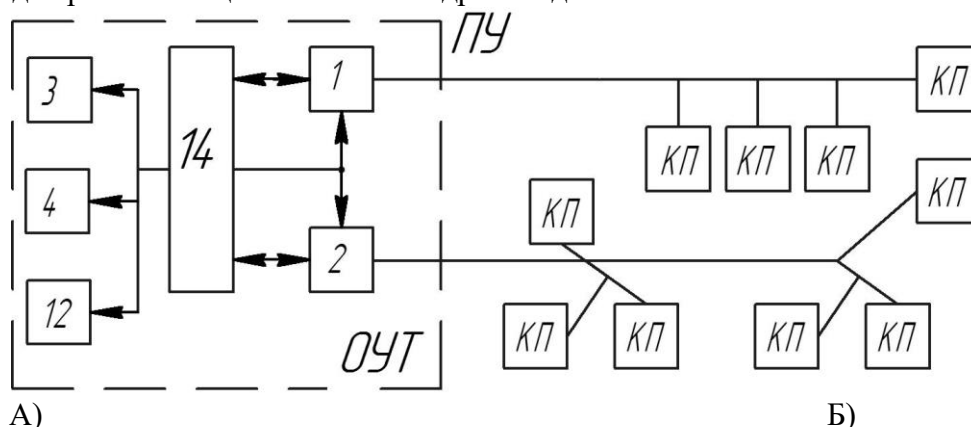


Рис. 3 . Функциональная схема многообъектной системы телемеханики, рассчитанной для работы по цепочечным **А** и древовидным **Б** каналам связи.

В обоих случаях несколько КП включены в один канал связи. Передача информации между ПУ и КП в данном случае возможна только путем временного уплотнения каналов связи. В состав ОУТ входят два линейных адаптера 1 и 2, блоки приема информации 3 - 12, число которых соответствует числу КП в системе телемеханики, блок передачи 13 и управляющее распределительное устройство УРУ 14. Процесс передачи информации сводится к следующему. Контролируемые устройства ТМ, расположенные на КП, не передают в канал связи сигналы до получения от ОУТ соответствующего разрешения. С передатчика ОУТ через линейные адаптеры 1 и 2 в каналы связи а, б для каждого КП по очереди передается сигнал, содержащий в себе адрес КП и информацию, которую необходимо передать этому КП от блока передачи 13. Все КП получают указанный сигнал, но воспринимает его только контролируемое устройство ТМ, чей адрес содержится в данном сигнале. Передатчик вызванного устройства подключается к каналу связи и начинает передавать запрошенную информацию. Если передача ведется по каналу а, линейный адаптер воспринимает сигналы, и они через УРУ 14 передаются на вход блока приемника 3-12, соответствующего устройству ТМ данного КП. После окончания цикла обмена информацией с одним КП УРУ формирует адрес другого КП и соответственно prepares рабочие цепи ОУТ для передачи и приема информации этого КП. Поскольку УРУ работает непрерывно, то все КП данной системы телемеханики поочередно и циклически осуществляют обмен информацией с ПУ. Наибольшее применение циклические многообъектные системы нашли в распределительных электрических сетях ПЭС и РЭС, а также в городских тепловых и электрических сетях. Современные ОУТ многообъектных систем ТМ выполняются с интеллектуальными линейными адаптерами и интерфейсом вывода информации на диспетчерский щит (пункт). Интеллектуальный линейный адаптер содержит в себе микропроцессорное устройство, обеспечивающее передачу и прием первичных сигналов, проверку достоверности передачи, обработку сигналов при приеме и передачу обработанных сигналов в микро-ЭВМ. С появлением подобных устройств грань между устройствами телемеханики и вычислительной техники стирается.

8.1. Экспертные системы

Экспертные системы (ЭС) относятся к числу интеллектуальных вычислительных систем и предназначены для моделирования или имитации поведения опытных специалистов-экспертов при решении задач по какому-либо узкому вопросу. В этом смысле вести себя как специалист – это значит давать результаты высокого качества, затрачивая на это минимальное время, используя обычно приемы и схемы логического вывода на высоком уровне (интуицию), которые являются результатом многих лет работы с данной задачей.

Термин “экспертная система” в различных источниках имеет разные определения. Приведем два из них.

Экспертная система - это система искусственного интеллекта, использующая знания из сравнительно узкой предметной области для решения возникающих в ней задач, причем так, как это делал бы эксперт - человек, т. е. в процессе диалога с заинтересованным лицом, поставляющим необходимые сведения по конкретному вопросу.

Экспертная система - это вычислительная система, в которую включены знания специалистов о некоторой конкретной предметной области, которая в пределах этой области способна принимать решения, качество которых соответствует решениям, принимаемым экспертами людьми.

Основу ЭкС составляет база знаний, хранящая множество фактов и набор правил, полученных от экспертов и из специальной литературы. База знаний отличается от базы данных тем, что если единицы информации в базе данных представляют собой не связанные друг с другом сведения, формулы, теоремы, аксиомы, то в базе знаний те же элементы уже связаны как между собой, так и с понятиями внешнего мира определенными отношениями и сами содержат в себе эти отношения. Рассмотрим классификацию ЭкС по предметным областям, в которых они используются. При этом предметные области определяются основными классами задач, эффективно решаемыми методами экспертных систем. Это задачи и их решения, которые формализованы слабо или совсем не формализованы (не структурированы).

Можно выделить 6 основных классов задач, для решения которых создаются ЭС:

1. Интерпретация данных, т. е. анализ поступающих в систему данных с целью идентификации ситуации в предметной области.

2. Диагностика, т. е. идентификация критических ситуаций в предметной области на основе интерпретации данных.

3. Контроль, т. е. слежение за ходом событий в предметной области с целью определения момента возникновения критической ситуации на основе непрерывной интерпретации данных.

4. Прогнозирование, т. е. предсказание возникновения в предметной области тех или иных ситуаций в будущем на основе моделей прошлого и настоящего.

5. Планирование, т. е. создание программ действий, выполнение которых позволит достигать поставленных целей.

6. Проектирование, т. е. разработка объектов, удовлетворяющих определенным требованиям.

По своему назначению ЭкС можно условно разделить на консультационные, или информационные, исследовательские и управляющие, а по сложности и объему базы знаний — на неглубокие и глубокие.

Консультационные ЭкС предназначены для получения пользователем квалифицированных советов. В недалеком будущем консультационные ЭкС различного назначения смогут объединяться в локальные и региональные информационные сети, что позволит многим пользователям получать различного рода знания, консультации и советы от ЭкС, объединенных в сеть;

исследовательские ЭкС призваны помогать пользователю квалифицированно решать научные задачи;

управляющие ЭкС служат для автоматизации управления процессами в реальном масштабе времени. Предполагается, что в ближайшем будущем ЭкС будут контролировать и управлять в реальном масштабе времени различными технологическими и производственными процессами, т.е. самостоятельно и оперативно принимать заключения и решения по управлению, прогнозировать развитие процесса, решать слабо формализованные задачи и оптимизировать процессы на ограниченных временных интервалах;

Неглубокие, или простые, ЭкС создаются за короткое время (два - три месяца) и имеют относительно малые базы знаний и данных в несколько сотен правил и фактов, причем, фактов значительно больше, чем правил. Доказательства их заключений обычно коротки, большинство выводов являются прямыми следствиями информации, хранимой в базе знаний. Неглубокие ЭкС

содержат в базах знаний эмпирические знания и предназначены в основном для решения относительно простых задач типа ответа на запросы на требуемую техническую информацию;

Глубокие ЭкС, в отличие от неглубоких, делают свои выводы обязательно из моделей происходящих процессов, хранящихся в базе знаний. Сама модель процесса представляет собой набор правил, предназначенных для объяснения большого количества эмпирических данных. В глубоких ЭкС доказательства выводов значительно длиннее, основываются на знаниях, выведенных из моделей, и часто поражают пользователя своей неочевидностью.

В диспетчерском управлении работы по созданию и использованию ЭкС ведутся достаточно давно. В настоящее время наиболее широко элементы ЭкС применяются в компьютерных тренажерах, особенно тренажера оперативных переключений, а также в системах-советчиках диспетчера.

8.2 Тренажеры

Для проверки знаний и приобретения навыков практической деятельности эффективно использование специализированных и комплексных тренажеров. Использование тренажеров дает возможность в настоящих условиях ускорить время подготовки новых диспетчеров, адаптировать диспетчерский персонал к работе на новых средствах диспетчерского управления - компьютерных системах АСДУ. Общая характеристика специализированных тренажеров для диспетчеров электросетевых предприятий приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Общая характеристика тренажеров для диспетчеров электросетевых предприятий

<i>Тренажер</i>	<i>Назначение</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Параметры, характеризующие ситуацию</i>	<i>Тип выполняемых действий</i>
Тренажер оперативных переключений (ТОП)	Приобретение навыков производства оперативных переключений	Последовательность действий по изменению оперативного состояния ОУ	Оперативное состояние элементов ОУ	Дискретные управления
Тренажер принятия решений (ТТР)	Приобретение навыков оперативного мышления	Последовательность действий по изучению текущей ситуации и ее идентификации	Текущий режим на начало нарушения, оперативное состояние элементов ОУ	Осведомительные, взаимодействия с персоналом
Тренажер ликвидации аварий (ТЛА)	Приобретение навыков оперативного управления	Последовательность действий, направленных на ликвидацию нарушения в работе ЭС и создание надежной послеаварийной схемы	Текущий режим на начало нарушения, текущее оперативное состояние элементов ОУ, порядок срабатывания устройств РЗ и А	Осведомительные, дискретного управления, взаимодействия с персоналом

Компьютерные тренажеры и системы-советчики для диспетчеров электросетевых предприятий и энергосистем

Рассмотрим основные характеристики применяемых в настоящее время в ОДУ компьютерных тренажеров.

“Тренажер по оперативным переключениям для персонала энергетических объектов”, который разработала и продолжает совершенствовать фирма “Модус” (г. Москва). Он представляет собой готовый комплекс программ для персонального компьютера, который можно использовать для первоначального обучения, для самоподготовки, для собеседования при приеме на работу и аттестации оперативного персонала различного уровня. При этом от обучаемого не требуется навыков работы с компьютером.

Суть тренинга состоит в том, что обучаемый должен воспроизвести определенную последовательность действий при переключениях в электрической части энергообъекта в условиях нормальной работы или при аварийной ситуации на схемах энергообъектов, подобных тем, которые он обслуживает на своем рабочем месте.

В настоящее время для облегчения и повышения качества тренировочных заданий по рисунку электрической схемы создается упрощенная модель режима сети. Введена автоматическая проверка допустимости разовых операций с коммутационными аппаратами на основе аппарата правил (элементы ЭС).

Тренажер оперативных переключений для подстанции 35/10 кВ, разработанный предприятием «ПРОТЕК» (г. Киев) совместно с ЦЭС АО Дальэнерго и реализованный на персональном компьютере, совместимом с IBM PC/AT. Это тренажер полного подобию, базирующийся на полномасштабной модели всего оборудования подстанции (ПС). С помощью ТОП моделируется работа не только силовых цепей, но и вторичных цепей ПС. Отличительная особенность ТОП состоит в реалистичном изображении действующего оборудования, щитов, пультов, трансформаторов, оборудования открытого распределительного устройства (ОРУ).

Тренажер оперативных переключений ТОП-2 на базе экспертных систем (ВНИИЭ, ЦДУ ЕЭС РФ, ГВЦ Энергетики) предназначен для обучения оперативным переключениям в распределительных устройствах электросети, применяется в тренажерных центрах и пунктах, учебных комбинатах, диспетчерских службах энергосистем и ПЭС, электроцехах электростанций. На тренажере возможны тренировки по любым схемам без предварительного задания "сценариев", тренировки на схемах отдельных энергообъектов и схемах участков электросети с несколькими энергообъектами. При этом учитываются правила коммутации как в первичных цепях, так и в цепях релейной защиты и автоматики, имеется графический режим отображения схем (возможность масштабирования схем), автоматизированное задание топологии схем;

Коммутационно-режимный оперативный тренажер для энергосистем и ПЭС "Крот" используется для тренировок оперативного персонала, работников диспетчерских и режимных служб, ОВБ и др. Тренажер работает на ПК или в ЛВС ПК и реализован на базе комплексирования модернизированной версии тренажера оперативных переключений ТОП-2 (разработка ВНИИЭ) и программы расчетов установившегося режима КУРС-1000 (разработка ЦДУ ЕЭС РФ). Это позволяет дополнить "сценарии" тренировок на тренажере ТОП-2 оперативным расчетом установившегося режима. Тренажер внедрен в ЦДУ ЕЭС РФ.

Помимо тренажеров оперативных переключений существует и применяется программный комплекс «КАСКАД» для проведения противоаварийной тренировки персонала. Программа и сценарий противоаварийной тренировки были разработаны диспетчерской службой ЦДУ ЕЭС России. Для моделирования развития аварии и восстановления параллельной работы энергообъединения использовался учебно-тренировочный комплекс КАСКАД, разработанный ВНИИЭ. Комплекс КАСКАД является многофункциональной программной системой, выполняющей функции обучения, тренажера и советчика диспетчера по ведению нормальных, утяжеленных и послеаварийных режимов.

Тренажерная часть комплекса КАСКАД относится к универсальным тренажерным системам, поскольку состоит из режимного тренажера (РТ) диспетчера ЭЭС (и энергообъединения) и тренажера оперативных переключений для диспетчеров нижних уровней иерархии (РЭС, ПЭС и подстанций). Таким образом, тренажерная часть комплекса позволяет охватить тренировками практически весь спектр оперативно-диспетчерского персонала ЭЭС, энергообъединений и сетевых предприятий.

По степени всережимности модели ЭЭС тренажерная часть комплекса относится к динамическим системам реального времени (РВ), что позволяет максимально приблизиться к реальной аварийной ситуации, встречающейся на практике.

Комплекс предназначен для центров и пунктов тренажерной подготовки оперативно-диспетчерского персонала и может применяться непосредственно на рабочем месте в диспетчерских пунктах ЭЭС и энергообъединений.

Режимный тренажер — советчик диспетчера (разработчик ВНИИЭ) используется для обучения оперативно-диспетчерского персонала по ведению нормальных и послеаварийных режимов. Отдельные подсистемы тренажера могут использоваться в качестве советчиков. Тренажер представляет комплекс алгоритмов и программ реального времени на ПК типа IBM PC/AT, работающий на модели сети. Моделирование ведется с учетом электромеханических переходных процессов, вторичного регулирования и действия систем противоаварийной автоматики. В комплексе функционируют подсистемы "Модель", "Автоматика", "Режим", "Диалог", "Отображение", "Информация", "Ретроспектива", "Автотренажер", "Статистика".

Тренажер диспетчера энергосистемы по экономичному ведению режима электрической сети помогает отрабатывать навыки поиска и выбора наиболее экономичных режимов работы электрической сети (выбор оптимальной загрузки по реактивной мощности синхронных генераторов, синхронных компенсаторов (СК), батарей СК, СТК, реакторов; выбор оптимальных отпаек трансформаторов с устройством РПН; выявление оптимальных уровней напряжения в контрольных точках; определение устройств компенсации реактивной мощности и устройств регулирования напряжения, наиболее существенно влияющих на режим; снижение потерь в электрической сети за счет оптимизации ее режимов).

Тренажер ликвидации аварий КОПАС-АСДУ, разрабатываемый кафедрой АЭЭС НГТУ и Приобскими электрическими сетями ОАО "Новосибирскэнерго", имеет следующие основные характеристики:

- предназначен для проведения противоаварийных тренировок с диспетчерским персоналом РЭС и дежурным персоналом высоковольтных подстанций с целью приобретения навыков оперативного управления и ускорения цикла подготовки новых диспетчеров;

- область применения - в оперативном диспетчерском управлении ПЭС, РЭС, а также в учебном процессе по специализации «Оперативное диспетчерское управление в электрических сетях»;

- являясь специализированным, содержит элементы режимного тренажера и тренажера оперативных переключений, что позволят обеспечить более полное формирование навыков оперативного управления;

- имитационные модели позволяют проводить тренировки по «жесткому» сценарию или воспроизводить «естественную жизнь» объекта управления;

- контроль норм деятельности осуществляется автоматически с помощью модульно-рейтинговой системы, основными частями которой являются экспертные системы по переключениям. Последовательность выполнения переключений ограничивается только действием общих правил. Благодаря этому реализуется независимость алгоритмов от схемы подстанции;

- состав программных средств позволяет в короткие сроки выполнить подготовку объектов для моделирования.

Большое внимание подготовке оперативного персонала и созданию средств профессиональной подготовки уделяется и за рубежом. Все энергокомпании, занимающиеся производством и распределением электроэнергии, имеют свои учебно-тренировочные центры. В 1984 году EPRI изложили требования к тренажеру для энергосистемы. Хотя ряд тренажеров были созданы до этого, в настоящее время ведется модернизация ранее созданных и разработка новых тренажеров, которые обеспечивали бы эффективное обучение операторов.

На рис. 4 показана PSM-CCM конфигурация одного из зарубежных тренажеров. Человеко-машинный интерфейс предусмотрен на каждой компьютерной системе. MMI, используемый инструктором, выполняется на UNIX автоматизированном рабочем месте, связанном с PSM. Инструктор имеет возможность отобразить данные, изменить данные и управлять CCM. MMI, используемый стажером - точная копия MMI системы, используемой на диспетчерском пункте и соединен с компьютером Модели Центра Управления.

OTS удовлетворяет двум основным функциональным требованиям, чтобы обеспечить эффективный механизм обучения:

1. Обучающий тренажер моделирует энергосистему в реальном масштабе времени.

2. Тренажер включает почти точное представление системы управления стажера. Тренажер включает копии дисплеев, пультов, клавиатур, и прикладных программ, которые стажер использует, чтобы эксплуатировать систему.

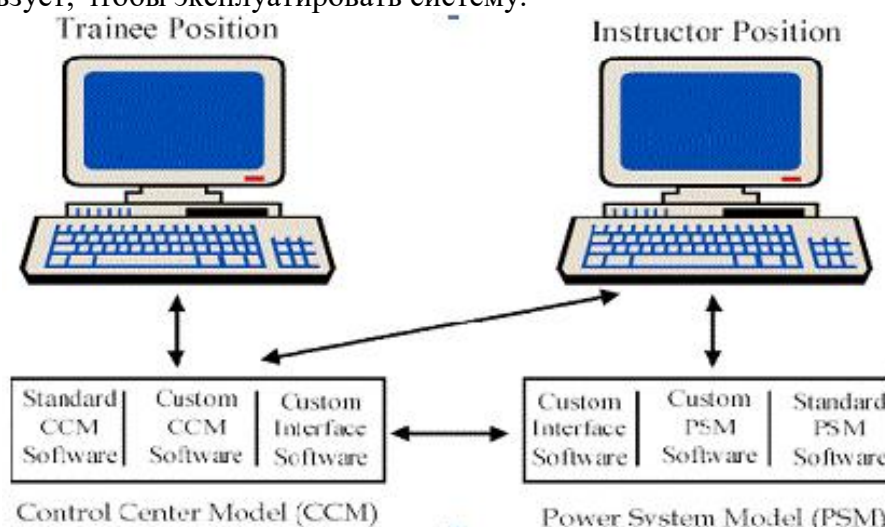


Рис.4 Конфигурация тренажера OTS

Тренажер диспетчера энергосистемы “Trainingssimulator für Netzwiederaufbau”, разработанный в институте “Elektrische Anlagen und Netze” университета Дуйсбурга (Германия). Позволяет проводить тренировки при участии в ней различных субъектов энергосистемы, находящихся за своим автоматизированным рабочим местом и взаимодействующих друг с другом через общую локальную вычислительную сеть. Тренажер содержит два основных модуля:

- модуль динамических моделей (электростанций, потребителей, изменения частоты, расчета потоков распределения);
- модуль менеджера данных по процессам (данных по сети и моделям, схемам объектов управления, обработчик событий и т.д.).

8.3. Оптоволоконные линии связи

Цифровые системы передачи предусматривают передачу информации в ЛТ в виде импульсных последовательностей (цифр) при скорости передачи этих импульсов от 1,5 до 560 млн. имп./с. Для передачи импульсов на таких скоростях необходимы специальные кабельные линии связи. Такими линиями связи являются коаксиальные кабели связи обычных и специальных конструкций, световодные кабели или световоды.

Для энергетики наиболее перспективным является использование световодных кабелей, называемых световолоконными или оптоволоконными кабелями.

Волоконно-оптическая связь — вид проводной электросвязи, использующий в качестве носителя информационного сигнала электромагнитное излучение оптического (ближнего инфракрасного) диапазона, а в качестве направляющих систем — волоконно-оптические кабели. Благодаря высокой несущей частоте и широким возможностям мультиплексирования, пропускная способность волоконно-оптических линий многократно превышает пропускную способность всех других систем связи и может измеряться терабитами в секунду. Малое затухание света в оптическом волокне обуславливает возможность применения волоконно-оптической связи на значительных расстояниях без использования усилителей. Волоконно-оптическая связь свободна от электромагнитных помех и не доступна для несанкционированного использования — перехватить сигнал, передаваемый по оптическому кабелю невозможно.

Волоконно-оптическая связь — вид проводной электросвязи, использующий в качестве носителя информационного сигнала электромагнитное излучение оптического (ближнего инфракрасного) диапазона, а в качестве направляющих систем — волоконно-оптические кабели. Благодаря высокой несущей частоте и широким возможностям мультиплексирования, пропускная способность волоконно-оптических линий многократно превышает пропускную способность всех других систем связи и может измеряться терабитами в

секунду. Малое затухание света в оптическом волокне обуславливает возможность применения волоконно-оптической связи на значительных расстояниях без использования усилителей. Волоконно-оптическая связь свободна от электромагнитных помех и не доступна для несанкционированного использования — перехватить сигнал, передаваемый по оптическому кабелю невозможно.

В оптоволокне световой луч обычно формируется полупроводниковым или диодным лазером. В зависимости от распределения показателя преломления и от величины диаметра сердечника оптоволокно подразделяется на одномодовое и многомодовое.



Рис.5. Оптоволоконный кабель

Диаметр сердцевины оптических волокон может отличаться и есть три типа оптических волокон:

- оптоволокно многомодовое - диаметром сердцевины 50 мкм
- оптоволокно многомодовое - диаметром сердцевины 62.5 мкм
- оптоволокно одномодовое - диаметром сердцевины 8-10 мкм

Диаметр внешней оболочки для всех оптоволокон, имеет стандартный размер 125 мкм, что позволяет использовать в структурированной кабельной системе (СКС) стандартизованные разъемные и неразъемные соединения.

Чтобы защитить кварцевые трубочки от влаги и внешних воздействий, на внешнюю оболочку кварцевой трубочки наносят слой лака 2-3 мкм, а затем покрывают ее первичным защитным буфером, что позволяет придать эластичность и гибкость волокну. Внешний диаметр оптического волокна в первичном буфере — 250 мкм. Некоторые оптические волокна покрывают вторичным слоем защитного буфера. Внешний диаметр оптоволокон с вторичным буфером составляет 900 мкм.

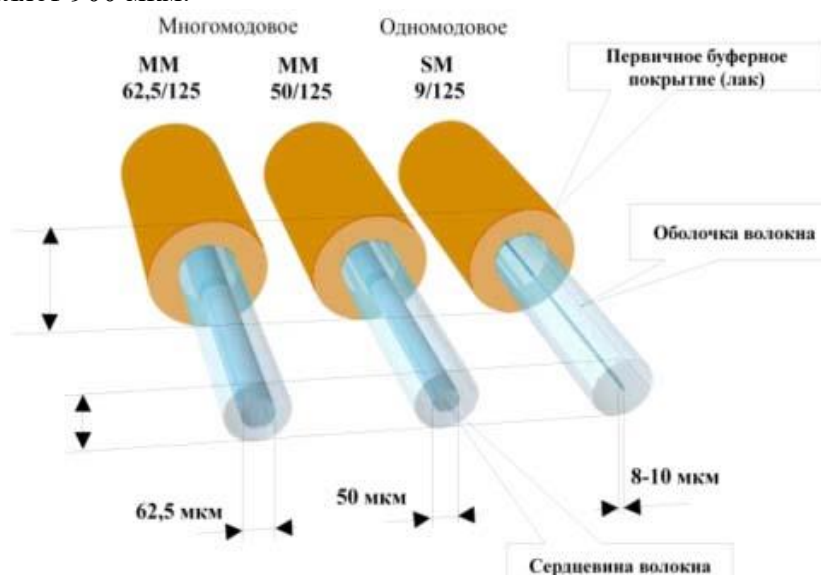


Рис.6. Типы оптических волокон

Оптоволокна с буфером 900 мкм обычно входят в конструкцию распределительных оптических кабелей, которые используются в основном для прокладки внутри зданий. Оптические волокна с буфером 900 мкм позволяют провести монтаж волоконно-оптических вилок (коннекторов) прямо на объекте, например, с использованием клеевой технологии.

Оптоволокна имеют большую полосу пропускания и меньшее затухание (меньшие вносимые потери), в отличие от витой пары, поэтому они находят свое широкое применение при создании линий связи (волоконно-оптических линий связи — ВОЛС) на большие расстояния или в случае использования высокоскоростных технологий.

Преимущества оптоволоконных линий связи

Широкополосность оптических сигналов, обусловленная чрезвычайно высокой частотой несущей. Это означает, что по оптоволоконной линии можно передавать информацию со скоростью порядка 1 Тбит/с;

Очень малое затухание светового сигнала в волокне, что позволяет строить волоконно-оптические линии связи длиной до 100 км и более без регенерации сигналов; устойчивость к электромагнитным помехам со стороны окружающих медных кабельных систем, электрического оборудования (линии электропередачи, электродвигательные установки и т.д.) и погодных условий;

Защита от несанкционированного доступа.

Информацию, передающуюся по волоконно-оптическим линиям связи, практически нельзя перехватить неразрушающим кабель способом;

Электробезопасность. Являясь, по сути, диэлектриком, оптическое волокно повышает взрыво- и пожаробезопасность сети, что особенно актуально на химических, нефтеперерабатывающих предприятиях, при обслуживании технологических процессов повышенного риска;

Долговечность ВОЛС — срок службы волоконно-оптических линий связи составляет не менее 25 лет.

Недостатки оптоволоконных линий связи

Относительно высокая стоимость активных элементов линии, преобразующих электрические сигналы в свет и свет в электрические сигналы; относительно высокая стоимость сварки оптического волокна. Для этого требуется прецизионное, а потому дорогое, технологическое оборудование. Как следствие, при обрыве оптического кабеля затраты на восстановление ВОЛС выше, чем при работе с медными кабелями.

9. Основы теории передачи информации

Передача информации с помощью электрических (информационных) сигналов является самостоятельной областью техники. Теория передачи информации устанавливает определенные закономерности, понятия и методы, с помощью которых определяются качественные и технические показатели систем передачи информации. Рассматриваемые ниже основы теории передачи информации включают в себя вопросы, непосредственно связанные с наладкой и эксплуатацией систем передачи информации, используемых для нужд энергетики в настоящее время и в перспективе дальнейшего развития. К этим вопросам относятся понятия о видах и параметрах информационных сигналов, процессах преобразования этих сигналов, принципах построения систем передачи различного типа информационных сигналов. Последнее десятилетие развития систем передачи информации характеризуется широким внедрением дискретных систем передачи информации, в которых носителем информации является дискретный сигнал (посылка, импульс). В первую очередь эти системы были использованы для передачи телемеханической информации и передачи данных. В ближайшем будущем эти системы полностью заменят традиционные системы передачи информации с частотным разделением каналов. Исходя из этого, при рассмотрении вопросов теории передачи информации особое внимание уделено дискретным системам передачи информации.

Перед рассмотрением конкретных вопросов основ теории передачи информации, необходимо остановиться на некоторых общих понятиях, которые будут использованы в процессе

этого рассмотрения. К этим понятиям относятся уровни передачи, усиление и затухание четырехполюсника, диаграмма уровней, остаточное затухание, частотные и амплитудные характеристики системы связи и отдельных ее элементов.

Электрическая цепь, предназначенная для передачи информационного сигнала, представляет собой совокупность последовательно включенных пассивных и активных четырехполюсников (рис. 7а).

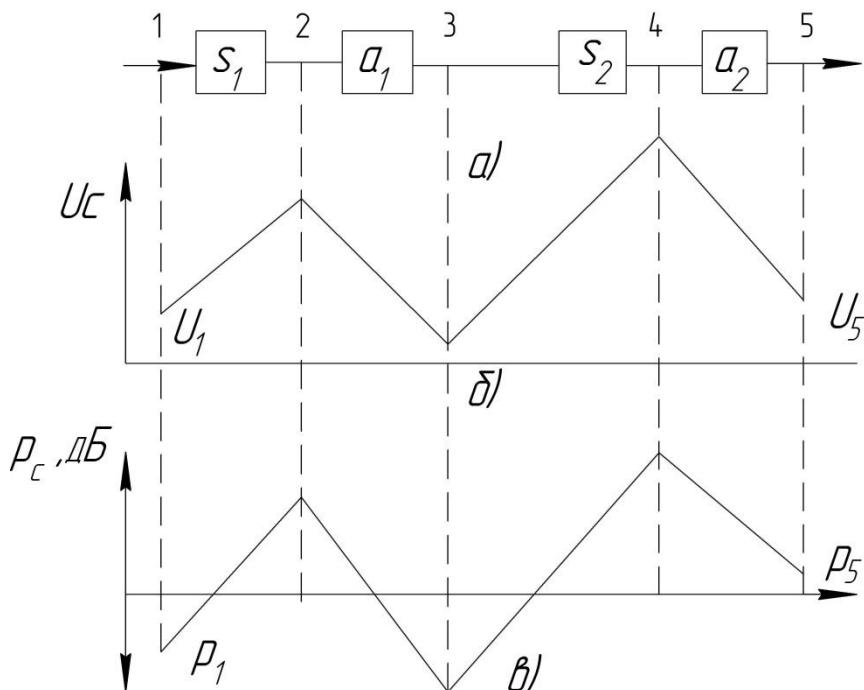


Рис.7 Электрическая цепь а) б) в)

Основным параметром пассивного четырехполюсника является затухание, активного четырехполюсника - усиление. Усиление - это явление, когда мощность или напряжение сигнала на выходе четырехполюсника больше мощности или напряжения сигнала на входе этого четырехполюсника; затухание - это явление, когда мощности или напряжения на выходе четырехполюсника меньше мощности или напряжения сигнала на входе четырехполюсника. Прохождение сигнала по цепи (рис.7 а) может быть охарактеризовано диаграммой напряжения (мощности) сигнала в цепи (рис. 7 б), которая показывает значение напряжения сигнала в каждой из контрольных точек (7 - 5) рассматриваемой электрической цепи. Пользуясь диаграммой напряжения, можно определить коэффициенты усиления \$k_1, k_3\$ активных четырехполюсников \$s_1\$ и \$s_2\$ или коэффициенты затухания \$k_2, k_4\$, пассивных четырехполюсников \$a_1\$ и \$a_2\$:

$$k_1 = \frac{U_2}{U_1}; \quad k_2 = \frac{U_2}{U_3}; \quad k_3 = \frac{U_4}{U_3}; \quad k_4 = \frac{U_4}{U_5}.$$

В технике передачи информации для оценки электрического сигнала кроме понятий напряжения и мощности широко используется понятие об уровнях передачи.

Уровнем передачи электрического сигнала в некоторой точке электрической цепи называется логарифмическая мера отношения мощности \$P_x\$ или напряжения \$U_x\$ этого сигнала к мощности \$P_0\$ или напряжению \$U_0\$, выбранному для сравнения.

Уровни передачи считаются абсолютными, если они сравниваются с абсолютными нулевыми уровнями, и могут быть относительными, если сравнение проводится по отношению к уровням в некоторой точке цепи, принятой за основу сравнения.

За нулевой абсолютный уровень по мощности принята мощность $P_{0a} = 1$ мВт. За нулевой абсолютный уровень по напряжению принято напряжение $U_{0a} = 0,775$ В, т. е. напряжение на нагрузке 600 Ом, соответствующее мощности 1 мВт, выделяемой на этом сопротивлении.

Уровни передачи измеряются в специальных единицах - децибелах, обозначаемых дБ с характеризующим индексом.

Абсолютный уровень по мощности, дБ, определяется по формуле:

$$P_M = 10 \cdot \lg \frac{P_X}{P_{0a}} = 10 \cdot \lg P_X,$$

где P_X - в милливаттах.

Абсолютный уровень по напряжению, дБн, определяется по формуле

$$P_H = 20 \cdot \lg \frac{U_X}{0,775} = 20 \cdot \lg U_X + 2,2,$$

где U_X - в вольтах.

Соотношение абсолютных уровней по напряжению и по мощности, измеренных на нагрузке, Z определяется выражением:

$$P_M = 10 \cdot \lg \frac{U_X^2 \cdot 600}{Z(0,775)^2} = 20 \cdot \lg \frac{U_X}{0,775} + 10 \cdot \lg \frac{600}{Z} = P_H + 10 \cdot \lg \frac{600}{Z}.$$

Таким образом, абсолютные уровни по мощности и по напряжению на нагрузке 600 Ом равны между собой.

Относительный уровень по мощности, дБо, $P_{0M} = 10 \cdot \lg \frac{P_X}{P_0}$,

где P_0 - значение мощности сигнала в точке цепи, принятой для сравнения, мВт.

Относительный уровень по напряжению, дБон, определяется по формуле:

$$P_{0H} = 20 \cdot \lg \frac{U_X}{U_0},$$

где U_0 - напряжение сигнала в точке цепи, принятой за основу, В.

Если нагрузки в точке измерения относительных уровней и в точке, принятой для сравнения, одинаковы, то уровни P_{0M} и P_{0H} имеют одинаковые значения.

Если известны значения абсолютного P_M и относительного P_{0M} уровней по мощности в данной точке цепи, то значение абсолютного уровня по мощности, отнесенного к точке с нулевым относительным уровнем (точке, принятой за сравнение), определяется выражением:

$$P_{M.0} = P_M - P_{0M}.$$

Логарифмические единицы – децибелы – используются также для оценки усиления и затухания четырехполюсников, а также для оценки степени влияния помехи на сигнал в заданной точке цепи. Если на вход усилителя с входным сопротивлением Z_1 воздействует сигнал, имеющий уровни передачи P_{H1} , P_{M1} , а на выходе усилителя на имеющий уровни передачи P_{H1} , P_{M1} , а на выходе усилителя на нагрузке Z_2 уровни передачи имеют значения P_{H1} , P_{M1} , то усиление усилителя, дБ, определяется по формулам

В некоторых случаях для оценки качества усилителя используется параметр рабочего усиления:

$$s_H = P_{H2} - P_{H1};$$

$$s_M = P_{M2} - P_{M1} = s_H + 10 \cdot \lg \frac{Z_1}{Z_2}.$$

$$s_P = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1},$$

где P_1 - мощность, которую отдал бы источник сигнала с ЭДС E и внутренним сопротивлением Z_1 на согласованную нагрузку; P_2 - мощность, отдаваемая тем же генератором нагрузке Z_2 через рассматриваемый усилитель.

В общем случае затухание четырехполюсника определяется выражением:

$$a = 10 \cdot \lg \frac{P_{10}}{P_2},$$

где P_{10} - мощность, выбранная в качестве базы сравнения;

P_2 - мощность, выделяющаяся на выходе четырехполюсника нагрузкой Z_2 .

В зависимости от того, что принимается за P_{10} , различают рабочее затухание четырехполюсника a_p , вносимое затухание a_p и затухание передачи $a_{пер}$ четырехполюсника.

При определении a_p мощность P_{10} соответствует мощности, отдаваемой источником сигнала с внутренним сопротивлением Z_1 на согласованную нагрузку, а мощность P_2 - мощность, отдаваемая этим же источником сигнала нагрузке Z_2 , подключенной к нему через исследуемый четырехполюсник.

Вносимое затухание четырехполюсника $a_{вн}$ определяется отношением мощности P_{10} , отдаваемой источником сигнала нагрузке Z_2 , подключенной непосредственно на его зажимы, к мощности P_2 выделяющейся на той же нагрузке Z_2 , подключенной к тому же источнику сигнала через рассматриваемый четырехполюсник.

Затухание передачи четырехполюсника определяется отношением мощности P_{10} , отдаваемой источником сигнала на вход четырехполюсника, к мощности P_2 , выделяющейся на выходе четырехполюсника на нагрузке Z_2 . Если входное сопротивление четырехполюсника Z_1 , то

$$a_{пер} = 10 \cdot \lg \frac{P_{10}}{P_2} = p_{M1} - p_{M2} = p_{H1} - p_{H2} + 10 \cdot \lg \frac{Z_2}{Z_1}.$$

Для оценки качества прохождения сигнала по всему каналу связи используется понятие остаточного затухания a_0 , представляющего разность уровней передачи сигнала в начале P_1 и конца P_2 канала связи:

$$a_0 = p_{M1} - p_{M2}.$$

Для оценки влияния мешающих токов на сигнал применяют понятие помехозащищенности $\Delta p_{С.Л.}$, которое определяется как разность уровней полезного сигнала и помехи в рассматриваемой точке цепи:

$$\Delta p_{С.Л.} = p_C - p_{П}.$$

Частотной характеристикой затухания (усиления) электрической цепи четырехполюсника называется зависимость его затухания (усиления) от частоты сигнала, передаваемого по этой цепи.

Частотная характеристика затухания (усиления) определяет собой полосу частот рабочих сигналов, которые могут быть переданы по данной электрической цепи.

Амплитудной характеристикой электрической цепи (четырёхполюсника) называется зависимость затухания (усиления) этой цепи от значения уровня сигнала на входе (выходе) этой цепи. Амплитудная характеристика определяет диапазон входных (выходных) уровней передачи сигнала, в пределах которого не возникают амплитудные искажения этого сигнала.

10. Электрический информационный сигнал

Электрическим сигналом называется электрический процесс, несущий в себе информацию (сообщение). Параметр этого сигнала, однозначно соответствующий передаваемому сообщению, называется информационным параметром. Процесс изменения информационного параметра сигнала под воздействием передаваемого сообщения называется модуляцией. Сигналы, как и сообщения, подразделяются на аналоговые и дискретные. Аналоговым сигналом (сообщением) называется сигнал (сообщение), информационный параметр которого может принимать любое конкретное значение в заданных пределах изменения. Примером аналогового сигнала является сигнал телефонной связи: в зависимости от тембра голоса абонента и характера разговора частота и амплитуда компонентов, составляющих этот сигнал, могут принимать любые значения в пределах заданной полосы рабочих частот и уровней передачи. Дискретным сигналом называется сигнал, информационный параметр которого может принимать только несколько заранее заданных значений. Дискретный сигнал, информационный параметр которого может принимать только два значения, называется двоичным или бинарным сигналом. Дискретный сигнал с параметром, принимающим более двух значений, называется многоуровневым дискретным сигналом. Дискретные сигналы могут быть постоянного и переменного тока. На рис.8 показаны дискретные сигналы постоянного тока.

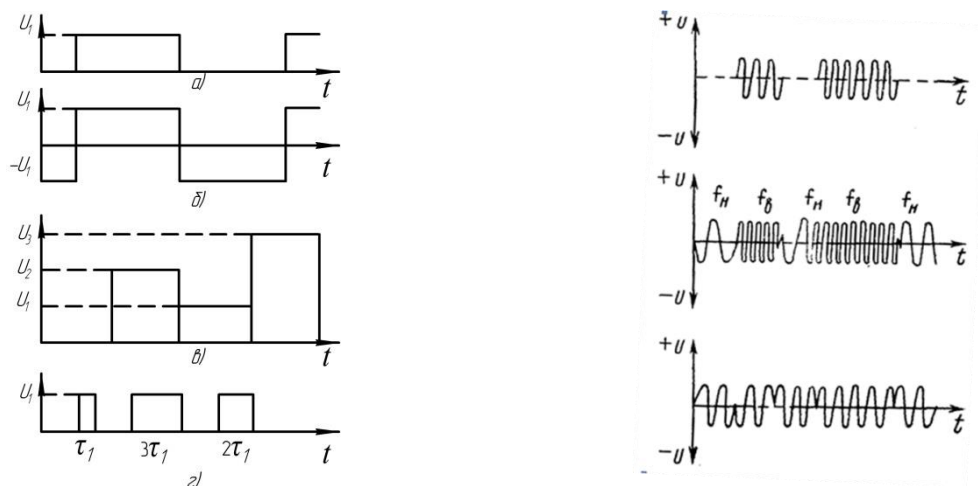


Рис. 8 Дискретные сигналы постоянного тока а) б) в) г)

Информационным параметром сигнала постоянного тока является либо амплитуда напряжения (рис. 8 а - в), либо длительность сигнала (рис. 8 г). Как видно из рис.8 а, в однополярном двоичном сигнале амплитуда напряжения сигнала может принимать только два значения: 0 и U_1 ; в двоичном двухполярном сигнале (рис. 8 б) $-U_1$ и $+U_1$.

В многоуровневом однополярном сигнале (рис.8е) амплитуда напряжения может принимать любое из четырех значений (0, U_1 , U_2 , U_3). В многоуровневом однополярном сигнале (рис. г) в качестве информационного параметра выбрана длительность сигнала. В данном случае этот параметр может принимать четыре разных значения: 0, τ_1 , $2\tau_1$, $3\tau_1$. Многоуровневые дискретные сигналы используются в быстродействующих системах передачи информации, но широкого применения в отечественных системах телемеханики и передачи данных они еще не получили.

В общем случае сигнал переменного тока описывается выражением:

где U_m - амплитудное значение напряжения сигнала переменного тока; f - частота сигнала переменного тока; φ - фаза колебания $u = U_m \sin(2\pi f t + \varphi)$.

Дискретный сигнал переменного тока может быть получен путем амплитудной, частотной или фазовой модуляции (АМ, ЧМ, ФМ) несущего сигнала переменного тока. Полученный в результате модуляции сложный сигнал соответственно называется амплитудно-модулированным сигналом (колебанием). Сигнал, под воздействием которого осуществляется модуляция несущего сигнала, называется модулирующим сигналом. Процесс преобразования АМ, ЧМ и ФМ сигнала в первичный модулирующий сигнал называется демодуляцией. В практике эксплуатации

дискретных систем передачи информации дискретный сигнал часто называют «посылкой». Посылка характеризуется значением информационного параметра и длительностью. Длительностью посылки называется интервал времени, в котором посылка сохраняет значение приобретенного параметра. Элементарной посылкой называется посылка наименьшей длительности, которая имеет место в данной конкретной системе передачи информации.

Количество сообщений, которое может быть передано единичным дискретным сигналом, определяется выражением: $N = m$.

где m - число значений, которые может принимать информационный параметр дискретного сигнала.

Таким образом, пятиуровневый дискретный сигнал может передать информацию о пяти состояниях контролируемого объекта, а двоичный сигнал - всего о двух состояниях объекта. Несмотря на это, передача информации с помощью двоичных сигналов получила повсеместное применение, поскольку большими преимуществами двоичных сигналов являются простота их формирования, простота передачи по каналу связи и простота приемных устройств двоичных сигналов. Для увеличения количества информации, передаваемой с помощью двоичных сигналов, используется многоэлементный информационный сигнал, формируемый из заданного количества одиночных двоичных сигналов (элементов). Если через n обозначить количество элементов многоэлементного сигнала (кодовой комбинации), то информационная емкость такого сигнала определяется по формуле

На рис.9а приведена структура многоэлементного сигнала, составленного из 8 двоичных посылок одинаковой длительности t_0 . На рис. 9б, в показан тот же многоэлементный сигнал при передаче двух различных сообщений.

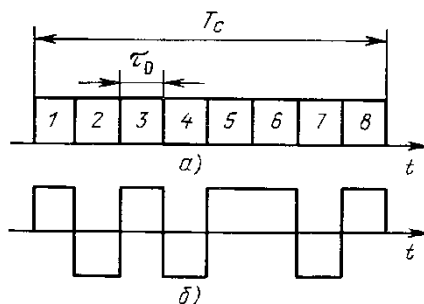


Рис. 9 а) Структура многоэлементного сигнала,
б) Структура многоэлементного сигнала при передаче двух различных сообщений

$$N = m^n.$$

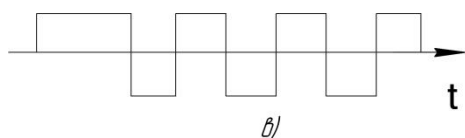
В соответствии с формулой с помощью такого сигнала можно передать $2^8=256$ сообщений. Каждой информации соответствует свое сочетание параметров элементарных двоичных посылок, составляющих многоэлементный сигнал. За единицу измерения количества информации принят бит (двоичная единица количества информации). Количество информации в битах определяется по формуле:

$$I = \log_2 N = n \log_2 m.$$

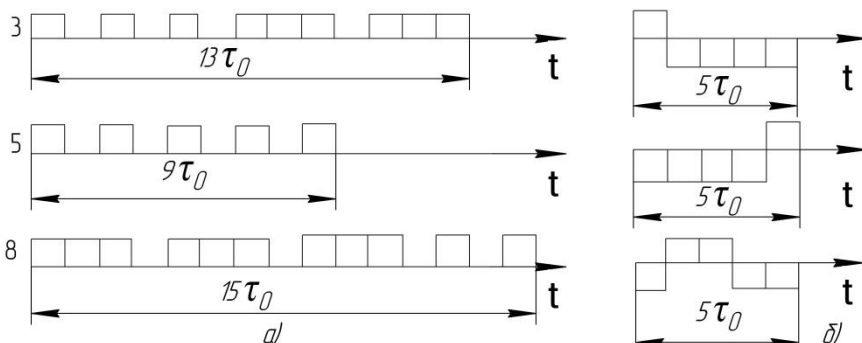
Одиночный двоичный сигнал содержит один бит информации, а многоэлементный сигнал, рассмотренный выше, содержит 8 бит.

Указанные возможности многоэлементного сигнала используются в цифровом методе передачи информации. Этот метод заключается в том, что каждому из сообщений, подлежащих передаче, присваивается свой номер (цифра), значение которого передается сложным сигналом. Процесс преобразования сообщения в соответствующую ему цифру называется кодированием, а электрический сигнал, полученный в результате кодирования, называют кодовой комбинацией. Различают равномерные и неравномерные коды. Равномерным кодом называется код, который для передачи любой информации использует одинаковое число двоичных посылок.

Примером неравномерного кода может служить код Морзе, в котором сигналы различных сообщений различаются количеством элементарных посылок, как показано на рис.10



б)



В
использу
служебн

положение оценивается понятием коэффициента избыточности применяемого кода:

$$K_{изб} = 1 - \log_2 \frac{N_P}{N}; \quad N = N_P + N_C,$$

где N_P - количество рабочих комбинаций.

Код характеризуется основанием и разрядностью. Основание кода (основание системы счисления) характеризуется количеством значений информационного параметра элемента кода. Разрядность определяется количеством элементов в кодовом сигнале. Любое число в любой системе счисления можно представить выражением:

$$A = \sum_{i=0}^{i=n-1} k_i m^i,$$

где m - основание системы счисления; n - количество разрядов; i - номер разряда; k_i - разрядный коэффициент; $k_i = 0 \dots m-1$.

Таким образом, при $n = 4$ величина A будет представлена выражением:

$$A = k_i m^3 + k_i m^2 + k_i m + k_i m^0,$$

т. е. четырехразрядным кодом, в котором разряды расположены по степени убывания. Первым разрядом условимся называть разряд вида $k_i m^0$. В этом случае четвертый разряд рассматриваемой кодовой комбинации соответствует $k_i m^3$. Иногда в литературе счет разрядов ведется с нулевого (в нашем случае - с первого) и заканчивается разрядом с номером $n-1$.

В соответствии с изложенным число 120 в десятичной системе счисления запишется в виде трехразрядного кода $120 = 1 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 0 \cdot 10^0$, а это же число в двоичном коде запишется семиразрядным кодом

$$120 = 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0.$$

В двоичном написании $120 = 1111000$.

Количество комбинаций двоичного кода при n разрядах определяется по формуле:

$$N = 2^n.$$

Для записи двоичным кодом числа L потребуется $n \approx \log_2 A$ разрядов (n_1 берется равным ближайшему целому числу выражения $\log_2 A$).

Ниже приведены примеры записи десятичных чисел двоичным цифровым кодом при $N = 16$:

Таблица 2 - Запись десятичных чисел двоичным цифровым кодом

0=0000	5= 0101	10= 1010
1=0001	6= 0110	11=1011
2= 0010	7= 0111	12=1100

3= 0011	8= 1000	13=1101
4= 0100	9= 1001	14=1110
		15=1111

Ниже приводится пример передачи десятичных цифр двоичным кодом Грея при N = 16:

Таблица 3 - Пример передачи десятичных цифр двоичным кодом Грея

0=0000	5=0111
1=0001	6=0101
2=0011	7=0100
3=0010	8=1100
4=0110	9=1101

Из примера видно, что в коде Грея любая кодовая комбинация отличается от двух соседних комбинаций только на одну единицу. Эта особенность кода Грея обеспечивает минимальную погрешность в условиях пропадания и появления лишней посылки, равную единице квантования аналоговой величины.

Единичный десятичный код предусматривает передачу разрядов десятичных цифр соответствующим количеством единиц. Например, число 369 в этом коде передается тремя кодовыми комбинациями:

3=000000111
6=0000111111
9=011111111

Подобный код применяется, например, в автоматизированных системах телефонной связи для передачи номера вызываемого абонента.

Двоично-десятичный код предусматривает передачу десятичных цифр четырехразрядным кодом с количеством комбинаций, соответствующим количеству разрядов десятичного числа. Каждая кодовая комбинация несет информацию о значимости десятичной цифры в двоичном исчислении. Наиболее известны коды типов 8-4-2-1, 5-4-2-1, 2-4-2-1.

Таблица 4 - Значения десятичных цифр в данных кодах

Цифры	Двоично-десятичный код		
	8-4-2-1	5-4-2-1	2-4-2-1
0	0000	0000	0000
1	0001	0001	0001
2	0010	0010	0010
3	0011	0011	0011
4	0100	0100	0100
5	0101	1000	1011
6	0110	1001	1100
7	0111	1010	1101
8	1000	1011	1110
9	1001	1100	1111

Эти коды называются «весовыми кодами», так как каждому разряду присвоен свой «вес». Так, «вес» первого разряда кода 8-4-2-1 соответствует 1, второго разряда - 2, третьего разряда 4, четвертого - 8. Высший разряд в коде 5-4-2-1 имеет «вес», равный 5, а в коде 2-4-2-1, равный 2.

Десятичное число 841 в этих кодах будет записано следующим образом:

1000-0100-0001, код 8-4-2-1;
1011-0100-0001, код 5-4-2-1;
1110-0100-0001, код 2-4-2-1.

11. Дискретные каналы связи

Каналы связи, предназначенные для передачи дискретных сигналов, называются дискретными каналами связи. К ним относятся каналы телемеханики, телеграфные каналы и каналы передачи данных. В дискретных каналах телемеханики (КТМ) первичным сигналом (первичным носителем информации) является двоичный сигнал однополярного или двухполярного постоянного тока, поступающий с передающего устройства телемеханики на вход КТМ. В большинстве современных устройств телемеханики первичный сигнал является многоэлементным, т.е. представляет собой совокупность двоичных сигналов. Задачей КТМ является достоверная передача первичного сигнала от предыдущего устройства телемеханики, расположенного в одном пункте, до приемного устройства телемеханики, расположенного в другом пункте. Каналы телемеханики различают по способу преобразования первичного сигнала в сигнал тональной частоты и по скорости передачи дискретных сигналов. В зависимости от вида модуляции, используемой при преобразовании первичного сигнала в сигнал тональной частоты, различают КТМ с амплитудной модуляцией (КТМ - АМ), КТМ с частотной модуляцией (КТМ - ЧМ), КТМ с фазовой модуляцией (КТМ - ФМ). В соответствии с этим используются модемы с АМ, модемы с ЧМ и модемы с ФМ.

Для определения скорости передачи дискретных сигналов по КТМ используется специальная единица измерения - Бод. Скорость передачи, выраженная в бодах, численно равна количеству элементарных посылок при условии непрерывной передачи последовательности посылок, составленной из элементарных посылок разного информационного параметра (точек). В зависимости от максимальной скорости передачи различают каналы со скоростями передачи 50, 100, 200 Бод. В этих каналах соответственно используются модемы, обеспечивающие передачу дискретных сигналов соответственно при скоростях до 50, 100 и 200 Бод. В практике встречаются каналы телемеханики и модемы на скорость передачи 300 Бод, но такие каналы считаются нестандартными. В настоящее время скорости передачи 600, 1200 и 2400 Бод используются в каналах передачи данных, оборудованных соответственно Модемами 600, Модемами 1200 и Модемами 2400.

Функциональная схема КТМ АМ приведена на рис. 11. В этой схеме МП - модем передачи, МПР - модем приема, КС - канал связи (групповой канал телемеханики).

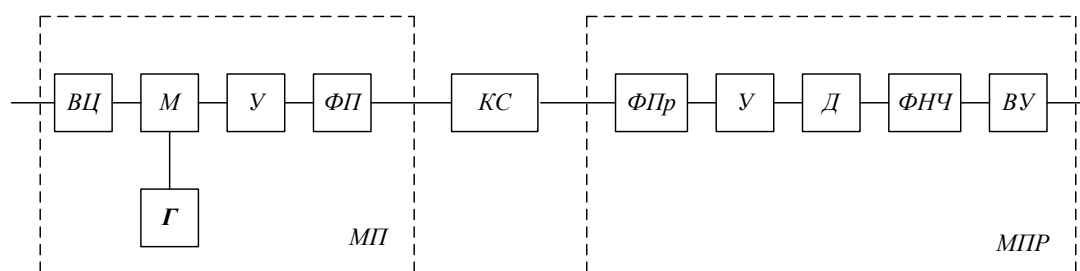


Рис.11 Функциональная схема КТМ АМ

Первичный сигнал, поданный на вход модема передачи, проходит входную цепь ВЦ и поступает на модулятор М. На второй вход М подается сигнал тональной частоты от генератора несущей частоты Г.

В модуляторе происходит амплитудная модуляция несущего колебания, т. е. изменение его амплитуды в соответствии с изменением амплитуды модулирующего (первичного) сигнала. При передаче непрерывного первичного сигнала вида $U \sin(\Omega t)$ мгновенное значение напряжения модулированного колебания на выходе модема определяется формулой:

$$u = U_0 \sin \omega_0 t (1 - M \sin \Omega t) = U_0 \sin \omega_0 t + \frac{U_0 M}{2} \cos(\omega_0 - \Omega)t - \frac{M U_0}{2} \cos(\omega_0 + \Omega)t.$$

где U_0 - амплитуда несущего колебания при отсутствии модуляции; M - коэффициент модуляции; ω_0 - частота несущего колебания.

Если первичный сигнал будет представлять собой непрерывную последовательность симметричных посылок с длительностью $T_0 = 1/(2F_M)$, то при $M = 1$ мгновенное значение напряжения модулированного колебания описывается формулой:

$$u = 0,9U_0 \sin \omega_0 t + 0,318U_0 [\cos(\omega_0 - \Omega_M)t - \cos(\omega_0 + \Omega_M)t] + 0,106U_0 [\cos(\omega_0 - 3\Omega_M)t - \cos(\omega_0 + 3\Omega_M)t],$$

или в общем виде:

$$u = U_0 [1 + Mh(t)] \sin \omega_0 t,$$

где $h(t)$ - функция, отображающая характер изменения амплитуды огибающей первичного сигнала $\Omega_M = 2\pi F_M = \pi/T_0$.

Коэффициент модуляции определяется формулой:

$$M = \frac{U_A - U_B}{U_A + U_B},$$

где U_A и U_B - максимальное и минимальное значения амплитуды модулированного колебания.

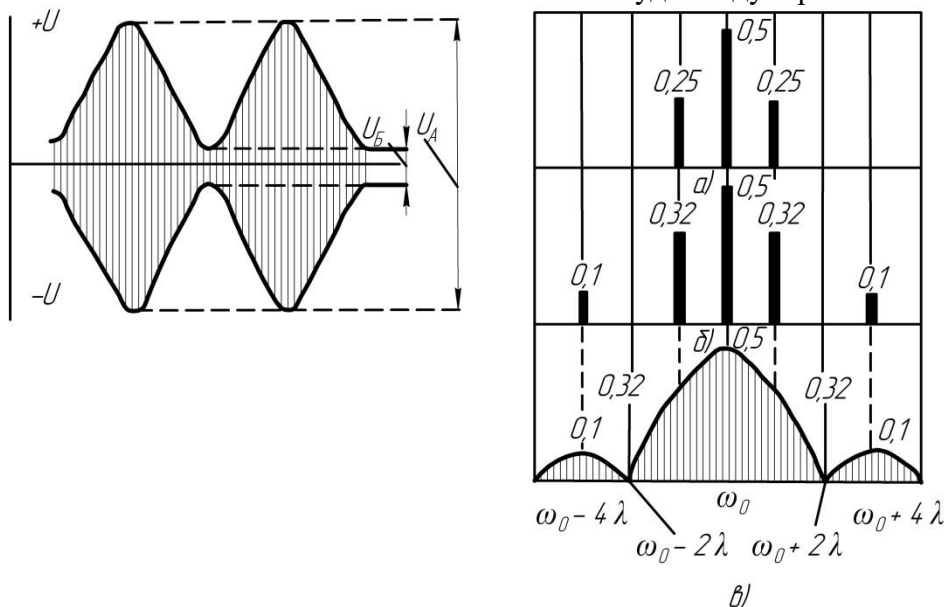


Рис.12 а) б) в) Спектр частот

Спектр частот амплитудно-модулированного колебания зависит от формы модулирующего (первичного) сигнала. При синусоидальном первичном сигнале частотой Ω в спектре а) будут три составляющие: несущая частота ω_0 и две боковые частоты $\omega_0 + \Omega$ и $\omega_0 - \Omega$. При передаче серии двоичных сигналов разного знака (точек) и длительностью T_0 частотный спектр будет соответствовать рис.12 б) при $F_M = 1/(2T_0)$. При дискретной смене параметра (амплитуды) спектра частот АМ колебания содержат множество частотных составляющих, амплитуды которых соответствуют рис.12 в).

Модулированное колебание с выхода M через усилитель U и фильтр передачи ФП поступает на вход КС (ГКТМ), к выходу которого подключен модем приема МПР. Модулированный сигнал рассматриваемого канала телемеханики проходит через полосовой приемный фильтр ФПР, усилитель приема U и поступает на амплитудный детектор D , который осуществляет детектирование АМ сигнала.

Полученный на выходе D в результате детектирования первичный сигнал обрабатывается выходным устройством и с выхода МПР поступает на вход приемного устройства телемеханики.

При качественной передаче форма первичного сигнала на выходе МПР полностью соответствует форме первичного сигнала на входе канала телемеханики.

Существенное преимущество КТМ - АМ заключается в простоте построения модемов передачи и приема и сравнительно малой чувствительности к частотным искажениям в канале связи. Недостатками, ограничивающими использование КТМ - АМ, являются чувствительность к плавным и скачкообразным изменениям остаточного затухания группового канала телемеханики и малая помехозащищенность в отношении гладких и импульсных помех.

Наиболее широкое применение в энергосистемах нашли каналы телемеханики с частотной модуляцией

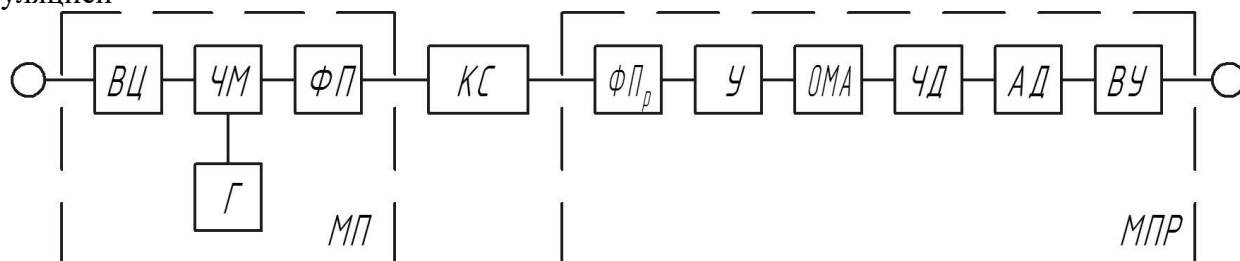


Рис.13 Функциональная схема КТМ - ЧМ

В зависимости от типа модема узел ВЦ обеспечивает либо согласование выхода передающего устройства телемеханики с ЧМ, либо (добавочно) формирование фронтов первичного сигнала, проходящего через ВЦ на вход ЧМ. В зависимости от значения информационного параметра первичного сигнала ЧМ изменяет значение частоты тонального генератора Г, тем самым преобразуя первичный двоичный сигнал в частотно-модулированный двоичный сигнал.

Информационными параметрами этого сигнала являются нижняя F_Z и верхняя F_A характеристические частоты модема. Кроме того, ЧМ сигнал характеризуется средней (характеристической) частотой F_0 , частотным сдвигом ΔF_c и девиацией частоты ΔF_d . Указанные параметры стандартизованы применительно к различным типам модемов.

Для Модема 50

$$\left. \begin{aligned} F_0 &= 300 + 60N_K; & F_A &= 330 + 60N_K; \\ F_Z &= 270 + 60N_K; & \Delta F_c &= 2\Delta F_d = F_A - F_Z = 60. \end{aligned} \right\}$$

Для Модема 100

$$\left. \begin{aligned} F_0 &= 240 + 240N_K; & F_A &= 30 + 240N_K; \\ F_Z &= 180 + 240N_K; & \Delta F_c &= 2\Delta F_d = F_A - F_Z = 120. \end{aligned} \right\}$$

Для Модема 200

$$\left. \begin{aligned} F_0 &= 120 + 480N_K; & F_A &= 240 + 480N_K; \\ F_Z &= 480N_K; & \Delta F_c &= 2\Delta F_d = 240. \end{aligned} \right\}$$

В этих формулах N_K - порядковый номер модема (канала) телемеханики.

В соответствии с рекомендациями МККТТ для обозначения модемов (и каналов) телемеханики и телеграфных модемов введено трехзначное обозначение, первая цифра которого 1, 2 или 4 обозначает модем 50, 100, 200 Бод, а последние две цифры - номер модема. В табл. 5 приведены значения характеристических частот модемов телемеханики в зависимости от номера модема (канала) в соответствии с рекомендацией МККТТ.

Все каналы указанные в табл.5, могут быть использованы при организации информационной многоканальной системы по выделенному для этой цели каналу ТФ с полосой рабочих частот 0,3-3,4 кГц.

Рамками в таблице выделены каналы, которые могут быть образованы по групповому каналу телемеханики с рабочей полосой частот 2,1-3,4 кГц.

При отсутствии на входе МП первичного сигнала частота тонального сигнала на выходе модема равна F_A (высшей характеристической частоте данного модема).

Таблица 5 - Значения характеристических частот модемов телемеханики в зависимости от номера модема (канала)

№ модема (канала)	$F_0, Гц$	$F_Z, Гц$	$F_A, Гц$
А) 50 бод			
101	420	390	450
102	540	510	570
103	660	630	690
104	780	750	810
105	900	870	930
106	1020	990	1050
108	1260	1230	1290
109	1380	1350	1410
110	1500	1470	1530
111	1620	1590	1650
112	1740	1710	1770
113	1860	1830	1890
114	1980	1950	2010
115	2100	2070	2130
116	2220	2070	2130
117	2340	2310	2370
118	2460	2430	2490
119	2580	2550	2610
120	2700	2670	2730
121	2820	2790	2850
122	2940	2910	2970
123	3060	3030	3090
124	3180	3150	3210
125	3300	3270	3330
Б) 100 Бод			
201	430	420	540
202	720	660	780
203	960	900	1020
204	1200	1140	1260
205	1440	1380	1500
206	1620	1620	1740
207	1920	1860	1980
208	2160	2100	2220
209	2400	2340	2460
210	2640	2580	2700
211	2880	2820	2940
212	3120	3060	3180
в) 200 Бод			
401	600	480	720
402	1080	960	1200
403	1560	1440	1680
404	2040	1920	2160
405	2520	2400	2640
406	3000	2880	3121

При воздействии на вход МП первичного сигнала значение частоты тонального сигнала будет меняться в зависимости от знака первичного сигнала, принимая значения F_A и F_Z . Пусть на вход МП воздействует первичный сигнал (рис.14 а), представляющий последовательность двоичных посылок разного знака, но с одинаковой длительностью то. Частота такого первичного сигнала определяется значением $F_{\Pi} = 1/2\tau_0$. Частотно-модулированный сигнал на выходе МП при передаче данного первичного сигнала будет иметь частотные составляющие, показанные на рис. 14 б, а.

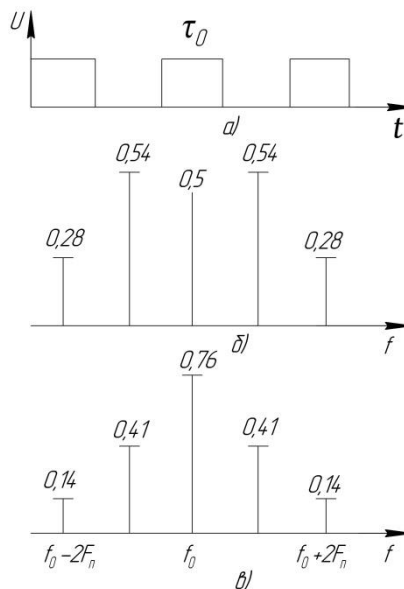


Рис. 14 а) б) в) **Первичный сигнал**

Значения частот этих составляющих определяются величинами:

$$F_0 = 0,5(F_A + F_Z);$$

$$F_0 \pm F_{II}; F_0 \pm 2F_{II}; F_0 \pm 3F_{II},$$

а амплитуды спектральных составляющих определяются индексом модуляции:

$$M_{чМ} = \frac{\Delta F_{Д}}{F_{II}} = \frac{\Delta F_{С}}{2F_{II}}.$$

Индексом модуляции называется отношение частотного сдвига ЧМ сигнала ΔF_C к удвоенному значению первичного (модулирующего) сигнала. Спектр частот на рис. 14б соответствует $M_{чМ} = 0,8$, а на рис. 14 в - $M_{чМ} = 1,2$. Частотно-модулированный сигнал с выхода МП, пройдя КС, поступает на полосовой фильтр приема ФПр модема приема МПР. С выхода ФПр через усилитель У и ограничитель максимальных амплитуд ОМА поступают на вход частотного детектора ЧД. Частотный детектор обеспечивает преобразование ЧМ сигнала в первичный сигнал, т. е. двоичные сигналы постоянного тока, аналогичные тем сигналам, которые воздействуют на вход МП рассматриваемого КТМ. Преобразование ЧМ сигнала в первичный сигнал осуществляется в два этапа: сначала ЧМ сигнал с помощью частотного дискриминатора превращается в АМ сигнал, а затем этот сигнал с помощью амплитудного детектора превращается в двоичный сигнал постоянного тока. Качественное преобразование ЧМ сигнала в данной схеме частотного детектора возможно только при условии постоянства уровня ЧМ сигнала на входе частотного дискриминатора ЧД. Это условие обеспечивается применением ОМА, который исключает воздействие на амплитуду входного сигнала ЧД изменения остаточного затухания канала связи и паразитной амплитудной модуляции ЧМ сигнала, возникающей в процессе передачи этого сигнала по КТМ. Принцип работы ограничителя ясен из рис., где показан ЧМ сигнал на входе ограничителя (рис.15 а), зависимость $U_{ВЫХ} = \varphi(U_{ВХ})$ ограничителя (рис. 15б) и ЧМ сигнала на выходе ограничителя максимальных амплитуд (рис. 15в).

Выходное устройство ВУ модема приема обеспечивает корректировку формы первичного приема сигнала и заданное значение амплитуды напряжения этого сигнала на выходе МПР. С выхода МПР сигнал поступает на вход приемного устройства телемеханики, подключенного к данному КТМ. Процесс работы частотного детектора рассмотрим применительно к схеме наиболее широко распространенного в отечественной практике модема, представленной на рис. 16 а. В данной схеме частотным дискриминатором являются два последовательно соединенных резонансных контура $L_1 - C_1$ и $L_2 - C_2$, один из которых настроен на частоту $f_1 = 0,95F_Z$, а другой - на частоту $f_1 = 1,05F_A$.

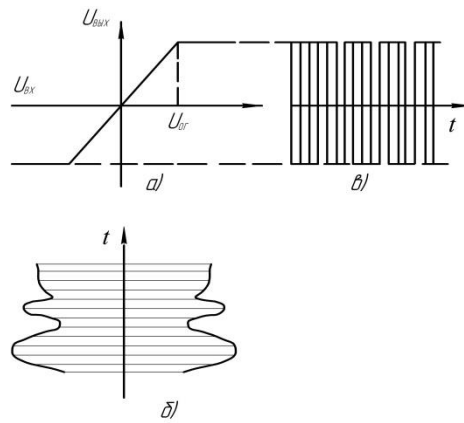


Рис. 15 ЧМ сигнал

Здесь $U_{ог}$ - порог ограничения.

Частотная зависимость напряжения тональной частоты на зажимах вторичных обмоток этих контуров приведена на рис. 6. В схему АД входят диоды VD1 - VD4, конденсаторы C_3 и C_4 и резисторы R_1 и R_2 . При воздействии на вход частотного детектора сигнала тональной частоты на его выходе (зажимах а - б) появляется напряжение постоянного тока, амплитуда и полярность которого связаны с частотой входного сигнала зависимостью, описываемой кривой на рис. в, причем напряжение на выходе детектора будет равно нулю при частоте входного сигнала, равной:

$$F_0 = 0,5(F_A + F_Z).$$

Если на вход частотного детектора действует ЧМ сигнал, соответствующий кривой рис.16 г, то на выходе его первичный сигнал будет соответствовать рис. 16 д.

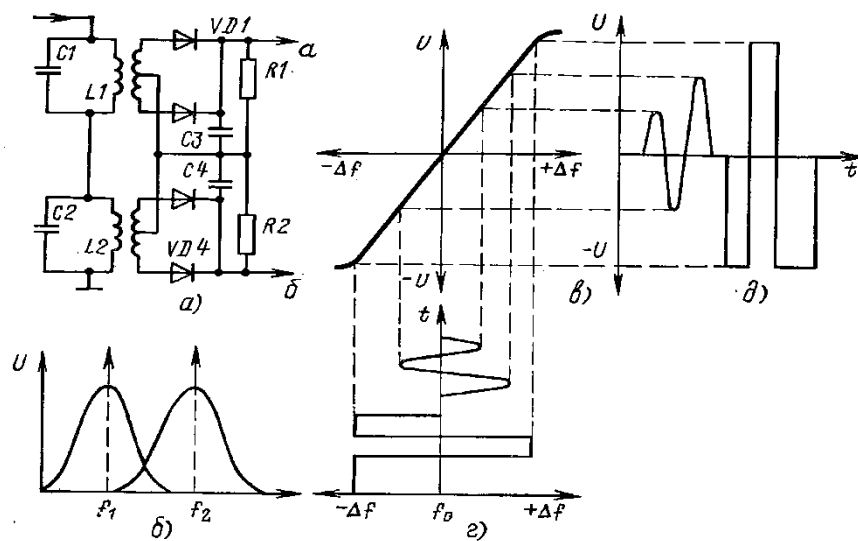


Рис.16 Частотная зависимость напряжения тональной частоты на зажимах вторичных обмоток

Преимуществами модемов с частотной модуляцией являются малая чувствительность к плавным изменениям остаточного затухания канала связи и повышенная помехозащищенность по сравнению с модемами АМ. На качество работы КТМ - ЧМ сказывается частотная погрешность в КС.

Каналы телемеханики с ФМ являются перспективными, дискретными каналами связи, и работы по использованию этих каналов в энергетике уже начаты.

При фазовой манипуляции фаза колебания несущей частоты изменяется дискретно, принимая одно из двух значений в соответствии с значением амплитуды двоичного сигнала на входе модема передачи, т. е. фаза фазомодулированного сигнала является функцией вида:

$$\theta = f(A_C),$$

где A_C - параметр первичного сигнала

На рис.17 показаны спектры частот фазоманипулированного колебания при разных значениях фазовой девиации и при дискретном модулирующем сигнале, представляющем последовательность «точек» при длительности элементарного сигнала T_0

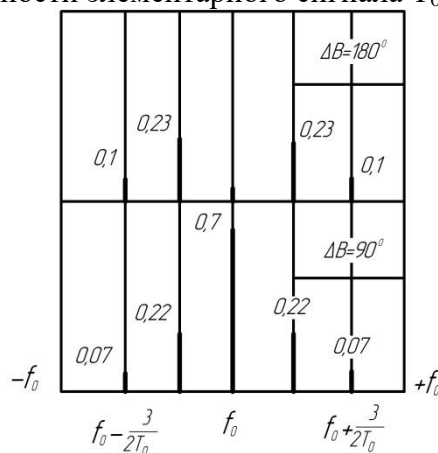


Рис.17 Спектры частот фазоманипулированного колебания при разных значениях фазовой девиации и при дискретном модулирующем сигнале

В практике встречаются два вида фазовой модуляции: обычная (ФМ) и относительная (ОФМ). На рис. 18 показаны осциллограммы сигналов на входе фазового модулятора, на выходе фазового модулятора обычной и при относительной фазовой модуляции.

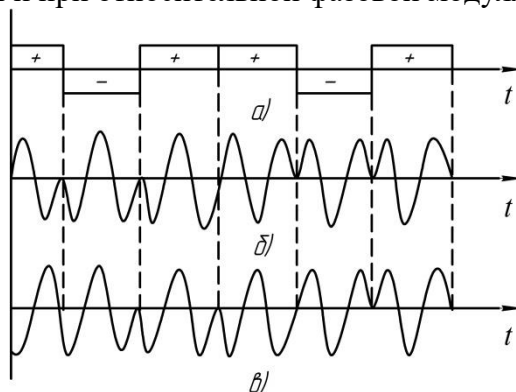


Рис. 18 Осциллограммы сигналов

Модем передачи, содержащий генератор несущей частоты ГН, фазовый модулятор ФМ, усилитель У, фильтр передачи ФП и входную цепь модулирующего сигнала ВЦ, показан на рис. Фазовый модулятор, состоящий из двух трансформаторов T_1 и T_2 и четырех диодов 1 - 4, обеспечивает получение фазовой манипуляции несущего колебания, поступающего от ГН через T_1 . В зависимости от полярности двоичного модулирующего сигнала, поданного на вход модема (вход ВЦ), открываются диоды 1 и 2 либо диоды 3 и 4. Переключение диода изменяет направление прохождения тока, несущего колебания через первичную обмотку T_2 , а следовательно, изменяет фазы несущего колебания на выходе модема на угол 180^0 .

Модем передачи системы ОФМ отличается от рассмотренного наличием кодирующего устройства, которое обеспечивает изменение фазы несущего колебания на 180^0 только при наличии на входе модема первичного сигнала определенной полярности, например положительной. Кодирующее устройство предусматривает наличие тактовых импульсов, частота следования которых синхронизирована со скоростью передачи двоичных первичных сигналов.

Прием фазомодулированных колебаний осуществляется с помощью фазовых детекторов ФД, которые превращают изменение фазы приемного сигнала в изменение полярности первичного сигнала на своем выходе. Для работы ФД необходимо иметь так называемое опорное напряжение

несущей частоты, синхронное и синфазное напряжение немодулированного несущего колебания модема передачи.

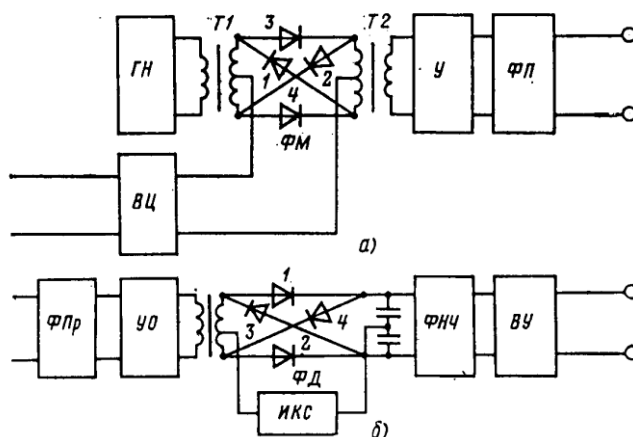


Рис.19 а) б) **Модем передачи системы ОФМ**

На рис. 19 б приведена функциональная схема модема приема колебания с ФМ при наличии источника опорного сигнала ИКС. В этой схеме ФПр - фильтр приема, УО - усилитель-ограничитель, обеспечивающий усиление приемного сигнала и ограничение его амплитуды таким образом, чтобы изменение приемного уровня и воздействие помех не вызывали амплитудной модуляции сигнала на входе фазового детектора ФД. На выходе ФД установлены фильтр нижних частот ФНЧ и выходное устройство ВУ.

Принцип работы модема приема иллюстрируется осциллограммами на рис. 20

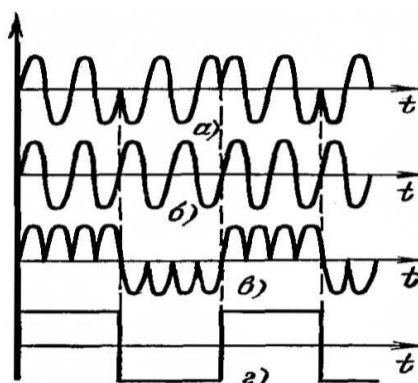


Рис.20 а) б) в) г) **Осциллограмма**

Напряжение опорного сигнала, воздействуя на диоды ФД, в зависимости от полярности полупериода открывает диоды 1 и 2 либо диоды 3 и 4, меняя тем самым направление прохождения тока фазомодулированного колебания через входное сопротивление фильтра низких частот. Как видно из кривых на рис. 20 а - в, если фаза опорного напряжения совпадает с фазой принимаемого сигнала (рис. 20 а), то на входе ФНЧ мы имеем положительные импульсы тока, если фаза приемного сигнала не совпадает с фазой опорного сигнала, то импульсы тока (рис. 20 в) на входе ФНЧ меняют свою полярность. После ФНЧ и выходного устройства ВУ мы имеем первичные двухполярные сигналы (рис. 20 г).

Способ получения опорного сигнала из ФМ колебания показан на рис.21а.

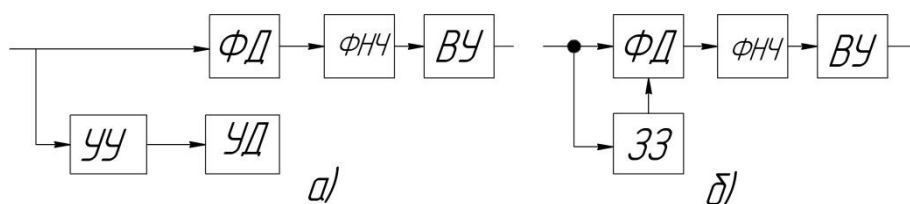


Рис. 21 а) б) **Способ получения опорного сигнала из фазомодулированного колебания**

Фазомодулированные колебания из тракта приема подаются на узел удвоения частоты УУ, на выходе которого появляется колебание с частотой, равной удвоенной частоте несущего колебания; фаза этого колебания остается неизменной при изменении фазы приемного сигнала. Напряжение сигнала удвоенной частоты воздействует на узел деления частоты УД, который вырабатывает сигнал, по частоте равный сигналу несущего колебания. Этот сигнал в качестве опорного сигнала подается на фазовый детектор ФД, где путем сравнения фаз приемного сигнала и опорного сигнала осуществляется демодуляция.

Рассмотренный способ приема весьма прост, но он имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что могут наблюдаться произвольная смена фазы, колебания на выходе УУ при кратковременных перерывах связи или сильном воздействии помех. Это изменение фазы вызовет смену знака первичного сигнала на выходе модема приема, т. е. полное искажение принимаемой информации. Такое явление называется «обратной» (негативной) работой. Исключить явление «обратной» работы позволяют системы ОФМ, получившие широкое практическое применение. Следует отметить два способа приема фазо-модулированного колебания ФМ: способ сравнения фаз и способ сравнения полярностей (на последнем основана работа ОФМ).

Функциональная схема устройства приема, выполненного по принципу сравнения фаз, представлена на рис.21 б. Напряжение фазомодулированного сигнала из тракта приема модема через элемент временной задержки ЭЗ, имеющий время задержки, равное длительности элементарной посылки, подается в качестве опорного сигнала на ФД. Осциллограммы, иллюстрирующие принцип работы модема приема, основанный на сравнении фаз, приведены на рис.22. Первичный сигнал (рис.22 а), воздействуя на вход модема передачи, обеспечивает появление фазо-модулированного сигнала (рис.22 б), который затем воспринимается модемом приема и поступает на первый вход ФД. На второй вход ФД в качестве опорного сигнала, подается тот же самый фазомодулированный сигнал, но сдвинутый по времени относительно первого сигнала на длительность элементарной посылки t_0 (рис. 22в). В результате сравнения фаз сигналов (рис. 22 б и в) ФД вырабатывает сигнал, показанный на рис. г. После прохождения этого сигнала через ФНЧ и ВУ модема приема (см. рис. 22б) на выходе модема первичный сигнал будет аналогичен первичному сигналу, показанному на рис. 22 а.

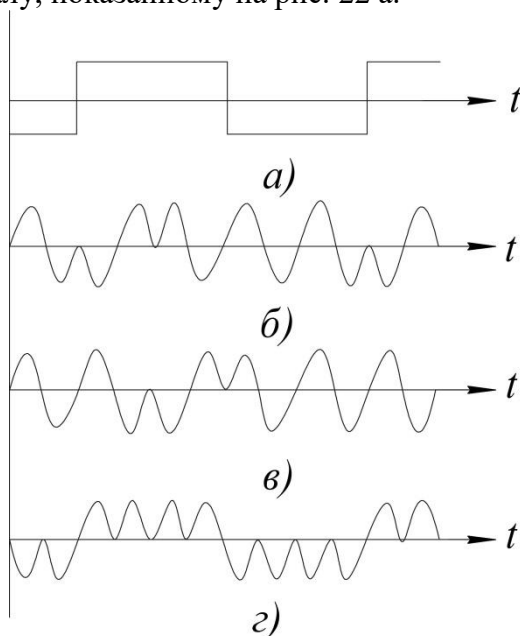


Рис. 22 Осциллограммы, иллюстрирующие принцип работы модема приема

12. Помехи

Основной причиной появления случайных искажений являются помехи. В общем случае понятие помехи определяет любое явление, вызывающее искажение параметра сигнала, несущего информацию. Помехи делятся на две группы: неаддитивные и аддитивные. Появление неаддитивных (т. е. «не суммирующихся» с сигналом) помех вызывается несоответствием основных параметров каналов связи определенным нормам, вследствие чего наблюдаются нелинейные искажения сигналов, передаваемых по каналу. Примеры таких помех были рассмотрены выше.

Аддитивными (т. е. «суммирующимися») помехами называются факторы, воздействующие на качество передачи сигнала по каналу связи извне. Аддитивные помехи проявляются в виде постороннего напряжения, проникающего в канал с соседних каналов или от других источников энергии и складывающегося с напряжением передаваемого сигнала. В общем случае аддитивные помехи содержат три типа помех: флуктуационную, гармоническую и импульсную. В частном случае может иметь место аддитивная помеха, представленная одним или двумя типами указанных помех. На рис. 23 а приведены осциллограммы аддитивных помех. Флуктуационные помехи (рис. 23 б) отличаются нерегулярностью амплитуд и длительностей и являются результатом наложения большого количества элементарных импульсов электрического тока, возникающих случайно.

Импульсные помехи (рис. 23в) представляют собой однополярные или двухполярные импульсы тока значительной амплитуды и характеризуются тем, что длительность этих импульсов во много раз меньше длительности интервала времени между двумя соседними импульсами.

Гармоническая помеха (рис. 23г) проявляется в виде одночастотного синусоидального или модулированного синусоидального сигнала. В системах передачи информации по линиям электропередачи основным источником аддитивных помех являются ЛВТ, а точнее сама ВЛ и силовое оборудование подстанций, входящих в схему ЛВТ.

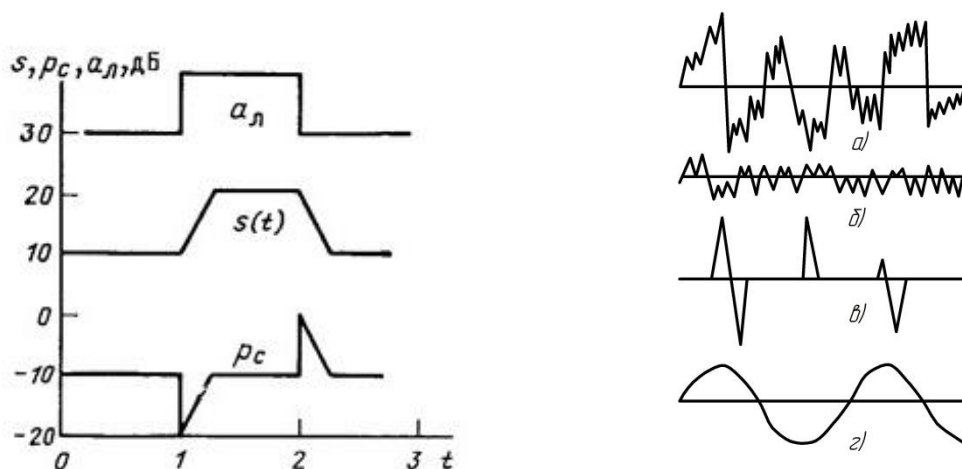


Рис. 23 Осциллограммы а) аддитивных помех б) флуктуационных помех в) импульсных помех г) гармонических помех

Причинами возникновения аддитивных помех являются коронирование линейных проводов ВЛ, частичные разряды по поверхности изоляции ВЛ и силового оборудования, коммутация силового оборудования, дуга короткого междуфазного замыкания ВЛ или замыкания фазы на землю, атмосферные разряды, посторонние ВЧ передатчики.

Все перечисленные источники помех, за исключением посторонних ВЧ передатчиков, создают помехи в виде кратковременных импульсов тока различной длительности и различных амплитуд, воздействующих на вход приемного фильтра аппаратуры системы передачи информации. Степень воздействия помех на качество передачи сигналов определяется параметрами помех не на входе приемника, а на выходе фильтра приема аппаратуры, т. е. параметрами аддитивных помех в канале связи. Импульс постоянного тока прямоугольной формы

с амплитудой A_0 и длительностью τ (рис. 24 а) представляет собой совокупность бесконечного множества частотных составляющих с различными амплитудами. Спектральная плотность такого импульса, т.е. зависимость амплитуды составляющих от частоты определяется функцией:

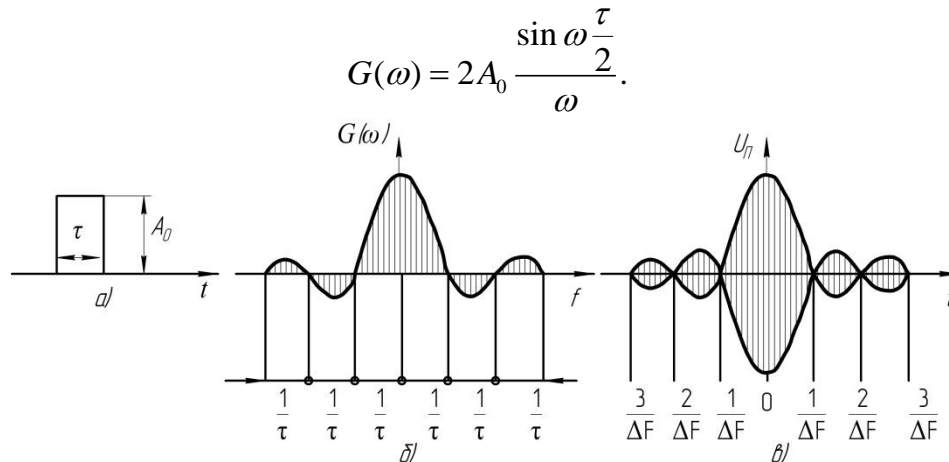


Рис. 24 а) Импульс постоянного тока прямоугольной формы с амплитудой A_0 и длительностью τ б), в) Графическое изображение функции

Графическое изображение этой функции приведено на рис. 24 б. При воздействии рассматриваемой импульсной помехи на вход полосового фильтра аппаратуры, имеющего среднюю частоту полосы пропускания ω_0 и полосу частот пропускания $\Delta\Omega = 2\pi\Delta F$, на выходе фильтра появится импульсная помеха описываемая формулой:

$$u_{\Pi} = 2\Delta F A_0 \frac{\sin \frac{\Delta\Omega}{2} t}{\frac{\Delta\Omega}{2} t} \cos \omega_0 t.$$

Эта помеха имеет форму, показанную на рис. в. Здесь A_0 - площадь импульса помехи на входе фильтра аппаратуры связи.

Таким образом, при воздействии импульсной помехи на вход полосового фильтра на его выходе получим импульс переменного тока, частота которого равна средней частоте полосы пропускания фильтра. Максимальная амплитуда этого импульса пропорциональна ширине полосы пропускания фильтра, а изменение огибающей импульса во времени происходит с частотой, численно равной половине ширины полосы частот пропускания фильтра. Если через τ_0 обозначить длительность импульса на выходе фильтра, т.е. интервал времени, соответствующий основной мощности импульса, то, как видно из рис.24 в,

$$\tau_0 \approx \frac{1}{2\Delta F} = \frac{1}{\Delta\Phi},$$

где $\Delta\Phi$ - полоса частот пропускания фильтра.

При воздействии на вход фильтра серии импульсных помех, элементы которой следуют друг за другом с интервалом времени $t_{\Pi} > \tau_0$, на выходе фильтра получим также серию импульсов. Если импульсы помехи на входе фильтра с интервалом времени $t_{\Pi} < \tau_0$, то на выходе фильтра получим помеху, по своей форме аналогичную флуктуационной. Следует подчеркнуть, что при одной и той же последовательности импульсных помех на входе фильтра на его выходе можем получить флуктуационные помехи, если фильтр имеет малую полосу частот пропускания. Поскольку в системах передачи информации в энергосистемах полосы рабочих частот каналов лежат в пределах от 120 до 3000 Гц, импульсные помехи аппаратуры с интервалами следования, меньшими 0,3 мс, будут проявляться на выходе любого канала в виде флуктуационных помех. Это относится к помехам от коронирования ВЛ и частичных разрядов с интервалами следования порядка $(1 - 3) \cdot 10^{-2}$ мс. Помехи, обусловленные короткими замыканиями ВЛ, коммутацией

силового оборудования и атмосферными разрядами на выходе фильтров каналов, имеют вид импульсов. Источником аддитивных помех является не только линейный высоковольтный тракт (ЛВТ). Флуктуационные помехи могут быть вызваны усилительными электронными лампами и транзисторами, импульсные помехи - колебаниями напряжения питающего источника или переключениями цепей питания, гармонические помехи - явлением самовозбуждения усилительных узлов, влияющим действием соседних каналов и т. д.

Гармоническая помеха в канале связи характеризуется частотой и амплитудой напряжения или уровнем на выходе канала; флуктуационная помеха оценивается среднеквадратичным значением напряжения. При этом максимальные пики флуктуационной помехи не превышают указанное напряжение более чем в 3 раза с вероятностью 0,99. Уровень флуктуационных помех (так же как уровень гармонической помехи) может быть измерен указателем уровня с квадратичным детектором. Флуктуационные помехи, как правило, нормируются значением уровня в полосе частот 1 кГц.

Одиночная импульсная помеха характеризуется максимальным значением напряжения и длительностью (формой). Амплитуда и форма импульсной помехи обычно определяются по осциллографу на выходе канала связи. Как было показано, форма импульсной помехи на выходе узкополосного фильтра ($\Delta F \ll f_{CP}$) соответствует форме помехи на рис. 24 б.

Исследования показали, что форма импульсной помехи на выходе широкого канала отличается от показанной на этом рисунке и определяется двумя частотными составляющими, соответствующими граничным частотам полосы пропускания фильтра, и коэффициентом наклона фазочастотной характеристики фильтра.

Фаза импульсной помехи на выходе телефонного канала показана на рис.25

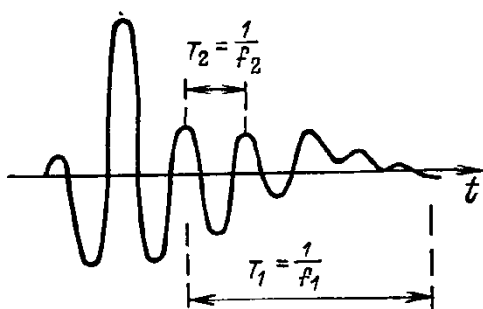


Рис. 25 Фаза импульсной помехи на выходе телефонного канала

Такая форма характерна для телефонных каналов многоканальных систем уплотнения, у которых приемный групповой фильтр имеет достаточно широкую полосу пропускания. Эта форма импульсной помехи сохраняется практически неизменной при длительности возбуждающего импульса $0 < t < 0,1$ вне зависимости от места его появления (с ЛВТ или в трактах приема-передачи аппаратуры уплотнения). Из рис.25 видно, что импульсная помеха на выходе фильтра является нестационарным процессом затухающих колебаний напряжения с нижней и верхней частотами полосы пропускания фильтра.

Время появления в канале и амплитуда помехи непрерывно меняются. Поэтому исследование отдельной импульсной помехи не дает никакого представления о воздействии импульсных помех на качество передачи информации по данному каналу. Импульсные помехи рассматривают как случайный процесс, оценить который можно с позиций теории вероятности.

Краевые искажения, обусловленные воздействием флуктуационных помех, подчиняются нормальному закону распределения, поэтому целесообразно их учитывать значением среднеквадратичных искажений, которые определяются:

для ТМ – АМ

$$\delta_{с.к} = \frac{141B}{\Delta F} e^{-0,115\Delta p};$$

для ТМ - ЧМ

$$\delta_{C.K} = \frac{50B}{\Delta F} e^{-0,115\Delta p};$$

для ТМ – ФМ

$$\delta_{C.K} = \frac{70B}{\Delta F} e^{-0,115\Delta p};$$

где $\delta_{C.K}$ выражается в процентах, а значение ΔP соответствует разности эффективных уровней сигнала и помехи на выходе фильтра модема приема. Если для данного канала ТМ установлена норма искажений от флуктуационных помех δ_1 , то вероятность того, что краевые искажения в канале превышают эту норму, определяется по данным, приведенным ниже:

$\delta_1 / \delta_{C.K} \cdot \dots \cdot$	1	2	3	4	5	6
$p(\delta_1 < \delta_{C.K}) \cdot \dots \cdot$	0,32	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-9}$

Искажения от импульсных помех в каналах ТМ - АМ определяются по формуле:

$$\delta = 400B \frac{A_0}{U_C} \% = 200 \frac{B}{\Delta F} \cdot \frac{U_{П\max}}{U_C},$$

где U_C - напряжение полезного сигнала на выходе полосового фильтра модема приема.

Значение A_0 связано со значением максимальной амплитуды импульсной помехи $U_{П\max}$ на выходе фильтра выражением

$$A_0 = \frac{U_{П\max}}{2\Delta F}.$$

Для каналов ТМ - ФМ величина искажений, %, определяется по формуле

$$\delta = 100 \frac{B}{\Delta F} \cdot \frac{U_{П\max}}{U_C},$$

а для ТМ - ЧМ - по формуле

$$\delta = 44 \frac{B}{\Delta F} \varphi(p) \cdot \frac{U_{П\max}}{U_C},$$

где функция $\varphi(P)$ учитывает девиацию частоты полезного сигнала в канале ЧМ (Δf_D) и полосу частот пропускания этого канала

$$p = \frac{\Delta F}{2\Delta f_D}.$$

На рис. 26 приведена зависимость $\varphi(P)$ от значения P .

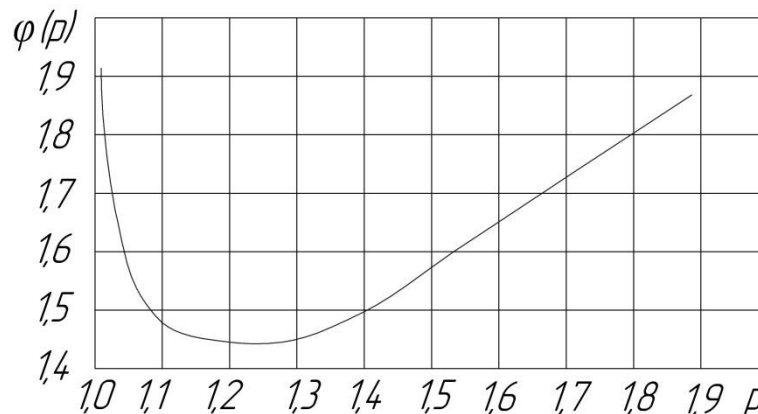


Рис. 26 Зависимость $\varphi(P)$ от значения P

В реальных условиях значение выбирается равным 1,4, и при этом

$$\delta = 66 \frac{B}{\Delta F} \cdot \frac{U_{\Pi \max}}{U_c}.$$

Частотный двухконтурный детектор модема приема ослабляет действие импульсных помех, поэтому искажения в каналах ТМ - ЧМ учитывают по формуле

$$\delta = 50 \frac{B}{\Delta F} \cdot \frac{U_{\Pi \max}}{U_c}.$$

На рис.27 показана степень воздействия гармонической помехи на различные каналы телемеханики.

Частотная зависимость степени воздействия гармонической помехи на ТМ - АМ определяется частотной характеристикой приемного полосового фильтра модема, а на ТМ - ЧМ и ТМ - ФМ - кроме того, и частотной характеристикой соответственно частотного и фазового детектора.

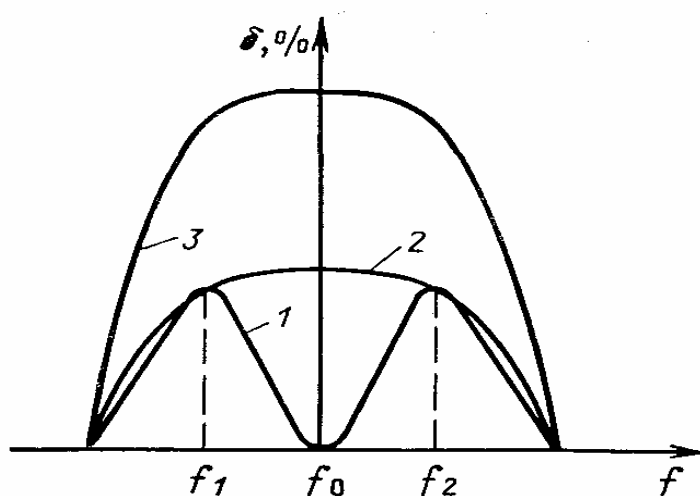


Рис. 27 Степень воздействия гармонической помехи на различные каналы телемеханики

Для канала ТМ - АМ крайевые искажения в полосе пропускания фильтра определяются выражением

$$\delta = 200 \frac{B}{\Delta F} e^{-0,115\Delta p},$$

где ΔF - разность уровней сигнала и помехи на выходе фильтра приема.

Наибольшие искажения в каналах ТМ - ЧМ возникают при гармонической помехе, по частоте равной частоте настройки частотного дискриминатора модема приема, при этом

$$\delta = 100 \frac{B}{\Delta F} e^{-0,115\Delta p}.$$

12.1. Исправляющая способность приемников дискретных сигналов

Качество любого приемника информации характеризуется величиной его исправляющей способности, т. е. максимальным искажением параметра сигнала на входе приемника, при котором возможен прием информации без ошибок. Поскольку передатчик информации может вносить некоторые искажения в параметр сигнала, под исправляющей способностью системы, составленной из передатчика и приемника информации, включенных через искусственную линию, понимают максимальное значение добавочных искажений параметра сигнала, которое можно ввести без нарушения достоверности передачи информации.

Различают три вида исправляющей способности: теоретическую, эффективную и номинальную. Теоретическая исправляющая способность приемника дискретных сигналов рассчитывается по конструктивным данным устройства при условии наличия идеального фазирования по посылкам. Эффективная исправляющая способность измеряется для конкретного устройства в заданных условиях эксплуатации. Номинальная исправляющая способность определяется как минимальное значение эффективной исправляющей способности по измерению многих образцов аппаратуры в реальных условиях работы.

Исправляющая способность приемника информации определяется принятыми конструктивными решениями способа регистрации посылок. Наибольшее распространение получили два способа регистрации посылок: стробирование и интегрирование. Регистрация посылок способом стробирования базируется на следующих положениях: поскольку начало и конец дискретной посылки претерпевают воздействие нестационарных процессов, то данные участки посылки наиболее подвержены искажениям, называемым краевыми. Наиболее устойчивой является средняя часть дискретной посылки, соответствующая режиму установившегося номинального значения ее параметра (амплитуды, частоты или фазы). Способ стробирования предусматривает использование для работы приемного устройства именно этой части дискретной посылки.

На рис. 28 а приведена функциональная схема приемного устройства, входной узел которого выполнен в виде механического распределителя. Этот распределитель состоит из сплошного контактного кольца 1, к которому подключена линия 2, кольца 3, содержащего укороченные контакты, и щетки 4, которая, вращаясь, скользит по кольцам и осуществляет электрическое соединение укороченных контактов кольца 3 с кольцом 1. Все укороченные контакты соединены между собой и выведены на вход триггера 5, с выхода которого 6 принятые посылки поступают на последующие узлы приемного устройства. Если между импульсами, поступающими из линии, и приемным распределителем установлены синфазность и синхронность, то данному устройству соответствует временная диаграмма, приведенная на рис. 28 б. На вход распределителя (кольцо 1) поступают посылки некоторой комбинации 7.

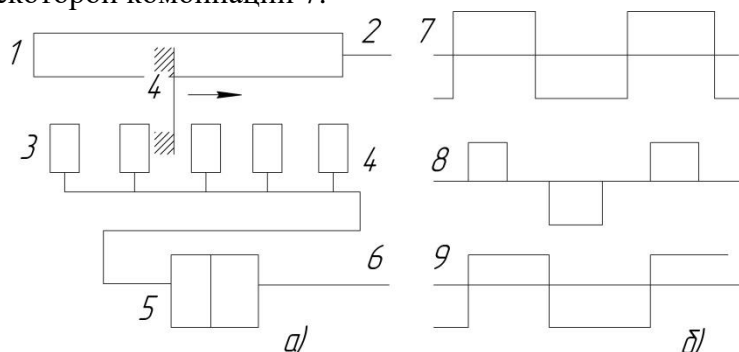


Рис. 28 а) Функциональная схема приемного устройства
б) Временная диаграмма

В моменты приема средней части каждой посылки осуществляется стробирование, которое в данном случае представляет собой соединение укороченного контакта щеткой 4 с кольцом 1. Время существования этой цепи (скольжения щетки по укороченному контакту) соответствует длительности стробирования а.

На временной диаграмме моменты стробирования показаны графиком 8 в виде импульсов тока, поступающих на вход триггера 5. Под воздействием кратковременных импульсов стробирования 8 триггер 5 срабатывает, и с выхода его на узлы приемного устройства поступают посылки 9.

При ориентации момента стробирования (укороченного контакта) относительно середины принимаемой посылки (рис.29 а) искажения начала и конца посылки, по длительности равные или меньшие, чем

$$Q_1 = \frac{T_0 - a}{2},$$

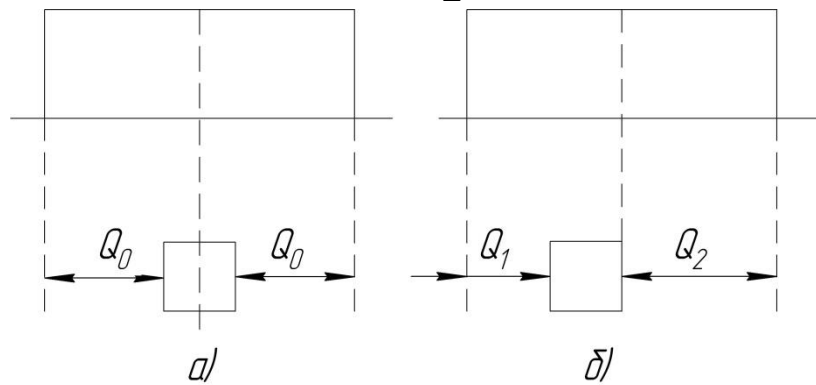


Рис. 29 Принимаемые послылки

не окажут воздействия на качество посылок, поступающих с выхода триггера 5, т. е. искаженные в указанных пределах линейные послылки будут исправлены. Если момент стробирования будет смещен относительно середины послылки (рис. 29 б), то допустимое значение искажений линейной послылки, которая будет исправлена приемным устройством, окажется меньше, чем в предыдущем случае, и определится формулой

$$Q_2 = \frac{T_0 - a}{2} - \Delta_{CM} = Q_1 - \Delta_{CM},$$

где Δ_{CM} - смещение момента стробирования относительно середины послылки, мс.

Следует отметить, что чем меньше время стробирования и точнее ориентирован момент стробирования относительно середины послылки, тем больше значение исправляющей способности устройства.

Прием посылок способом интегрирования ясен из рис.30

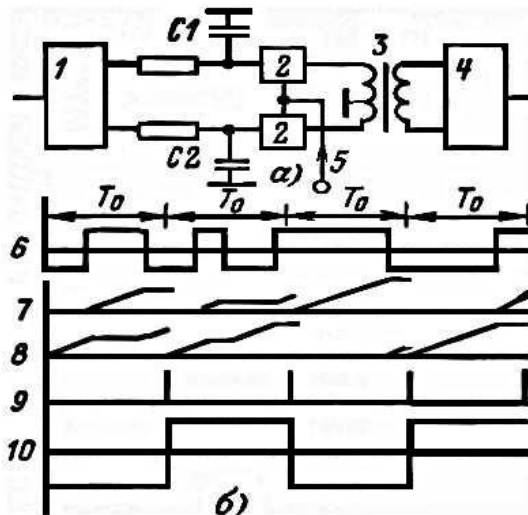


Рис. 30 а) б) Прием посылок способом интегрирования и диаграммы

Узел приемного устройства состоит из распознавателя знака послылки 1, двух накопительных элементов - конденсаторов С1 и С2, двух логических элементов И (2), сумматора 3, выполненного в виде трансформатора, и выходного триггера 4. В заданные моменты времени из схемы приемного устройства на вторые входы элементов И подается кратковременный регистрирующий импульс с зажима 5.

Пусть на вход распознавателя знака послылки поступает серия посылок, приведенная на графике б (рис.30). При поступлении послылки по знаку соответствующей 1 с выхода распознавателя подается напряжение, заряжающее конденсатор С1. Емкость конденсатора выбрана такой, чтобы постоянная времени его заряда значительно превышала длительность элементарной

посылки T_0 ; таким образом, заряд конденсатора C_1 пропорционален длительности принимаемой посылки 1.

При приеме посылки другого знака (что соответствует 0) напряжение с выхода распознавателя подается на конденсатор C_2 , параметры цепи заряда которого аналогичны параметрам конденсатора C_1 .

На графике 7 показана временная диаграмма заряда конденсатора C_1 , на графике 8 - конденсатора C_2 . В момент поступления регистрирующего импульса (график 9) элементы И открываются и конденсаторы C_1 и C_2 разряжаются через обмотки суммирующего трансформатора 3. Под воздействием разностного напряжения срабатывает триггер 4, выдавая сигнал 1, если заряд конденсатора C_1 оказался больше заряда конденсатора C_2 , или посылку 0, если больший заряд имеет место на конденсаторе C_2 .

Временная диаграмма посылок на входе триггера приведена на графике 6. Вторая посылка графика 6 претерпела искажение дробления, проявившееся в том, что посылка знака 0 кратковременно изменила знак на 1, а затем вновь приобрела знак 0. В соответствии с принципом работы устройства за время приема этой посылки оба конденсатора получают заряд, однако, поскольку длительность состояния 0 оказалась больше длительности состояния 1, конденсатор C_1 зарядится до потенциала, меньшего, чем потенциал конденсатора C_2 . При суммировании триггер 4 выдаст посылку 0, несмотря на наличие искажения дробления. Таким образом, посылка окажется исправленной. То же самое явление будет иметь место и при краевых искажениях посылки, если они не будут превышать определенной нормы. Для того чтобы производилось исправление искаженной посылки, величина $0,5 T$ должна превышать суммарную по времени величину этих искажений не менее чем на $\Delta\tau$, что соответствует времени заряда конденсатора до потенциала, достаточного для работы триггера 4. На графике 10 показаны посылки на выходе триггера 4.

Существуют приемные устройства, исправляющая способность которых обусловлена комбинированным применением способа стробирования и интегрирования.

Следует отметить, что эффективность способа интегрирования, так же как способа стробирования, в значительной мере определяется качеством фазирования приемного устройства. Надежная работа системы передачи дискретной информации определяется требованием синфазной и синхронной работы передающего и приемного устройств. Синфазность приемника с передатчика поддерживается автоматически в течение всего процесса работы системы. Задачей фазирования является обеспечение синфазности приема не только по посылкам, но и по циклам передачи. В зависимости от выполнения устройств фазирования различают синхронные, старт-стопные и старт-стопно-синхронные системы передачи посылок.

Сравнение эффективности применения того или другого способа приема посылок должно выполняться отдельно для случая дробления посылок.

В условиях краевых искажений способ стробирования обеспечивает без искажений прием посылки до тех пор, пока смена знака посылки не совпадет с моментом стробирования. При очень малой длительности стробирования максимальное смещение границ посылки, допустимое при данном способе приема, определяется величиной $Q_{\text{строб}} = T_0/2$. При интегральном способе приема для оценки знака посылки необходима регистрация не менее чем половины длительности посылки. При этом максимальное смещение границ посылки, обусловленное краевыми искажениями, определится величиной $Q_{\text{инт}} = 0,25T_0$. Таким образом, при краевых искажениях наиболее эффективным способом приема посылок является способ стробирования. Устройство с применением способа стробирования обеспечивает прием посылок при вдвое больших краевых искажениях, чем это допустимо для аналогичного устройства, выполненного на основе способа интегрирования.

При наличии дроблений стробирование не обеспечивает правильной регистрации посылки в том случае, когда дробление совпадает с моментом стробирования. При использовании способа интегрирования качество приема посылки не зависит от расположения моментов дробления; здесь условием правильного приема является требование, чтобы сумма длительностей импульсов дробления (импульсов противоположного знака) была менее половины длительности элементарной посылки (времени интегрирования $T_{\text{и}} = T_0$). Таким образом, если в искажениях пе-

редачи преобладает явление дробления посылок, способ интегрирования оказывается значительно эффективнее, чем способ стробирования.

Теоретическая исправляющая способность синхронного приемника, выполненного на основе способа стробирования и имеющего длительность момента стробирования a , определяется формулой, %,

$$\mu = \frac{T_0 - a}{2T_0} 100$$

(по крайвым искажениям посылок).

Исправляющая способность по дроблениям определяется формулой, %,

$$\mathcal{G} = \frac{a}{2T_0} 100.$$

Для синхронной системы, выполненной с регистрацией посылок по способу интегрирования, $\mu=25\%$, $\theta=50\%$.

Исправляющая способность старт-стопного приемника с регистрацией посылок по способу стробирования определяется формулой, %,

$$\mu = \frac{Q_{\text{доп}}}{T_0} 100,$$

где $Q_{\text{доп}}$ - допустимое смещение границ-посылок, %.

Следует подчеркнуть, что при страт-стопном приеме следует считаться с возможностью искажения начала стартового импульса или «смещением старт-стопного перехода».

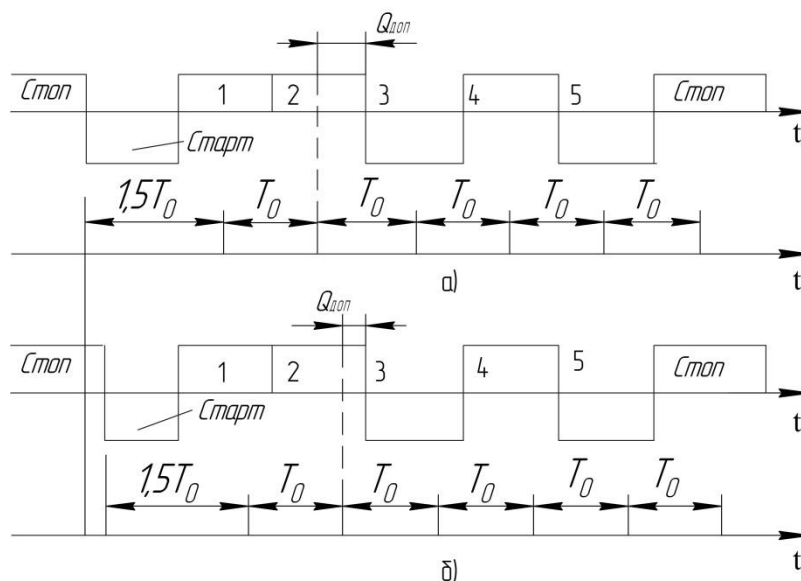


Рис. 31 а) Временная диаграмма неискаженных посылок старт-стопной комбинации б)

Временная диаграмма для случая искажения начала стартовой посылки

На рис. 31 а приведены временная диаграмма неискаженных посылок старт-стопной комбинации и расположение укороченных контактов (моментов стробирования).

Эта диаграмма соответствует случаю идеального фазирования, и при этом

$$Q_{\text{доп}} = \frac{T_0 - a}{2} 100,$$

а следовательно

$$\mu_{\text{ст}} = \frac{T_0 - a}{2T_0} 100.$$

На рис. 31 б представлена временная диаграмма для случая искажения начала стартовой посылки (смещения старт-стопного перехода) на величину $Q_{ст}$. Это смещение вызвало смещение моментов стробирования всех посылок относительно середины этих посылок. Если проанализировать условия приема, например, четвертой посылки, то окажется, что допустимые искажения конца этой посылки составляют $Q_{доп}$. При превышении этого значения посылка будет зарегистрирована неправильно.

Таким образом

$$Q_{доп} = Q'_{доп} + Q_{ст},$$

где $Q'_{доп}$ - допустимое смещение границ информационных посылок при наличии смещения старт-стопного перехода.

В соответствии с рекомендациями МККТТ старт-стопным искажением называется величина, %,

$$\delta_{ст} = \frac{Q_{max}}{T_0} 100,$$

где Q_{max} - максимальная измеренная разность между поступившими и теоретическими интервалами, разделяющими любые границы посылок и старт-стопный переход.

Смещение старт-стопного перехода при этом условно полагается равным нулю, теоретически же интервалы определяются относительно этого нулевого перехода. Таким образом, при одинаковой скорости передачи и равной длительности моментов стробирования синхронная система передачи обладает более высокой исправляющей способностью, чем старт-стопная. Современные электронные приемные устройства имеют исправляющую способность в пределах от 40 до 48%, однако в ряде случаев этого недостаточно для обеспечения заданной достоверности передачи; дальнейшее повышение достоверности достигается применением специальных способов передачи информации. Эффективным способом повышения достоверности является метод внесения избыточности в передаваемый сигнал. Любые методы внесения избыточности в сигнал связаны с увеличением объема сигнала (увеличением мощности спектра) либо времени передачи сигнала. При проверке такого сигнала на приемке имеется возможность по ряду дополнительных его качеств отличать правильно принятый сигнал от неправильного, а в ряде случаев даже восстанавливать неправильный сигнал. Вторым эффективным способом повышения достоверности является использование на приеме специальных устройств - детекторов качества сигнала. Этот способ будет рассмотрен ниже.

В практике выполнения современных устройств передачи дискретной информации широко используется метод повышения достоверности путем применения корректирующих кодов.

12.2. Повышение достоверности путем применения корректирующих кодов

Рассмотренный выше способ увеличения информационной емкости сигнала путем использования кодовых (простых) комбинаций не обеспечивает повышение достоверности передачи информации в условиях воздействия факторов, искажающих двоичную посылку. При использовании простых кодов одна информационная комбинация отличается от другой одним размером (например, 1100 и 1001), даже искажение всего одной посылки в такой кодовой комбинации вызывает потерю передаваемой информации и прием ошибочной (несуществующей) информации. Для обеспечения повышенной достоверности передачи информации в условиях помех используются специальные корректирующие коды.

В корректирующих кодах комбинации, несущие информацию, отличаются друг от друга не менее чем двумя элементами. Все количество возможных комбинаций корректирующего кода подразделено на две группы - комбинации разрешенные, т.е. комбинации, несущие полезную информацию, и комбинации запрещенные. Наличие неправильного приема хотя бы одного элемента разрешенной комбинации превращает эту комбинацию в запрещенную комбинацию, которая воспринимается приемным устройством не как информация, а как сигнал о наличии ошибки. Таким образом, корректирующие коды обеспечивают обнаружение ошибок при передаче

информации, а в ряде случаев и исправление этих ошибок. В соответствии с этим можно говорить о кодах с обнажением ошибок и об исправляющих кодах.

Корректирующие коды подразделяются на равномерные и неравномерные, двоичные и многопозиционные.

Неравномерные коды характеризуются разным количеством элементов в комбинации, а многопозиционные коды - использованием для передачи информации сигналов, параметр которых может принимать более двух дискретных значений. Использование неравномерных кодов и кодов многопозиционных, как правило, значительно усложняет устройства передачи и приема информации, поэтому эти виды корректирующих кодов не нашли широкого применения.

Двоичные равномерные корректирующие коды могут быть блочными и непрерывными. Блочные коды предусматривают передачу информации отдельными комбинациями - блоками, которые кодируются и декодируются независимо друг от друга. Непрерывные коды представляют собой непрерывную последовательность разрядов (посылок), и разделение этой последовательности на отдельные блоки не предусматривается. В свою очередь, блочные коды подразделяются на неразделимые и делимые блочные коды. В неразделимом блочном коде информационные разряды появляются в одно время с проверочными разрядами, и разделить их нельзя. Примерами неразделимого блочного кода являются коды с постоянным весом, коды с проверкой на четность. Кодовая комбинация с постоянным весом всегда содержит определенное количество единиц. Так, при семизначном коде № 3, рекомендованном МККТТ для передачи телеграфной информации, в каждой комбинации имеется три единицы и четыре нуля. В приемном устройстве ошибка определяется подсчетом единиц и нулей в комбинации. Если одна из единиц превратится в нуль, то при подсчете окажутся две единицы и пять нулей, что явится сигналом ошибки. При превращении нулевой посылки в единицу будет зарегистрировано четыре единицы и три нуля, что также будет сигнализировать об ошибке. Данный код обнаруживает только ошибки, изменяющие соотношение 3/4.

В коде с проверкой на четность разрешенными кодовыми комбинациями являются комбинации, содержащие четное количество единиц. Проверка в приемном устройстве осуществляется подсчетом единиц в принятой комбинации. Если единиц окажется нечетное количество, то фиксируется ошибка. Данный код определяет наличие неправильного приема нечетного числа посылок (1, 3, 5), но не регистрирует наличие четного числа неправильно принятых посылок. Разделенными блочными кодами называются коды, в которых часть разрядов (например, n разрядов) отведена для передачи информации, а другая часть разрядов (например, k разрядов) предназначена для проверки качества приема и называется проверочными. Такие коды называются (пк) - кодами.

Среди делимых кодов различают систематические и несистематические коды. Прежде чем перейти к рассмотрению этих кодов, рассмотрим процесс сложения, умножения и деления двоичных кодовых комбинаций по модулю 2.

Сложение по модулю 2 основано на следующих положениях:

$$1 \oplus 1 = 0; 0 \oplus 0 = 0; 0 \oplus 1 = 1; 1 \oplus 0 = 1.$$

Таким образом, сложение двух двоичных комбинаций 10110 и 10101 выполняется следующим образом:

$$\begin{array}{r} \oplus 10110 \\ 10101 \\ \hline 00011, \end{array}$$

т. е. сложение выполняется по разрядам с учетом указанных правил.

Умножение двух комбинаций соответствует правилу арифметического умножения, но суммирование выполняется по модулю 2. Предположим, комбинацию 10111 надо умножить на 1001, получим

$$\begin{array}{r}
 \times 10111 \\
 \hline
 1001 \\
 \hline
 10111 \\
 00000 \\
 00000 \\
 \oplus 10111 \\
 \hline
 10101111
 \end{array}
 .$$

Деление аналогично арифметическому делению, но вместо вычитания производится сложение по модулю 2. Предположим, что надо разделить 110101 на 101. Получим:

$$\begin{array}{r}
 \oplus 110101 \\
 \hline
 101 \\
 \oplus 111 \\
 \hline
 100 \\
 \oplus 101 \\
 \hline
 11
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 101 \\
 \hline
 1111 \oplus \frac{11}{101},
 \end{array}$$

т. е. получим число 1110 и остаток 11/101. Непосредственно из правил сложения по модулю 2 вытекает правило: сумма по модулю 2 двух или нескольких комбинаций систематического кода является комбинацией этого же кода, т. е. зависимость между информационными и проверочными элементами в суммарной комбинации будет такой же, как и в исходных комбинациях.

Систематические коды представляют собой многоразрядные комбинации, в которых выделены позиции (разряды) для передачи информационных посылок и позиций для передачи проверочных посылок. Каждый элемент проверочной комбинации получается сложением по модулю 2 определенной комбинации информационных посылок. Простейшим представителем систематического кода является код с четным числом единиц. Кодовая комбинация этого кода имеет n разрядов, из которых $(n - 1)$ разрядов - информационные и один разряд - проверочный. Знак проверочного элемента выбирается таким же, как и знак суммы по модулю 2 всех информационных моментов.

На приеме выполняется сложение всех элементов кода по модулю 2, и по результатам сложения определяется наличие нечетного числа ошибок, т. е. пропаданий или появлений знаков. Четное количество ошибок код не определяет. Пусть имеется код с $n=4$, т. е. с $2^4=8$ информационными комбинациями и одной проверочной. Предположим, что надо передать информационную комбинацию 011. Знак проверочного разряда определится как что надо передать информационную комбинацию 011. Знак проверочного разряда определится как

$$a_4 = a_1 \oplus a_2 \oplus a_3 = 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0,$$

и кодовая комбинация будет иметь вид 0011. На приемном конце при суммировании всех элементов по модулю 2 получим 0. Предположим, что комбинация исказилась и искажение изменило три знака комбинации, т.е. она воспринята как комбинация 1101. При суммировании элементов по модулю 2 получим на приеме знак 1, что является сигналом ошибки. Если комбинация искажена на два знака, т. е. стала 1001, то при суммировании на приеме получим знак 0, что подтверждает необнаружение при данном коде четного числа ошибок. Наибольшее распространение получили систематические коды Хемминга и циклический код. Перед рассмотрением этих кодов уточним некоторые понятия.

Кодовым расстоянием между двумя кодовыми комбинациями. называется число одноименных разрядов с отличными символами. Для двоичного кода кодовое расстояние численно равно сумме по модулю 2 сравниваемых комбинаций. В трехразрядном коде с разрешенными кодовыми комбинациями 101; 110; 011; 000 кодовые расстояния определяются как

$$\begin{array}{ccccc} \oplus & \begin{array}{r} 101 \\ 110 \\ \hline 011 \end{array} & \oplus & \begin{array}{r} 110 \\ 011 \\ \hline 101 \end{array} & \oplus & \begin{array}{r} 011 \\ 000 \\ \hline 011 \end{array} & \oplus & \begin{array}{r} 101 \\ 000 \\ \hline 101 \end{array} & \oplus & \begin{array}{r} 110 \\ 000 \\ \hline 110 \end{array} \end{array}$$

и будут равны 2, так как в каждом случае сравнения имеем два разряда с разными значениями символов (знаков посылок).

Если при составлении кода задано обнаружение до l ошибок или исправление до σ ошибок, то между этими величинами и кодовым расстоянием должны быть следующие зависимости:

$$d_0 \geq \delta + 1;$$

$$d_0 \geq 2l + 1.$$

Если код используется для исправления l ошибок и обнаружения $\sigma > l$ ошибок, то необходимо выполнить требование

$$d_0 \geq \delta + l + 1.$$

Помехоустойчивость любого кода характеризуется коэффициентом обнаружения или исправления ошибок

$$m_0 = \frac{A_0}{A_0 + B_0},$$

где A_0 - количество комбинаций, в которых ошибка обнаруживается или исправляется; B_0 - количество комбинаций, в которых ошибка не обнаруживается и не исправляется.

Избыточность кода определяется формулой

$$W = \frac{r}{n} = 1 - \frac{\log_2 M}{\log_2 N},$$

где n - число разрядов кода; r - число проверочных разрядов в каждой кодовой комбинации; M - число разрешенных комбинаций; N - число неразрешенных комбинаций.

Для (n, k) -кода число комбинаций равно 2^n , а число разрешенных комбинаций определяется формулой

$$M = 2^k = 2^{n-r}.$$

Кодом Хемминга называется систематический блочный разделимый (n, k) -код, в котором проверочные разряды представляют собой линейные комбинации информационных разрядов, т. е. значения проверочных разрядов меняются в зависимости от передаваемой комбинации информационных посылок. Различают код Хемминга с кодовым расстоянием $d_0=3$, исправляющий любые одиночные ошибки, и код Хемминга с $d_0=4$, исправляющий любые одиночные ошибки и обнаруживающий все двойные ошибки.

При приеме кода Хемминга осуществляется проверка правильности передачи, и при появлении ошибки определяется номер неправильно принятого разряда и осуществляется исправление ошибки. Рассмотрим процесс образования проверочных комбинаций при передаче и процесс выявления номера неправильно принятого разряда на приеме применительно к коду с $d_0=3$ и пятиразрядной информационной комбинации.

В соответствии с формулой

$$2^r = 2^{n-r} \geq n - 1$$

для $k=5$ число элементов кода $n=9$, число разрядов проверочной комбинации равно $n - k = 9 - 5 = 4$. В табл.5 даны номера разрядов рассматриваемого кода в двоичном написании. Из таблицы видно, что в комбинациях, в составе которых имеется только одна единица, она соответствует номерам

разрядов 1, 2, 4 и 8. Эти разряды целесообразно использовать для образования проверочной комбинации. Таким образом, разряды P1, P2, P4, P8 - проверочные, а разряды P3, P5, P6, P7, P9 - информационные.

Таблица 5 - Номера разрядов рассматриваемого кода в двоичном написании

Номер разряда кодовой комбинации	Запись номера разряда в двоичной комбинации при n=4			
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

Рассмотрим весь процесс передачи информации. Предположим, что полезная информация соответствует комбинации 01101. В информационных разрядах она запишется в виде

P_9	P_7	P_6	P_5	P_3
0	1	1	0	1

Проверочная комбинация формируется из информационной путем определения значимости каждого ее разряда в соответствии с формулами

В нашем случае

$$P_1 = P_3 \oplus P_5 \oplus P_7 \oplus P_9; \quad P_1 = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 0;$$

$$P_2 = P_3 \oplus P_6 \oplus P_7; \quad P_2 = 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1;$$

$$P_4 = P_5 \oplus P_6 \oplus P_7; \quad P_4 = 0 \oplus 1 \oplus 1 = 0;$$

$$P_8 = P_9, \quad P_8 = 0,$$

т. е. проверочная комбинация запишется как

P_8	P_4	P_2	P_1
0	0	1	0

Таким образом, общая кодовая комбинация, содержащая информацию (в разрядах P3, P5, P6, P7, P9) и проверочную комбинацию (в разрядах P1, P2, P4, P8), будет иметь вид:

P_9	P_8	P_7	P_6	P_5	P_4	P_3	P_2	P_1
0	0	1	1	0	0	1	1	0

Предположим, что при приеме неправильно принят знак P5, т.е. воспринята комбинация

P_9	P_8	P_7	P_6	P_5	P_4	P_3	P_2	P_1
0	0	1	1	1	0	1	1	0

Для выявления ошибки на приеме производится четырехкратная проверка кодовой комбинации путем суммирования по модулю 2 следующих разрядов:

проверка №1 – P_1, P_3, P_5, P_7, P_9 ;

проверка №2 – P_2, P_3, P_6, P_7 ;

проверка №3 – P_4, P_5, P_6, P_7 ;

проверка №4 – P_8, P_9 .

В нашем случае получим :

проверка №1 – $0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 = 1$;

проверка №2 – $1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 0$;

проверка №3 – $0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$;

проверка №4 – $0 \oplus 0 = 0$,

что соответствует комбинации 0101, которая, как видно из табл., соответствует 5, т. е. номеру неправильно принятого разряда. Определив номер неправильно принятого разряда, легко восстановить (исправить) комбинацию, изменив знак указанного разряда на обратный. Таким образом, при появлении единичной ошибки будет обнаружено не только это появление, но и номер разряда, в котором произошла ошибка. Если кодовая комбинация принята правильно, то процесс проверки даст следующие значения:

проверка №1 – $0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 0$;

проверка №2 – $1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 0$;

проверка №3 – $0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = 0$;

проверка №4 – $0 \oplus 0 = 0$,

Отсутствие в результатах проверки единиц является признаком правильного приема кодовой комбинации.

12.3. Циклические системы передачи информации и системы с обратной связью

Все известные методы повышения достоверности передачи дискретной информации нашли свое отражение в системах передачи без обратной связи и с обратной связью. Системы передачи без обратной связи используют симплексный канал связи и подразделяются на системы передачи простым кодом, системы с кодом, исправляющим ошибки, и системы с повторением передачи информации.

Для реализации систем с обратной связью требуется дуплексный канал связи (обратный и прямой). Они подразделяются на системы с обратной информационной связью и с решающей обратной связью.

12.4. Системы с повторением передачи информации

Достоверность в системах с повторением передачи информации простым кодом достигается многократной передачей кодовой комбинации и сравнением на приемном конце принятых комбинаций по критерию большинства, т. е. восприятию той комбинации, которая соответствует наибольшему числу совпадений принятых комбинаций. При другой схеме построения приемного устройства производится поэлементное сравнение принятых комбинаций, на основе которого принимается решение выбора безошибочной комбинации.

В случае сравнения комбинаций вероятность ошибочного приема при трехкратном повторении определяется выражением

$$P_{ош.н} \approx 3n^2 p^2,$$

а при пятикратном повторении

$$P_{ош.н} \approx 10n^3 p^3,$$

В случае поэлементной проверки и трехкратной передачи

$$P_{ош.н} = 3np^2,$$

при пятикратном повторении

$$P_{ош.н} = 10np^3.$$

Таким образом, системы с повторением и поэлементным сравнением обеспечивают значительно меньшую вероятность ошибки, чем системы с проверкой по комбинациям.

Данные соотношения соответствуют случаю, когда в канале связи имеют место одиночные (случайные) искажения, не зависящие друг от друга. При наличии пакетов ошибок вероятность появления ошибочно принятых комбинаций резко возрастает, так как пакет ошибок может исказить две и более соседних комбинаций. Для повышения достоверности в этих условиях необходимо использовать большие длины кодовых комбинаций или увеличивать число повторений.

Недостатком систем с повторением является также значительное снижение скорости передачи информации. Рациональной разновидностью системы передачи информации с повторением можно считать систему передачи по параллельным каналам связи.

Поскольку ошибки, возникающие в разных каналах связи, являются независимыми, достоверность передачи у подобных систем значительно выше, чем у систем с последовательным повторением. Время задержки информации у систем с параллельной передачей и у систем передачи простым кодом без повторения одинаково. Преимуществом систем с параллельной передачей является их повышенная надежность в условиях повреждения каналов связи. Широкое распространение получили системы параллельной передачи с использованием кодов, обнаруживающих ошибки. В этом случае для передачи используются два канала связи, и при обнаружении ошибки в одном канале информация воспринимается из другого.

Вероятность ошибочного приема при такой системе параллельной передачи соответствует вероятности приема необнаруженной ошибки:

$$P_{ош.пар} = P_{ош.н}.$$

В этом отношении система с параллельной передачей эквивалентна системе передачи по одному каналу связи с кодом, обнаруживающим ошибки. Однако последняя система имеет большие потери информации, так как сигнал стирания вырабатывается при каждом обнаружении ошибки, а в системе с параллельной передачей стирание происходит только в случае появления ошибки одновременно в обоих каналах.

12.5. Системы передачи информации с обратной связью

Системы передачи без обратной связи могут обеспечивать сколь угодно высокую достоверность за счет увеличения цикла повторения, но при этом значительно снижается пропускная способность. Системы передачи с кодом, исправляющим ошибки, могут обеспечить высокую достоверность, однако при этом значительно усложняются приемные устройства. Поэтому широкое распространение получили системы с обратной связью. В этих системах обратный канал связи используется для запроса в случае приема ошибочной комбинации; по этому запросу выполняется повторение передачи. В системах с обратной связью имеет место переменная избыточность информации, вводимая в зависимости от условий приема и проявляющаяся в частоте запросов и повторений. Избыточность максимальна при увеличении искажений в канале связи и минимальна при отсутствии этих искажений. Системы с обратной информационной связью и с обратной решающей связью отличаются тем, что в первых системах решение о повторной передаче принимает передающее устройство на основе сравнения переданной комбинации с комбинацией, полученной от приемного устройства по обратному каналу связи, а в системах с решающей обратной связью решение о повторной передаче комбинации принимает приемное устройство, которое по обратному каналу связи выдает передающему устройству команду о повторной передаче комбинации.

Рассмотрим особенности работы системы передачи с информационной обратной связью. Передающее устройство, передавая информацию, в то же время фиксирует информационную

комбинацию в накопительном блоке. Приемное устройство, приняв информационную комбинацию, не передает ее сразу на выходные блоки, а фиксирует в своем накопительном блоке и, оценив ее, передает по обратному каналу связи информацию о принятой комбинации передающему устройству. Образование обратного информационного сигнала - квитанции о принятии комбинации - может быть выполнено различным способом.

При «полной» информационной обратной связи каждой комбинации соответствует своя комбинация - квитанция; если квитанций меньше, чем кодовых комбинаций, то информационная обратная связь называется укороченной. Большое распространение получили системы, в которых квитанция является полным повторением принятой приемником кодовой комбинации; такая связь часто называется ретрансляционной обратной связью и является полной информационной обратной связью. Существуют системы, в которых корректирующие коды используются таким образом, что по прямому каналу передается информационная часть корректирующего кода (k разрядов), а по обратному каналу передается квитанция в виде проверочной части корректирующего кода (r разрядов). Поскольку обычно $k > r$, такие системы относятся к системам с укороченной информационной обратной связью.

В любом случае передающее устройство, получив по обратному каналу связи квитанцию и сравнив ее с комбинацией в накопительном блоке, определяет, правильно или неправильно воспринята приемным устройством кодовая комбинация. Если квитанция не соответствует переданной кодовой комбинации, то это расценивается как ошибочный прием и с передающего устройства по прямому каналу связи передается команда «стирания», а затем повторно передается кодовая комбинация из накопительного блока. Приемное устройство, приняв команду «стирания», разрушает ранее принятую комбинацию и воспринимает повторно переданную комбинацию. Далее приемное устройство вновь выдает по обратному каналу связи квитанцию о принятой кодовой комбинации. Если прием был выполнен без ошибки, передающее устройство передает следующую кодовую комбинацию, а приемное устройство выдает в выходной блок предыдущую кодовую комбинацию.

Анализ систем с информационной обратной связью показывает:

в системах с полной информационной обратной связью все ошибки, вызванные искажениями в прямом канале связи, обнаруживаются и устраняются:

в системах с укороченной информационной обратной связью (когда квитанция одного вида соответствует двум или более кодовым комбинациям) искажения в прямом канале связи, которые вызывают переход данной кодовой комбинации в кодовую комбинацию, имеющую одинаковую с первой квитанцию, не могут быть обнаружены;

ошибки на приеме проявляются в том случае, если они возникают как в прямом, так и в обратном каналах связи (соответственно при передаче кодовой комбинации и квитанции). В этом случае система с полной информационной обратной связью работает лучше, чем система с укороченной обратной связью;

искажения комбинации команды «стирания» могут способствовать приему ошибочных комбинаций.

Следует сделать вывод, что для получения системы высокой достоверности с информационной обратной связью необходимо применять «полную» информационную обратную связь и обеспечить высокую надежность передачи сигнала «стирания».

Системы с решающей обратной связью основаны на том, что анализ правильности принятой кодовой комбинации выполняется в приемном устройстве, и если обнаруживается наличие ошибки, выполняется «запрос» передающего устройства по каналу обратной связи. Передающее устройство, получив «запрос», повторяет передачу кодовой комбинации. Существует много вариантов систем с решающей обратной связью (РОС), различающихся по тем или другим признакам. Система РОС с ожиданием работает следующим образом: передающее устройство по прямому каналу связи передает кодовую комбинацию, закодированную корректирующим кодом, и «ожидает» результат передачи этой комбинации. Если по обратному каналу связи от приемника поступит сигнал «запрос», то передающее устройство повторит передачу указанной комбинации, а если по обратному каналу связи придет сигнал подтверждения правильного приема, передающее

устройство передаст по прямому каналу связи следующую кодовую комбинацию. Время передачи одной кодовой комбинации определяется формулой

$$T = t_{комб} + t_p + t_{o.c},$$

где $t_{комб}$ - длительность передачи комбинации; t_p - время распространения сигнала по каналу связи; $t_{o.c}$ - длительность обратного сигнала.

При наличии искажений общее время передачи комбинации будет равно NT , где N - количество повторений.

Системы с ожиданием имеют наименьшую скорость передачи по сравнению с более сложными системами РОС, однако разность скоростей значительно сокращается при увеличении длительности кодовой комбинации, т. е. когда $t_{комб} \gg t_p + t_{o.c}$. Большое распространение получили системы РОС с блокировкой. В этих системах как по прямому, так и по обратному каналам связи передаются и информация, и приемные сигналы, поэтому передающее и приемное устройства выполнены одинаково в соответствии с функциональной схемой на рис. 32. Имеются две станции (А и Б), и на каждой из них установлены приемопередающие устройства по рис., связанные между собой прямым и обратным каналами связи. При передаче информации со станции А устройство управления 5 вырабатывает сигнал запроса очередной комбинации (ЗОК), под действием которого на повышенной скорости информационные комбинации поступают от источника информации на входной накопитель 1, а через него на кодирующее устройство 2. Комбинации кодируются корректирующим кодом и передаются по прямому каналу связи на станцию Б и одновременно записываются в буферном накопителе устройства станции А.

Емкость буферного накопителя M измеряется количеством запоминаемых кодовых комбинаций и должна быть такой, чтобы обеспечить повторение передачи комбинации в случае ее искажения в канале связи.

Необходимо, чтобы

$$M \geq 2 + \frac{2t_p^2}{t_{комб}} \approx 3 + \frac{2t_p}{t_{комб}}.$$

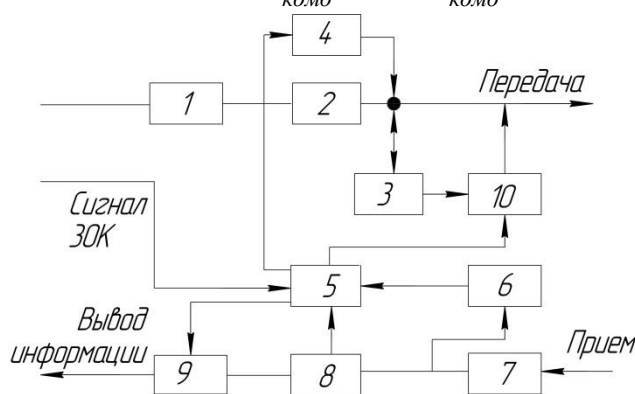


Рис. 32 Функциональная схема

В устройстве на станции Б переданные информационные разряды накапливаются в приемном накопителе 9. Если декодирующее устройство 8 не обнаружило ошибки, то информационные разряды из приемного накопителя с высокой скоростью передаются приемнику информации. Если декодирующее устройство 8 обнаружило ошибку, то от него к управляющему устройству 5 подается сигнал наличия ошибки, после чего управляющее устройство на станции Б: стирает информацию, накопленную в приемном накопителе 9; блокирует вход приемника, воздействуя на блокиратор 7.

Время блокировки равно времени передачи M комбинаций; блокировка снимается к моменту поступления на вход приемника элементов повторной кодовой комбинации; прекращает передачу сигналов ЗОК; подключает датчик комбинации «запрос» и по каналу связи передает на станцию А комбинацию запроса; вслед за ней передается информация, накопленная в буферном

накопителе 3 станции Б, начиная с комбинации номер W - N и кончая комбинацией с номером W (при передаче которой была обнаружена ошибка). Комбинация запроса принимается устройством станции А и декодируется детектором служебных сигналов 6. Команда с детектора служебных сигналов подается на устройство управления 5, которое прекращает передачу и блокирует приемник на время Тел. Затем со стороны станции А от датчика 4 посылается комбинация запроса на станцию Б и вслед за ней передаются повторно комбинации, накопленные в буферном накопителе 3, через выходной узел 10. Время блокировки приемника выбирается из условия $T_{\text{бл}}=M$.

Во время повторной передачи со станции А на станцию Б прием начинается с той комбинацией, в которой была обнаружена ошибка. В свою очередь, на станции А не принимаются те комбинации, переданные с буферного накопителя станции Б, которые предшествовали моменту приема ошибочной комбинации; прием начинается только с комбинации подтверждения приема исправленной комбинации. Таким образом, после запроса последовательность приема на станциях А и Б не нарушается.

Рассмотренная система с РОС характеризуется тем, что информация в виде кодовых посылок передается по обоим каналам. Известны системы, в которых информация передается только по прямому каналу, а по обратному каналу передается сигнал, одна полярность которого соответствует сигналу подтверждения правильности приема, а изменение полярности служит сигналом появления ошибки. Работа таких систем в общих чертах аналогична рассмотренной ранее.

При выборе способа повышения достоверности передачи необходимо располагать данными о заданной достоверности, характере помех в канале, возможности организации обратного канала связи. При отсутствии обратного канала повышение достоверности достигается применением либо кодов с исправлением ошибок, либо метода повторной (или параллельной) передачи информации. Выбор типа кода и количества повторений передачи определяется характером и распределением ошибок в канале связи. Если в канале связи наблюдаются одиночные независимые ошибки (случайные искажения), то целесообразно использовать трехкратное повторение передачи, или, например, код Хемминга, исправляющий одиночные ошибки.

Для кода Хемминга при $k=5$ и $n=9$ вероятность неправильного приема определится выражением

$$P_{\text{ош.к}} = C_n^2 P_{\text{ош}} = 36 P_{\text{ош}}^2,$$

в то время как при повторной передаче комбинации с $k=5$ $P_{\text{ош.к}}=75P_{\text{ош}}^2$. Сравнение этих величин показывает, что применение исправляющего кода в данном случае даст больший эффект, чем применение повторной передачи, однако устройства с повторной передачей конструктивно более просты, чем устройства с исправляющим кодом. Пропускная способность канала связи при трехкратном повторении определяется по формуле, бит/с,

$$C_{\text{повт}} = \frac{B}{S} = 0,333B,$$

где S - число повторений; B - скорость передачи.

При использовании исправляющего кода

$$C_{\text{испр}} = \frac{k}{n} B = \frac{5}{9} B = 0,555B.$$

Таким образом, и с этой точки зрения использование исправляющего кода более эффективно. В системах с обратной связью используются также коды, обнаруживающие (но не исправляющие) ошибку, которые имеют меньшую избыточность, чем исправляющие коды. Следствием этого является возможность повышения пропускной способности канала (при определенном характере искажений) и упрощения устройств.

При наличии обратного канала связи целесообразно применять системы с обратной связью.

13. Общие сведения о каналах телемеханики по линиям электропередачи

Использование линий электропередачи для передачи телемеханической информации обусловлено:

- а) экономическими преимуществами, заключающимися в том, что для организации систем телемеханики не требуется сооружения специальных линий связи. Для передачи сигналов используются те же линейные сооружения, которые предназначены для передачи электроэнергии;
- б) высокой механической надежностью линейных сооружений линий электропередачи, наличием постоянного контроля за состоянием ВЛ, высокой оперативностью в деле устранения повреждений;
- в) совпадением схем энергетических связей объектов со схемами построения информационных связей, необходимых для диспетчерского управления этими объектами.

Основными факторами, усложняющими передачу информации по проводам ВЛ, являются высокий уровень линейных помех и нестабильность параметров линейных трактов, обусловленная эксплуатационными переключениями силового оборудования, входящего в схемы линейных трактов.

В зависимости от диапазона частот, используемого для передачи сигналов телемеханики, каналы связи по ВЛ разделяют на высокочастотные каналы, использующие частоты 30—1000 кГц, среднечастотные с рабочими частотами 5—30 кГц и низкочастотные. Низкочастотные каналы тональной частоты имеют рабочие частоты 0,2—5 кГц, а каналы подтональных частот — 5—47 и 75—200 Гц.

Высокочастотные каналы связи используются в распределительных сетях 35—220 кВ и на линиях высшего класса напряжения. Среднечастотные каналы связи могут быть использованы в распределительных сетях 10—35 кВ и при передаче информации по проводам изолированных грозозащитных тросов. Тональные и подтональные частоты нашли широкое применение как в отечественной, так и в зарубежной практике передачи телемеханической информации по фазным проводам линий электропередачи 0,4—10 кВ. Актуальной задачей современной энергетики является надежное обеспечение энергией потребителей сельскохозяйственного назначения, питающихся от распределительных сетей 6—10 кВ. Данная задача решается путем комплексной автоматизации и телемеханики этих сетей. Комплексная автоматизация предусматривает оснащение этих сетей новой распределительно-коммутиционной аппаратурой, устройствами релейной защиты, автоматикой определения мест повреждений ВЛ, системами телесигнализации, телеизмерения и телеуправления. В указанных условиях использование ВЛ 10 кВ для осуществления систем телемеханики на тональных и подтональных частотах приобретает особо важное значение. Следует отметить, что этот способ передачи телеинформации в сетях 10 кВ является наиболее перспективным, поскольку в этих сетях, имеющих сложную конфигурацию ВЛ с ответвлениями, применение традиционных каналов высокочастотной связи по ВЛ практически исключается из-за наличия волновых процессов отражения высокочастотных сигналов.

При организации систем телемеханики по ВЛ следует учитывать технические возможности и экономические показатели различных каналов телемеханики. Высокочастотные каналы телемеханики, выполненные по радиальным схемам, должны использоваться для связи ЦДП энергосистем с ПЭС, электростанциями и выделенными объектами управления. Для связи ПЭС с РЭС и выделенными объектами управления используются радиальные высокочастотные каналы и высокочастотные кустовые каналы телемеханики. Радиальные каналы телемеханики используют на тех направлениях, где имеется большой поток информации или информация, которая должна поступать на ДП ПЭС непрерывно. Применение кустовых высокочастотных каналов телемеханики, обеспечивающих связь ДП ПЭС с несколькими объектами при использовании одного дуплексного канала, обеспечивает экономию спектра частот уплотнения ВЛ и максимальную унификацию оборудования связи и телемеханики.

На уровне связи РЭС с опорными подстанциями 35 и 110 кВ целесообразно использовать кустовые высокочастотные каналы телемеханики. В сетях 0,4—10 кВ должны использоваться каналы, выполненные на тональных и подтональных частотах с передачей телеинформации из

сети 0,4—10 кВ на опорную питающую подстанцию. Полученная на ОП информация должна ретранслироваться на РЭС (или ПЭС) по соответствующим высокочастотным каналам.

Высокочастотные каналы телемеханики

Высокочастотный (ВЧ) канал телемеханики по ВЛ является сложной технической системой, включающей в себя ЛВТ по проводам ВЛ, специальную аппаратуру передачи информации по ВЛ, модемы телемеханики. Каждый из этих элементов имеет свои показатели качества работы, свои специфические особенности, которые должны учитываться при проектировании, наладке и эксплуатации ВЧ каналов телемеханики по ВЛ. Целесообразно рассмотреть особенности элементов, составляющих этот канал.

6.1. Линейный высокочастотный тракт

Высокочастотные каналы по ВЛ в зависимости от схемы ЛВТ разделяются на простые и сложные. Сложными каналами называются каналы, в схему ЛВТ которых входят ВЛ с ответвлениями или несколько ВЛ, разделенных промежуточными подстанциями.

Функциональная схема сложного канала связи приведена на рис.. Линейный тракт этой системы связи содержит промежуточную подстанцию 2, на которой выполнена схема ВЧ обхода, обеспечивающая прохождение ВЧ сигнала с ВЛ1 на ВЛ2 и в обратном направлении.

В общем случае линейным высокочастотным трактом называется совокупность устройств, расположенных между ВЧ входными зажимами двух оконечных полукомплектов аппаратуры уплотнения, предназначенной для передачи ВЧ сигнала. В состав ЛВТ входят ВЧ кабели ВК, фильтры присоединения ФП, конденсаторы связи КС, ВЧ заградители ВЗ, провода линий электропередачи ВЛ1 и ВЛ2, силовое оборудование подстанций 1—3.

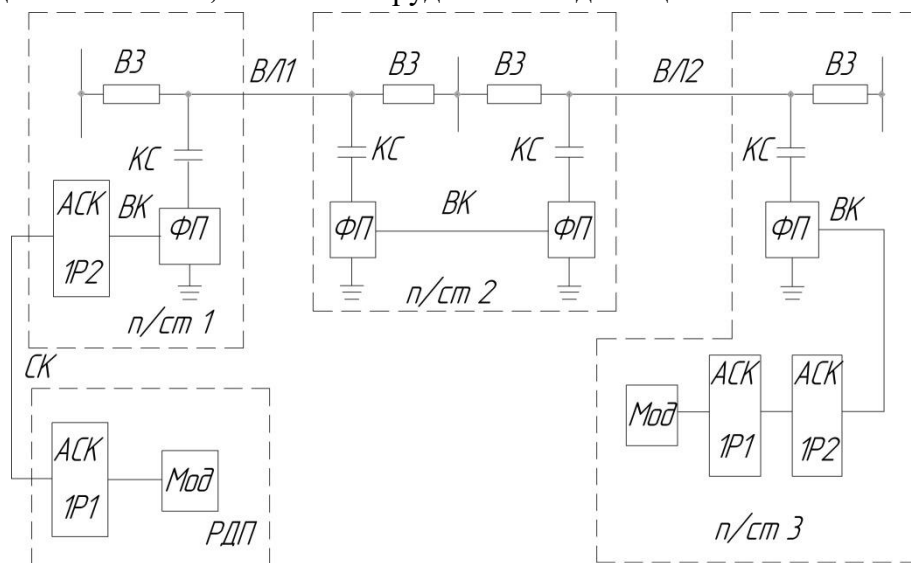


Рис.33 Функциональная схема сложного канала связи по ВЛ

Качество ЛВТ в отношении передачи ВЧ сигналов определяется величиной и характером частотной характеристики затухания, стабильностью частотной характеристики затухания, уровнем и характером линейных помех в полосе рабочих частот канала. Чем меньше неравномерность частотной характеристики ЛВТ и чем более стабильна эта характеристика во времени, тем более устойчиво будет работать канал передачи информации. Появление неравномерности частотной характеристики обусловлено рядом факторов: неравномерностью затухания ВЛ, неравномерностью частотной характеристики добавочного затухания, вносимого ВЧ обходами, частотной неравномерностью дополнительного затухания $\Delta\alpha_{от}$, обусловленного появлением в ЛВТ многократно отраженных волн от точек (узлов) несогласования входных сопротивлений (точек неоднородности). Последний фактор в большинстве случаев организации ВЧ каналов по ВЛ играет решающую роль.

В процессе эксплуатации ВЛ производится коммутации силового оборудования на подстанциях, отключения ВЛ, по которым организован ЛВТ, заземление проводов ВЛ после

отключения. При этом меняется нагрузка нерабочих фаз ВЛ, по которой организован ЛВТ, а следовательно, меняется и коэффициент отражения от концов линии. Последнее изменяет степень влияния многократно отраженных волн на частотную характеристику затухания. Нестабильность частотной характеристики затухания ЛВТ обуславливается не только наличием отраженных волн, но и влиянием окружающей среды, а также изменением концевых затуханий и затуханий перехода ВЧ обходов. Наличие такой нестабильности является специфической особенностью ВЧ систем связи по ВЛ, при использовании схем подключения фаза — земля, с которой приходится считаться при организации ВЧ каналов передачи информации по ВЛ. Одним из основных показателей, характеризующих качество канала связи для передачи сигналов телемеханики или другой информации, является его амплитудно-фазовая характеристика.

Частотная характеристика остаточного затухания ВЧ канала по ВЛ определяется частотными характеристиками затухания не только трактов передачи и приема аппаратуры уплотнения, но и ЛВТ.

6.2. Модемы телемеханики с ЧМ

В настоящее время в энергосистемах широко используются модемы телемеханики с частотной модуляцией несущего тонального сигнала. Типовые функциональные схемы передатчика и приемника современного модема, предназначенного для передачи дискретных сигналов, приведены на рис.

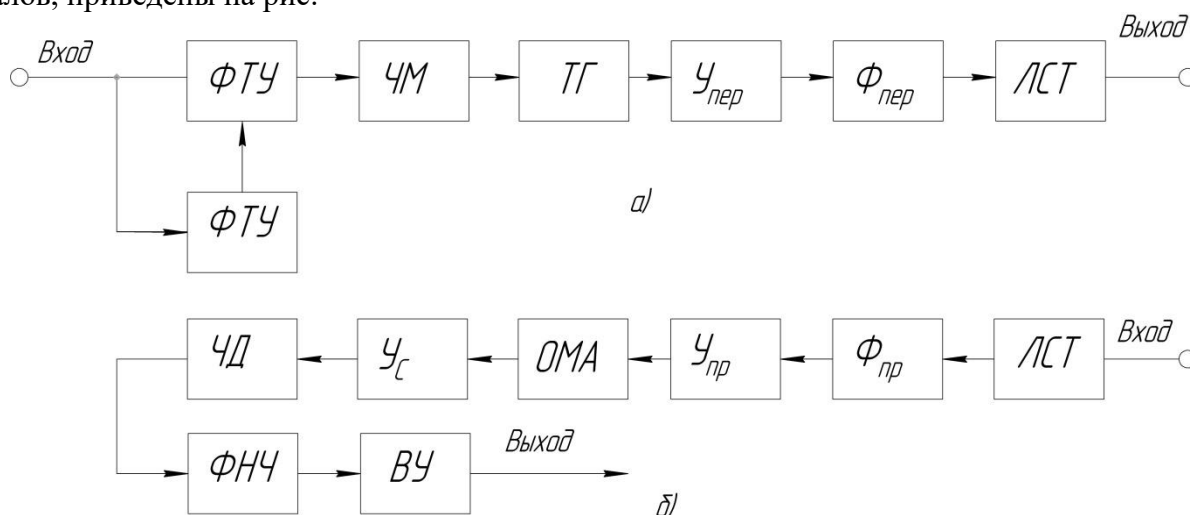


Рис.34 Функциональные схемы: а – модема передачи; б – модема приема

Рассмотрим особенности работы модема передачи. При отсутствии первичного сигнала на входе МП пороговое устройство ПУ, воздействуя через формирующее триггерное устройство ФТУ на частотный модулятор ЧМ, обеспечивает формирование сигнала характеристической частоты f_A . Этот сигнал с выхода тонального генератора ТГ поступает в канал связи через усилитель передачи $У_{пер}$, полосовый фильтр передачи и линейный согласующий трансформатор ЛСТ. Если на входе МП появляется первичный сигнал, то воздействие ПУ на ФТУ прекращается, и частота сигнала на выходе МП будет определяться параметром первичного сигнала. Наличие ПУ обеспечивает защиту канала ТМ от воздействия помех со стороны линии, соединяющей МП с первичным устройством телемеханики, и передачу по каналу ТМ заданного сигнала f_A , длительное наличие которого сигнализирует об отсутствии первичного сигнала на входе МП. Формирующее триггерное устройство ФТУ обеспечивает при передаче информации формирование дискретного тонального сигнала, форма которого не зависит от формы нарастания амплитуды напряжения первичного сигнала. На рис. а приведена модуляционная характеристика МП, содержащего ФТУ. Модуляционной характеристикой МП называется зависимость отклонения частоты сигнала на его выходе от напряжения первичного сигнала на входе МП. Осциллограмма первичного сигнала на входе МП показана на рис. б. ФТУ характеризуется значениями напряжения срабатывания U_1 и U_2 , при которых происходит скачкообразное изменение частоты выходного сигнала соответственно с $(f_0 + \Delta f)$ на $(f_0 - \Delta f)$ и обратно (кривые 1 и 2). Сравнение кривых б, в показывает, что наличие ФТУ обеспечивает четкую форму

формирования сигналов характеристик частот на выходе *МП* даже при нестабильности амплитуды первичного сигнала на входе *МП*. Основными требованиями, предъявляемыми к *ФТУ*, являются равенство и стабильность напряжений U_x и $U < i$.

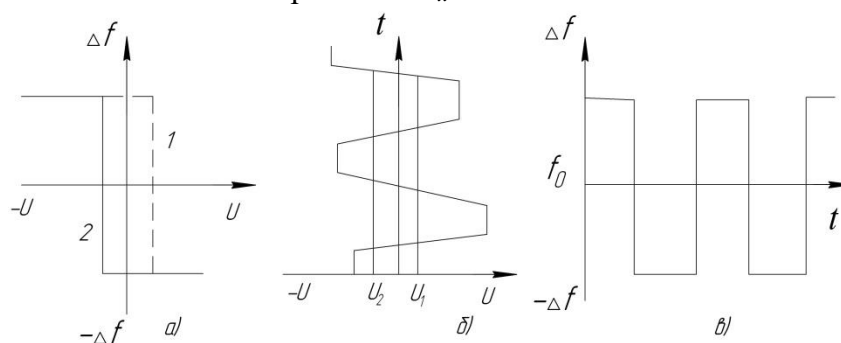


Рис. 35 Модуляционная характеристика (а) и осциллограмма первичного сигнала на входе модема передачи (б) и форма ЧМ сигнала на входе модема (в)

Сформированный первичный сигнал с выхода *ФТУ* поступает на вход ЧМ, принципиальная схема которого приведена на рис. вместе со схемой тонального генератора *ТГ*.

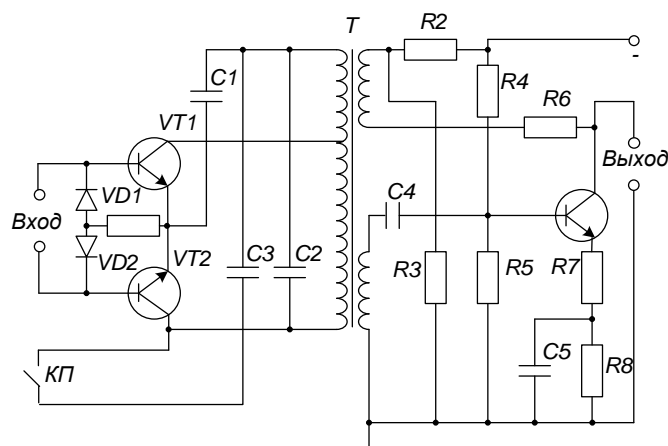


Рис. 36 Принципиальная схема частотного модулятора и генератора тональной частоты

Частотный модулятор (манипулятор) выполнен на двух транзисторных ключах *VT1* и *VT2*, с помощью которых производится подключение конденсатора *C1* либо ко всей обмотке катушки индуктивности колебательного контура генератора, либо к части витков этой катушки. Тональный генератор выполнен на транзисторе *VT3*. Колебательный контур генератора состоит из первичной обмотки трансформатора *T* и конденсатора *C2*; две вторичные обмотки *T*, одна из которых включена в цепь базы, а вторая в коллекторную цепь транзистора *VT3*, обеспечивают связь колебательного контура с транзистором. Напряжение сигнала тональной частоты снимается с коллектора транзистора *VT3*. Колебательный контур генератора с помощью конденсатора *C2* настроен на верхнюю характеристическую частоту. При воздействии на вход ЧМ сигнала отрицательной полярности транзистор *VT2* открывается, сопротивление перехода коллектор — эмиттер становится весьма малым и конденсатор *C1* оказывается подключенным параллельно конденсатору *C2*.

Поскольку общая емкость колебательного контура увеличится, генератор начнет генерировать сигнал нижней характеристической частоты. Эта частота устанавливается выбором емкости конденсатора *C1*. При воздействии на вход ЧМ сигнала положительной полярности транзистор *T2* закрывается, а транзистор *T1*, открывшись, подключает конденсатор *C1* к части обмотки колебательного контура. Эквивалентная емкость контура уменьшается, и генератор начинает генерировать сигнал верхней характеристической частоты. Таким образом, в такт с работой *ФТУ* происходит изменение частоты тонального генератора от низшей характеристической частоты *FA* до высшей характеристической частоты *FZ*. Ключ *КП* и конденсатор *C3* служат для перевода генератора в режим генерирования сигнала средней частоты модема передачи при проведении эксплуатационных испытаний и проверок канала передачи информации.

В общем случае качество модемов определяется: значениями и стабильностью характеристических частот модема передачи; паразитной амплитудной модуляцией на выходе модема передачи; спектром и уровнем мешающих частот модема передачи; избирательностью модема приема; чувствительностью и характеристикой ограничителя максимальных амплитуд модема приема; частотной характеристикой дискриминатора модема приема; собственным уровнем помех и вносимыми модемами искажениями.

Номинальные значения характеристических частот модемов определяются по формулам:

а) для Модемов 50

$$F_A = 330 + 120 n_m;$$

$$F_Z = 270 + 120 n_m;$$

б) для Модемов 100

$$F_A = 300 + 240 n_m;$$

$$F_Z = 180 + 240 n_m;$$

в) для Модемов 200

$$F_A = 240 + 480 n_m;$$

$$F_Z = 0 + 480 n_m.$$

В этих формулах n_m — порядковый номер модема; F_A — верхняя характеристическая частота, Гц; F_Z — нижняя характеристическая частота, Гц.

Допустимое отклонение разности характеристических частот модемов передачи не должно превышать:

а) для Модемов 50 $\pm 0,2$ Гц;

б) для Модемов 100 $\pm 0,4$ Гц;

в) для модемов 200 240 ± 6 Гц.

Средняя частота модема определяется выражением

$$F_0 = \frac{F_A + F_Z}{2},$$

где F_A — верхняя характеристическая частота; F_Z — нижняя характеристическая частота.

Отклонение средней частоты модема передачи от номинального значения не должно превышать:

а) для Модемов 50 $\pm 0,2$ Гц;

б) для Модемов 100 $\pm 0,4$ Гц;

в) для Модемов 200 $\pm 0,8$ Гц.

Разность уровней передачи сигналов характеристических частот на линейном выходе модема передачи должна составлять не более 1,7 дБ для всех видов модемов.

Глубина паразитной амплитудной модуляции на выходе фильтра передачи любого модема при номинальной скорости передачи посылок не должна превышать 20%.

При качественной настройке выходного фильтра модема передачи уровень мешающего сигнала на выходе передатчика модема при передаче первичных сигналов с номинальной скоростью передачи измеряется в полосе рабочих частот соседних КТМ того же группового канала телемеханики и должен быть не менее чем на 40 дБ ниже полусуммы уровней передачи сигналов характеристических частот.

Собственные искажения передатчика модема при передаче на его вход симметричных посылок типа 1:1 должны быть не более значений, указанных в технических условиях на данный вид модема.

Если в технических условиях отсутствуют указанные данные, то максимально допустимые собственные искажения передатчика не должны превышать 2,5%.

Частотно-модулированный сигнал с выхода канала связи, пройдя согласующий трансформатор *ЛСТ*, фильтр приема и усилитель приема, поступает на ограничитель максимальных амплитуд *ОМА*.

Ограничитель обеспечивает постоянство амплитуды приемного сигнала на входе частотного детектора ЧД в условиях изменения напряжения сигнала на входе МПР под воздействием различных факторов.

В ЧД осуществляется преобразование частотно-модулированного сигнала в двухполярный сигнал постоянного тока, который через фильтр низкой части ФНЧ поступает на выходное устройство ВУ. Это устройство обеспечивает формирование первичного сигнала и передачу его на вход приемного устройства телемеханики через соответствующую соединительную линию.

Наиболее сложными и ответственными узлами МПР являются ограничитель максимальных амплитуд и частотный детектор.

Один из вариантов исполнения этих элементов показан на принципиальной схеме, приведенной на рис.37

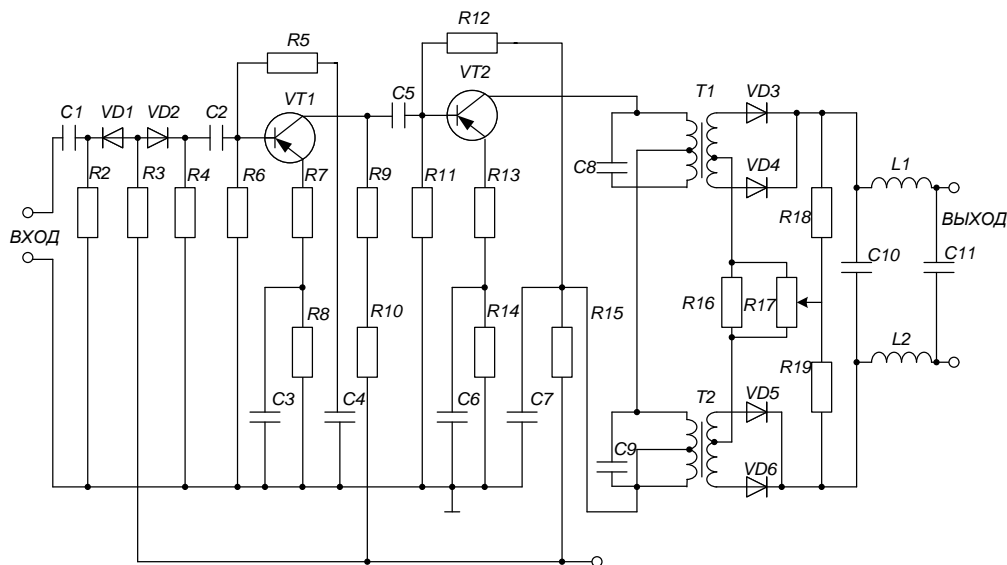


Рис.37 Принципиальная схема ограничителя максимальных амплитуд и частотного детектора

Ограничитель максимальных амплитуд выполнен на диодах $VD1$, $VD2$ и резисторах $R2$, $R3$ и $R4$. Порог ограничения ОМА регулируется изменением сопротивления резистора $R3$, через который на диоды $VD1$ и $VD2$ подается смещение от источника -24 В. Ограничитель максимальных амплитуд является обязательным элементом модемов приема с частотной или фазовой модуляцией, он обеспечивает поступление на вход частотного дискриминатора сигнала постоянной амплитуды даже в условиях значительного изменения уровня приемного сигнала на входе модема или наличия паразитной амплитудной модуляции приемного сигнала вследствие воздействия помех или нестационарных процессов, сопровождающих прохождение модулированного сигнала через полосовые фильтры. Наличие на входе частотного дискриминатора ЧМ колебания постоянной амплитуды позволяет получить на его выходе сигнал, амплитуда которого является функцией изменения частоты ЧМ колебания. Если на входе ЧД это колебание имеет меняющуюся амплитуду, на его выходе получаем сигнал, форма которого будет функцией изменения не только частоты, но и амплитуды ЧМ колебания (т. е. искаженный сигнал).

Частотно-модулированное колебание с выхода усилителя $VT1$, расположенного за ОМА, поступает на вход частотного дискриминатора — транзистора $VT2$ с резонансными контурами в коллекторной цепи. Резонансные контуры выполнены на трансформаторах $T1$ и $T2$, первичные обмотки которых настроены соответственно с помощью конденсаторов $C8$ и $C9$ на частоты, симметрично расположенные относительно средней частоты рабочей полосы данного модема.

Для обеспечения высокой избирательности резонансных контуров соединение их с коллекторной цепью транзистора $VT2$ осуществлено через отвод первичных обмоток трансформаторов. Вторичные обмотки трансформаторов $T1$ и $T2$ соединены со схемами амплитудных детекторов, которые выполнены соответственно на диодах $VD3$, $VD4$ и $VD5$, $VD6$. Выход амплитудных детекторов подан на фильтр низкой частоты ФНЧ, состоящий из катушек индуктивности $L1$, $L2$ и конденсаторов $C10$, $C11$.

Качество рассматриваемого двухконтурного дискриминатора определяется линейностью его частотной характеристики, которая представляет собой зависимость напряжения сигнала постоянного тока на выходе дискриминатора от частоты тонального сигнала, поступающего на его вход при постоянном напряжении этого сигнала.

Качество частотной характеристики дискриминатора оценивается неравномерностью, дБ, определяемой по формуле $\Delta D = 20 \lg \frac{U_{\Delta 1}}{U_{\Delta 2}}$, где $U_{\Delta 1}$ — напряжение на выходе дискриминатора при

данном частотном отклонении и идеальной характеристике дискриминатора; $U_{\Delta 2}$ — напряжение при том же частотном отклонении и реальной частотной характеристике дискриминатора. В соответствии со сказанным ранее нелинейность частотной характеристики в рабочем диапазоне частотных отклонений должна быть не более 1,5 дБ. Таким образом, линейной частью частотной характеристики дискриминатора считается участок характеристики с нелинейностью не более 1,5 дБ. Запасом линейности дискриминатора называют разность частотного интервала линейного участка дискриминатора $\Delta F_{\text{д}}$ и максимального частотного сдвига $\Delta F_{\text{сд}}$ при передаче частотно-модулированного сигнала при условии, что обе эти величины отсчитываются от средней частоты канала:

$$Z_{\text{д}} = \Delta F_{\text{д}} - \Delta F_{\text{сд}}$$

Этот запас зависит не только от конструкции модемов, но и от канала связи, который используется в данной системе телемеханики. Если канал связи работает по системе ОБП без синхронизации частот, запас дискриминатора должен составлять не менее 10 Гц при скоростях передачи до 100 Бод и 20 Гц при скоростях 200—300 Бод. Если имеется система синхронизации, то запас может быть снижен соответственно до 5 и 10 Гц.

На рис.38 приведены характеристики дискриминаторов идеального (прямая 1), реального при малом линейном участке (кривая 2) и реального при неправильной настройке (прямая 3).

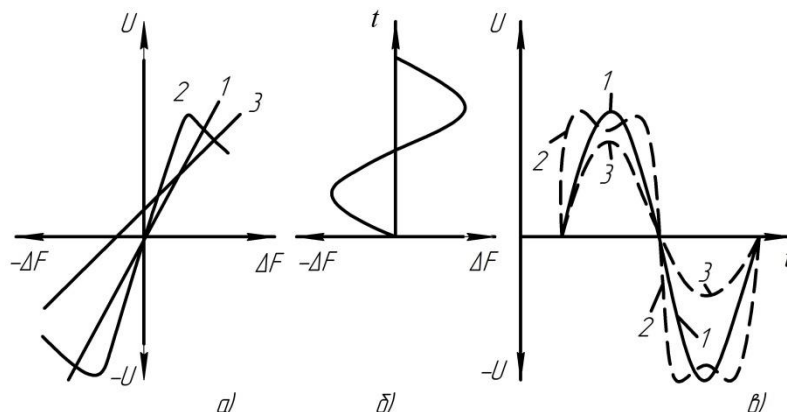


Рис. 38 а) б) в) Частотные характеристики дискриминатора

При воздействии на дискриминатор частотно-модулированного колебания, частота которого изменяется в соответствии с рис.38 б, на выходе детектора получим сигналы, показанные на рис.38 в (1 — сигнал при идеальном дискриминаторе, 2—сигнал при дискриминаторе с малым линейным участком, 3 — сигнал при неправильно настроенном дискриминаторе). Из кривых видно, что неправильно настроенный дискриминатор и дискриминатор с малым линейным участком частотной характеристики обуславливают появление значительных искажений сигнала на выходе детектора модема приема. Анализ кривых на рис. показывает необходимость тщательной настройки дискриминатора, правильного выбора его линейности и определенного соотношения частотного сдвига модулированного колебания и частотной характеристики дискриминатора.

Важным параметром модема приема является чувствительность, которая численно равна уровню сигнала средней рабочей частоты на выходе модема, при котором начинается ограничение амплитуды сигнала на выходе ограничителя амплитуд ОМА. На рис. 39 приведена амплитудная характеристика тракта приема модема, представляющая зависимость напряжения сигнала на выходе ограничителя от уровня сигнала на входе модема.

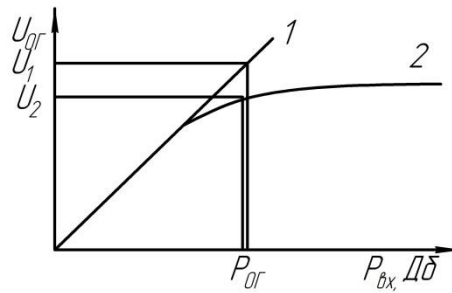


Рис.39 Амплитудная характеристика тракта приема модема

Чувствительность модема приема равна уровню приемного сигнала $P_{ог}$, при котором выполняется условие

$$20 \cdot \lg \frac{U_1}{U_2} = 1,5.$$

где U_1 — напряжение, которое было бы на выходе ограничителя, если бы амплитудная характеристика ограничителя была линейна (прямая 1); U_2 — напряжение на выходе ограничителя с реальной характеристикой (кривая 2).

$$P_{э\text{min}} = 10 \div 20 \cdot \lg(1 - m_n),$$

где m_n — коэффициент паразитной амплитудной модуляции частотно-модулированного сигнала на входе ограничителя максимальных амплитуд.

Наличие в схеме модема приема ограничителя максимальных амплитуд обеспечивает устойчивую работу в условиях изменения затухания канала связи и защищает дискриминатор приемного устройства от воздействия амплитудных помех и паразитной амплитудной модуляции частотно модулированного сигнала.

6.3 . Низкочастотные каналы телемеханики

В электрических распределительных сетях 0,4—10 кВ в отечественной и зарубежной практике широко используются каналы телемеханики, рабочие частоты которых лежат в диапазоне от нескольких до 5—6 кГц.

На рис. приведены упрощенные функциональные схемы подключения низкочастотных модемов телемеханики к проводам трехфазных модемов телемеханики и проводам трехфазных линий электропередачи.

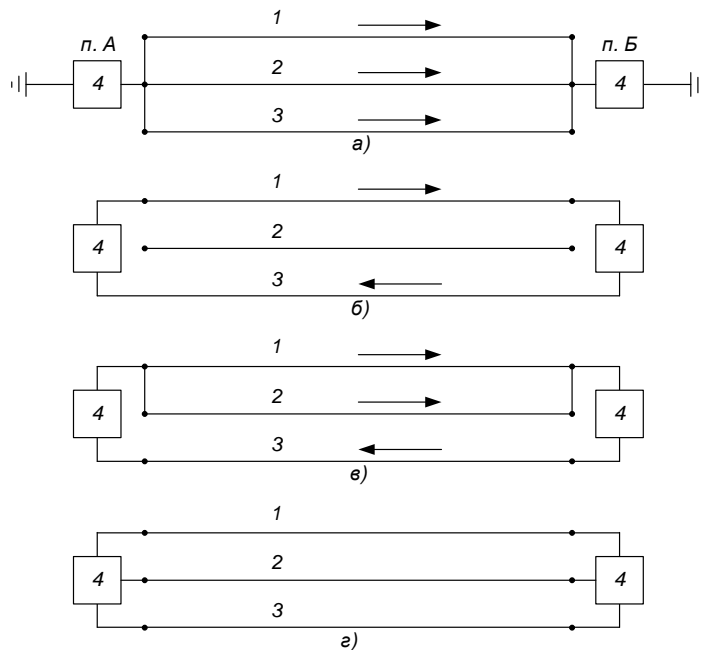


Рис.40 Упрощенные функциональные схемы подключения модемов телемеханики к ВЛ: а - схема «три фазы - земля»; б - схема «фаза - фаза»; в - схема «фаза - две фазы»; г - схема «три фазы»

На рис.40 а модемы 4 подключены на схеме «три фазы — земля», в которой сигнал модема передачи с пункта А на пункт В передается по фазовым проводам (1—3) и возвращается в пункт А по земле.

Подобный канал телемеханики часто называют каналом нулевой последовательности.

Для подключения модемов к каналу нулевой последовательности используют либо силовые трансформаторы с выведенной нейтральной точкой линейных обмоток 0,4—10 кВ (рис.41а) либо измерительные трансформаторы напряжения (рис. 41б).

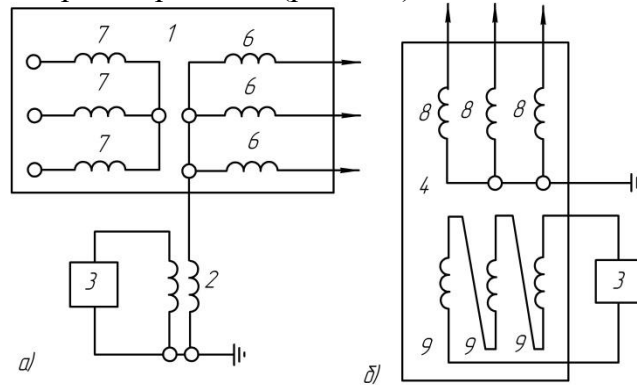


Рис. 41 а) б) Схемы подключения модема к ВЛ по схеме «три фазы — земля»

В первом случае средняя точка линейных обмоток силового трансформатора 1 заземлена через линейную обмотку трансформатора связи 2, а модем телемеханики 3 включен во вторичную обмотку трансформатора связи. При использовании в качестве элемента присоединения трехфазного измерительного трансформатора напряжения, например НТМИ-10 (рис. 41б), модем телемеханики 3 подключают к вторичным обмоткам 9, соединенным в схему разомкнутого треугольника. В схеме на рис. а сигнал с выхода модема 3 через линейную обмотку трансформатора связи 2 поступает на фазные провода ВЛ через среднюю точку линейных обмоток б силового трансформатора 1, соединенных по схеме «звезда». В схеме на рис. 41 б сигнал с выхода модема поступает на вторичные обмотки 9 измерительного трансформатора 4 и трансформируется через линейные обмотки 8 на каждый фазный провод ВЛ.

Приемный сигнал с фазных проводов проходит на вход модема тем же путем, но только в обратной последовательности. На рис. 41б приведена схема подключения модема к ВЛ при междуфазном включении. В этом случае сигнал с пункта А передается на пункт В по одному фазному проводу и возвращается по другому. Модемы пунктов А и В соединены как бы двухпроводной линией, и передача сигнала осуществляется без использования земли. Такая схема подключения называется каналом «фаза — фаза». Третий фазный провод 2 в передаче сигнала не участвует.

В схеме присоединения «две фазы - фаза» передача сигнала осуществляется по тракту, образованному фазой 3 и двумя фазами (1 и 2), соединенными между собой в пунктах А и В.

При реализации схем используют различные устройства присоединения на пунктах управления (ПУ) и контролируемых пунктах (КП). Пункт управления располагается на подстанции 110/10 или 35/10 кВ, питающей распределительную сеть 10 кВ, поэтому целесообразна установка в нем многообъектного устройства телемеханики, имеющего связь с КП, расположенными на всех линиях, отходящих от данной подстанции.

На рис.41 показан силовой трансформатор 1, шины 10 кВ (2) и отходящие от шин линии 10. Передающий модем телемеханики б подключают к шинам 10 кВ через трансформатор связи 5 и резонансные контуры, образованные из конденсаторов связи 3 и катушек индуктивности 4. Включение резонансных контуров рассчитано на работу по схеме «фаза — фаза». Рабочими фазами являются фазы А и С. Контур, подключенный к фазе В, является вспомогательным, компенсирующим возможную асимметрию схемы. Контуры настроены на частоту рабочего сигнала. Рабочий сигнал модема передачи б через трансформатор связи 5 и резонансные контуры поступает на шины Л и С и распространяется по фазным проводам А и С всех линий, подключенных к шинам 10 кВ данной подстанции.

Подключение к линии приемного модема осуществляют через два измерительных трансформатора тока (7), включенных в фазы *A* и *C* соответствующей линии 10 кВ. Приемный сигнал с выходных обмоток трансформаторов тока 7 поступает на вход приемного модема 9 через трансформатор связи 8. Для осуществления приема телеинформации с каждой линии, отходящей от шин подстанции, на соответствующих фазных проводах указанных линий устанавливаются свои трансформаторы тока и трансформаторы связи. Выходы всех трансформаторов связи подключены к соответствующим выходам общего модема приема. Устройства телемеханики, используемые в данных каналах, предусматривают временное разделение информационного обмена между ПУ и каждым КП.

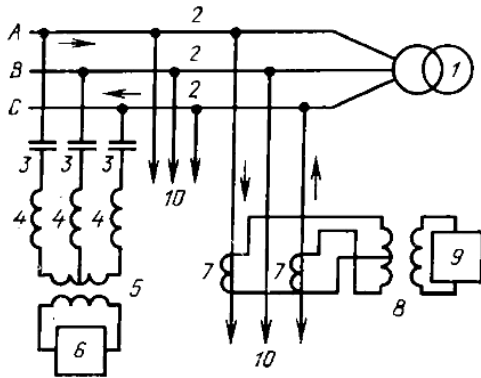


Рис.41 а Схема подключения модема к ВЛ по схеме «фаза — фаза»

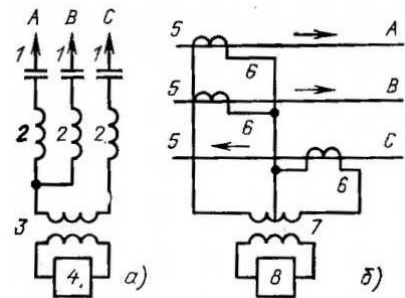


Рис. 41б Схема подключения модема к ВЛ по схеме «две фазы - фаза»

Схема присоединения модема передачи (рис.41 а) отличается от предыдущей схемы только подключением резонансных контуров (1, 2) к линейной обмотке трансформатора 3, а схема присоединения модема приема к ВЛ (рис. 41 б) отличается наличием третьего трансформатора тока 6. Сигнал с выхода модема передачи 4 поступает через трансформатор связи 3 на систему резонансных контуров, образованных конденсаторами и катушками индуктивности 2. Все контуры настроены на рабочую частоту модема передачи. Выбранная схема подключения резонансных контуров к линейным зажимам трансформатора связи 3 обеспечивает передачу сигнала по системе «две фазы (*A* и *B*) — фаза *C*». Для приема сигнала по системе используются три трансформатора тока 6, каждый из которых подключен к своему фазному проводу 5 рассматриваемой линии.

Вторичные обмотки трансформаторов тока соединены с линейной обмоткой трансформатора связи 7 таким образом, что на вход модема приема 8 поступает сигнал, напряжение которого определяется суммой напряжений сигналов трех трансформаторов тока.

На контролируемых пунктах чаще всего применяется схема подключения модема со стороны обмоток низшего напряжения силового трансформатора 10/0,4 или 6/0,4 кВ. Применительно к варианту использования линейного тракта «фаза — фаза» функциональная схема подключения модема приемопередатчика на КП приведена на рис. 42.

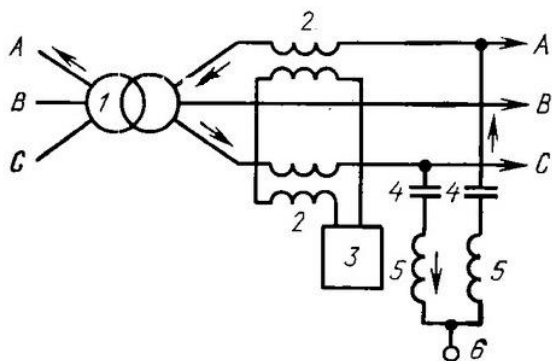


Рис. 42 Схема подключения модема на КП по схеме «фаза- фаза»

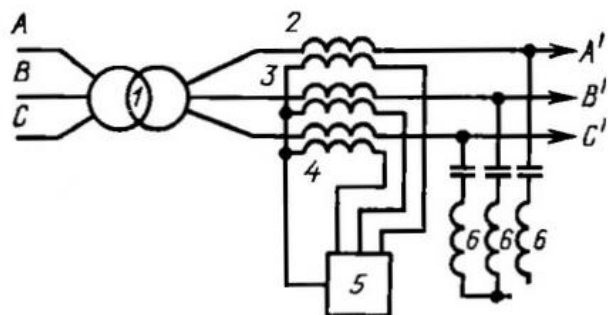


Рис.42 Схема подключения модема на КП по схеме «три фазы»

В фазные провода *A* и *C* обмоток низшего напряжения силового трансформатора 10/0,4 кВ (1) включены линейные обмотки двух трансформаторов связи (2). Вторичные обмотки этих трансформаторов включены последовательно и присоединены к выходным зажимам модема приема-передачи 3. Для исключения влияния нагрузки трансформатора 1 на качество передачи информации предусмотрены резонансные контуры (4, 5), включенные между собой последовательно и присоединенные соответственно к фазам *A* и *C*. Оба контура настроены на рабочую частоту модема, и сопротивление их на этой частоте составляет несколько ом. Наличие контуров обеспечивает не только стабильность параметров устройства подключения в условиях изменения силовой нагрузки трансформатора 1, но и защиту канала передачи информации от проникновения в него помех со стороны потребителя электроэнергии, подключенного к сети 0,4 кВ. В тех случаях, когда в трансформаторе имеется вывод нулевой точки обмоток низшего напряжения, эту точку соединяют с зажимом б резонансных контуров. Передача сигнала от модема 3 через обмотки трансформаторов связи 2 возбуждает в фазных проводах *A* и *C* и соответствующих обмотках трансформатора 1 ток, частота которого соответствует частоте рабочего сигнала модема. Этот ток замыкается по цепи, составленной из последовательно включенных обмоток *A* и *C* трансформатора 1, линейных контуров. В трансформаторе 1 этот ток трансформируется в ток, протекающий по фазным проводам ВЛ 10 кВ.

При приеме информации на КП сигнал телемеханики с фазных проводов ВЛ 10 кВ поступает на вход модема 3, претерпевая те же самые преобразования, что и при передаче, но в обратной последовательности.

В зарубежной практике нашли применение каналы телемеханики, включенные по схеме «три фазы». В этой схеме сигнал распространяется по всем трем фазам ВЛ 10 кВ подобно току промышленной частоты, причем токи сигнала телемеханики в различных фазных проводах сдвинуты относительно друг друга по фазе на 120°. Для обеспечения этого требования применяются специальные модемы телемеханики 5, имеющие три пары линейных зажимов. Подключение выполняется со стороны сети 0,4 кВ (*A'*, *B'*, *C'*) с помощью трехфазного трансформатора связи, линейные обмотки которого (2, 3 и 4) включены соответственно в проводе вторичных обмоток силового трансформатора 10/0,4 кВ (1).

Резонансные контуры б, настроенные на частоту рабочего сигнала модема 5, обеспечивают стабильную работу канала телемеханики в условиях меняющейся нагрузки сети 0,4 кВ и уменьшают воздействие помех, возникающих в нагрузке, на качество передачи сигнала телемеханики.

В зависимости от конкретного исполнения устройств системы телемеханики по проводам ВЛ 10 кВ подразделяются на системы телесигнализации (СТС), системы телеуправления (СТУ), системы телеуправления — телесигнализации (СТУ — ТС) и системы СТУ — ТС — ТИ, обеспечивающие организацию полного телеинформационного комплекса. В зависимости от схемы используемых модемов каналы телемеханики могут быть симплексными, дуплексными и полудуплексными. Симплексные каналы используются в СТС и СТУ, дуплексные каналы, в которых передача и прием информации осуществляются на разных рабочих частотах, используются в СТУ — ТС и СТУ — ТС — ТИ. Полудуплексные каналы телемеханики предусматривают передачу телемеханической информации с ПУ на КП и в обратном направлении на одной и той же частоте рабочего сигнала. В этом случае применяется временное разделение направлений передачи информации. Каналы телемеханики в сетях 0,4—10 кВ выполняются, как правило, с использованием модемов ТМ — АМ при передаче в линию несущей и двух боковых полос частотного спектра модулированного сигнала (АМ — ДБП). В некоторых типах модемов используется принцип фазовой модуляции несущего сигнала (ТМ — ФМ), однако широкого применения эти модемы в настоящее время еще не получили.

При передаче информации по ВЛ 0,4—10 кВ на тональных частотах приходится считаться с наличием селективных помех, обусловленных гармоническими составляющими тока промышленной частоты. Источниками этих помех являются нелинейность трансформаторов 10/0,4 кВ, а также нелинейные нагрузки (дуговые печи, преобразователи тока, тиристорные регуляторы, телевизоры и т. д.) потребителей. Амплитуды напряжения помех имеют ярко выраженную

частотную зависимость. Наибольшие амплитуды в диапазоне частот от 100 до 1000 Гц имеют помехи, по частоте соответствующие нечетным гармоникам тока промышленной частоты. Напряжение четных гармоник промышленного тока в этом же диапазоне частот обычно в 5—10 раз меньше амплитуды напряжения рядом расположенной нечетной гармоники. Рабочие частоты каналов телемеханики при работе в диапазоне частот от 100 до 3000 Гц расположены между частотами гармонических помех промышленного тока, и для защиты от воздействия этих помех в приемных модемах применяют узкополосные фильтры с полосой пропускания 10—15 Гц. Для увеличения избирательности фильтра по частоте нечетной гармоники промышленного тока среднюю частоту полосы пропускания фильтра сдвигают в сторону частоты четной гармоники.

При оценке качества линейного тракта канала телемеханики по распределительным электрическим сетям 0,4—10 кВ часто используют понятие коэффициента передачи K .

Различают коэффициент передачи по напряжению K_u/i , коэффициент передачи по току K_i/i , коэффициент передачи по напряжению и току K_u/i , и коэффициент передачи по току и напряжению K_i/U

Линейный тракт по распределительным сетям 0,4—10 кВ может быть представлен в виде последовательного включения четырехполюсников, являющихся эквивалентами линии электропередачи, силового трансформатора, измерительного трансформатора, компенсирующих конденсаторов и т. д. Коэффициент передачи сигнала в столь сложной схеме определяется как произведение коэффициентов передачи элементов, составляющих линейный тракт.

Канал нулевой последовательности (КНП) («три фазы — земля») оценивается коэффициентом передачи по назначению. КНП используется в электрических сетях с изолированной нейтралью при подключении модемов передачи и приема к ВЛ через трансформаторы. Передача информации осуществляется в тональном и подтональном диапазонах частот. Преимуществами данного вида канала телемеханики являются простота присоединения к ВЛ, небольшая мощность модемов передачи (<4 Вт), обусловленная тем, что в КНП передаваемый информационный сигнал не шунтируется элементами оборудования высокого напряжения. Недостатком КНП является малая помехозащищенность в условиях возникновения замыкания фазы ВЛ на землю. Указанный недостаток значительно ограничивает область применения КНП. Наибольшее распространение получили системы телемеханики, использующие линейные тракты «фаза — фаза» или «фаза — две фазы». Для оценки этих трактов в зависимости от конкретного выполнения устройств присоединения используются коэффициенты передачи по току или смешанные коэффициенты передачи (напряжение — ток, ток — напряжение). Преимуществом систем передачи телеинформации по фазным проводам без использования земли является повышенная помехозащищенность в условиях замыкания ВЛ на землю. Недостатками этих систем являются сравнительно сложное исполнение устройств присоединения и необходимость использования модемов передачи большой мощности (300—1000 Вт). На базе рассматриваемых линейных трактов в энергосистемах выполнены системы телесигнализации, телеуправления и циркулярного телеуправления (ЦТУ). Циркулярное телеуправление предусматривает управление энергообъектами, расположенными в глубине электрической сети, со стороны центрального пункта управления не только в нормальных, но и в аварийных ситуациях. К ЦТУ предъявляются повышенные требования надежности выполнения команд. Для работы ЦТУ используется симплексный канал, связывающий передатчик ЦТУ, расположенный в ПУ, с приемниками ЦТУ, расположенными в любой точке управляемой электрической сети. Приемник ЦТУ выполняется с учетом исполнения двух-трех команд телеуправления, связанных с коммутацией оборудования низкого напряжения, расположенного в пункте его установки. Повышение надежности ЦТУ обеспечивается применением высокоизбирательных фильтров в устройствах приема и увеличением мощности управляющего сигнала. В зарубежной практике используются ЦТУ, мощность управляющего сигнала которых на выходе передатчика составляет 0,4—0,5% мощности управляемой сети

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

Лабораторные занятия проводятся с целью закрепления знаний, полученных при изучении теоретического курса.

Тематика лабораторных занятий

№ п. п.	Наименование темы	Кол-во акад. часов
1.	Инструктаж по Тб. Изучение правил работы в лабораториях Д и ТУ. Знакомство с лабораториями	4
2.	Спектры сигналов. Способы модуляции несущих процессов.	4
3.	Способы кодирования информации.	4
4.	Вторичные измерительные преобразователи.	4
5.	Способы подключения ИП в действующих электроустановках.	4
6.	Электрический расчет и выбор частот каналов связи на ПК.	4
7.	Изучение устройства и работы диспетчерского пульта.	4
8.	Изучение диспетчерского мнемонического щита отображения информации. Современные устройства телемеханики.	4
9.	Решение вопросов диспетчерского управления на тренажере «Советчик диспетчера» Анализ и устранение аварийных ситуаций на тренажере диспетчера.	4

Цель проведения лабораторных занятий - научить студентов выбирать, проектировать и применять современные технические средства диспетчерского и технологического управления; уметь решать с их помощью задачи оперативно-диспетчерской деятельности.

Критерии достижения результатов обучения, по лабораторным работам

Подготовка к лабораторной работе выполняется студентом самостоятельно во внеаудиторное время в рамках обязательных часов, выделенных на самостоятельную работу по дисциплине.

Преподаватель проверяет подготовленную часть работы и допускает студента к выполнению лабораторной работы на лабораторном оборудовании.

На следующие аудиторные занятия студент приходит с подготовленной лабораторной работой. Преподаватель проверяет выполнение работы, и студент получает допуск к защите лабораторной работы.

Защита представляет собой ответы на вопросы преподавателя по теме работы. В процессе защиты лабораторной работы студент должен продемонстрировать следующие качества знаний: осознанность, прочность, полноту, глубину.

Студент должен ПОНИМАТЬ содержание выполненной работы (ЗНАТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОНЯТИЙ, УМЕТЬ РАЗЪЯСНИТЬ ЗНАЧЕНИЕ И СМЫСЛ ЛЮБОГО ТЕРМИНА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В РАБОТЕ И Т.П.).

Все виды работы: результаты анализа, сопоставления, самоопределения, выводы и т.п. записываются аккуратно, с выделением номера задания, отдельными абзацами. **Никакие сокращения слов в текстах лабораторных работ не допускаются!**

После защиты результаты работы **подписываются** преподавателем («зачтено», количество баллов, подпись преподавателя, дата сдачи). Не подписанная преподавателем работа не считается защищенной.

В журнале учета успеваемости студентов выставляется балл за выполненную работу (от 3 до 5,0 баллов в зависимости от качества выполненной работы). **Суммарная максимальная оценка за все выполненные в срок лабораторные работы (без учета бонуса) – 30 баллов.**

Работа, оцененная менее, чем 3 баллами, НЕ МОЖЕТ БЫТЬ «ЗАЧТЕНА» и передается. В случае пропуска занятий или не допуска к защите, проверка и защита лабораторной работы осуществляется во время, определяемое преподавателем. **В часы занятий по расписанию проверяется и защищается только та работа, тема которой предусмотрена**

календарным планом. Студент, защитивший работу, продолжает в аудитории готовиться к выполнению следующей работы. **ПОСЛЕДНИЙ СРОК СДАЧИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ – ПОСЛЕДНИЙ ДЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В СЕМЕСТРЕ В КАЖДОЙ ПОДГРУППЕ.**

Критерии оценки лабораторных работ:

Балл	Критерии оценки (содержательная характеристика)
«1»	Работа выполнена полностью. Студент практически не владеет теоретическим материалом, допуская грубые ошибки, испытывает затруднения в формулировке собственных суждений, неспособен ответить на дополнительные вопросы.
«2»	Работа выполнена полностью. Студент не владеет теоретическим материалом, допуская ошибки по существу рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных и аргументированных суждений, допускает ошибки при ответе на дополнительные вопросы.
«3»	Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом на минимально допустимом уровне, отсутствуют ошибки при описании теории, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных и аргументированных суждений, допуская незначительные ошибки на дополнительные вопросы.
«4»	Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, аргументированные суждения, допуская незначительные ошибки на дополнительные вопросы.
«5»	Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, аргументированные суждения, представляет полные и развернутые ответы на дополнительные вопросы.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ:

Оценка выполненных лабораторных работ осуществляется в рамках рейтинговой системы (5,0 баллов) по следующим показателям:

- владение теоретическим материалом по рассматриваемым вопросам;
- работа с различными источниками технической литературы;
- наличие собственных оценочных, аргументированных, развернутых ответов;
- ответы на дополнительные вопросы.

ШКАЛА ПЕРЕВОДА БАЛЛОВ В ОЦЕНКИ ЗА ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Баллы	Оценка
50 – 100	зачет
0 – 50	незачет

Вид работы	Коэффициент важности	Критерии	Количество баллов	Общая сумма баллов
Выполнение и защита лабораторных работ	1,0	Соответствие требованиям (см. ниже)	5,0 максимально за каждую работу. Итого: $5,0 \times 5 = 25 + 5 = 30$ <i>5 баллов выставляется как бонус за своевременную сдачу всех работ в рамках учебных занятий</i>	30

2.1. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Перед эксплуатацией лабораторного стола проверить присоединение его к контуру заземления лаборатории, в соответствии с требованиями ПУЭ п. п 1.7.76, 1.7.93, 1.7.94.

2. Перед началом работы проверяется состояние лабораторного стенда и используемых измерительных приборов. Студент должен: осмотреть электрический провода, находящиеся в комплекте стенда, питающие кабели, пусковые кнопки и др. устройства, электроизмерительные приборы, защитные средства, убедиться в наличии заземления, в отсутствии оголенных проводов, не закрытых клеммных коробок, соединений.

3. Во время работы студент обязан регулярно производить осмотр обслуживаемого им оборудования, рабочего места. При выявлении неполадок немедленно известить об этом преподавателя.

4. Выполнение работ на лабораторном стенде производить в соответствии с порядком выполнения лабораторной работы согласно методическим указаниям к выполнению лабораторных работ.

5. Выполнение необходимых изменений в лабораторном стенде (сборка электрической схемы эксперимента) производить на отключенном стенде.

Занятия по лабораторным работам осуществляются в группе студентов, не превышающей восьми человек. Во-вторых, для ведения занятий назначается два человека: преподаватель, имеющий как минимум III квалификационную группу по ТБ.

Перед началом лабораторных занятий все студенты проходят вводный инструктаж по ТБ, а перед проведением конкретной лабораторной работы – инструктаж по правилам безопасности проведения опытов на данной установке. После этого каждый студент расписывается в журнале, что он прошел инструктаж, а преподаватель расписывается в том, что он провел инструктаж.

Правила техники безопасности в лаборатории

Настоящие правила распространяются на преподавателей, инженерно-технических работников и студентов, проводящих и выполняющих лабораторные работы в лаборатории. Требования настоящих правил являются обязательными и отступление от них не допускаются.

Запрещается выполнение распоряжений противоречащих требованиям настоящих правил.

Каждый работающий в лаборатории, если он сам не может принять меры по устранению нарушения правил, обязан немедленно сообщить вышестоящему начальству о всех замеченных им нарушениях правил, представляющих опасность для жизни людей.

При несчастных случаях с людьми снятие напряжений для освобождения пострадавшего от воздействия электрического тока должно быть произведено без предварительного разрешения.

Лица, не имеющие непосредственного отношения к кафедре энергетики или к выполнению лабораторных работ, допускаются в лабораторию с разрешения декана (заместителя декана) или заведующего кафедрой энергетики под надзором инженера или преподавателя.

Выполнение лабораторных работ в лаборатории осуществляется группой студентов в количестве не более 8 человек под руководством инженера или преподавателя. Инженер должен иметь группу по электробезопасности не ниже 4, преподаватель не ниже 3, студенты не ниже 2.

Группа, прибывшая для выполнения лабораторных работ разбивается на две-три подгруппы (бригады), где студенты являются членами бригады. Каждую бригаду возглавляет преподаватель или инженер, которые являются производителями работ.

Производитель работ отвечает:

- за соответствие рабочего места методическим указаниям;
- за четкость и полноту инструктажа членов бригады (студентов);
- за наличие, исправность и правильное приспособлений;
- за безопасное проведение лабораторной работы и соблюдение настоящих Правил ТБ;
- осуществляет постоянный надзор за членами бригады.

Каждый член бригады обязан соблюдать настоящие Правила ТБ и инструктивные указания, полученные при допуске к работе и во время работы, а также требования методических указаний по выполнению лабораторных работ и местных инструкций по охране труда.

Лица, нарушившие правила настоящие Правила ТБ, отстраняются от выполнения лабораторной работы и удаляются из аудитории.

Перед началом выполнения лабораторных работ:

Преподавателем назначается старший в бригаде и производится распределение обязанностей, т.е. определяется, кто включает и выключает установку, кто следит за показаниями приборов и производит отсчет, кто делает записи результатов.

Перераспределение обязанностей во время проведения лабораторной работы не допускается.

Члены бригады:

а) изучают методические указания по выполнению лабораторной работы, знакомятся с установкой, ее схемой, приборами, расположением оборудования.

б) изучают особые правила техники безопасности при выполнении данной работы.

в) получают инструктаж от преподавателя или инженера по безопасному выполнению лабораторной работы и использованию оборудования, приборов и приспособлений.

г) сдают зачеты по знанию настоящих Правил ТБ, а также схем и методических указаний по выполнению лабораторной работы.

д) заготавливают черновик работы, куда зарисовывают схему установки, составляют таблицы для записей и результатов.

Во время выполнения лабораторной работы:

- категорически запрещается:

1) Прикасаться руками к приборам.

2) Без разрешения преподавателя или инженера:

а) включать и отключать приборы;

б) переключать тумблеры и переключатели на приборах;

в) переходить на другое рабочее место;

г) громко разговаривать, кричать, перераспределять обязанности.

- все переключения в схемах установок производятся только после проверки схемы преподавателем или инженером и после их разрешения.

- с момента включения испытываемое оборудование и соединительные провода, считаются находящимися под напряжением, проводить какие-либо изменения в схеме или на испытываемом оборудовании, прикасаться к корпусу установки категорически запрещается.

- после выполнения испытаний или измерений необходимо:

1. отключить источник;

2. сообщить об этом бригаде и только после выполнения этих операций можно производить переключения, т.е. присоединить провода или отсоединить их от установки.

После окончания лабораторной работы:

- отключить установку от сети;

- при необходимости разобрать схему испытаний или измерений;

- навести порядок на рабочих местах.

2.2 ОПЕРАТИВНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС (ОИК)

Назначение комплекса.

Комплекс телемеханики предназначен для передачи на диспетчерский пункт телесигнализации (ТС) о положении объектов с силовых ячеек 10 и 0.4 кВ, а так же для выдачи команд телеуправления (ТУ) электроприводами указанных ячеек непосредственно с пункта управления.

Комплекс позволяет выводить информацию ретроспективы ТС с фиксацией по дате и времени.

Ретроспектива ТУ позволяет контролировать действия диспетчера.

Состав комплекса и назначение устройств.

Контролируемый пункт включает в себя следующие устройства:

- Передатчик УТС-8. Предназначен для приема информации с силовых ячеек о положении электроприводов (включен или отключен), преобразования сигналов в последовательный цифровой код с разделением по времени и передачи его на приемник УТС-8.

- Контролируемый пункт (КП) ТМ-800В. Он выполняет те же функции, что и передатчик УТС-8, за исключением того, что цифровой сигнал передается на пункт управления (ПУ) "КОМПАС ТМ 1.1". Кроме того он предназначен для приема цифрового сигнала с ПУ, преобразования его в команду ТУ и выдачи её на блок реле повторителей (БРП).

- Блок реле повторителей. Предназначен для приема управляющего напряжения с КП ТМ-800В, усиления его по току и выдачи непосредственно на исполнительный механизм силовой ячейки.

Диспетчерский пункт включает в себя:

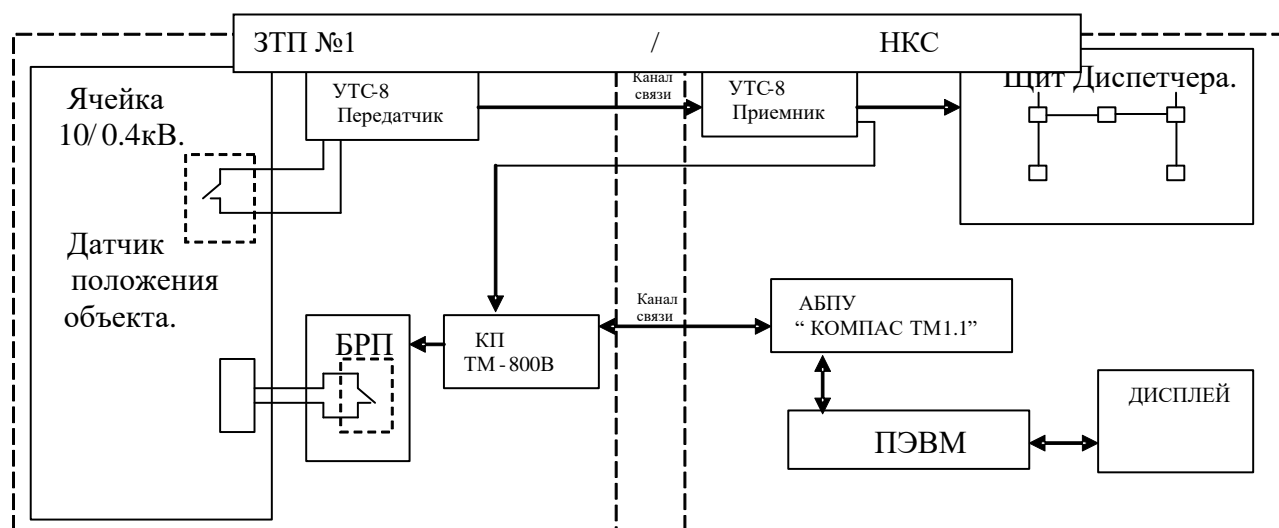
- Световой щит диспетчера тёмного типа. Предназначен для визуального контроля на мнемосхеме положения объектов силовых ячеек.

- Приёмник УТС-8. Предназначен для приема цифрового сигнала с передатчика УТС-8 и преобразования его в сигналы индикации на диспетчерский щит.

- Пункт управления АБПУ "КОМПАС ТМ 1.1". Предназначен для приёма цифрового сигнала с КП ТМ 800-В, обработки его и выдачи информации на ПЭВМ, а так же для приёма команд ТУ с ПЭВМ и передачи их на КП ТМ-800В.

- ПЭВМ. Предназначена для приёма информации ТС и вывода её на экран монитора в удобном для диспетчера виде, а так же для выдачи команд ТУ на АБПУ "КОМПАС ТМ 1.1".

Структурная схема комплекса телемеханики.



Порядок включения комплекса в работу.

- Включить кнопки **“ВКЛ”** на двух приемниках и передатчиках УТС-8.

- На передатчиках и приемниках должны мигающим светом загораться лампочки “ЛК”, что говорит о нормальной работе устройств УТС-8.
- На приемниках УТС-8 не должны гореть лампочки “ПУ”, т.е. повреждение устройства отсутствует.
- Проверить отжатое положение кнопок “РЕЖИМ” на передатчиках и отжатое положение кнопок “РОД РАБ. СБРОС” на приемниках.
- Включить в сеть питание щита диспетчера и привести в соответствие положения ключей щита соответствии положения объектов силовых ячеек.
- Включить два тумблера “СЕТЬ” на блоках питания КП ТМ-800В.
- Подождать 5 секунд и проверить индицирование ровным светом двух светодиодов “1” и “2” на submodule КОНЦ-3 АБПУ “КОМАС ТМ-1.1”.
- Включить ПЭВМ.
- После ввода программы стрелками “вниз”, “вверх” выбрать табличку и нажать “Enter”.
- После вывода на монитор мнемосхемы, комплекс готов к выполнению работы в графическом режиме.

Описание программы Оперативно-Информационного Комплекса (ОИК)

Комплект программно-аппаратных средств телемеханики Компас ТМ 1.1

1. Режим “Управление”. Функционирование программы включает следующие основные этапы:

- Загрузка в рабочую область оперативной памяти данных ПЭВМ из служебных файлов конфигурации;
- Прием пароля оператора;
- Циклическая регистрация текущей телеинформации в дисковых журналах с заданной индивидуально (по группам сигналов) периодичностью;
- Вывод по команде оператора на экран, принтер или файл содержимого дисковых журналов по заданным формам с возможностью фильтрации записей по всем полям;
- Оперативное представление диспетчеру информации о техническом состоянии каналов и устройств комплекса.

2. Запуск программы

Отображение информации программой предусматривает в двух режимах: табличном и графическом. Переход из текстового режима в графический осуществляется по клавише F5 (переход на преопределенную мнемосхему), F9 (переход через меню сборных мнемосхем) или F6 (переход на общую структурную мнемосхему). Если программа не обнаруживает требуемой мнемосхемы при переходе из табличного в графический режим, она выводит сообщение “Отсутствует мнемосхема или файл описания”.

Переход в общую структурную мнемосхему из любого окна осуществляется по клавише F6. В служебном поле экрана общей мнемосхемы отображается текущая дата и время. Выбор УКП осуществляется “мышью” или стрелками клавиатуры и клавишей Enter.

На общей мнемосхеме в темпе обслуживания УКП динамически активизируются:

- Поля аварийной индикации УГО УКП, по которым зарегистрировано пропадание останова или восстановление связи с УПУ;
- Поля аварийной индикации УГО УКП, по которым зарегистрировано изменение состояния ТС;
- Поля аварийной индикации УГО УКП, по которым зарегистрированы выходы значений ТИТ за установку доступного контроля;
- Поля индикации сеанса связи с УКП.

Аварийная сигнализация сопровождается звуковой сигнализацией и отображается цветом соответствующих полей индикации до квитирования этой сигнализации оператором.

Оператор имеет возможность в процессе работы в табличном режиме оперативно изменять параметры конфигурации комплекса, в числе которых: периоды циклической активизации телекоманд, уровень их приоритета, периоды регистрации телеинформации по группам в дисковых

диспетчерских журналах, уставки допускового контроля ТИТ, время повторного обращения к не ответившему УКП, останавливать или активизировать обслуживание направления, УКП, функции, сигнала.

В случае аварийных ситуаций: изменение состояния ТС, выход значений ТИТ за уставки допускового контроля и отсутствие ответа от УКП, сигнализация производится (немедленно по мере получения сигнала УПУ) на экране монитора специальном окне.

Отображение красных окон сопровождается звуковым сигналом, который периодически выдается в течение своего времени нахождения аварийного окна на экране. Нажатием клавиши “ALT-S” можно производить включение и отключение звуковой сигнализации. Нажатие клавиши “ALT-Z” можно квитировать звуковую сигнализацию до следующей аварийной ситуации.

Имеется возможность просмотреть перечень назначений клавиш. Для этого необходимо в окне направление нажать “Alt-F1”.

3. Телеуправление в табличном режиме

Для выдачи команды ТУ необходимо:

- При помощи стрелок клавиатуры или “мыши” выбрать нужный объект Номер _ направление->адрес _УКП ->функции ТУ->объект ТУ

- Нажать клавишу Enter. Программа откроет командное окно с двумя командами: “Включить” и “Отключить”. Назначение столбцов в этом окне следующее:

В графе “Посылка” – синим прямоугольником подтверждается факт отправки УПУ команды ТУ и адрес УКП;

В графе “Квитанция” – зеленым прямоугольником подтверждается получение квитанции от УКП на исполнение этой команды ТУ;

В графе “Подтверж. ТС” – розовым прямоугольником отображается состояние подтверждающего ТС объекта телеуправления.

После выбора команды “Включить” или “Отключить” в командном окне ТУ программа откроет окно ввода пароля оператора. После ввода пароля осуществляется сравнение его с текущим зарегистрированным и только при совпадении команда будет отправлена. При несовпадении пароля выдается предупредительное сообщение “Неверный пароль” и команда ТУ не исполняется.

Неполучение квитанции от УКП на команду ТУ индицируются отсутствием зеленой метки, а получение квитанции с ошибкой приема - мигающей меткой в графе “Квитанция” командного окна ТУ.

4. Телесигнализация, телеизмерения и телеуправление в графическом режиме.

При отображение структурной схемы на экран выводится обобщенная информация по всем обслуживаемым УКП. Каждому условному графическому обозначению УКП соответствуют индикаторы аварийных измерений ТС, аварийного выхода значений ТИТ за уставки допускового контроля и индикатор сеанса связи. Первые два события сопровождаются мерцанием индикаторов УГО и звуковым сигналом ПЭВМ. Индикатор УГО не ответившего или приостановленного УКП подсвечивается заданным цветом. Выбор УКП осуществляется при помощи клавиатуры или “мыши”.

В графическом режиме информация по УКП может быть представлена в виде функциональной мнемосхемы одного или нескольких УКП. Выход в табличный режим – по клавише F5.

Для перехода от одного УКП к другому в пределах одного направления следует вызвать меню УКП: нажать клавишу F7. Прокрутка свитка меню производится стрелками “Вверх” и “Вниз”. УКП, на которые в системе установлены мнемосхемы, отмечаются в списке УКП графического режима символом “>”.

Программа в графическом режиме при наличии изменений по ТС, нарушение допускового контроля по каналам ТИТ, при наличии событий по связи с КП или БУЩ в правом верхнем углу экрана выводит красный круг, который служит предупреждением диспетчеру о наличии не квитированных событий. Квитирование в окне событий может осуществляться двумя способами. При помощи клавиши F1 квитировуются все события, клавишей ‘Пробел’ квитировуется событие, на

котором установлен маркер окна событий. Квитирование звуковой сигнализации до следующего аварийного события производится набором клавиш “Alt-Z”.

5. Телеуправление производится в следующем порядке:

- Выберите УГО объекта телеуправления при помощи стрелок клавиатуры или указателя “мыши”. Если УГО блинкит по изменению состояние ТС – сквитировать его нажатием клавиши Enter, либо левой клавишей “мыши”;
- Нажать клавишу Enter или левую клавишу “мыши”. В нижней части экрана выводится синие окно с двумя полями для выбора: “ВКЛ” или “ОТКЛ”. Подчеркнутое поле отражает последнюю выполненную команду по данному объекту;
- При помощи стрелок клавиатуры или “мыши” навести указатель на нужное поле и нажать Enter или левую клавишу “мыши”. Программа выводит розовое окно приглашения для пароля оператора;
- По приглашению ввести на клавиатуре личный пароль оператора и нажать клавишу Enter.
- Для сброса цвета результата выполнения команды ТУ и перехода на контроль состояния подтверждающего ТС при не изменении нужно набрать УГО контролируемого объекта при помощи “мыши” и нажать правую клавишу.

6. Ретроспективы, ведомости, просмотр дисковых журналов.

Под ведением ретроспективы и ведомости в КОМПАС ТМ 1.1 понимают запись с указанным периодом файлов значений измерений с формированием части пути имени файла в DBF. Различие между ретроспективой и ведомостью условна и определяется двумя моментами:

- Предполагается, что ретроспектива ведется с минимально возможным периодом, но в течение ограниченного времени (сутки). Ведомость ведется с достаточно большим периодом, но и в течение очень большого периода времени (годами).

- Для ведомости реализован режим дозаписи. При наличие указаний программа дописывает в последнюю базу данных значение тех измерений

При ведение ретроспективы и ведомости часть пути и имя файла базы данных являются формируемыми параметрами в соответствии с конфигурационными указаниями и текущем времени. Для этого зарезервировано шесть символов:

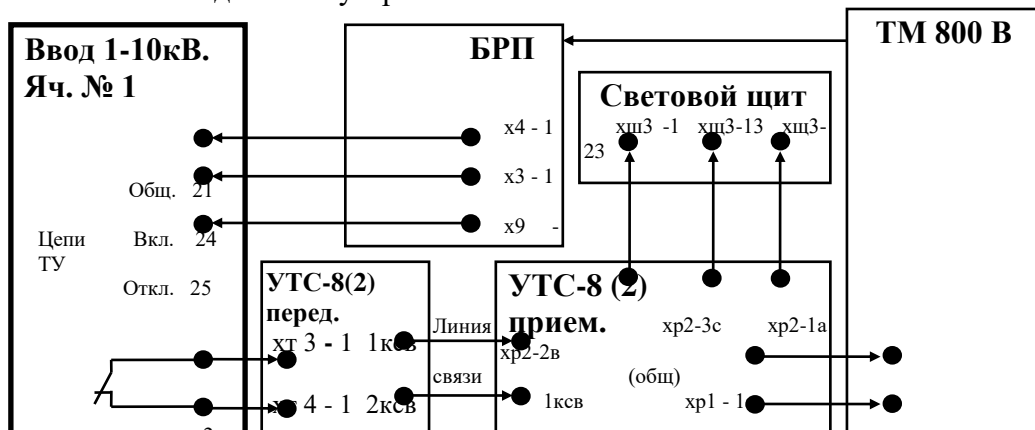
“Y”- год, “M”- месяц, “D”- день, “H”-час, “T”- минута, “S”- секунда.

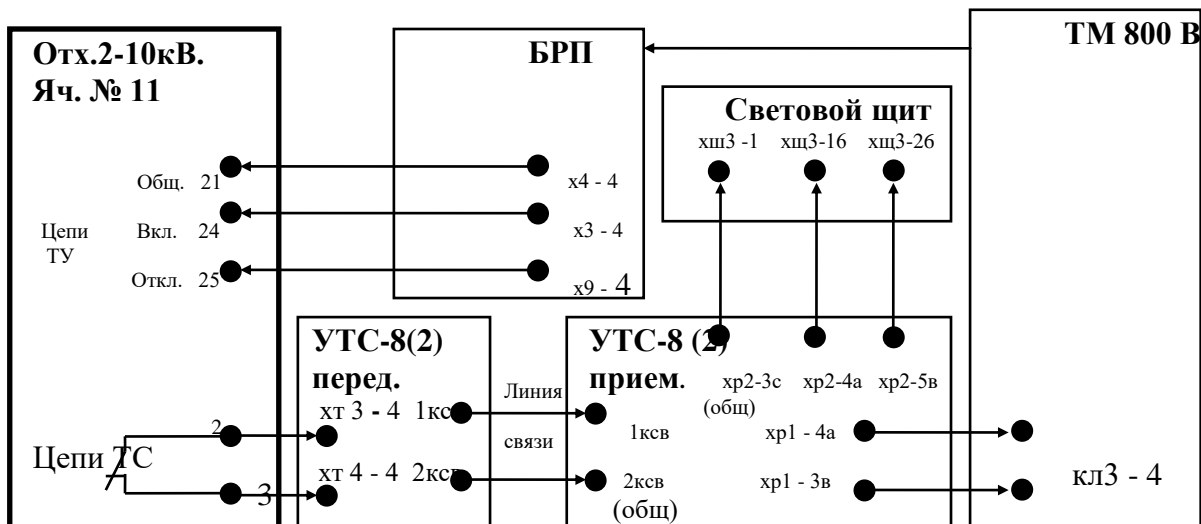
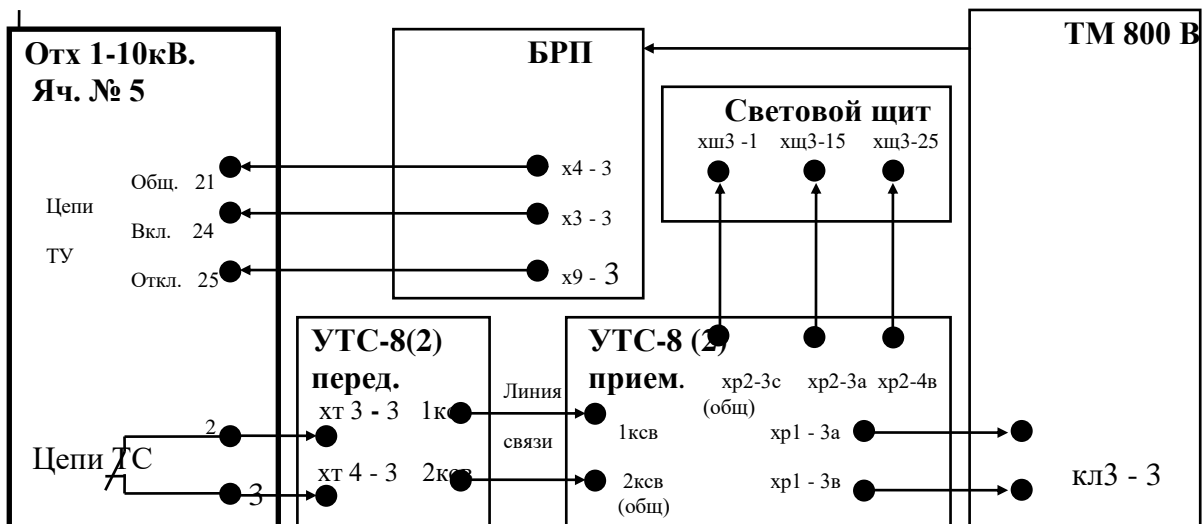
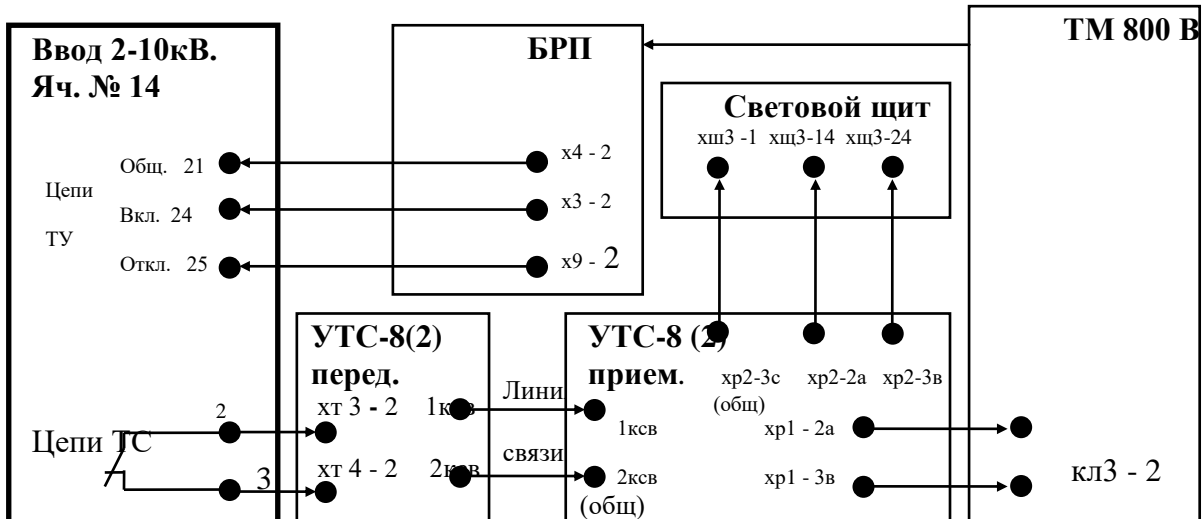
Путем использования этих символов и указания периода пользователь определяет длительность ведения ретроспективы именно с таким шагом.

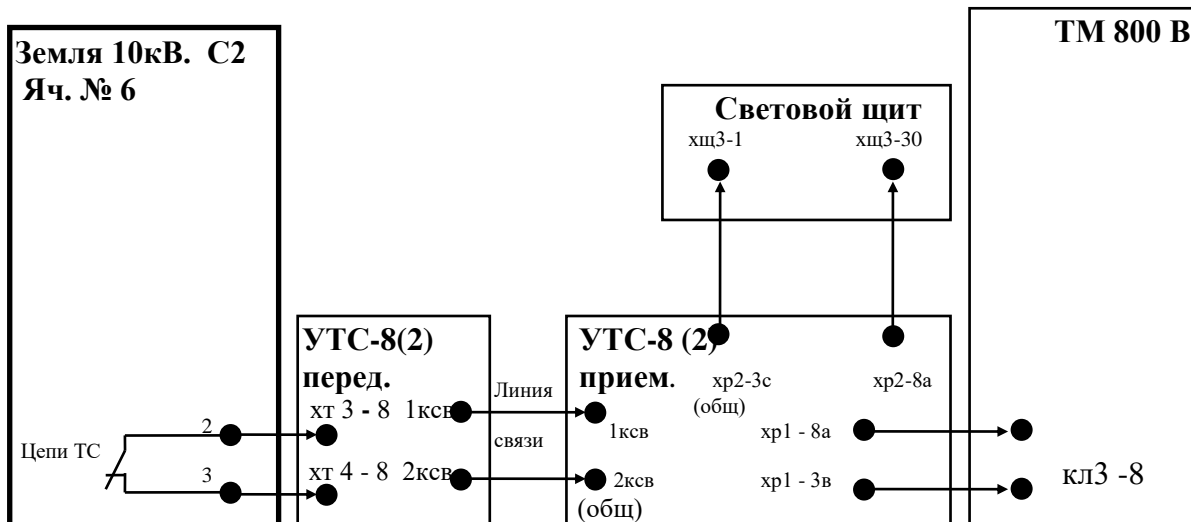
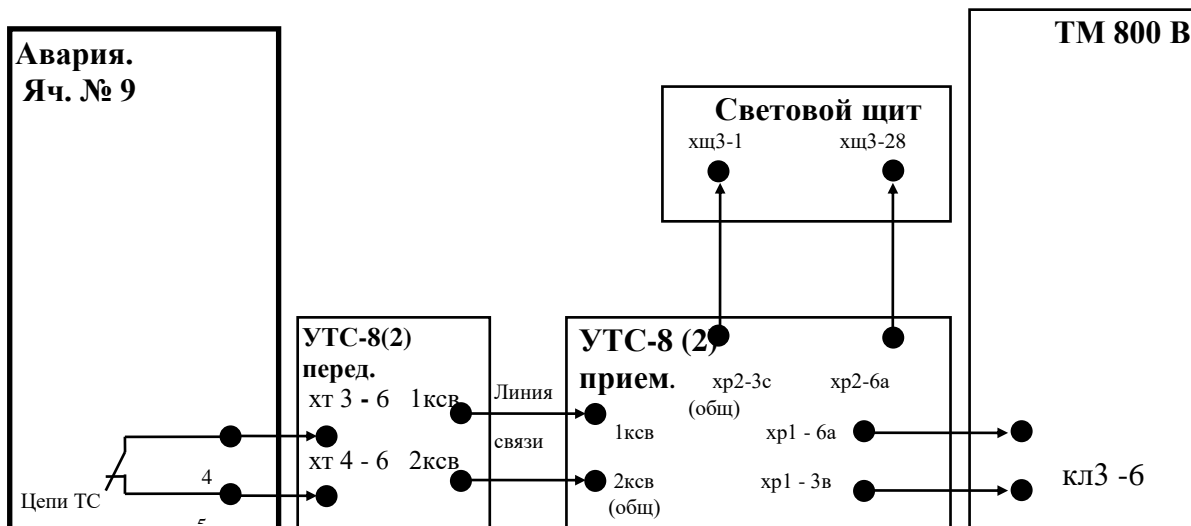
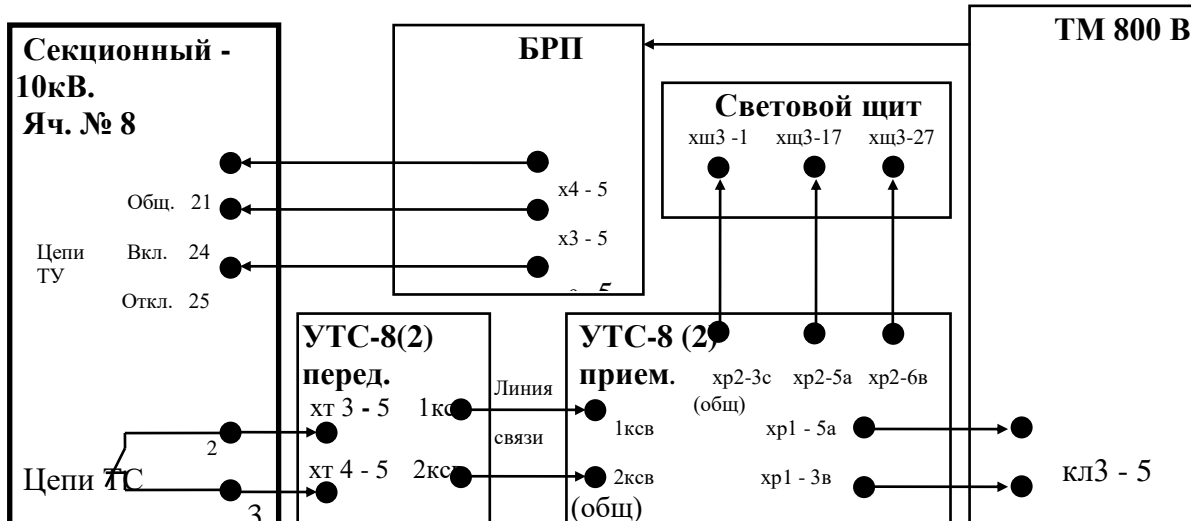
7. Диагностика оборудования

Для УКПМ КОМПАС имеет возможность запроса блока внутренней диагностики. Результаты внутренней диагностики регистрируются в журнале ERR. Для активизации функции необходимо нажать комбинацию клавиш “Alt-E” в окне функций УКП. Если УКП не обслуживает эту функцию, выдается сообщение в журнал “Отсутствие ответа на функцию запрос блока ошибок” с указанием номера направления и адреса УКП.

Схема соединений устройств телемеханики с силовыми ячейками 10 кВ.







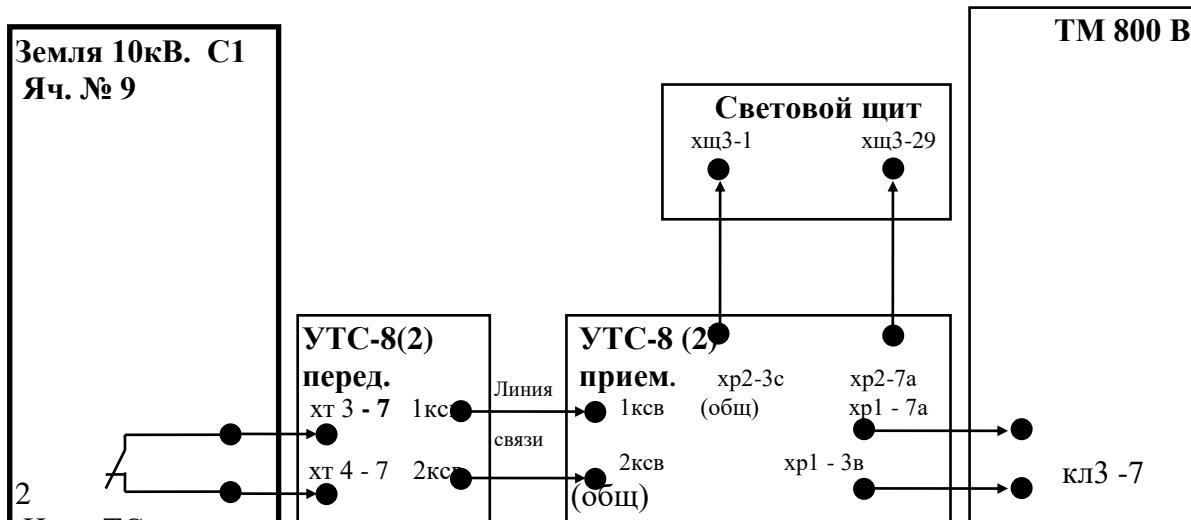
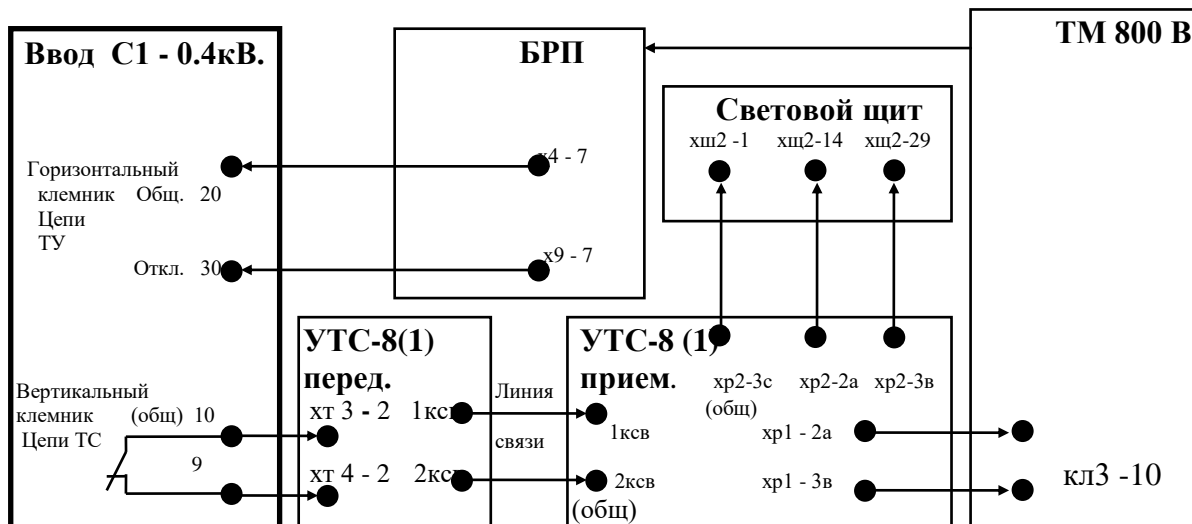
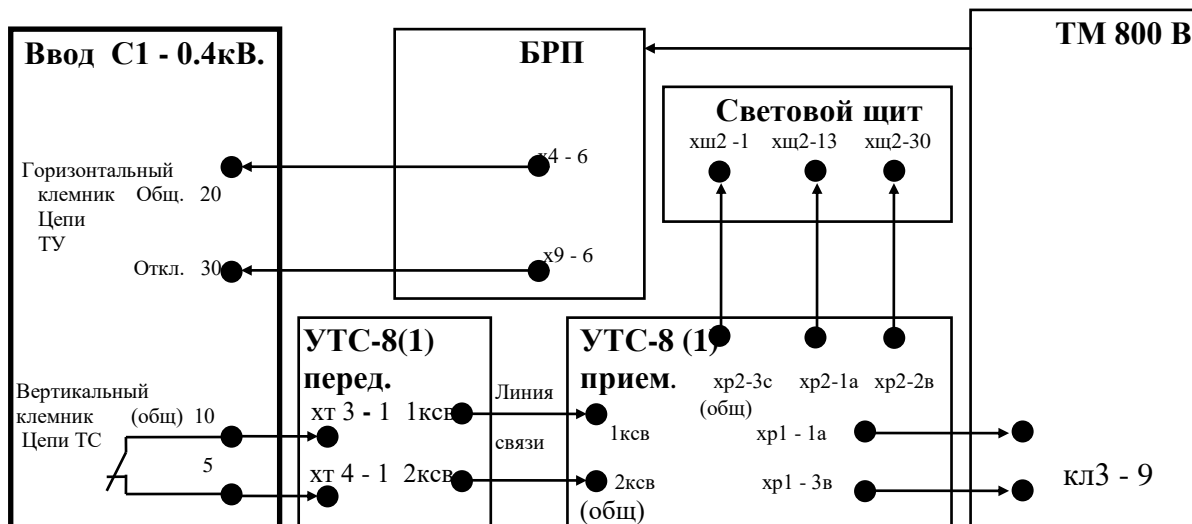


Схема соединений устройств телемеханики с силовыми ячейками 0.4 кВ.



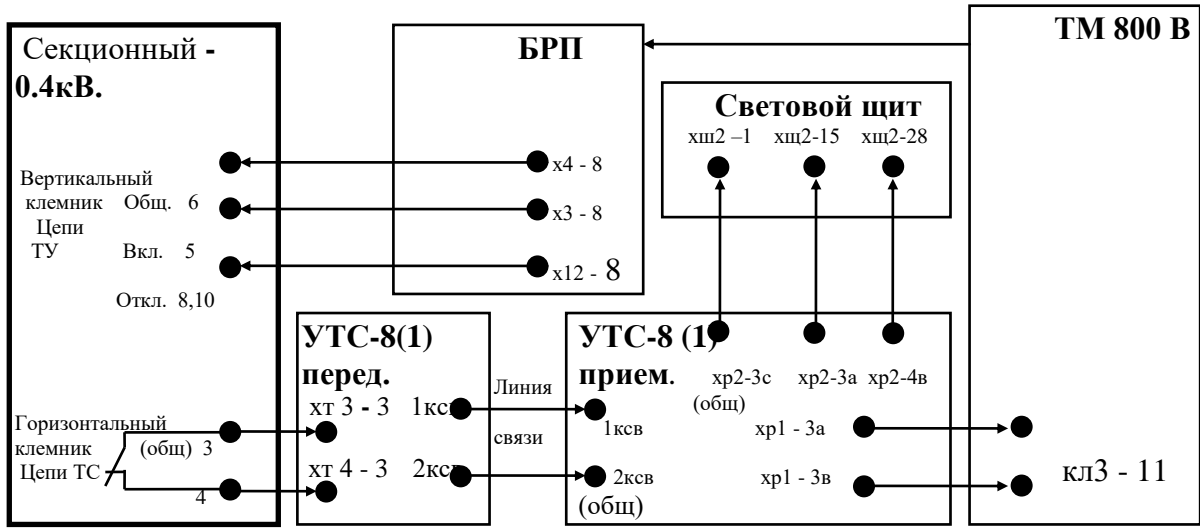


Схема соединений блока реле повторителей (БРП)

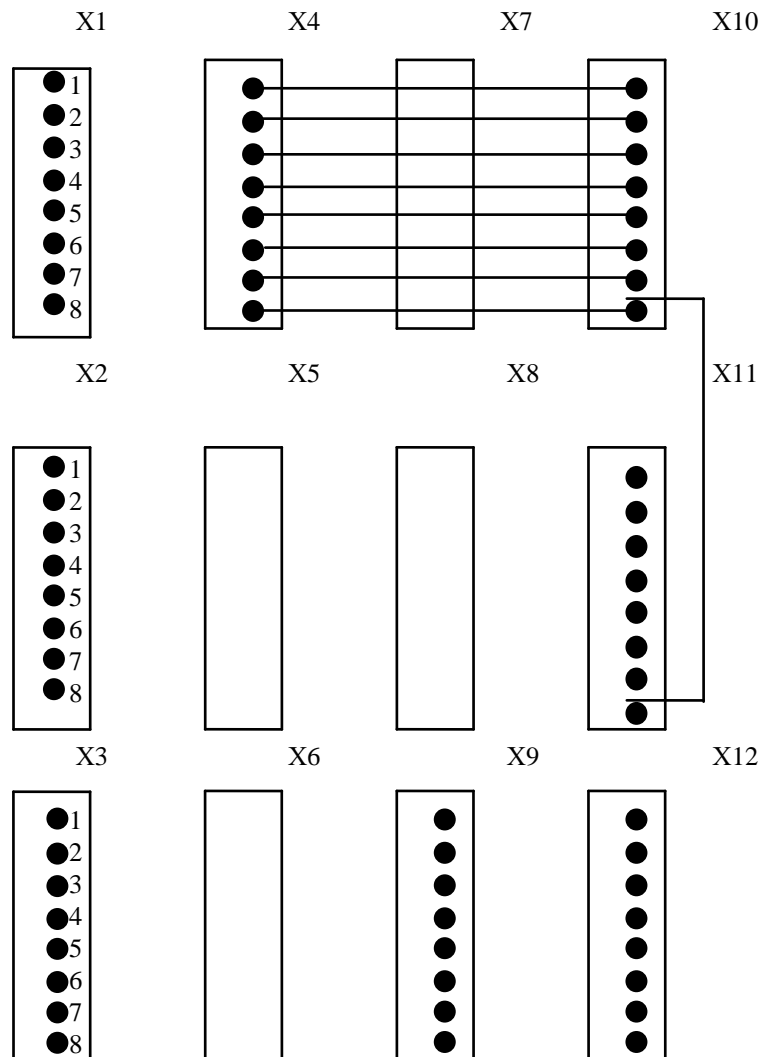


Схема соединений светового щита.

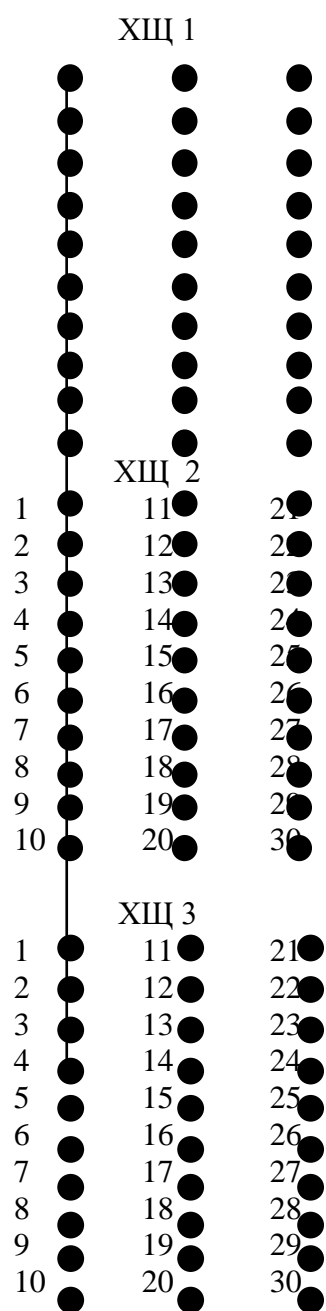


Схема соединений цепей ТС КП ТМ-800В.

● 21	● 1 (1 группа 1 ТС)
● 22	● 2 (1 группа 2 ТС)
● 23	● 3 (1 группа 3 ТС)
● 24	● 4 (1 группа 4 ТС)
● 25	● 5 (1 группа 5 ТС)
● 26	● 6 (1 группа 6 ТС)
● 27	● 7 (1 группа 7 ТС)
● 28	● 8 (1 группа 8 ТС)
● 29	● 9 (2 группа 1 ТС)
● 30	● 10 (2 группа 2 ТС)
● 31	● 11 (2 группа 3 ТС)
● 32	● 12
● 33	● 13
● 34	● 14
● 35	● 15
● 36	● 16
(общ. 1 гр.) ● 37	● 17
(общ. 2 гр.) ● 38	● 18
● 39	● 19
● 40	● 20

2.3. ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА БАЗЕ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ПУ «КОМПАС ТМ 1.1.» И КП «ТМ-800В»

Назначение и содержание работы.

Цель: Ознакомление с функциями телемеханики (ТИТ, ТС и ТУ) и принципами работы на базе ТМ800В и Компас ТМ 1.1.

Теоретическая часть включает изучение принципов работы устройств КП и ПУ комплекса телемеханики.

Экспериментальная часть работы предусматривает исследование функций приема - передачи информации ТС, ТИТ и управляющих сигналов ТУ. На основании экспериментальных данных проводится анализ погрешности вносимой аналого-цифровым преобразователем в текущие телеизмерения. Возможность получения дополнительных (дорасчетных) параметров на основе измеряемых величин.

Краткая теория: Термин “телемеханика”, введен в 1905 г. французом Э. Бранли, состоит из двух греческих слов: *tele* - далеко и *mechanike* - мастерство, или наука о машинах.

Телемеханика - отрасль науки и техники, охватывающая теорию и технические средства контроля и управления объектами на расстоянии с применением специальных преобразователей сигналов для эффективного использования каналов связи.

Управление объектами обеспечивается командной информацией, направленной к объектам и включающей в себя телеуправление и телерегулирование, контроль объектов - известительной информацией, направленной от объектов и включающей телеизмерение, телесигнализацию и статическую информацию.

Классификация систем телемеханики по выполняемым функциям:

Телеизмерения (ТИ) - система, осуществляющая передачу непрерывных измеряемых величин.

Телесигнализации (ТС) - система, осуществляющая передачу различных дискретных величин, которые могут выводиться на ПЭВМ или сообщать диспетчеру о состоянии контролируемых объектов с помощью звуковой и световой сигнализации.

Телеуправление (ТУ) - система, осуществляющая передачу информации в виде команд на включение или отключение различных механизмов.

Телеуправления и телесигнализации (ТУ-ТС) - система, позволяющая передавать команды с ПУ на КП и получать известительную сигнализацию об исполнении команды, посылаемую с КП на ПУ, и сигнализацию об изменении состояния объекта.

Телеизмерения и телесигнализации (ТИ-ТС) - система, передающая только известительную информацию с КП на ПУ.

Основной характеристикой устройств телеизмерений является погрешность, характеризующая отличие показаний прибора от действительного значения параметра.

Погрешность устройств телеизмерений, также как и в техники измерений, характеризуется абсолютной Δ , относительной $\delta_{от}$ и приведенной δ погрешностями.

$$\Delta = X_{и} - X_{д} \quad \delta_{от} = \frac{\Delta \cdot 100}{X_{д}} \quad \delta = \frac{\Delta \cdot 100}{(X_{max} - X_{min})}$$

где $X_{д}$ - действительное значение телеизмеряемой величины (измеряемое образцовым прибором); $X_{и}$ - измеряемое значение передающего или воспринимающего телеизмерительного прибора; X_{max} , X_{min} - предельное значение измеряемой величины (по шкале выходного прибора).

В данной работе телемеханика представляется комплектом программно-аппаратных средств телемеханики (Компас ТМ 1.1) предназначенный для построения телемеханических комплексов различной конфигурации для сбора информации и управления территориально рассредоточенными объектами энергосистемы.

Основные функции: телесигнализация (64 канала - ТС); телеизмерения (16 каналов ТИТ, 8 каналов ТИИ); телеуправление (32 канала ТУ).

Конструктивно комплект *Компас ТМ 1.1* состоит из двух полукомплектов: аппаратуры *ДП* (диспетчерский пункт) и аппаратуры *КП* (контролируемый пункт).

Элементы контролируемого пункта (КП)

Приемо-передатчик (*ПП*) предназначен для модуляции, демодуляции принимаемых и передаваемых информационных сигналов и гальванической развязки цепей аппаратуры телемеханики с каналом связи. *ПП* может работать либо по проводной линии связи, либо по высокочастотному (*ВЧ*) тракту аппаратуры уплотнения связи.

Формирователь тактовых импульсов (*ФТИ*), обеспечивает формирование тактовых импульсов и коррекцию фазового рассогласования и содержит генератор стабильной частоты, делитель частоты для изменения скорости передачи и корректирующее устройство с дискретным управлением.

Блок режима работы (*БРР*) задает алгоритм работы всем узлам аппаратуры *ПУ* и *КП*, а также производит временное распределение сигналов *ТС*, *ТИТ* и *ТУ*. Основным узлом этого блока является координатный распределитель, состоящий из семиразрядного двоичного счетчика и дешифраторов выбора группы и объектов в группе.

Кодер - декодер (*Кд*) служит для повышения достоверности информации *ТУ* и *ТС*, что достигается использованием кода, обнаруживающего ошибки. В устройстве используется циклический код Файра с образующим полиномом $x^7+x^6+x^2+1$, который позволяет обнаруживать двукратные ошибки, все ошибки нечетной кратности и некоторые ошибки кратности больше 3. При правильном приеме *Кд* формирует команду на перенос информации с промежуточной памяти к выходному реле (*ВР*).

Промежуточная память (*ПрП*) содержит триггеры на микросхемах для промежуточного хранения принятой информации во время проверки ее достоверности *Кд*.

Выходные усилители (*ВУ*) используются в качестве согласующих элементов между триггерами памяти и выходными реле. В качестве *ВР* используют поляризованные реле типа *РПС2О*, которые сохраняют свое состояние при отсутствии напряжения.

Ввод информации *ТУ* и *ТС* в устройство производится бесконтактными ключами (*БК*). для защиты от импульсных помех и статических потенциалов более 15. Во входы микросхем *БК* зашунтированы резисторами и диодами.

В устройстве *ТМ-800В* применена кодоимпульсная система телеизмерения. На *КП* датчики *ТИ* подключаются к время-импульсному преобразователю *ВПИ* через *БК*, выполненные на микросхемах. *ВПИ* представляют собой времязадающий конденсатор разряд, которого осуществляется стабилизированным током. *ВПИ* преобразует аналоговую величину, представленную в виде постоянного напряжения, в пропорциональный временной интервал.

Полученный временной интервал заполняется импульсами генератора стабильной частоты, которые подсчитываются двоичным счетчиком. Записанный счетчиком код передается на *ПУ*.

Диспетчерский пункт состоит из: *ПУ КомпасТМ1.1*; *КТМС-М3*; *КОНЦ-М*; Диспетчерский щит и *ПЭВМ*.

АБПУ Компас ТМ 1.1 состоит из двух блоков *КТМС-М3* и *КОНЦ-М*. *КТМС-М3* предназначен для модуляции цифрового сигнала в аналоговый и передачи его по каналам *ВЧ* связи, а также передачи принимаемой информации в модуль *КОНЦ-М*.

КОНЦ-М предназначен для первичной обработки принятой информации и передачи ее на *ПЭВМ*, а также выдачи информации о положении объектов на диспетчерский щит.

Диспетчерский щит выполнен по принципу "*темного щита*". При изменении положения объекта на подстанции, возникает несоответствие между реальным положением объекта и положением ключа на щите. При этом индицируется соответствующий ключ.

Для устранения несоответствия ключ переводится в противоположное положение, после чего индикаторы соответствия переходят в пассивное состояние.

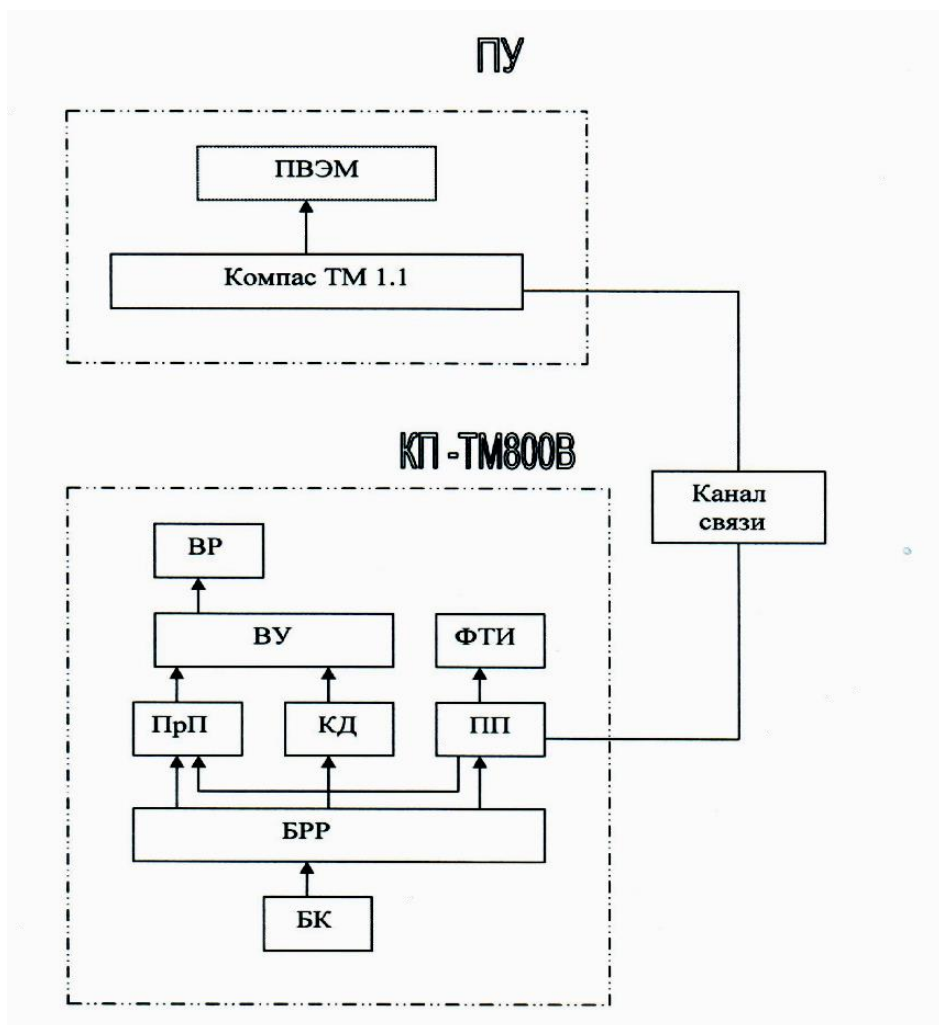


Рис. 1 – Конструктивное исполнение комплекта *Компас ТМ 1. 1*

Программное обеспечение средств телемеханики КОМПАС ТМ 1.1

Для работы программы необходимо наличие устройства пункта управления (УПУ) связанного с ПЭВМ через адаптер модульного канала (АМК-2). Минимальный набор программных средств представляет собой ОС поддерживающую MS - DOS.

Базовое программное обеспечение комплекса, включает в себя:

1. файл конфигурации комплекса (*Компастм. 106*) - предназначен для ввода информации о типах и объемах запрашиваемых КП;
2. рабочий модуль *SV_КОМП.EXE* и ряд служебных файлов - предназначен для обработки принятой информации и организации удобного интерфейса с диспетчером.

Настройка текущих телеизмерений (ТИТ) в программном обеспечении

1. Задание ТИТ в конфигурационном файле (*Компастм. 106*).
Формат идентификатора ТИТ следующий: *Номер_ТИТ / Наименование_ТИТ / Тип_измерительного трансформатора / Единица измерения / коэффициент пересчета / период регистрации / приоритет / период активации.*

Пример: *1 / U – 10 кВ. секции 1 / 10000 / 100 / КВ. / 20 / 60 / 100 / 2*

2. Вывод ТИТ на мнемосхему:

Для вывода информации о ТИТ в файле **.tps* должны быть описан следующий алгоритм:
КР. n АКП X1 Y1 X2 Y2 X3 Y3 X4 Y4 X5 Y5 X6 Y6,

где: *Кр.* - метка строки описания УКП; *n* - номер канала ТЧ (направления) (от 1 до 4); *X1, Y1 и X2, Y2* - координаты левого верхнего и правого нижнего углов прямоугольного поля; *X3, Y3* - координаты точки №1 заливки цветом поля индикации выбора УКП, сигнализации нарушения (восстановления) связи с УКП (поля ограниченного контрастным цветом бордюра); *X4, X4* -

координаты точки №2 заливки цветом поля сигнализации изменения состояния любого из каналов ТС УКП; X5, Y5 - координаты точки №3 заливки цветом поля сигнализации выходов за пределы уставок значений по любому из каналов ТИТ УКП; X6, Y6 - координаты точки №4 заливки цветом поля индикации УГО, соответствующего данному УКП;

Конфигурирование текущих дорасчетных параметров в файле Kompastm. 106.

Под текущим дорасчетным параметром понимается некоторое значение, получаемое исходя из значений текущих или интегральных измерений путем выполнения над ними арифметических действий. Используя дорасчетные параметры возможен вывод дополнительной информации на мнемосхему.

Значение дорасчетного параметра меняется в темпе изменения любого входящего в его уравнение измерения. Описание дорасчетных параметров следует производить в тексте конфигурации между ключевыми словами: @COUNT...@END_COUNT.

Формат описания: **НАИМЕНОВАНИЯ ДОРАСЧЕТНОГО ПАРАМЕТРА / ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ / ПЕРИОД РЕГИСТРАЦИИ / УРАВНЕНИЕ РАСЧЕТА.**

Наименования параметра - 40 символов, единица измерения - 8.

Уравнение формируется из параметров канала измерения и констант.

Параметр канала текущего измерения имеет следующий вид: N_XX_M.M., где: N - номер направления КП; XX - шестнадцатеричный адрес КП; M.M - номер группы и номер каналов ТИТ в группе.

Допустимы следующие арифметические операции: * - умножение; / - деление; + - сложение; - вычитание; SQRT - квадратный корень.

Пример описания дорасчетного параметра по ТИТ:

Дорасчетный параметр
1 / KBm / 600 /; (1_2E 4*12.5+1_D_2+1_2D_4)/2 - 3_2I_5*3.

Трансляция файла Kompastm. 106.

Для преобразования текстового файла **Kompastm. 106** в машинноориентированный язык (трансляция), необходимо запустить модуль *cnf_106.exe*.

Выполнение работы:

Группа разделяется на две подгруппы.

1. Исследование функций приема - передачи информации ТС и управляющих сигналов ТУ комплекса телемеханики.

Каждой подгруппе выполнить следующие действия: проверить соответствие положений выключателей на щите диспетчера и мнемосхеме ПВЭМ; собрать схему по рис.2 подстанции используя ТУ.

Для выполнения команды телеуправления необходимо:

Навести курсор с помощью мыши или клавиатуры на мнемосхеме на требуемый выключатель и нажать *Enter*.

Выбрать команду “откл.” или “вкл”.

Ввести заданный пароль (в данном случае пароль “1”).

В случае не верного пароля сигнал на выполнение команды не посылается и для продолжения работы нажмите *Esc* и выполнить выше стоящие пункты заново.

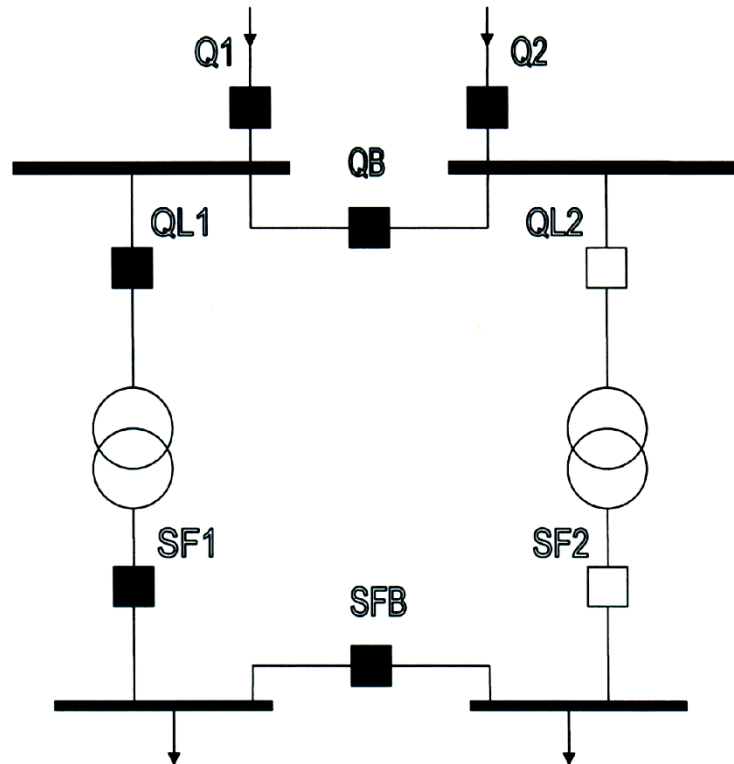
Необходимо подтвердить выполнение команды.

После выполнения требуемой команды проходит квитирующий сигнал (выделение объекта синим цветом) о исполнении команды устройством телемеханики.

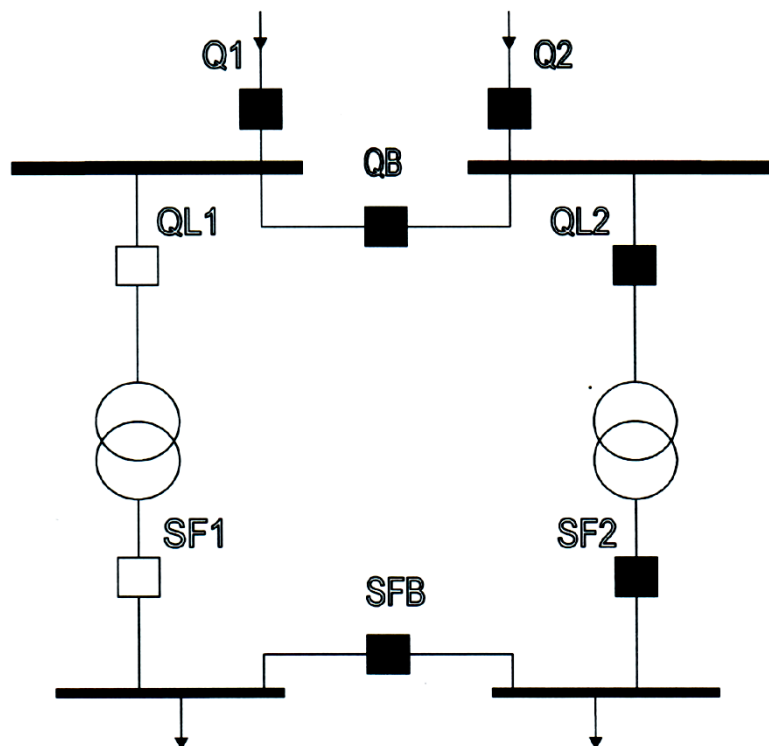
После выполнения команды ТУ исполнительным механизмом, ТС покажет изменение положения объекта на щите диспетчера и мнемосхеме ПВЭМ.

При этом проходит звуковой сигнал и в верхнем правом углу монитора индицируется индикатор красного цвета. для подтверждения полученной информации об изменении положения необходимо квитиовать клавишей *F 1*.

Вариант № 1:



Вариант № 2:



Здесь заштрихованный выключатель – соответствует положению включено, а не заштрихованный – положению отключено.

2. Исследование функций приема - передачи ТИТ комплекса телемеханики.

Изменяя 2 параметра ТИТ потенциометром (Т1, Т2) произвести 5 контрольных замеров на КП ТМ 800В и диспетчерском пункте.

Заполнить таблицу 1 со значениями входного тока аналого-цифрового преобразователя (0-5 $i_{тiA}$), и значениями на мнемосхеме ПЭВМ.

На основании полученных измерений АЦП произвести расчет значения измеряемой величины на ДП с учетом коэффициента трансформации.

Приняв измерительные приборы на КП за образцовые, рассчитать относительную и абсолютную погрешность аналого-цифрового преобразователя.

3. Произвести ввод алгоритма расчета дорасчетных параметров в программу. Измерить 2 значения и сравнить полученные значения с расчетными. Заполнить таблицу 1.

Вариант № 1.

№	$U_{КП}$ <i>та</i>	$U_{ПУ}$ <i>КВ</i>	$I_{КП}$ <i>та</i>	$I_{ПУ}$ <i>А</i>	$\delta_{АЦП}$ %	$S_{РАСЧ}$ <i>кВА</i>	$S_{ДП}$ <i>кВА</i>
1							
2							
3							
4							
5							

$$\Delta = X_{И(ПУ)} - X_{Д(КП)} \quad \delta_{ОТ} = \Delta * 100 / X_{Д(КП)}$$

$$S = U * I - \text{дорасчетный параметр.}$$

Вариант № 2.

№	$P_{КП}$ <i>та</i>	$P_{ПУ}$ <i>КВ</i>	$Q_{КП}$ <i>та</i>	$Q_{ПУ}$ <i>А</i>	$\delta_{АЦП}$ %	$S_{РАСЧ}$ <i>кВА</i>	$S_{ДП}$ <i>кВА</i>
1							
2							
3							
4							
5							

$$\Delta = X_{И(ПУ)} - X_{Д(КП)} \quad \delta_{ОТ} = \Delta * 100 / X_{Д(КП)}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} - \text{дорасчетный параметр.}$$

2.4. ИССЛЕДОВАНИЕ КОДОИМПУЛЬСНОГО УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Назначение и содержание работы

Работа включает экспериментальное изучение системы передачи информации с использованием кодоимпульсной модуляции на базе промышленного устройства типа УТК-1, а именно:

1. Изучение принципов работы и построения кодоимпульсного устройства передачи информации.
2. Экспериментальное исследование временных и метрологических характеристик устройства в различных режимах работы и анализ полученных результатов.

Домашняя подготовка:

1. Изучение принципов работы устройства УТК-1.
 2. Составление предварительного отчета.
- Предварительный отчет сдается накануне.

Содержание предварительного отчета:

Расчет ошибки квантования по заданным значениям I_{MAX} и I_{MIN} тока измерительного преобразователя при 8-разрядном двоичном коде.

Кодирование в двоичном 8-разрядном коде следующих значений сигнала:

$$I = \frac{m}{n+3m} \cdot I_{MAX}; \frac{2m}{n+3m} \cdot I_{MAX}; \frac{3m}{n+3m} \cdot I_{MAX} \dots$$

где n – номер бригады; m – порядковый номер студента в бригаде; I_{MAX} – изображение осциллограмм для каждого случая.

Составление таблицы значений информационного параметра длительности импульсов, информационных при различных скоростях передачи информации.

Методические указания к выполнению предварительного отчета.

К п. 1. ошибка квантования равна половине интервала дискретизации

$$\delta = \pm 0.5\Delta X; \Delta X = \frac{I_{MAX} - I_{MIN}}{N}; N = 2^n - 1,$$

n – разрядность двоичного кода.

К п. 2. При кодировании необходимо учесть, что дискретные значения $I_{MAX}=11111111$, $I_{MIN}=00000000$.

К п. 3. Таблица должна иметь вид

Таблица 1

Скорость (бод.)	t, мс	Сигнал I (3t), мс	Сигнал 0 (1t), мс	Сигнал (5t), мс
50				
100				
200				
600				

При составлении таблицы учесть, что $I_{бод}=1$ имп/с; t – длительность единичного импульса, определяющего длительности информационных импульсов.

Работа в лаборатории

1. Включить лабораторную установку.
2. Проверить работу лабораторного устройства УТК-1.
3. Проверить исполнение сигналов телесигнализации (ТС) (ТБ) и преобразование непрерывного телеизмерения сигнала (ТИ) в кодоимпульсный сигнал.

4. Проверить работу узлов переключения каналов.
5. Проверить устройство в режиме приема информации от ЭВМ.
6. Экспериментально исследовать временные характеристики устройства.
7. Проверить работу УТК-1 при изменении скорости передачи информации и при несинхронной работе полукомплектов.
8. Изучить метрологические характеристики УТК-1 при всех скоростях передачи информации.

Описание лабораторной установки

В состав лабораторной установки (рис. 2) входит передатчик 19 и приемник 20 кодоимпульсного устройства передачи информации УТК-1; четыре объекта телесигнализации 1 с элементами визуального контроля их состояния Т1-Т4; миллиамперметры 7,12, контролируемые измеряемый параметр; коммутационное оборудование (переключатели, кнопки), обеспечивающие управление режимом работы устройства, источники питания и контрольно-измерительные приборы.

Имитация тока измерительного преобразователя (датчика) ТИ осуществляется подключением ко входу передатчика постоянного тока. Значение постоянного тока изменяется резистором переменного сопротивления 13.

Контроль выходного тока приемника осуществляется миллиамперметром 7. Переключатели 15 и 17 предназначены для изменения скорости передачи информации и имеют четыре положения, соответствующие скоростям 50, 100, 200 и 600 бод.

Обрыв каналов связи имитируется переключателями 9 и 10.

Тумблер 16 предназначен для перевода устройства из режима “датчик”, когда входная информация поступает на вход передатчика “ЭВМ”, когда информация поступает от вычислительной машины. Имитация двоичного кода, снимаемого с информационных шин ЭВМ, осуществляется нажатием соответствующих кнопок 2. Запись набранного кнопками кода в буферный регистр передатчика осуществляется включением переключателя 11, имитирующего прохождение сигнала “готовность ЭВМ”.

Кроме указанных элементов, на лицевой панели лабораторной установки расположены контрольные гнезда передатчика 14 и приемника 18, позволяющие проверить напряжение стабилизированных источников питания.

Измерение и контроль входных и выходных сигналов устройства проводится с помощью двух миллиамперметров 7, 12 и осциллографа.

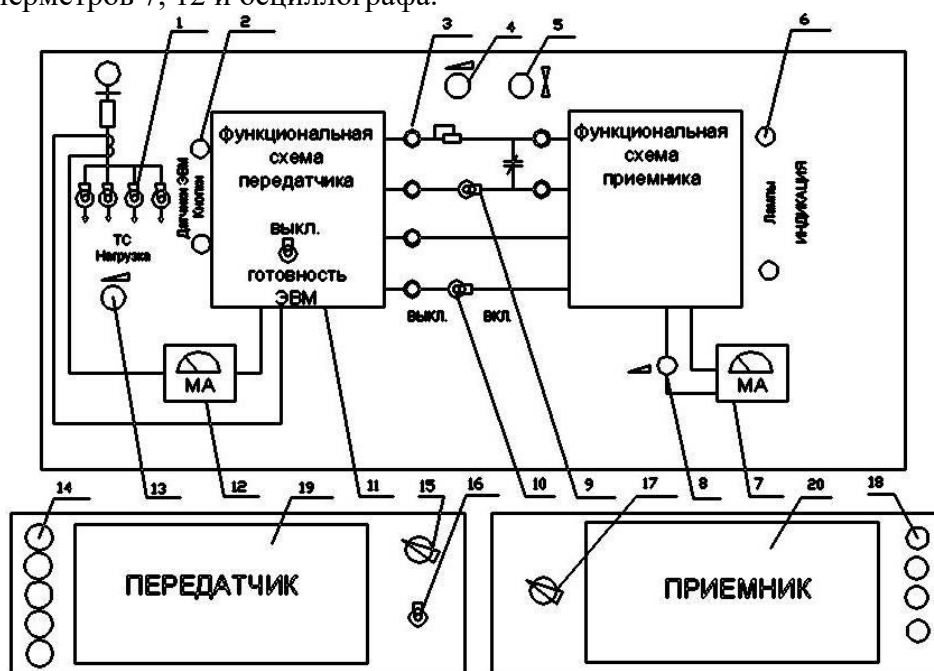


Рис. 2. Вид лабораторной установки

Методические указания.

К п.1. Привести все переключатели лабораторной установки (приложение 1, рис. П.1.1) в исходное положение: 1 в положение “ВЫКЛ”; 9 и 10 в положение “ВКЛ”; 16 в положение “Датчик”, 11 в положение “ВЫКЛ”, 15 и 16 в положение “50”, рукоятки резисторов 4,8,13 – в крайнее левое положение. На лицевой панели передатчика и приемника клавиша “ВЫКЛ” нажата, клавиша “ИНД” отпущена.

Включить питание стенда. Нажать клавишу “ВКЛ” на лицевой панели передатчика и приемника. Проверить напряжение стабилизированных источников питания.

К п. 2. Нормальная работа устройства отображается лампами КР, которые кратковременно загораются. Одна из ламп КС горит постоянно. Лампы КР и КС находятся на лицевой панели приемника.

К п. 3. Проверить исполнение сигналов ТС (ТБ), поочередно изменяя положения переключателей 1. На передающей и приемной стороне должны загораться одноименные лампы индикации ТС УТК-1, а также сигнальные лампы на панели стенда.

Произвести проверку преобразования входного сигнала в кодоимпульсную посылку, изменяя сигнал резистором 13 от минимального до максимального значений. Двоичный код при этом должен изменяться от значения 00000000 до 11111111. На передающей и приемной стороне должно наблюдаться одноименное изменение двоичного кода (лампы индикации ТИ УТК-1 и панели стенда).

К п. 4. Для проверки работы узла переключения каналов связи необходимо переключатели 9,10 перевести в положение “ВЫКЛ”. Лампы КС1 и КС2 должны попеременно загораться, лампы КР должны гореть постоянно. Лампы КС1, КС2, КР находятся на лицевой панели приемника.

К п. 5. Для проверки устройства в режиме приема информации от цифровой ЭВМ необходимо переключатель “Датчик” – ЭВМ перевести в положение ЭВМ. Переключатель 11 перевести в положение “ВКЛ”. Набрать произвольный код клавишами (нажатой клавише соответствует сигнал 1). Набранный код должен адекватно отображаться лампами индикации на передающей и приемной стороне. Вернуть переключатели 11 и 16 в исходное положение.

К п. 6. Зарисовать осциллограммы кодоимпульсной посылки на выходе передатчика для значений кода 0000 00000000, 00110011, 1100 11001100, 1111 11111111. По осциллограммам определить состав, длительность элементов кодоимпульсной посылки, минимальное и максимальное время цикла передатчика (T_{MIN} , T_{MAX}), полученные результаты сравнить с данными приведенными в таблице 1, рассчитанной в предварительном отчете, и таблица п. 1.1(см. приложение 1). Отклонение длительности элементарной посылки от значений, указанных в таблице 1, допускается в пределах $\pm 10\%$

К п. 7. Для проверки работы устройства при изменении скорости передачи информации необходимо проверить пп 3-6 для каждого положения переключателей 15 и 16.

Для проверки работы устройства при несинхронной работе полукомплектов переключателя 15, 16 установить в различные положения и проделать пп 3-6

К п. 8. Снять зависимость $I_{\text{ВЫХ}}$, ($I_{\text{ВХ}}$) по миллиамперметрам на приемной и передающей строке. Полученные данные занести в таблицу и построить график, рассчитать абсолютную и относительную погрешности телепередачи.

Определить основную приведенную погрешность устройства. Для этого необходимо изменить ток на входе передатчика ($I_{\text{ВХ}}$) в сторону увеличения до тех пор, пока на некотором его значении не будет наблюдаться изменение кода со значением N на значение N+1. Зафиксировать ток $I_{\text{ВХ}}$ и $I_{\text{ВЫХ}}$. Для более точного измерения в этом пункте удобней воспользоваться цифровым вольтметром.

Провести измерения в точках шкалы миллиамперметра 7, приведенных в таблице 2.

Таблица 2

Точки шкалы, %	Кодовая комбинация	Измеренное значение тока		Расчетное значение основной приведенной погрешности, %	Основная приведенная погрешность по данным завода-изготовителя, %
		I _{ВХ} , мА	I _{ВЫХ} , мА		
0					
20					
40					
60					
80					
100					

Значение основной приведенной погрешности устройства определяется по формуле

$$\delta = \frac{I_{ВЫХ} - I_{ВХ}}{I_{ВХ}} * 100$$

Полученные результаты сравнить с данными завода-изготовителя

Контрольные вопросы

1. Назначение и область применения устройства УТК-1
2. Принцип работы передающего полукомплекта.
3. Принцип работы приемного полукомплекта.
4. Способы обеспечения надежности работы УТК-1
5. Источники погрешности телепередачи.
6. Проверка работоспособности устройства УТК-1

2.5. ВТОРИЧНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ.

Назначение и содержание работы

Работа включает теоретическое и экспериментальное изучение унифицированных измерительных преобразователей (ИП) тока (E842), напряжения (E825) и активной мощности (E829), а именно:

1. изучение принципа действия функциональных и принципиальных схем указанных ИП
2. расчет проходной характеристики (вход-выход) ИП E842 при синусоидальных и несинусоидальных входных воздействиях. Расчет фазовой характеристики ИП E829. Анализ работу ИП 829 в симметричном и несимметричном режимах.
3. экспериментальные исследования по заданной программе и анализ полученных результатов.

Составление предварительного отчета

Отчет составляется и сдается на проверку преподавателю накануне выполнения лабораторной работы и требует не менее 4-х часов самостоятельной работы.

Необходимым условием для составления предварительного отчета является изучение принципов действия и принципиальных схем ИП E842, E825, E829 (1).

Предварительный расчет включает:

1. расчет характеристик вход-выход ИП E842 при синусоидальном и несинусоидальном входном токе.
2. качественную оценку влияния несинусоидальности входного тока на выходной сигнал ИП E842.
3. построение функциональной схемы ИП 825 с изображением примерного вида осциллограмм входного напряжения, выходного и промежуточных сигналов
4. обоснование возможности измерения (при отсутствии составляющих нулевой последовательности) активной мощности в трехфазной цепи с использованием только мгновенных токов двух фаз и двух межфазных напряжений.
5. построение функциональной схемы ИП E829 с изображением примерного вида осциллограмм входных напряжения и тока, выходного и промежуточных сигналов.
6. построение зависимости $I_{0, \text{ВЫХ}} = f(\varphi)$, при номинальных значениях входных токов и напряжений, где $I_{0, \text{ВЫХ}}$ – выходной ток ИП E829, $\varphi = (U_{\Phi} \wedge I_{\Phi})$ – фазовый сдвиг между входным током и напряжением соответствующих фаз.
7. расчетное определение тока $I_{0, \text{ВЫХ}}$ ИП E829 при несимметричном режиме работы цепи трехфазного тока.

Методические указания по составлению предварительного отчета

К пункту 1. В предварительном отчете необходимо изобразить принципиальную схему ИП E 842 и функциональные схемы E825 и E 829; на входах и выходах элементов функциональных схем необходимо изобразить примерный вид осциллограмм соответствующих сигналов.

Поскольку все изучаемые ИП осуществляет линейное преобразование и характеристика вход-выход проходит через начало координат, при выполнении п.1 достаточно рассчитать одну точку характеристики при следующих входных токах:

$$i_{\text{ВХ}} = I_{\text{м}} * \sin(\omega * t); \quad i_{\text{ВХ}} = I_{\text{м}} * \sin(\omega * t) + 0.5I_{\text{м}} * \sin(3 * \omega * t);$$
$$i_{\text{ВХ}} = I_{\text{м}} * \sin(\omega * t) + 0.5I_{\text{м}} * \sin(2 * \omega * t).$$

Построение характеристик удобно выполнять в относительных единицах, принимая за базисные значения результаты расчета входного $I_{\text{ВХ}}$ и выходного $I_{\text{ВЫХ}}$ токов при синусоидальном входном токе. Необходимо помнить, что входной величиной является действующее значение $i_{\text{ВХ}}$, а выходной – среднее значение выпрямленного входного тока $i_{\text{ВХ}}$. При расчете действующего ($I_{\text{ВХ}}$) и среднего ($I_{0, \text{ВЫХ}}$) значений $I_{\text{ВХ}}$ интегрирование целесообразно проводить на интервале $T/2$, где T – период 1-ой гармоники, т.е. пользоваться выражениями:

$$I_{\text{ВХ}} = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} i_{\text{ВХ}}^2 dt};$$

$$I_{0, \text{ВЫХ}} = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} |i_{\text{ВХ}}| dt.$$

На основании результатов проведенных расчетов построить графические зависимости

$$I_{0, \text{ВЫХ}} = f(I_{\text{ВХ}}).$$

К пункту 2. Необходимо получить отношение $K = I_{\text{ВЫХ}} / I_{\text{ВХ}}$ пользуясь результатами расчетов по п.1.

К пункту 4. Необходимо учесть, что при отсутствии составляющих нулевой последовательности сумма токов фаз и сумма фазных напряжений равны нулю.

К пункту 6. Следует использовать выражение $I_{0, \text{ВЫХ}} = P_{\text{ВХ}} / K_p$, где $P_{\text{ВХ}} = \sqrt{3} I_{\text{ВХ}} U_{\text{ВХ}} \cos \varphi$ - активная мощность на входе ИП; $K_p = \frac{I_{\text{ВЫХ.НОМ}}}{\sqrt{3} I_{\text{ВЫХ.НОМ}} U_{\text{ВХ.НОМ}}}$ - коэффициент преобразования ИП.

Характеристику необходимо построить при изменении угла сдвига фаз φ от $\varphi = \pi/2$ до $\varphi = \pi/2$.

К пункту 7. Принять $I_a = 0$, $I_c = I_{\text{ВХ.НОМ}}$, $U_{\text{АВ}} = U_{\text{СВ}} = U_{\text{ВХ.НОМ}}$, $\varphi = (I_{\Phi} \wedge U_{\Phi}) = 0$

Работа в лаборатории

1. Экспериментальное построение характеристики вход-выход ИП Е842. Сравнение экспериментально полученной характеристики с рассчитанной в предварительном отчете.
2. Оценка влияния сопротивления нагрузки на значение входного тока ИП Е842.
3. Экспериментальная оценка постоянной времени ИП Е842.
4. Экспериментальное построение характеристики вход-выход ИП Е825
5. Оценка влияния сопротивления нагрузки на значение входного тока ИП Е825.
6. Снятие осциллограмм входного, выходного и промежуточного сигналов в структурной схеме ИП Е925. Сравнение полученных осциллограмм с осциллограммами в предварительном отчете.
7. Экспериментальная оценка постоянной времени ИП Е825.
8. Экспериментальное построение зависимости $I_{0, \text{ВЫХ}} = f(\varphi)$ ИП Е829. Сравнение экспериментально полученной зависимости с расчетной.
9. Снятие осциллограмм входного тока, выходного и промежуточных сигналов в структурной схеме ИП Е829. Сравнение полученных осциллограмм с осциллограммами из предварительного отчета.
10. Экспериментальная оценка постоянной времени ИП Е829.
11. Замер выходного тока ИП Е829 при нулевом значении одного из выходных токов ИП и номинальном значении другого. Сравнение полученного значения с расчетным.

Методические указания

При выполнении работы в лаборатории схемы собираются при отключенном источнике питания стенда и проверяются преподавателем.

К пункту 1. Переключатель SAC стенда (рис. 3) устанавливается в положение J, рукоятка “Непрерывное” – в левое крайнее положение; переключатель SA устанавливается в положение, соответствующее номинальному сопротивлению нагрузки ИП. Посредством гибких проводников с наконечниками входные контактные гнезда ИП тока подключаются к контактными гнездам J(U) стенда, а выходные – к сопротивлению нагрузки. Собранная схема проверяется преподавателем, после чего выключателем Q стенд включается. Рукояткой “Непрерывное” входной ток ИП

изменяется от 0 до 1 А. В указанном диапазоне фиксируется 5-6 точек проходной характеристики. При этом, цифровым вольтметром PV1 контролируется значение входного тока (показание вольтметра пропорциональны входному току), а узкопрофильным миллиамперметром PA измеряется выходной ток ИП.

К пункту 2. Снимаем зависимость выходного тока ИП (при $I_{BX}=1A$) от сопротивления нагрузки R_H , изменяемого переключателем SA.

К пункту 3. Оценка постоянной времени производится по осциллограммам напряжения на сопротивлении нагрузки R_H . Для этого вход осциллографа подключается к резистору R_H , сопротивление которого устанавливается равным номинальному. При входном токе $I_{BX}=1A$ отключается выключатель питания стенда Q и копируется с экрана осциллографа процесс изменения выходного напряжения. Аналогичная осциллограмма копируется при включении выключателя Q. Длительность процессов изменения выходного напряжения определяется по экрану осциллографа при помощи "Отметчика времени".

К пункту 4. Переключатель SAC устанавливается в положение U. Входное напряжение изменяется в диапазоне от 0 до 100 В. Все остальное выполняется аналогично п.1.

К пункту 5. Выполняется аналогично п.2. при $U_{BX}=100 В$.

К пункту 6. Осциллограммы копируются с экрана осциллографа при его подключении к соответствующим контактным гнездам при $U_{BX}=100 В$.

К пункту 7. Выполняется аналогично п.3 при $U_{BX}=100 В$.

К пункту 8. Контактные гнезда стенда U_a, U_b, U_c, I_a, I_c подключаются к соответствующим контактным гнездам ИП мощности. Сопротивление нагрузки R_H равно номинальному. Рукояткой "Изменение фазы" изменяется угол между токами и напряжениями на входе ИП мощности. Точки характеристики фиксируются через 15^0 в диапазоне углов от 0 до π .

К пункту 9. Схема собирается в соответствии с указаниями к п.8. Значение " φ " устанавливается равным нулю. Осциллограммы копируются с экрана осциллографа.

К пункту 10. Опыт выполняется по п.9 с указаниями к п.3.

К пункту 11. В схеме по п.10 размыкается одна из токовых цепей (например, цепь тока I_A) путем исключения из схемы проводника.

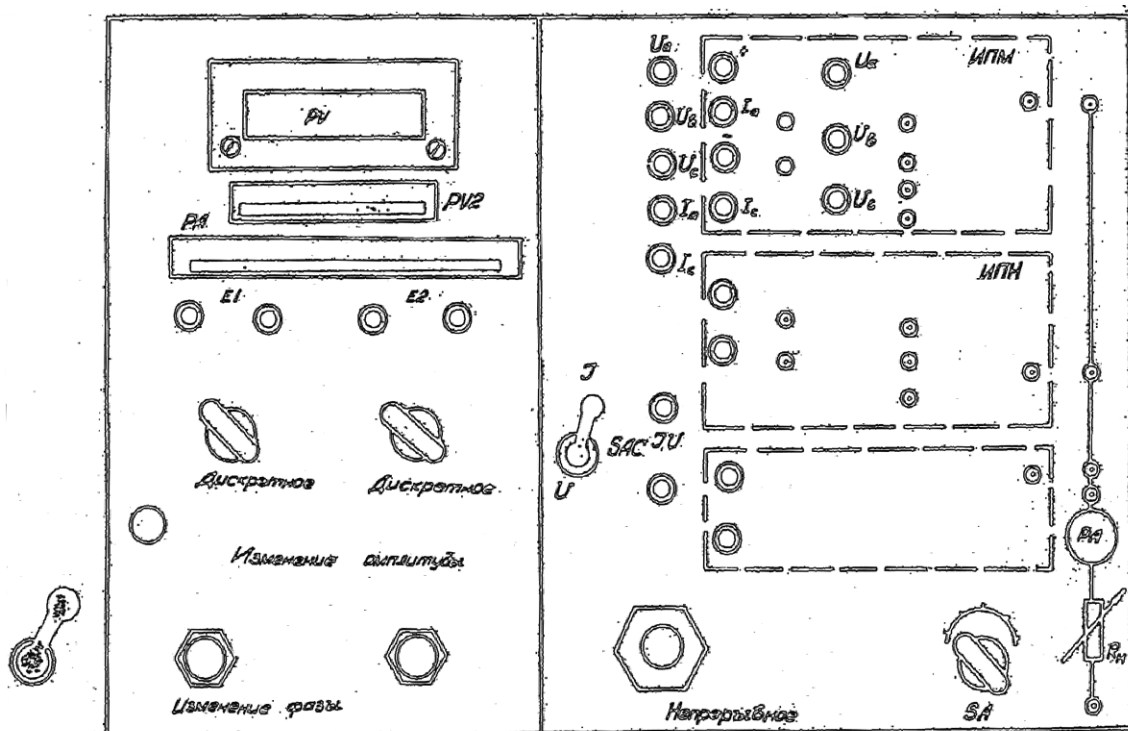


Рис. 3. Схема установки

5.6. СПОСОБЫ РАЗДЕЛЕНИЯ СИГНАЛОВ В УСТРОЙСТВЕ ТЕЛЕСИГНАЛИЗАЦИИ

1. Назначение и содержание работы:

Теоретическая часть работы включает изучение принципов разделения сигналов и каналов в устройстве телесигнализации (УТС), способов осуществления синхронизации и синфазирования распределителей импульсов, а также цевку основных свойств исследуемого УТС.

Экспериментальная часть работы предусматривает исследование передачи информации в УТС, осциллографирование процессов в передающем и приемном полукомплектах как в нормальном режиме УТС, так и при возможных нарушениях (обрывах проводов линии связи, нарушении синхронизма и синфазности работы распределителей, переводе распределителя приемного полукомплекта из старт - стопного в непрерывный режим). На основании экспериментальных данных проводится анализ влияния принципов организации разделения сигналов на свойства и область применения изучаемого УТС.

2. Задание на подготовку к работе и выполнение предварительного отчета:

2.1. Ознакомиться с принципами разделения сигналов и каналов в УТС по (1,2) и изучить описание лабораторного стенда по (1).

2.2. Произвести расчет амплитуды импульсов на выходах распределителей импульсов УТС.

2.3. Построить временную диаграмму работы обоих полукомплектов УТС при передаче заданной комбинации сигналов, соответствующей номеру вашего варианта N в двоичном коде с учетом запаздывания импульсов в канале связи и приемном реле. Принять значение $\Delta t_{KC} = 5 + 0.5 N$, мс,

где N - варианта. Значение $\Delta t_{KC} = CONST$

2.4. Проанализировать зависимость случайного времени ожидания опроса в УТС на КП при передаче информации о включения одного из выключателей в зависимости от момента времени на диаграмме по п.2.3. Значение $\Delta t_{УТС}$, очевидно, является случайной величиной.

2.5. С учетом данных п.п. 2.3 и 2.4 изобразить плотность распределения результирующего замедления в передаче информации с помощью УТС $\Delta t_{ИНФ} = \Delta t_{УТС} + \Delta t_{KC}$ то есть нарисовать график зависимости вероятности $p(t)$ того, что $t_{ИНФ} = \Delta t_{ИНФ}$.

2.6. Из распределения $\Delta t_{ИНФ}$ определить его наибольшее, наименьшее и среднее значение.

2.7. По данным п.п. 2.5 и 2.6 определить вероятность того, что с помощью УТС будет зафиксирован цикл успешного АПВ одного из контролируемых выключателей.

2.8. По данным п. 2.6 определить вероятность того, что с помощью УТС будет зафиксирован факт включения на КЗ в зоне действия защиты без выдержки времени.

2.9. Найти длину $\Delta \phi_{сиф}$ диапазона синфазной работы распределителей импульсов с учетом искажения длительности импульсов в процессе приема. Оцените возможность применения УТС на электропередаче, работающей с предельными по условиям статической устойчивости углами.

2.10. Нарисовать временную диаграмму работы полукомплектов УТС при обратном направлении переключений выходов распределителя импульсов на КП (обратный ход).

2.11. Используя диаграмму п. 2.10, составить таблицу соответствия переключателей B_1 , B_2 и B_3 на КП и управляемых ими ламп L_1 , L_2 и L_3 на ДП при обратном ходе распределителя импульсов на КП.

2.12. Разработать методику опытов и форму таблиц для экспериментального исследования работы УТС при отсутствии синхронизма, но сохранении синфазности работы распределителей импульсов обоих полукомплектов УТС. Опыт выполняется при переводе РИ ДП из старт- стопного в непрерывный режим с помощью многократного реверса РИ КП или коммутациях оперативного питания УТС.

2.13. Подготовить устные ответы на контрольные вопросы для допуска к работе (6).

3. Методические указания к выполнению предварительного отчета:

К п. 2.2. Используя принципиальную схему УТС в (1), составить расчетную схему. Искомая амплитуда равна падению напряжения, создаваемого катодным током декатрона в катодном резисторе. При этом напряжение питания декатрона 620 В уравнивается

напряжением на катодном резисторе - 100 кОм , на анодном резисторе - 1.5 мОм и напряжением на промежутке анод - горящий катод декартона - 140 В . Входное сопротивление линии связи принимается равным бесконечности (холостой ход распределителя).

К п. 2.3. Временная диаграмма строится как в (1), для комбинации сигналов, соответствующей номеру вашего варианта в двоичном коде (например, № 2 = 101, или № 10 = 5).

К п. 2.4 - 2.8. Переключение контролируемого выключателя происходит независимо от УТС и поэтому с равной вероятностью попадает в любую точку на оси времени диаграммы п. 2.3. Искомое распределение $\Delta t_{\text{ИИФ}}$ обусловлено суммой детерминированного запаздывания $\Delta t_{\text{КС}}$ и случайного времени ожидания опроса при временном разделении сигналов $\Delta t_{\text{УТС}}$. При оценке быстродействия принять: $t_{\text{С,АПВ}}=0.5\text{с}$; $\Delta t_{\text{ВКЛ.В}}=0.1\text{с}$; $t_{\text{С,ОТКЛ}}=0.1\text{с}$; $t_{\text{ОТКЛ.В}}=0.05\text{с}$

К п. 2.9. Изменения длительности прямоугольных сигналов возникают в результате детерминированных и случайных искажений формы импульсов в процессе передачи и приема. При решении задачи изобразить эпюры напряжений на входе и выходе приемного реле 2Р с учетом заданных $t_{\text{СР}}$, $t_{\text{ВР}}$ и без учета искажений формы импульсов в КС. Значения переменных принять в зависимости от номера Вашего варианта N : $t_{\text{СР}}=N \text{ мс}$; $t_{\text{ВР}}=0.5 N \text{ мс}$.

Принять, что лампы индикации в приемном полукомплекте УТС на ДП загораются, если длительность существования импульса от РИ ДП на аноде и от приемного реле 2Р на катоде не менее 1 мс . Работа РИ ДП и КП является синфазной, если обеспечивается возможность загорания ламп индикации. При изменении угла между напряжениями на 1 и 2 подстанциях взаимное временное положение импульсов на анодах и катодах ламп индикации изменяется. При решении задачи изобразить на диаграмме возможные взаимные положения импульса по оси времени на катоде лампы индикации относительно импульса на ее вводе. Определить разность во времени между крайними положениями. Искомый диапазон синфазной работы в эл.градусах рассчитывать по формуле: $\Delta \phi_{\text{синф}}=360*\Delta t/20 \text{ эл.град}$.

К п. 2.12. Имеется два основных варианта опытов:

1) перевод из стартстопного в непрерывный режим РИ ДП в процессе работы УТС, нарушение синхронизма может произойти из-за помех в КСС;

2) включение УТС в работу в условиях, когда РИ ДП заранее переведен в непрерывный режим. Для набора статических данных включение делается многократно, до 100 раз.

Целью опытов должна быть оценка работы УТС в части правильности телесигнализации, контроля синхронизации полукомплектов.

Целесообразно для каждого варианта взаимного несинхронного расположения номеров возбужденных катодов РИ КП и РИ ДП продумать взаимосвязь положения переключателей В1, В2 и В3 на КП и ламп индикации Л1, Л2 и Л3 на ДП. Оценить вероятности возникновения различных вариантов взаимного расположения номеров возбужденных катодов на КП и УП.

При многократных включениях УТС определить экспериментально количество случаев возникновения каждого из возможных вариантов взаимного расположения номеров возбужденных катодов на КП и ДП.

4. Задание на работу в лаборатории:

4.1. Выполнить соединения проводами в КС и КСС.

4.2. Подать питание на стенд. Включить осциллограф. Перевести РИ КП в режим прямого хода, а РИ ДП в стартстопный режим.

4.3. Экспериментально найти и изобразить на диаграмме диапазон синфазной работы полукомплектов по углу $\delta_{1,2}$, между напряжениями подстанций 1 и 2. Сравнить с данными в предварительном отсчете. Оценить возможность использования УТС на электропередаче, работающей с предельными по статической устойчивости углами $\delta_{1,2}$.

4.4. С помощью осциллографа исследовать импульсы:

1) на входе КС (цепь КС разомкнута); 2) на входе КС (цепь КС замкнута); 3) на аноде лампы индикация ДП.

Зарисовать эпюры импульсов, сделать измерения и отметить на эпюрах их длительность и амплитуды. Сравнить с расчетными значениями.

4.5. С помощью осциллографа снять осциллограммы серии сигналов в КС при различных положениях выключателей на КП.

Составить таблицу соответствий переключателей $B1$, $B2$ и $B3$ и управляемых каждым из них ламп индикации $L1$, $L2$ и $L3$.

4.6. Провести опыты многократных переключений одного из выключателей на КП. Оценить быстрдействие УТС.

4.7. Реализовать опыты перевода РИ КП в режим «обратного хода». По экспериментальным данным заполнить таблицу соответствия переключателей $B1$, $B2$ и $B3$ и управляемых каждым из них ламп индикации $L1$, $L2$ и $L3$. Сравнить с результатом домашней подготовки (п. 2.11.). Объясните причину расхождений.

4.8. Выполнить исследование по пункту 2.12.

5. Методические указания к работе в лаборатории:

К п. 4.3. Включить тумблеры $B1$ - $B3$. Вращая ручку фазовращателя, определить диапазон синфазной работы распределителей, в пределах которого обеспечивается устойчивая правильная телесигнализация положения $B1$ - $B3$. Все остальные опыты делать, установив на фазовращателе среднее значение найденного диапазона.

К п.4.4. Осциллограф перевести в режим «Внешняя синхронизация», подав на соответствующий вход импульсы из КСС. Измерения параметров исследуемых импульсов удобно делать при включении источника калиброванного сигнала - положительных прямоугольных импульсов амплитудой $15B$ и длительностью $10мс$.

6. Контрольные вопросы для допуска к работе:

1. Как включить стенд и осциллограф, основные правила техники безопасности работы на стенде?

2. Как изменяется и измеряется угол $\delta_{1,2}$?

3. Как измерить длительность и амплитуду импульсов?

4. Как осуществить синхронизацию осциллографа с УТС?

5. Какие вы знаете способы разделения сигналов и какие из них применимы в данном УТС?

6. Какова частота следования сигналов синхронизации (в герцах)?

7. Может ли однократная импульсная помеха привести к длительному искажению? При воздействии на КС? На КСС?

8. Почему при кратковременном срабатывании реле $2P$ не загораются все три лампы индикации на ДП?

9. Какова информационная производительность КП и требуемая пропускная способность КС? В чем причина несоответствия?

10. Какова область применения УТС с синхронным питанием от общей силовой сети, передающего и приемного полукомплектов?

11. Почему нецелесообразен непрерывный режим РИ ДП?

5.7. РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ТРЕНАЖЕРЕ «СОВЕТЧИК ДИСПЕТЧЕРА»

Данная система предназначена для решения технологических задач Службы режимов (ЦДС) посредством автоматической выработки рекомендаций по изменению электрической сети путем коммутации ее элементов и (или) уровня генерации, а также напряжений в узлах таким образом, чтобы в рекомендуемой схеме были устранены перегрузки и режим удовлетворял требованиям качества отпускаемой электроэнергии. Рекомендуемая схема может быть проверена на соответствие ряду критериев, таких, как допустимый уровень токов коротких замыканий, количество привязок узлов схемы к сети 220-500 кВ, диапазон отклонений напряжений узлов от номинала и т.д. Также существует и возможность ручного управления процессом выработки решения с проверкой корректности выработанного варианта действий.

При работе в режиме диалога «Советчик диспетчера» позволяет:

- провести запуск автоматического поиска вариантов переключений и/или изменений генерации в узлах системы, в результате которых перегрузки будут устранены;
- провести запуск автоматического расчета коэффициентов трансформации в устройствах с РПН для устранения перегрузок;
- провести запуск автоматического расчета модулей напряжений в узлах с фиксированным модулем для устранения нарушений ограничений по напряжению и по реактивной мощности и для снятия перегрузок в ЛЭП;
- коммутировать элементы схемы (линии электропередачи, ветви с трансформаторами, шиносоединительные выключатели);
- изменить параметры генераторов (активную и реактивную мощность);
- изменить параметры нагрузок схемы;
- изменить модуль напряжения в узле с фиксированным модулем;
- выполнить расчет установившегося режима в схеме и вывести результаты расчета на экран;
- вывести на экран узлы с нарушениями по напряжению и нарушениями пределов по реактивной мощности генераторов;
- выполнить расчет токов короткого замыкания в узлах схемы, сопоставить его с разрывной способностью выключателей и вывести результаты расчета на экран;
- выполнить расчет минимального количества привязок узлов схемы, определенных пользователем, к сети 220 кВ и 500 кВ и вывести результаты расчета на экран;
- выполнить расчет перетоков мощности по заданным сечениям, создавать новые сечения и редактировать существующие;
- запомнить произвольное число анализируемых схем, с целью последующего их анализа.

При соответствующих доработках система "Советчик Диспетчера" может быть использована:

- при обработке заявок на вывод оборудования в ремонт;
- для подготовки схем на максимум и для перспективного развития;
- при ведении оперативной схемы сети;
- как инструмент для противоаварийных тренировок оперативного персонала.

«Советчиком...» может пользоваться дежурный диспетчер при аварии, если при этом возникла перегрузка в некотором элементе энергосистемы, или персонал службы режимов, рассматривающий заявки на вывод оборудования в ремонт.

При ликвидации аварии диспетчер может воспользоваться инструкциями, которые имеются на ЦДП, или будет определять действия по своему индивидуальному пониманию режима, существующего в сети. И то и другое, как правило, не соответствует тому состоянию системы, которое имеет место в данный конкретный момент. Режимы и схема сети могут отличаться от тех режимов и схем, для которых вырабатывались рекомендации или на которых основывался опыт. Причины могут быть различными: уровень генерации, нагрузки, состав генерирующего оборудования, отключенное оборудование и т.п.

В то же время каждый из перечисленных факторов может существенно повлиять на выбор противоаварийных воздействий. Например, состав генерирующего оборудования определяет возможности его разгрузки либо дополнительной выработки активной мощности для изменения потокораспределения в желательном направлении. Низкий уровень нагрузки может привести к действиям, отличающимся от действий, которые нужно было бы совершить в моменты максимальной нагрузки. Кроме того, среди различных вариантов ликвидации аварии может быть выбран наилучший с точки зрения определенного критерия: надежности, минимума потерь в сети, минимального экономического ущерба и др.

На основе одного из вариантов “Советчика диспетчера ЦДП энергосистемы” разработан “**Программный комплекс для проведения тренировок и соревнований оперативно-диспетчерского персонала энергосистемы**”. Тренажер для оперативно-диспетчерского персонала построен для нормальной и аварийной схемы в некоторой энергосистеме “Тренэнерго”, в которой необходимо проведение оперативных переключений или возникла авария по заданному сценарию.

На дисплее отображаются два основных окна: **окно детальной схемы** и **навигационное окно**, показывающее фиолетовой рамкой текущее относительное расположение детальной схемы на общей.

Строка меню содержит пункты меню СОВЕТЧИКА ДИСПЕТЧЕРА. При выборе одного из пунктов возникает дополнительный список команд:

"Сохранить" - Сохранение текущего состояния схемы.

"Восстановить" - Восстановление состояния схемы.

"Выход" - Выход из программы.

"?" - Вывод на экран краткой справки о СОВЕТЧИКЕ ДИСПЕТЧЕРА и информации о разработчиках системы.

"Настройка" - Вывод на экран параметров работы ЭКСПЕРТА. Параметры можно изменять.

"Токи К.З." - Вывод на экран сообщения об изменении уровня токов короткого замыкания в измененной схеме по сравнению с невозмущенным режимом.

"Перегрузки" - Вывод на экран списка перегруженных линий

"Ограничение U_{\min} , U_{\max} " - Вывод на экран списка узлов с нарушенным ограничением допустимого напряжения.

"Ограничение Q_{gen} " - Вывод на экран списка узлов с нарушенным ограничением генерации реактивной мощности.

"Получить схему" - Вызов программы подготовки новой расчетной схемы.

В верхней и нижней частях экрана расположены **информационные строки** и ряд кнопок.

Нижняя информационная строка содержит имя выбранного мышью объекта схемы.

Верхняя информационная строка содержит имя выделенного мышью объекта схемы.

Назначения кнопок:

"ПАРАМЕТРЫ" - Вывод на экран в отдельное окно параметров выбранного объекта схемы

"СЧЕТ" - Запуск расчета режима.

"ЭКСПЕРТ" - Запуск ЭКСПЕРТА. Кнопка активизируется, если при расчете режима обнаружены перегруженные ветви.

"СОВЕТ" - Просмотр решений ,найденных ЭКСПЕРТОМ. Кнопка активизируется, если решения найдены.

"ПРИЕМ" - Прием или отказ от найденных решений.

"СБРОС" - Сброс программы в исходное(невозмущенное) состояние.

Управление объектами

Управление объектами заключается в нахождении объекта, выбора объекта, получения информации о параметрах объекта, в возможности изменения состояния и (или) параметров объекта.

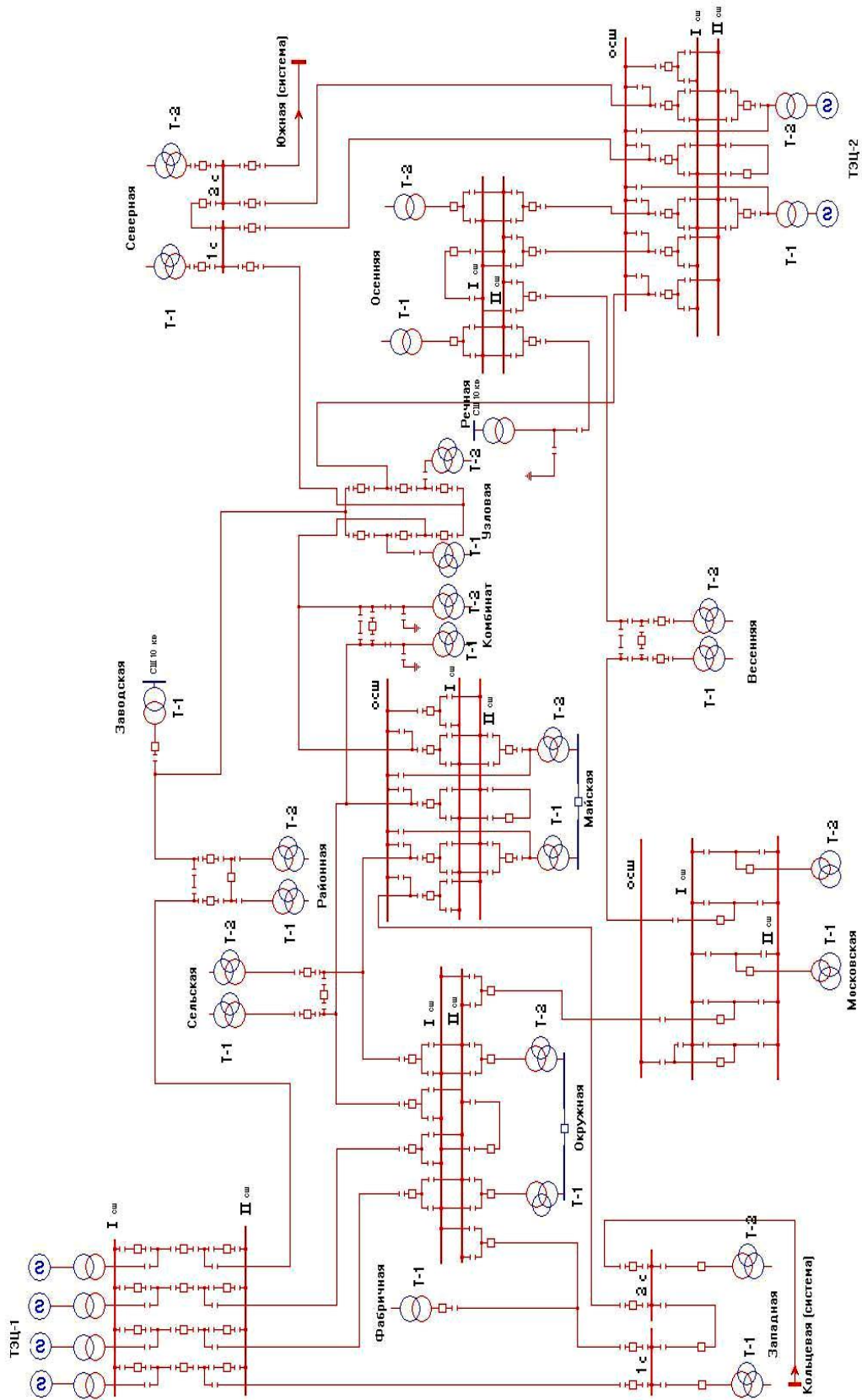


Рис. 4. Исходная электрическая схема «Грэнэнгеро»

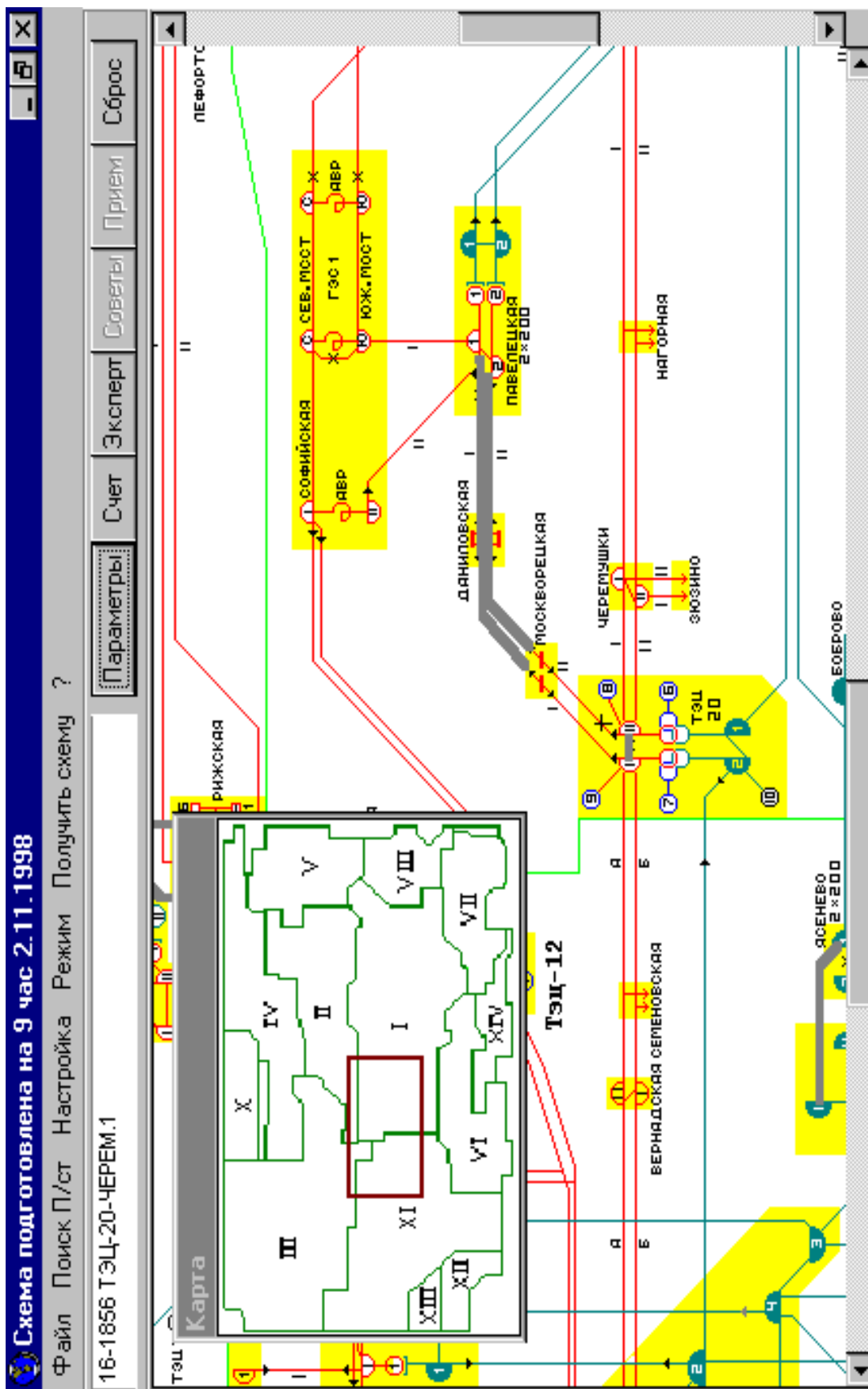


Рис. 5. Детальная схема «Гренэнгеро»

Общее правило работы с объектами:

1. с помощью мыши находится объект (имя объекта появляется в нижней информационной строке);
2. левой кнопкой мыши выделяется объект (при этом имя объекта появится в верхней информационной строке);
3. возможно получить информацию о параметрах объекта и изменить его состояние и допустимые параметры в пункте меню "Параметры";
4. если объект является узлом (шиной) сети, то при его нахождении (при нажатии правой кнопкой мыши), появится окно с потоками, подсоединенными к данному узлу.

Ниже все описанные операции описаны более подробно.

Перемещение по схеме.

Перемещая курсор внутри навигационного окна и нажимая левую клавишу мыши, можно изменять относительное расположение детального окна. Нажатие правой клавиши мыши в навигационном окне вызывает перемещение видимой части схемы так, что точка, на которой была нажата правая клавиша, перемещается в центр экрана.

Можно также использовать горизонтальные и вертикальные линейки прокрутки окна детальной схемы.

Выбор объекта схемы.

При попадании курсора в область окна детальной схемы, он принимает вид двух концентрических колец.



При передвижении курсора и попадании его на какой-либо объект на схеме он превращается в "прицел".



При попадании курсора на коммутационный аппарат курсор принимает вид "руки с указательным пальцем".



Совпадение курсора с объектом вызывает появление в нижней информационной строке названия объекта.

Нажатие левой клавиши мыши (при совпадении курсора с объектом) вызывает появление в верхней информационной строке названия выбранного объекта.

Состояние объекта схемы.

Выбрав объект, можно нажать с помощью мыши кнопку "ПАРАМЕТРЫ" в верхней строке экрана. В зависимости от типа выбранного объекта появится окно текущих параметров узла, линии, трансформатора.

Для узла отображается следующая информация (см. рис. 6): напряжение, модуль напряжения (в узле с фиксированным модулем), фаза, P и Q генерации, P и Q нагрузки. На рисунке напряжение в узле не совпадает с величиной фиксированного модуля, т.к. было нарушено ограничение по реактивной мощности;

СОСТОЯНИЕ УЗЛА	
1848 ТЭЦ-20 БЛ10 10КВ	
Напряжение U =	9.80
U =	9.80
Фаза φ =	-1.993
P ген =	93.07
P нагр =	8.80
Q ген =	0.00
Q нагр =	7.90
СБРОС ОК	

Рис. 6. Окно состояния узла

При нахождении узла, путем нажатия правой кнопки мыши, вызывается окно с потоками, подсоединенными к данному узлу:



Для линии (рис. 7) выдается информация о напряжении, текущем и максимальном токах (при отсутствии ограничения по току, выдаются символы "*****"), состоянии линии (вкл., откл., заблокировано изменение), коэффициенте перегруженности линии.

Для трансформаторной ветви (рис. 8) выдается информация о напряжении первичной и вторичной обмотки, текущем и максимальном токах (при отсутствии ограничения по току, выдаются символы "*****"), коэффициенте перегруженности трансформаторной ветви, коэффициенте трансформации, состоянии линии (вкл., откл., заблокировано изменение).

Рис. 7. Окно состояния линии

Рис. 8. Окно состояния трансформатора

Изменение состояния и параметров объекта схемы.

Для выбранного узла схемы можно изменить параметры мощности Р и Q генератора, мощности Р и Q нагрузки, модуль напряжения. Для линии или трансформатора можно изменить состояние (с блокировкой или без нее), максимальный ток, коэффициент трансформации.

При нажатии на кнопку "ОТМЕНА" изменение принято не будет и окно параметров закроется. При нажатии кнопки "ОК" окно закроется, а внесенное изменение отразится на схеме выделением объектов синим цветом.

Изменение состояния ветви (вкл, откл) можно добиться как путем "нащупывания" курсором объекта, нажатием правой мышки, открытием окна "Параметры" и нажатием соответствующей радиокнопки (вкл, откл, заблокировать).

Расчет режима в измененной схеме.

Для того, чтобы рассчитать режим в схеме с внесенными изменениями или без них, необходимо нажать кнопку "СЧЕТ". После окончания расчета (о времени расчета можно судить по окну с секундомером), появляется окно с одним из следующих сообщений:

1. Нет перегрузок. Есть перегрузки. Аварийное завершение расчета.

Если при расчете режима обнаружены перегруженные ветви, то они выделяются на карте красным цветом. По окончании расчета состояние элементов схемы будет соответствовать рассчитанному режиму.

При аварийном завершении расчета схема автоматически возвращается в состояние, предшествующее выполнению расчета. Аварийное завершение расчета возникает, как правило, из-за нарушения связности схемы, причиной которого может являться коммутация, приводящая к появлению изолированного от балансирующего узла куска схемы, в частности, узла.

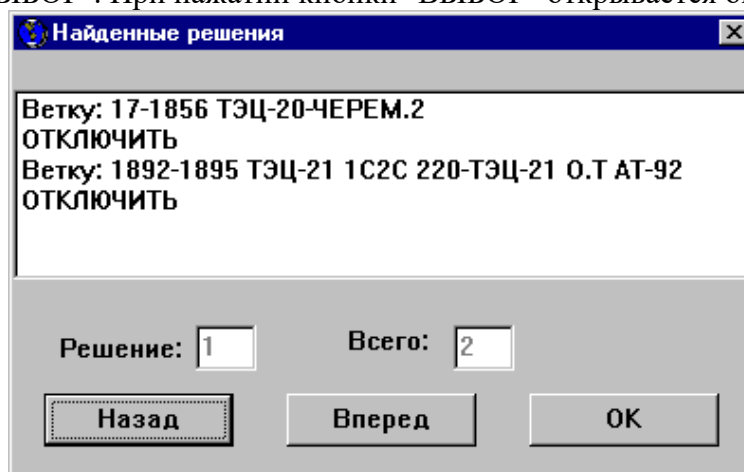
Получение совета "ЭКСПЕРТА".

При наличии перегруженных ветвей можно запросить совет по ликвидации перегрузки, нажав кнопку "ЭКСПЕРТ".

Возможны следующие ситуации: 1. Нет решения. 2. Есть решение.

При отсутствии решения схема автоматически возвращается в состояние, предшествующее выполнению расчета.

Если обнаружено решение, то по окончании работы программы поиска решений станет доступной кнопка "ВЫБОР". При нажатии кнопки "ВЫБОР" открывается окно совета.



При наличии решений в окне совета будут описаны дополнительные изменения к схеме. Кнопками "ВПЕРЕД" и "НАЗАД" можно переходить от одного решения к другому. При выборе конкретного решения нажмите кнопку "ОК". На схеме синим цветом будут выделены исходно измененные объекты, а зеленым - объекты, отключенные (включенные) ЭКСПЕРТОМ. При этом электрические параметры всех объектов схемы соответствуют данному состоянию. В это время новых изменений вносить нельзя. Можно снова нажать кнопку "ВЫБОР" и рассматривать другое решение (если таковое имеется), либо нажатием кнопки "СБРОС" принять совет или вернуться к исходному состоянию.

Возможна ситуация, когда решение не нашлось. Это может быть связано с ограничением счетного времени, с точностью, которой должно удовлетворять решение Положение может быть исправлено корректировкой параметров ЭКСПЕРТА (см. Настройка параметров "ЭКСПЕРТА").

Принятие совета и отказ от советов "ЭКСПЕРТА".

Принятие совета "ЭКСПЕРТА" осуществляется путем нажатия на кнопку "ПРИЕМ" при просмотре выбранного решения. На вопрос "ПРИНЯТЬ СОВЕТ?" можно ответить "ДА". После принятия совета объекты, состояние которых было изменено "ЭКСПЕРТОМ", окрасятся в синий цвет и станут возможно снова изменять состояние объектов схемы. Если ответить "НЕТ", то схема возвращается в состояние, предшествующее выполнению расчета.

Настройка параметров "ЭКСПЕРТА".

Для настройки параметров "ЭКСПЕРТА" выберите в главном меню пункт "ОПЦИИ". При этом открывается окно "ПАРАМЕТРЫ ЭКСПЕРТА", в котором содержатся параметры работы "ЭКСПЕРТА". Эти параметры можно изменять, редактируя соответствующее поле.

Сохранение и восстановление состояния схемы.

При необходимости текущее состояние схемы можно сохранить и восстановить снова. Для этого служат пункт меню "ФАЙЛ" и подпункты "СОХРАНИТЬ" и "ВОССТАНОВИТЬ". Нельзя проводить сохранение или восстановление схемы, если идет просмотр найденных советов. Необходимо либо принять совет или отказаться от советов.

Параметры Эксперта	
Max. время поиска, с	20
Доп. перегрузка	5
Max. число решений	100
Режим поиска	
<input checked="" type="checkbox"/> Коммутации Увеличить, %	11
<input checked="" type="checkbox"/> Генерация Уменьшить, %	25
OK	

Характеристики режима.

Пользователь может получить данные о следующих характеристиках режима:

- Увеличение токов короткого замыкания;
- Наличие и состав перегрузок;
- Выход напряжения в узлах схемы за заданные пределы;
- Выход генерации реактивной мощности в генераторах схемы за заданные пределы;
- Нарушение числа привязок заданного узла к шинам 220(500)кВ.

Увеличение токов короткого замыкания.

При выборе в главном меню пункта "Токи К.З." открывается окно "Токи К.З.", содержащее имена узлов, в которых уровни токов превышены на 10% и более по сравнению с невозмущенным режимом.

Токи К.З.	
Узел	Т.К.З.кА
16 ЗЮЗИНО Т-2	30.2
17 ЗЮЗИНО Т-1	30.2
26 КОЖУХОВО 1СШ 110	23.5
40 НАГОРНАЯ Т-1	28.4

Токи К.З.	
Ветка	Т.К.З.кА
26-29 КОЖУХОВО Т-1 110	23.1
26-92 КОЖУХОВО 1СШ 110-КОЖУХОВО О.Т Т-4	22.7
26-1821 ТЭЦ-9 Т-1 110 КВ	22.3
26-1805 КОЖУХОВО 1СШ 110-РАУШСКАЯ ЮЖ.СЕК	22.2

OK

Наличие и состав перегрузок.

При выборе в главном меню пункта "Перегрузки" открывается окно "Перегрузки", содержащее имена перегруженных веток.

Перегрузки	
17-1856 ТЭЦ-20-ЧЕРЕМ.2	
397-1905 ТЭЦ-21-БУТ.С ОТП	

OK

Выход напряжения в узлах схемы за заданные пределы.

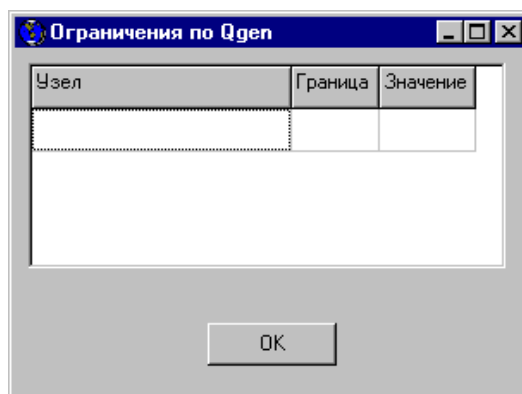
При выборе в главном меню пункта "Ограничение U_{\min} , U_{\max} " открывается окно "Нарушение ограничения U_{\min} , U_{\max} ", содержащее имена узлов, в которых произошел выход напряжения за заданные границы.

Ограничения по напряжению		
Узел	Граница	Значение
358 БУТЫРКИ СК1,2 Т5	6.93	7.28
706 БЕЛОМУТ	99.00	97.35
806 ДВОЙНЯ	99.00	92.05
815 МОХ	99.00	92.37
818 РАДОВИЦЫ	99.00	93.41
1603 КЛЕПИКИ	99.00	91.46

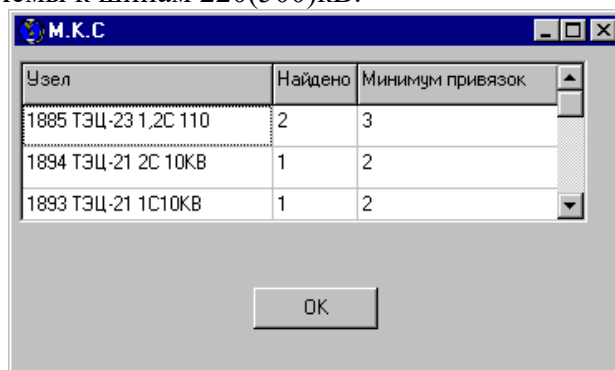
OK

Выход генерации реактивной мощности в генераторах схемы за заданные пределы.

При выборе в главном меню пункта "Ограничение Q_{gen} " открывается окно "Нарушение ограничения Q_{gen} ", содержащее имена узлов, в которых произошел выход генерации реактивной мощности за заданные границы.



Нарушение числа привязок заданного узла схемы к шинам 220(500)кВ. При выборе в главном меню пункта "М.К.С" открывается окно "М.К.С.", содержащее имена узлов, в которых произошло нарушение числа привязок заданного узла схемы к шинам 220(500)кВ.



[Назад.](#)

Переход на другую расчетную схему. Для перехода на другую расчетную схему выберите в главном меню пункт "Получить схему". При этом открывается окно установки даты и времени, в котором необходимо установить нужную дату и выбрать нужное время.



[Назад.](#)

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Методические рекомендации по изучению теоретического курса

В процессе изучения лекционного материала рекомендуется использовать опорные конспекты, учебники и учебные пособия.

Подготовка к самостоятельной работе над лекционным материалом должна начинаться на самой лекции. Умение слушать, творчески воспринимать излагаемый материал - это необходимое условие для его понимания, но недостаточно только слушать лекцию. В процессе лекционного занятия необходимо выделять важные моменты, выводы, анализировать основные положения. Если при изложении материала преподавателем создана проблемная ситуация, пытаться предугадать дальнейший ход рассуждений. Это способствует лучшему усвоению материала лекции и облегчает запоминание отдельных выводов.

Однако, как бы внимательно студент не слушал лекцию, большая часть информации вскоре после восприятия будет забыта. Лекцию необходимо конспектировать. Таким образом, на лекции студент должен совместить два момента: внимательно слушать лектора, прикладывая максимум усилий для понимания излагаемого материала и одновременно вести его осмысленную запись. При этом лекция не должна превращаться в урок-диктант. Не надо стремиться подробно слово в слово записывать всю лекцию, конспектируйте только самое важное. Старайтесь отфильтровывать и сжимать подаваемый материал. По возможности записи ведите своими словами, своими формулировками.

Конспект лекций должен быть в отдельной тетради. Тетрадь для конспекта лекций также требует особого внимания. Ее нужно сделать удобной, практичной и полезной, ведь именно она является основным информативным источником при подготовке к различным отчетным занятиям, зачетам, экзаменам. Целесообразно отделить поля, где можно бы изложить свои мысли, вопросы, появившиеся в ходе лекции. Полезно одну из страниц оставлять свободной. Она потребуется потом, при самостоятельной подготовке. Сюда можно будет занести дополнительную информацию по данной теме, полученную из других источников.

После прослушивания лекции необходимо проработать и осмыслить полученный материал. От того насколько эффективно студент это сделает, зависит и прочность усвоения знаний, и, соответственно, качество восприятия предстоящей лекции, так как он более целенаправленно будет её слушать.

Перед каждой последующей лекцией рекомендуется просмотреть материал по предыдущей лекции. Опыт показывает, что предсессионный штурм непродуктивен, материал запоминается ненадолго. Необходим систематический труд в течение всего семестра.

Подготовка к лабораторным занятиям

Лабораторные занятия – это одна из разновидностей практического занятия, являющаяся эффективной формой учебных занятий в организации высшего образования.

Лабораторные занятия имеют выраженную специфику в зависимости от учебной дисциплины, углубляют и закрепляют теоретические знания. На этих занятиях студенты осваивают конкретные методы изучения дисциплины, обучаются экспериментальным способам анализа, умению работать с приборами и современным оборудованием.

Лабораторные занятия дают наглядное представление об изучаемых явлениях и процессах, студенты осваивают постановку и ведение эксперимента, учатся умению наблюдать, оценивать полученные результаты, делать выводы и обобщения.

Следовательно, ведущей целью лабораторных работ является овладение техникой эксперимента, умение решать практические задачи путем постановки опыта.

Для всех лабораторных работ, которые выполняют студенты, на ведущей кафедре университета составляются методические рекомендации или указания, содержащие описание лабораторной работы, порядок ее выполнения и форму отчета. Лабораторные занятия проводятся в составе академической группы с разделением на подгруппы.

Выполняя лабораторные работы, студенты лучше усваивают программный материал, так как многие определения и формулы, казавшиеся отвлеченными, становятся вполне конкретными, происходит соприкосновение теории с практикой, что в целом содействует пониманию сложных вопросов науки и становлению студентов как будущих специалистов.

Методические указания к самостоятельной работе

Одним из основных видов деятельности студента является самостоятельная работа, которая включает в себя изучение лекционного материала, учебников и учебных пособий, публикаций, первоисточников, подготовку индивидуальных заданий, выступления на групповых занятиях, выполнение заданий преподавателя.

Самостоятельная работа по изучению дисциплины делится на аудиторную и внеаудиторную.

Аудиторная самостоятельная работа выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя. Кроме того, самостоятельная работа под руководством преподавателя подразумевает консультации и помощь при выполнении индивидуального задания, консультации по разъяснению материала, вынесенного на самостоятельную проработку, консультации по выполнению типовых заданий.

Методика самостоятельной работы предварительно разъясняется преподавателем и в последующем может уточняться с учетом индивидуальных особенностей студентов. Преподаватель в начале изучения дисциплины предоставляет обучающимся список учебно-методических материалов. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций в изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых проектов и выполнении ВКР.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Студентам рекомендуется получить в научной библиотеке университета учебную литературу по дисциплине, необходимую для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины, либо воспользоваться ЭБС, указанными в рабочей программе. Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

Вся рекомендуемая для изучения курса литература подразделяется на основную и дополнительную и приводится в п. 10 рабочей программы. К основной литературе относятся источники, необходимые для полного и твердого усвоения учебного материала (учебники и учебные пособия).

Необходимость изучения дополнительной литературы, профессиональных баз данных диктуется прежде всего тем, что в учебной литературе (учебниках) зачастую остаются неосвещенными современные проблемы, а также не находят отражение новые документы, события, явления, научные открытия последних лет. Поэтому дополнительная литература рекомендуется для более углубленного изучения программного материала. Здесь целесообразно пользоваться периодическими изданиями и нормативной литературой по электроэнергетике.

Групповая и индивидуальная консультация

Разъяснение является основным содержанием данной формы занятий, наиболее сложных вопросов изучаемого программного материала. Цель – максимальное приближение обучения к практическим интересам с учетом имеющейся информации и является результативным материалом закрепления знаний. Групповая консультация проводится в следующих случаях:

когда необходимо подробно рассмотреть практические вопросы, которые были недостаточно освещены или совсем не освещены в процессе лекции;

с целью оказания помощи в самостоятельной работе.

Групповая консультация может быть проведена в режиме on-line через личные кабинеты обучающихся и преподавателя.

Индивидуальная консультация проводится по запросу обучающегося в виде контактной работы, либо в режиме on-line или off-line через электронную информационно-образовательную среду.

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в акад. часах
1	1	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий, защита лабораторных работ.	6 6 6
2	2	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий, защита лабораторных работ.	6 6 6
3		Подготовка к зачету с оценкой 7 семестр	

Вопросы к зачету с оценкой 7 семестр

1. Что называется системой ДУ и ТУ, основные понятия.
2. Условные обозначения объема ДУ и ТУ на однолинейных схемах.
3. Структурные схемы систем ДУ и ТУ.
4. Функции систем телемеханики: телеуправление (ТУ), телерегулирование (ТР), телесигнализация (ТС), телеизмерение (ТИ).
5. Основные системы ТМ применяемые в сетях 0,4-10 кВ.
6. Определение телеизмерения, основные телеизмеряемые величины в энергетике.
7. Функциональная схема ТИ.
8. Две группы сигналов для систем телесигнализации.
9. Погрешности тракта при передаче телеизмерений.
10. Сущность телеизмерений.
11. Устройство частотомера.
12. Устройство датчиков тока, напряжения, мощности.
13. Преобразователи вращения в частоту.
14. Измерительные преобразователи в системах ТИ.
15. Два способа телерегулирования.
16. Линия связи и каналы связи.
17. Пропускная способность каналов связи (КС).
18. Структурные схемы организации каналов связи.
19. Дискретные каналы связи.
20. Работа канала с амплитудной модуляцией (АМ). Достоинства и недостатки.
21. Осциллограммы АМ сигналов и спектр частот АМ колебаний.
22. Каналы с частотной модуляцией (ЧМ). Основные достоинства и недостатки.
23. Осциллограммы импульсной последовательности ЧМ колебаний и спектры частот (составляющие, индекс модуляции).
24. Каналы с фазовой модуляцией.
25. Каналы с относительной фазовой модуляцией.
26. Осциллограммы сигналов при фазовой и относительной фазовой модуляции.
27. Работа источника опорного сигнала, способы получения опорного сигнала.
28. Преимущества организации каналов связи по ЛЭП.
29. Структура деления каналов связи по ЛЭП (по частоте).
30. Сложный ВЧ канал и его составляющие. Линейный высокочастотный тракт.
31. Групповое устройство ТМ, область применения и назначение.
32. Режим работы групповых усилителей. Особенности организации каналов связи.
33. Низкочастотные каналы связи.
34. Каналы связи в сетях 0,4-10 кВ и их характеристика.
35. Схема образования канала связи по ЛЭП (фаза-земля).
36. Схема образования канала связи по ЛЭП (фаза-фаза).

37. Схема образования канала связи по ЛЭП (2 фазы-фаза).
38. Схема образования канала связи по ЛЭП (3 фазы-земля).
39. Схема образования канала связи по ЛЭП (3 фазы).
40. Схема подключения модема (фаза-фаза) на контролируемом пункте (КП).
41. Схема подключения модема (2 фазы-фаза) на контролируемом пункте (КП).
42. Схема подключения модема (3 фазы) на контролируемом пункте (КП).
43. Схема подключения модема (3 фазы-земля) на контролируемом пункте (КП).
44. Схема подключения модема (3 фазы) на пункте управления (ПУ).
45. Схема подключения модема (3 фазы-земля) на пункте управления (ПУ).
46. Схема подключения модема (2 фазы-фаза) на пункте управления (ПУ).
47. Схема подключения модема (фаза-фаза) на пункте управления (ПУ).
48. Назначение аппаратуры, входящей в высокочастотный (ВЧ) канал связи.
49. Информационные параметры модема.
50. Основные элементы модема передачи, его схема и работа.
51. Основные элементы модема приема, его схема и работа.
52. Теория передачи информации.
53. Структурная схема передачи информации.
54. Классификация информационных сигналов.
55. Признаки деления информационных сигналов.
56. Определение количества передаваемой информации
57. Импульсные признаки сигналов.
58. Квантование по амплитуде.
59. Квантование по времени.
60. Квантование по уровню и времени.
61. Модуляция и демодуляция.
62. Виды модуляции сигналов.
63. Амплитудный детектор.
64. Частотный детектор.
65. Работа ограничителя максимальных амплитуд.
66. Кодирование информации.
67. Помехи и помехоустойчивость. Общие понятия.
68. Характер аддитивных помех.
69. Классификация аддитивных помех
70. Меры по повышению помехоустойчивости передаваемой информации.
71. Корректирующие и помехозащитные коды. Общие сведения.
72. Разделимые блочные коды. Код с четным количеством единиц.
73. Код с проверкой на четность. Код с постоянным весом.
74. Коды Хемминга. Код с кодовым расстоянием равным трем.
75. Системы с повторением передачи информации.
76. Системы ДУ и ТУ с обратной связью.
77. Задачи и структура оперативно-диспетчерского управления ЭЭС.
78. Информационные основы управления (сообщение, информация, сигнал, помехи, кодирование)
79. Виды и количественные характеристики оперативно-диспетчерской информации
80. Преобразование информации, переносчики информации.
81. Сигналы как материальные носители информации, достоверность передачи оперативно-диспетчерской информации.
82. Технические средства сбора, передачи и отображения оперативно-диспетчерской информации.
83. Оценки качества передачи информации, системы телемеханики.
84. Микропроцессорные телекомплексы, системы телеобработки данных.
85. Автоматизированные системы управления в электроэнергетике, функции и принципы построения АСУ энергетических объектов.

ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ

Тест контроля знаний проводится для Раздела 1 «Анализ передачи информационных потоков в телемеханических системах».

1. Информация, которая содержит сведения о значениях оптимальных графиков активной и реактивной мощности основных электростанций, о требуемых переключениях силового оборудования, изменениях уставок релейной защиты и противоаварийной автоматики и т. д. ...	а) Производственно-статистическая информация; б) Оперативная информация; в) Распорядительная информация; г) Известительная информация.
2. Системы телемеханики, обеспечивающие передачу управляющей информации со стороны диспетчерского пункта (пункта управления) к исполнительным устройствам контролируемого объекта	а) Системы телеуправления; б) Системы телесигнализации; в) Системы телерегулирования; г) Системы телеизмерений.
3. Системы телемеханики, передающие диспетчеру значения параметров контролируемых производственных процессов: тока, напряжения, мощности, частоты ...	а) Системы автотелеуправления; б) Системы телесигнализации; в) Системы телерегулирования; г) Системы телеизмерений.
4. Системы телемеханики, передающие ограниченное количество сигналов типа «авария», «предупреждение» с контролируемого объекта на диспетчерский пункт ...	а) Системы телерегулирования; б) Системы телесигнализации; в) Системы автотелерегулирования; г) Системы аварийно-предупредительной сигнализации.
5. Система передачи данных со скоростью 5000 бод является ...	а) Низкоскоростной; б) Среднескоростной; в) Высокоскоростной.
6. Нулевой абсолютный уровень мощности соответствует значению ...	а) 100 мВт; б) 10 мВт; в) 5 мВт; г) 1 мВт.
7. Помехи, отличающиеся нерегулярностью амплитуд и длительностей и являющиеся результатом наложения большого количества элементарных импульсов электрического тока, возникающих случайно ...	а) Гармонические; б) Импульсные; в) Флуктуационные.
8. Минимальное значение эффективной исправляющей способности приемника информации по измерению многих образцов аппаратуры в реальных условиях работы ...	а) Теоретическая исправляющая способность; б) Эффективная исправляющая способность; в) Номинальная исправляющая способность.
9. Канал связи по ВЛ с частотой 10 кГц является ...	а) Низкочастотным; б) Среднечастотным; в) Высокочастотным.
10. К аналого-цифровым методам преобразования относится ...	а) Счетно-импульсный метод; б) Компенсационный метод; в) Метод последовательного удвоения.

11. Совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих дистанционный сбор, хранение и обработку данных об энергетических потоках в электросетях ...	а) АИИСКУЭ; б) ОИУК; в) АСДУ; г) SCADA.
12. Процесс изменения одного или нескольких параметров высокочастотного несущего колебания по закону низкочастотного информационного сигнала (сообщения) ...	а) Модуляция; б) Демодуляция; в) Квантование.
13. Раздел телемеханики, включающий в себя теорию и технические средства передачи и приема дискретной информации о состоянии контролируемых объектов.	а) Автотелеуправление. б) Телеизмерения; в) Телесигнализация; г) Телеуправление.
14. Управление средним значением сигнала путём изменения скважности импульсов, управляющих ключом ...	а) Частотная модуляция; б) Фазовая модуляция; в) Широтно-импульсная модуляция; г) Амплитудная модуляция.
15. Точность компенсационного метода кодирования характеризуется ...	а) Стабильностью временных интервалов; б) Стабильностью и точностью уравнивающего напряжения; в) Стабильностью генератора счетных импульсов; г) Точностью и линейностью времяимпульсного преобразователя.
16. Информационно-вычислительный комплекс совместно с периферийным оборудованием телемеханики и связи это ...	а) Организационное обеспечение АСУ; б) Научное обеспечение АСУ; в) Математическое обеспечение АСУ; г) Техническое обеспечение АСУ.
17. Коды с использованием для передачи информации сигналов, параметр которых может принимать более двух дискретных значений ...	а) Неравномерные; б) Многопозиционные; в) Блочные; г) Непрерывные.
18. Отношение частотного сдвига частотной модуляции сигнала к удвоенному значению модулированного сигнала...	а) Спектральная эффективность модуляции; б) Скважность импульса; в) Индекс модуляции.
19. Наиболее широкое применение в энергосистемах нашли каналы телемеханики с ...	а) Широтно-импульсной модуляцией; б) Фазовой модуляцией; в) Частотной модуляцией; г) Амплитудной модуляцией.
20. Процесс преобразования сообщения в соответствующую ему цифру называется ...	а) Упаковкой; б) Кодированием; в) Декодированием; г) Модуляцией.

Критерии оценки тестового контроля знаний:

Оценка	Число правильных ответов
5 (отлично)	все
4 (хорошо)	19-15
3 (удовлетворительно)	14- 10
2 (неудовлетворительно)	9 и менее

Вопросы «Блиц-опроса» по темам дисциплины

Тема Информационные основы управления. Основы теории передачи информации. Общие сведения о каналах связи. Задачи и структура оперативно-диспетчерского управления электроэнергетическими системами.

Вопросы «Блиц-опроса»

1. Уровень телемеханики (ТМ), диспетчерского и технологического управления (ДУ и ТУ) в энергетике.
2. Оперативно-диспетчерское управление энергосистемами как информационный процесс.
3. Виды и количественные характеристики оперативно-диспетчерской информации.
4. Информация и ее передача (общие положения и понятия).
5. Оценка количества информации в сообщениях, влияние помех на количество информации в сообщениях.

Тема Информационные основы управления (сообщение, информация, сигнал, помехи, кодирование); Сигналы как материальные носители информации. Информационные потоки. Качество передачи информации по дискретным каналам связи.

Вопросы «Блиц-опроса»

1. Переносчики информации.
2. Квантование сообщений, спектры сигналов, модуляция информационных параметров несущих процессов, преимущества кодо-импульсной модуляции.
3. Способы передачи и достоверность оперативно-диспетчерской информации.
4. Линии и каналы связи в энергосистемах, информационные сети.
5. Характеристики информационных потоков и способов их передачи.

Тема Анализ передачи информационных потоков в телемеханических системах; виды и количественные характеристики оперативно-диспетчерской информации, достоверность передачи оперативно-диспетчерской информации.

Вопросы «Блиц-опроса»

1. Искажения двоичных сигналов.
2. Достоверность передачи информации.
3. Исправляющая способность приемников дискретных сигналов.
4. Помехозащитные коды, используемые в телемеханических системах.
5. Применение корректирующих кодов, циклических систем передачи информации и систем с обратной связью для повышения достоверности телемеханической передачи.

Тема Системы связи по линиям электропередачи. Преобразование информации, переносчики информации, сигналы как материальные носители информации.

Вопросы «Блиц-опроса»

1. Общие сведения о каналах связи по линиям электропередачи (ЛЭП).
2. Функциональная схема канала связи по ЛЭП.
3. Элементы высокочастотной обработки и присоединения к ЛЭП.
4. Высокочастотные заградители, их типы, конструкции, схемы, технические данные.
5. Конденсаторы связи, их типы, конструкции и технические данные.

Тема Элементы и узлы устройств диспетчерского и технологического управления, передачи данных и электронных устройств автоматики.

Вопросы «Блиц-опроса»

1. Диодные и транзисторные элементы и узлы.
2. Цифровые логические элементы.
3. Микросхемные элементы.
4. Триггеры на транзисторах и в микросхемном варианте.

5. Генераторы импульсов на транзисторах.

Тема Системы телеизмерения, оценки качества передачи информации.

Вопросы «Блиц-опроса»

1. Основные принципы телеизмерения (ТИ).
2. Виды телеизмерения.
3. Классификация систем ТИ.
4. Погрешности телеизмерения и способы их уменьшения.
5. Аналоговые системы ТИ.

Тема Системы телеуправления, телесигнализации и телерегулирования. Технические средства сбора, передачи и отображения оперативно-диспетчерской информации.

Вопросы «Блиц-опроса»

1. Классификация систем телеуправления-телесигнализации (ТУ-ТС). системы телемеханики; микропроцессорные телекомплексы, системы телеобработки данных.
2. Принципы построения систем ТУ-ТС ближнего действия, частотных систем ТУ-ТС, временных систем ТУ-ТС.
3. Синфазирование и синхронизация работы передающего и приемного устройства.
4. Структурная схема временной системы ТУ-ТС.
5. Понятие о системах телерегулирования.

Тема Автоматизированные системы управления в электроэнергетике. Построение устройств диспетчерского и технологического управления. Многофункциональные устройства телемеханики.

Вопросы «Блиц-опроса»

1. Содержание и принципы решения основных задач оперативного контроля и управления электроэнергетикой.
2. Современные ОИУК, применяемые для диспетчерского управления в энергетике. Структура и технические средства АСДУ на разных уровнях иерархии диспетчерского управления.
3. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) энергетических объектов.
4. Функции, принципы построения и технические средства АСУ ТП тепловых и гидравлических электростанций и электрических подстанций.

Тема Показатели надежности средства отображения оперативно-диспетчерской информации, измерительных датчиков, комплексов технических средств автоматизированной системы диспетчерского управления.

Вопросы «Блиц-опроса»

1. Средства отображения оперативно-диспетчерской информации.
2. Измерительные датчики тока, напряжения, частоты, активной и реактивной мощности, преобразователи частоты вращения в сигнал (структура, функциональные блоки, способы подключения).
3. Комплекс технических средств автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ), функции и задачи реального времени, выполняемые АСДУ.
4. Оперативно-информационно-управляющий комплекс (ОИУК).

Тема Технические средства сбора, передачи и отображения оперативно-диспетчерской информации.

Вопросы «Блиц-опроса»

1. Средства передачи телемеханической информации.
2. Типовые структуры систем телемеханики.
3. Функциональные блоки систем телемеханики.
4. Управляющие измерительные телекомплексы.
5. Автоматизированные рабочие места (АРМы) диспетчера, релейщика, телемеханика.

Тема Надежность функционирования телемеханических систем.

Вопросы «Блиц-опроса»

1. Критерии оценки надежности систем ДУ и ТУ.
2. Потери от отказов аппаратуры и каналов связи в телемеханической системе.
3. Аналитический расчет надежности.
4. Экспериментальные методы определения показателей надежности.
5. Влияние организации эксплуатации оборудования на показатели надежности.

Критерии оценки вопросов «Блиц-опроса»:

оценка «отлично» выставляется студенту, если даны правильные ответы на все вопросы;

оценка «хорошо» выставляется студенту, если даны ответы на вопросы с незначительными ошибками;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если ответы на вопросы даны со значительными ошибками;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если ответы даны с большим числом ошибок, либо совсем не даны ответы.

Контрольные задания по отдельным темам дисциплины

ЗАДАНИЕ 1. Вывести в ремонт одну из двух рабочих систем шин и заземлить с двух сторон разъединитель ТН этой системы шин.

Исходная схема - см. рис. 1. ОРУ-220 кВ ПС «Центральная-Тренэнерго» с двумя рабочими и одной обходной системами шин. ШСВ и 0В совмещены (вариант без перемычки между обходной и рабочей системами шин). На I с.ш. АТ3, АТ1, Л-201; на II с.ш. АТ4, АТ2. ШОВ включен. Имеется АПВ на обеих системах шин, УРОВ, ДЗШ с фиксированным распределением присоединений. Предусмотрен автоматический перевод цепей напряжения защит при переводе присоединений на другие шины. Все разъединители с одним (ручным) приводом на три фазы. Взаимное расположение присоединений соответствует схеме ОРУ. Нагрузка присоединений, в том числе ШОВ, от 600 до 1000 А на каждом, нагрузка сборных шин на отдельных участках до 2000 А. Обходные шины без напряжения.

Задание. Составить бланк переключений с целью перевести присоединения на II с.ш., снять напряжение с I с.ш. и заземлить с двух сторон разъединитель ТН I с.ш. (РТН1).

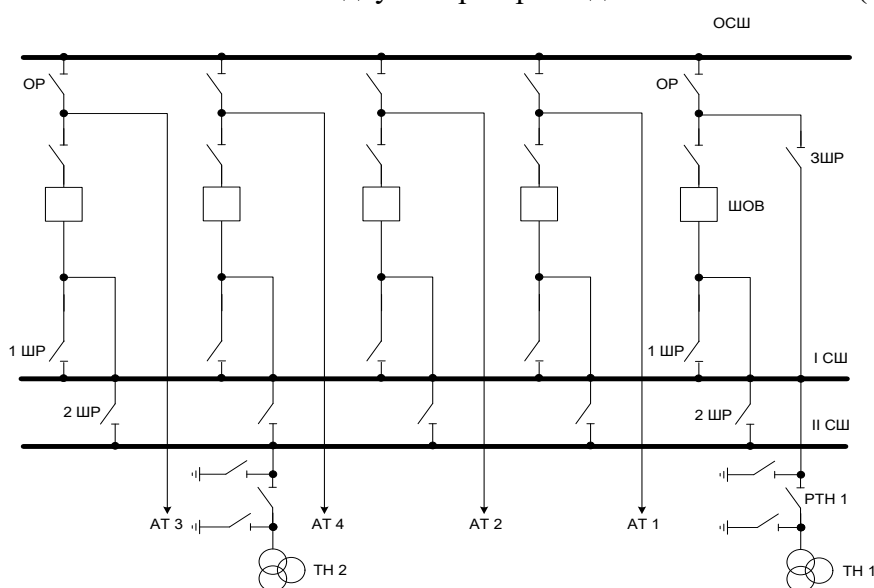
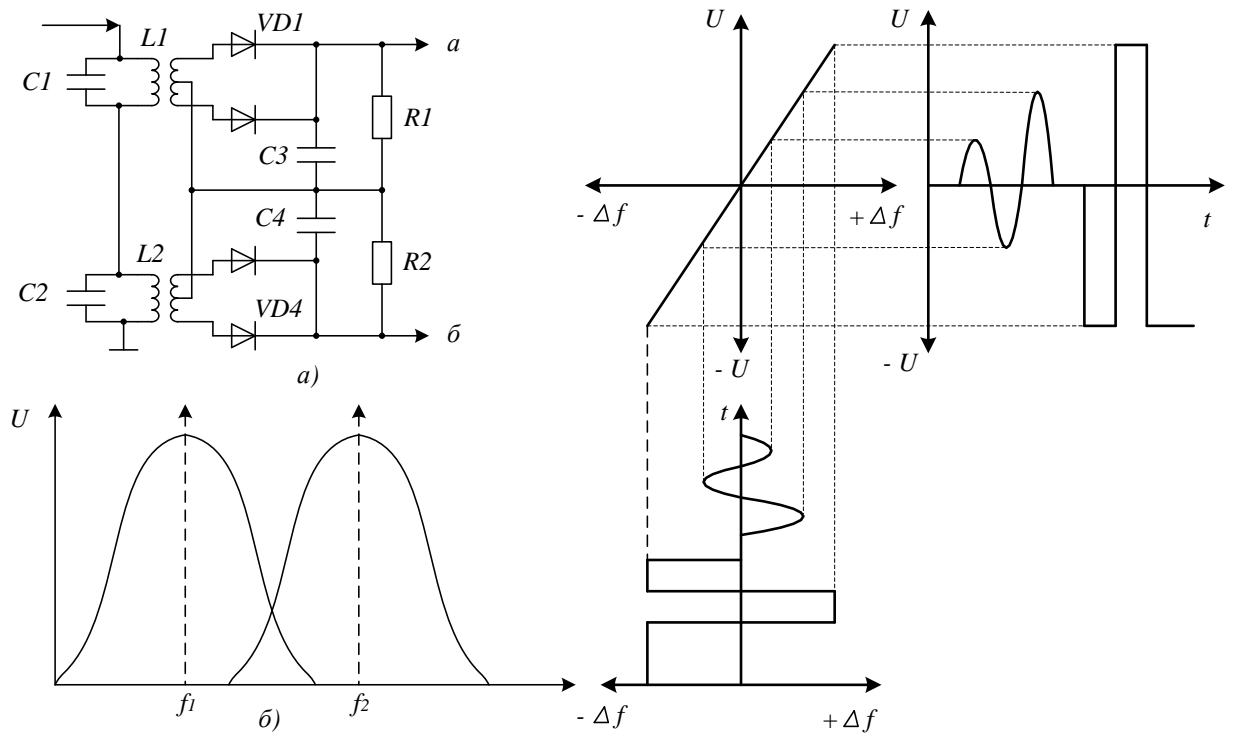


Рис. 1. Схема к заданию 1

ЗАДАНИЕ 2. Описать работу частотного детектора.

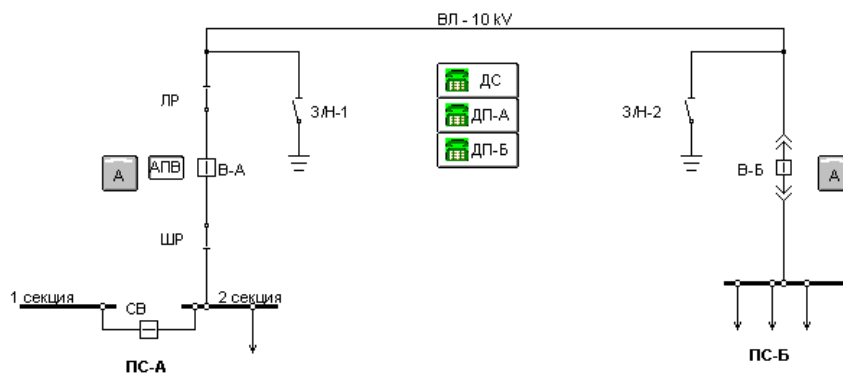


a - схема детектора; б - частотная характеристика детектора; в - сигнал постоянного тока на выходе детектора

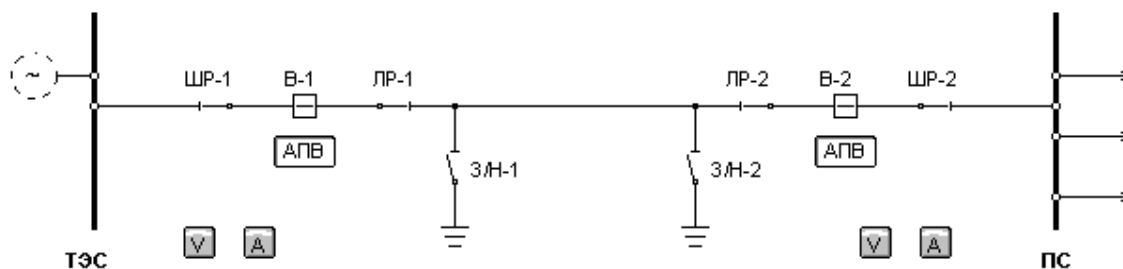
Рис. 2. Схема к заданию 2

Задания нормальных режимов

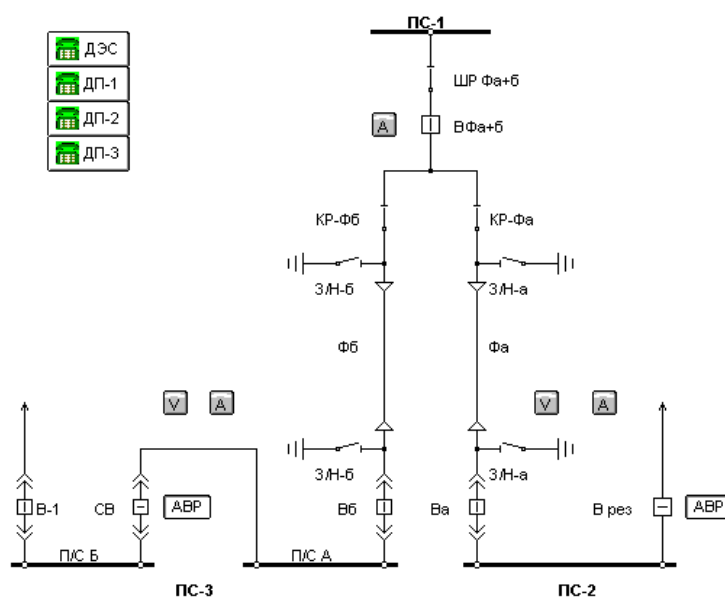
Формулировка задания	Тренажер	№ задания
Отключить и заземлить линию 10 кВ тупикового питания Л1013 для ремонта линии и проведения ревизий выключателей на ПС №1 и №6. Вывести в ремонт выключатели и линию 10 кВ тупикового питания.	ТЭ-2М	1
	Модус	3
Снять заземление и включить в работу линию 10 кВ Л1013. Включить в работу выключатели и линию 10 кВ тупикового питания.	ТЭ-2М	2
	Модус	4



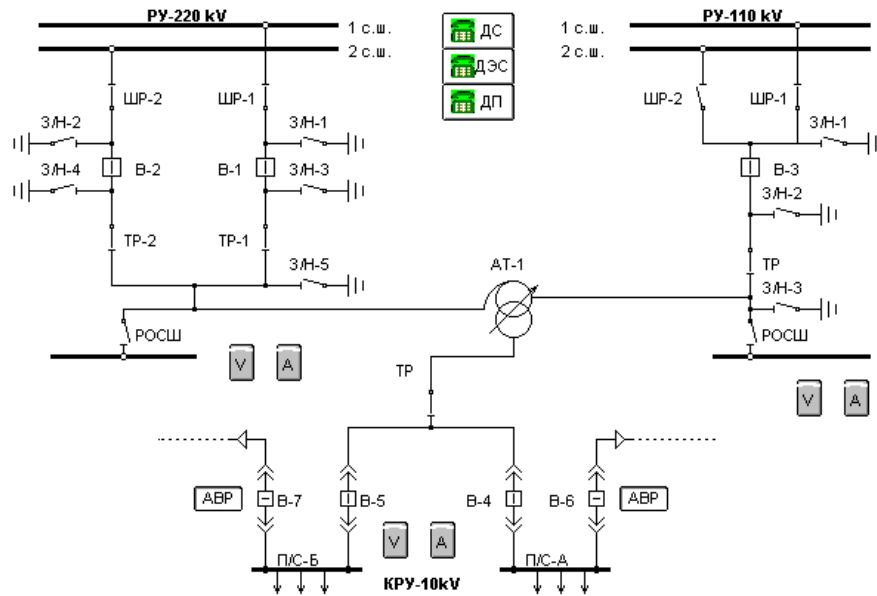
Формулировка задания	Тренажер	№ задания
Отключить и заземлить транзитную линию Л7 110 кВ для работы на ней. <i>Отключить и заземлить линию 110 кВ для работ на линии.</i>	ТЭ-2М	5
	Модус	1
Снять заземление и включить в работу транзитную линию Л7 110 кВ. <i>Снять заземление и включить в работу линию 110 кВ.</i>	ТЭ-2М	6
	Модус	2



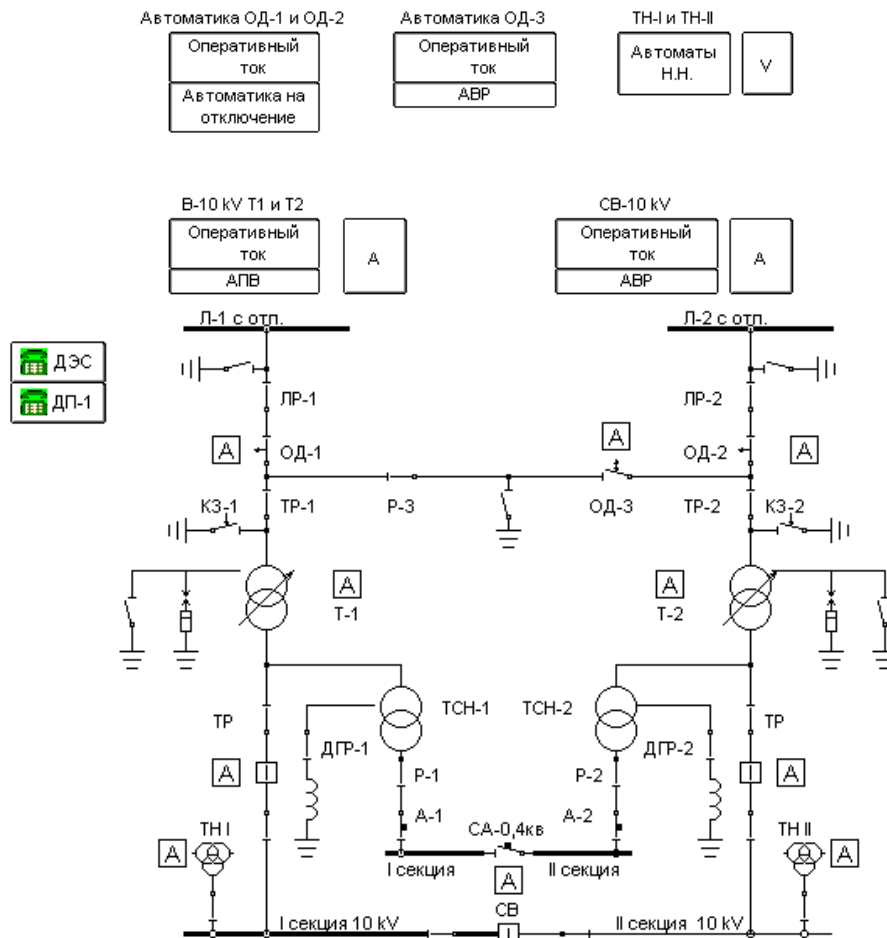
Формулировка задания	Тренажер	№ задания
Отключить и заземлить кабельную линию Л1010А спаренного фидера 1010А÷1010Б для работ на трассе кабеля. <i>Отключить и заземлить Фа спаренного фидера Фа+б.</i>	ТЭ-2М	3
	Модус	7
Снять заземление и включить в работу кабельную линию Л1010А спаренного фидера 1010А÷1010Б. <i>Снять заземление и включить в работу Фа спаренного фидера Фа+б.</i>	ТЭ-2М	4
	Модус	8

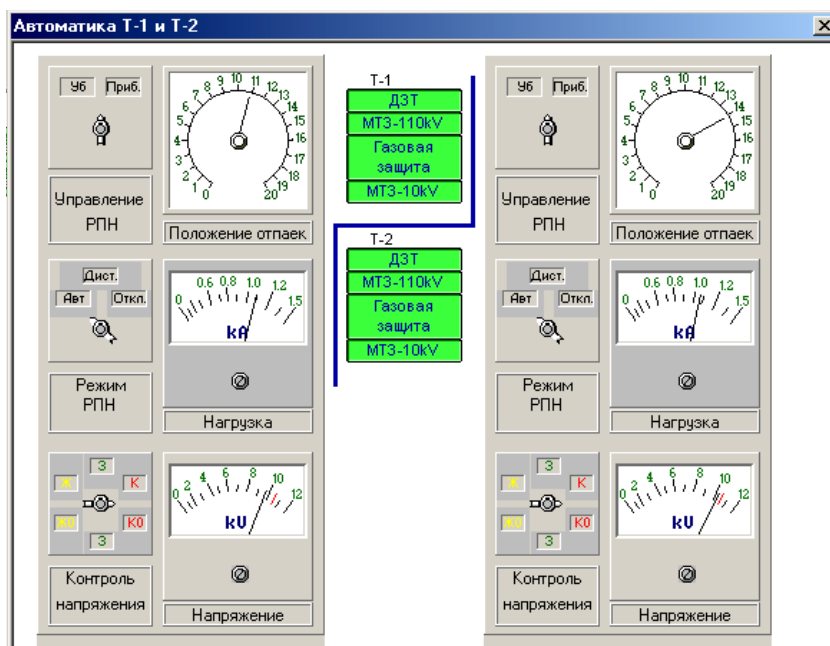


Формулировка задания	Тренажер	№ задания
На ПС №1 отключить и заземлить трансформатор Т2 125 МВА для работ на трансформаторе и его выключателе 110 кВ. <i>Вывести в ремонт АТ-1 и его выключатель 110 кВ.</i>	ТЭ-2М	7
	Модус	5
На ПС №1 снять заземление и включить в работу трансформатор Т2 125 МВА.. <i>Ввести в работу АТ-1 и его выключатель 110 кВ.</i>	ТЭ-2М	8
	Модус	6



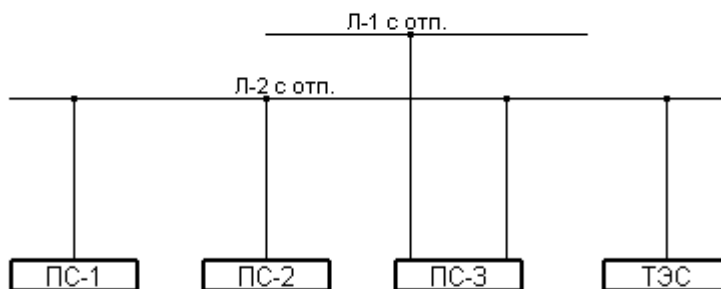
Формулировка задания	Тренажер	№ задания
На ПС №3 отключить и заземлить трансформатор Т1 для работ на трансформаторе. На н/ст 110 кВ вывести в ремонт Т-1 без отключения линии.	ТЭ-2М	9
	Модус	9
На ПС №3 снять заземление и включить в работу Т1. На н/ст 110 кВ снять заземление и включить в работу Т-1.	ТЭ-2М	10
	Модус	10



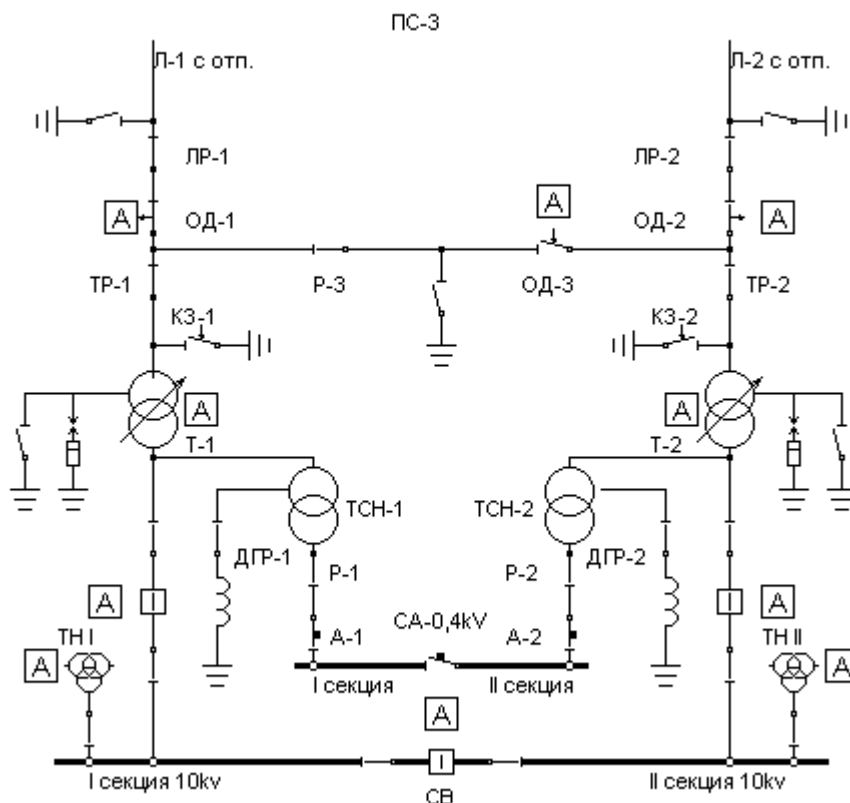
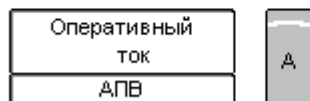


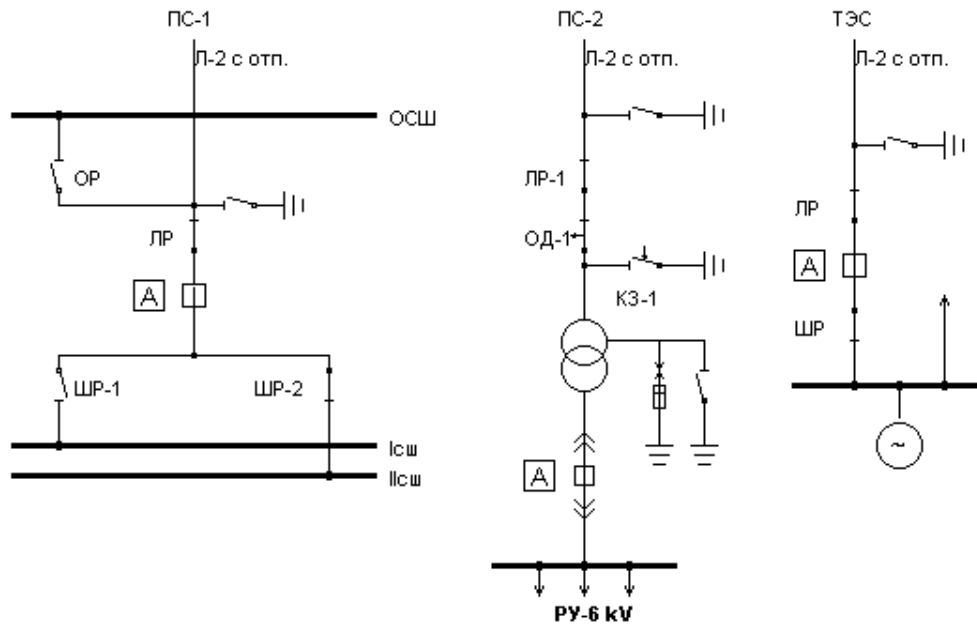
Формулировка задания	Тренажер	№ задания
Отключить и заземлить для ремонта линию 110 кВ Л4 с ответвлением. Вариант 1. На ПС №3 напряжение с трансформатора Т2 снимается отделителями ОД2. <i>Отключить и заземлить для ремонта Л-2 110 кВ (1-й вариант).</i>	ТЭ-2М	11/1
	Модус	11
Отключить и заземлить для ремонта линию 110 кВ Л4 с ответвлением. Вариант 2. На ПС №3 напряжение с трансформатора Т2 снимается отключением линии с ГРЭС и ПС №1. <i>Отключить и заземлить для ремонта Л-2 110 кВ (2-й вариант).</i>	ТЭ-2М	11/2
	Модус	13
Снять заземление и включить в работу линию 110 кВ Л4 с ответвлением. Вариант 1. Подачу напряжения на трансформатор Т2 на ПС №3 выполнить включением линейных разъединителей РЛ2. <i>Снять заземление и включить в работу Л-2 110 кВ.</i>	ТЭ-2М	12/1
	Модус	12
Снять заземление и включить в работу линию 110 кВ Л4 с ответвлением. Вариант 2. Подачу напряжения произвести одновременно на линию Л4 с ответвлением и трансформатор Т2 на ПС №3. <i>Снять заземление и включить в работу Л-2.</i>	ТЭ-2М	12/2
	Модус	14
Отключить и заземлить для ремонта линию 110 кВ Л4 с ответвлением с отключением трансформатора Т2 на ПС №3. Вариант 1. На ПС №3 напряжение с трансформатора Т2 снимается отделителями ОД2. <i>Отключить и заземлить для ремонта Л-2 с отключением Т-2 на ПС-3 (1-й вариант).</i>	ТЭ-2М	13/1
	Модус	15
Отключить и заземлить для ремонта линию 110 кВ Л4 с ответвлением с отключением трансформатора Т2 на ПС №3. Вариант 2. Напряжение снимается одновременно с линии и с трансформатора Т2 на ПС №3. <i>Отключить и заземлить для ремонта Л-2 с отключением Т-2 на ПС-3 (2-й вариант).</i>	ТЭ-2М	13/2
	Модус	17
Снять заземление и включить в работу линию 110 кВ Л4 с ответвлением. Вариант 1. Подачу напряжения на	ТЭ-2М	14/1
	Модус	16

трансформатор Т2 на ПС №3 выполнить включением линейных разъединителей РЛ2. Снять заземление и включить в работу Л-2.		
Снять заземление и включить в работу линию 110 кВ Л4 с ответвлением. Вариант 2. Подачу напряжения произвести одновременно на линию и Т2 на ПС №3. Снять заземление и включить в работу Л-2.	ТЭ-2М	14/2
	Модус	18

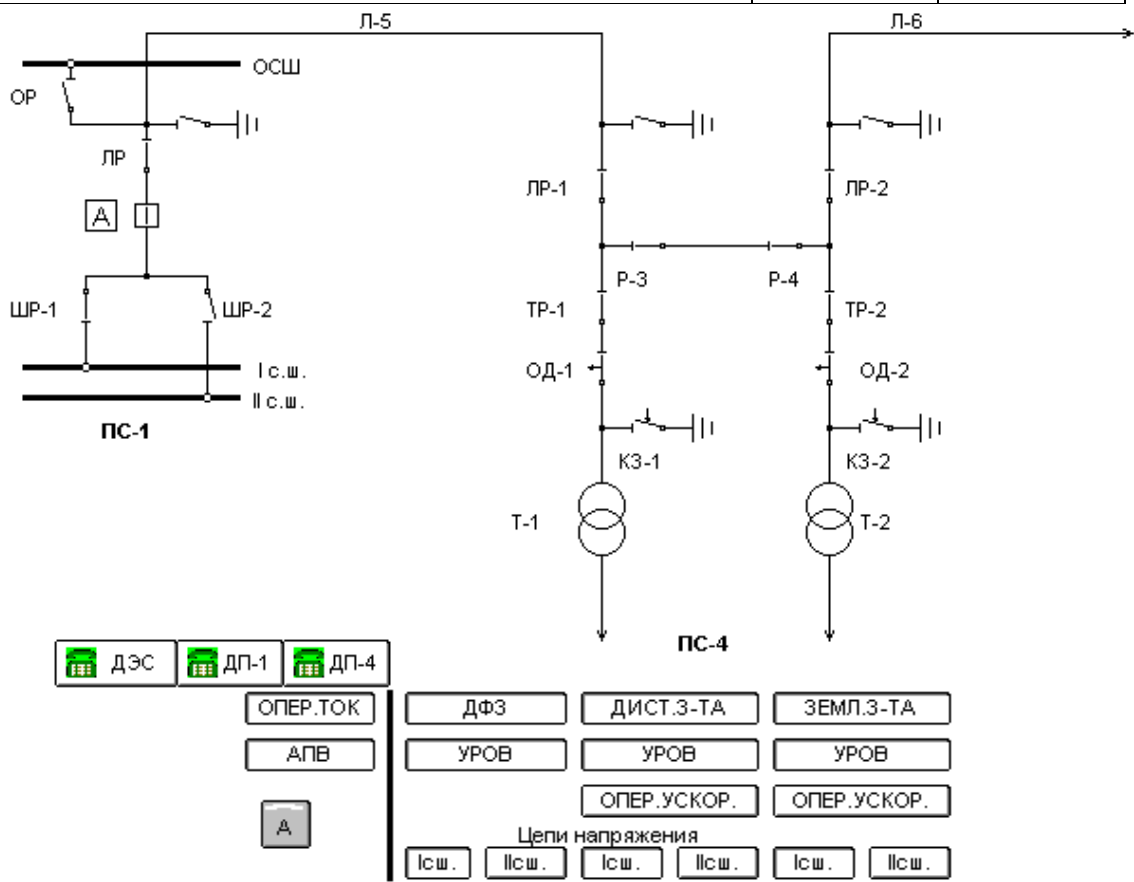


Автоматика ВЛ-1 и ВЛ-2

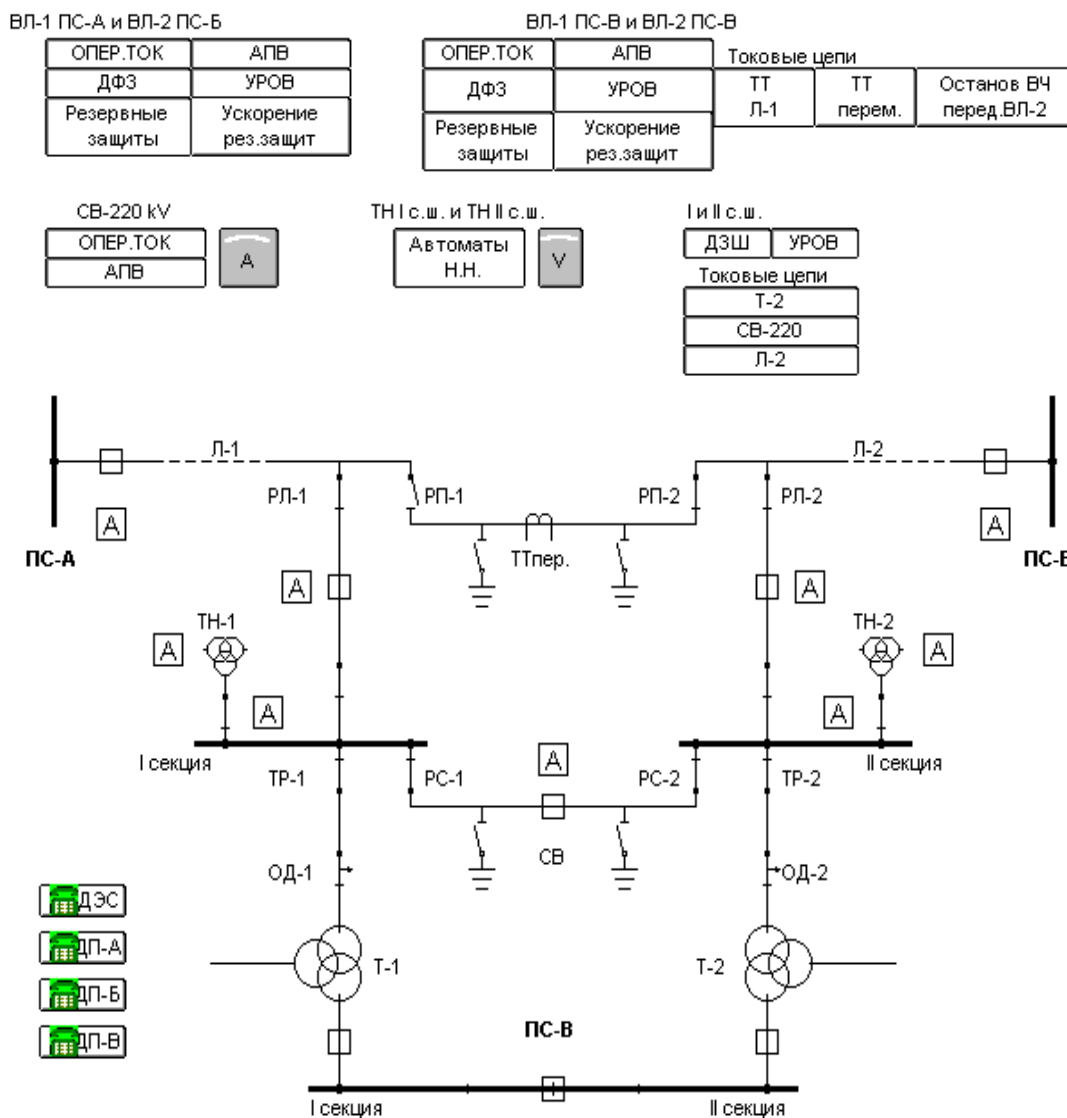




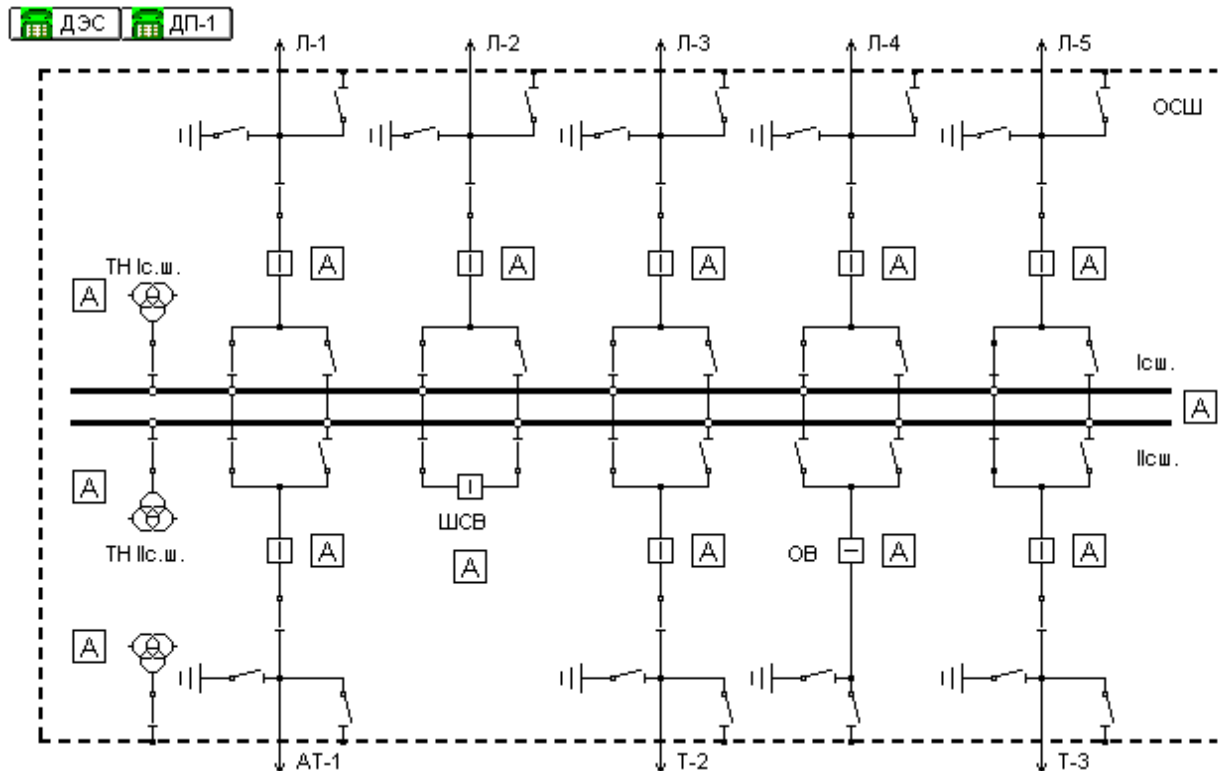
Формулировка задания	Тренажер	№ задания
Отключить и заземлить для ремонта транзитную линию 110 кВ Л5, отходящую от узловой ПС к проходной с упрощенной схемой. <i>Отключить и заземлить для ремонта транзитную линию Л-5 110 кВ</i>	ТЭ-2М	15
	Модус	19
Снять заземление и включить в работу транзитную линию Л5. <i>Снять заземление и включить в работу транзитную линию Л-5.</i>	ТЭ-2М	16
	Модус	20



Формулировка задания	Тренажер	№ задания
На ПС №9 вывести в ремонт секционный выключатель СВ 220 кВ с включением разъединителей ремонтной перемычки. Вывести в ремонт СВ-220 кВ с включением ремонтной перемычки.	ТЭ-2М	17
	Модус	21
На ПС №9 снять заземление и ввести в работу СВ 220 кВ, отключить разъединители в перемычке. Ввести в работу СВ-220 кВ.	ТЭ-2М	18
	Модус	22



Формулировка задания	Тренажер	№ задания
На ПС №1 перевести все присоединения с I с.ш. 110 кВ, находящейся в работе, на II (резервную) с.ш. с помощью ШСВ. В РУ-110 кВ перевести все присоединения с I на II с.ш. с помощью ШСВ.	ТЭ-2М	19
	Модус	23
На ПС №1 в РУ 110 кВ перевести линию Л1 с I с.ш. на II с.ш. 110 кВ, а линию Л2 – со II с.ш. на I с.ш. 110 кВ с использованием ШСВ 110 кВ. В РУ-110 кВ произвести перефиксацию Л-1 и Л-2 с помощью ШСВ.	ТЭ-2М	20
	Модус	24



ШСВ

ОПЕР.ТОК	МТЗ	ОТСЕЧКА	ЗЕМЛ.З-ТА
АПВ	УРОВ	УРОВ	УРОВ
А	ОП.УСКОР.		ОП.УСКОР.
	Цели напр. Iсш Iлш		Цели напр. Iсш Iлш
Уставки зашит			
Уставки АПВ		ОПР	ОПР
Л-1 Л-2	Л-1 Л-2	Л-1 Л-2	Л-1 Л-2
Л-3 Л-4	Л-3 Л-4	Л-3 Л-4	Л-3 Л-4
Л-5 АТ-1	Л-5 АТ-1	Л-5 АТ-1	Л-5 АТ-1
Т-2 Т-3	Т-2 Т-3	Т-2 Т-3	Т-2 Т-3

ОВ

ОПЕР.ТОК	ОТСЕЧКА	ДИСТ.З-ТА	ЗЕМЛ.З-ТА
АПВ	УРОВ	УРОВ	УРОВ
А		Цели напр. Iсш Iлш	Цели напр. Iсш Iлш
	Уставки зашит		
Уставки АПВ		ОПР	ОПР
Л-1 Л-2	Л-1 Л-2	Л-1 Л-2	Л-1 Л-2
Л-3 Л-4	Л-3 Л-4	Л-3 Л-4	Л-3 Л-4
Л-5 АТ-1	Л-5 АТ-1	Л-5 АТ-1	Л-5 АТ-1
Т-2 Т-3	Т-2 Т-3	Т-2 Т-3	Т-2 Т-3

РЗ и А шин

ДЗШ	УРОВ
Руб.наруш. фиксации	АПВШ
Избират. комплекты	
Iс.ш.	Iл.ш.
Л-1	Л-1
Л-2	Л-2
Л-3	Л-3
Л-4	Л-4
Л-5	Л-5
АТ-1	АТ-1
Т-2	Т-2
Т-3	Т-3
ШСВ	ШСВ
ОВ	ОВ

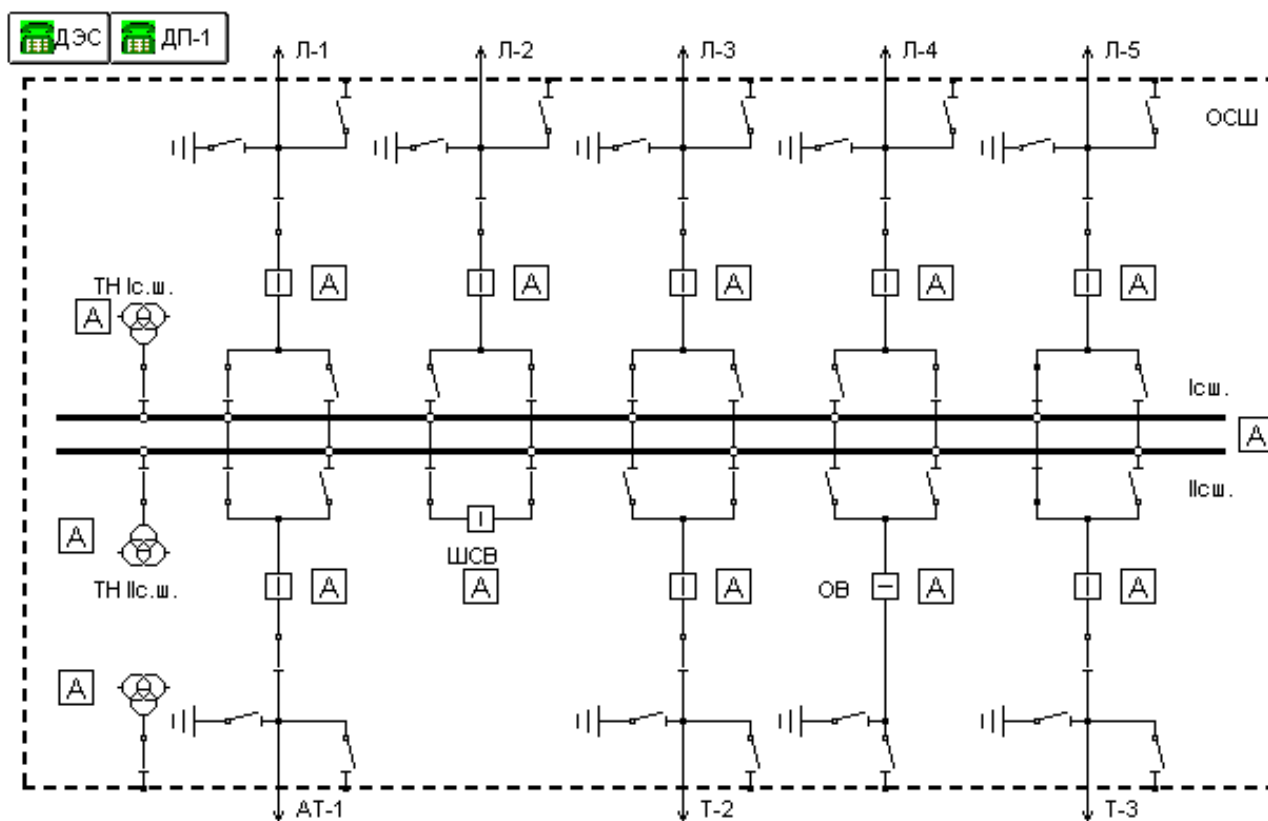
ТН I, II, ОСШ с.ш.

Автоматы Н.Н.	V
---------------	---

Опер.цели ДЗШ

Отключение ОВ
пуск УРОВ на ОВ

Формулировка задания	Тренажер	№ задания
На ПС №1 перевести все присоединения с I с.ш. 110 кВ, находящейся в работе, на II (резервную) с.ш. без помощи ШСВ. В РУ-110 кВ перевести все присоединения с I с.ш на II с.ш. без ШСВ.	ТЭ-2М	21
	Модус	25



Критерии оценки заданий по темам:

оценка «отлично» выставляется студенту, если практические задания решены правильно, с обоснованием применяемых теоретических положений и сопровождено необходимым анализом, и оценкой полученных результатов, сделаны выводы;

оценка «хорошо» выставляется студенту, если практические задания решены с отдельными недостатками, не влияющими на окончательный результат;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если практические задания решены со значительными ошибками;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если практические задания решены с большим числом ошибок, либо совсем не решены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ломов В.Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии.-М.: Наука, 1984.
2. Маркушевич, Н. С. Автоматизированная система диспетчерского управления: из опыта Латв.энергосистемы / Н. С. Маркушевич. - М. : Энергоатомиздат, 1986. - 136 с. : ил.
3. Никифоров Г.С. Самоконтроль как механизм надежности человека -оператора.- Л.: ЛГУ, 1977.
4. Психологические особенности деятельности диспетчеров энергосис-тем. Методическая разработка.- М.: Всесоюзный институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов. Кафедра строительных конструкций энергетических сооружений, 1985.
5. Очерки психологии труда оператора / Под ред. Е.А. Милеряна.- М.: Наука, 1974.
6. Теория и практика аутогенной тренировки. 2-е изд., перераб. и доп.- Л.: Медицина, 1980.
7. Цирель Я.А. Оперативные переключения как этап стандартного цикла оперативного управления. Основные определения и стандартные термины. Учебное пособие. ч.1. Изд. Петербургского энергетического института повышения квалификации руководящих работников и специалистов Минтопэнерго, 1995.
8. Цирель Я.А. Использование дедуктивного метода при разработке программ обучения оперативного персонала. - Электрические станции, 1991, №4.
9. Инструкция по переключениям в электроустановках. СО153-34.20.505-2003. Москва. «Издательство НЦ ЭНАС». 2004. СТО 59012820.29.020.005-2011 Стандарт организации. Правила переключений в электроустановках. Москва, 2011.
10. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации / Минэнерго РФ, 2003.
11. Филатов А.А. Обслуживание электрических подстанций оперативным персоналом.- М.: Энергоатомиздат, 1990.
12. Цирель Я.А. Особенности оперативных переключений по отключению и включению электрических цепей. Учебное пособие. ч.2. Изд. Петербургского энергетического института повышения квалификации руководящих работников и специалистов Минтопэнерго, 1995.
13. Инструкции по монтажу и эксплуатации дутьевых приставок к отделителям и разъединителям 35-220 кВ горизонтально-поворотного типа. БТИ ОРГРЭС.: М. Энергия, 1966.
14. РД 153-34.0-20.561-2002. Типовая инструкция по предотвращению и ликвидации аварий в электрической части энергосистем.
15. Цирель Я.А. Составление оперативного бланка (программы) производства переключений. Учебное пособие. - Санкт-Петербург, 1995.
16. Цирель Я.А. Загрузка оперативно-диспетчерского персонала энергосистем оперативными переключениями и характерные ошибки при переключениях. Учебное пособие. - Санкт-Петербург, 1995.
17. Мурашко Н.В. Новое издание норм технологического проектирования подстанций. – Электрические станции, №3, 1992.
18. РАО “ЕЭС России”. Департамент генеральной инспекции по эксплуатации электростанций и сетей / Аварийность в электроэнергетике / информационный бюллетень № 12-94. – М.: СПО ОРГРЭС, 1994.
19. Клушин Ю.А. и др. Некоторые рекомендации по построению модели энергоблока, закладываемые в тепловые электростанции. – Тепловые станции, 1976, №6.
20. М.П. Лобанов, В.П. Скакун, Б.А. Науменко. Оперативные переключения в схемах электрических соединений электростанций и подстанций. Методические указания к лабораторным занятиям. – Владивосток. ДВПИ, 1988.
21. Скляр, О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи [Текст] : учеб.пособие /О. К. Скляр. - 2-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2010. - 272 с. : ил. - (Учебники для вузов. Спец. лит.). - Библиогр. : с. 254.

22. Пуговкин, А.В. Телекоммуникационные системы [Электронный ресурс] : учеб. пособие: А.В. Пуговкин. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007.-215с. – (ЭБС ун. Б-ка online)
23. Рачков, М. Ю. Технические средства автоматизации [Текст] : учеб. : рек. УМО / М.Ю. Рачков. - 2-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. индустриального ун-та, 2009. - 186 с. : рис., табл. - Библиогр. : с. 178 . - Предм. указ. : с. 180 .
24. Курицын, С. А. Телекоммуникационные технологии и системы [Текст] : учеб. пособие / С. А. Курицын. - М. : Академия, 2008. - 300 с. - (Высшее проф. образование. Радиотехника).
25. Калентионюк, Е. В. Оперативное управление в энергосистемах [Текст] : учеб. пособие / Е. В. Калентионюк, В. Г. Прокопенко, В. Т. Федин ; под ред. В. Т. Фебина. - Минск : Вышэйш. шк., 2007. - 351 с. : рис. - Библиогр.: с. 347 .
26. Шандров, Б. В. Технические средства автоматизации [Текст] : учеб.: рек. Мин. обр. РФ / Б. В. Шандров, А. Д. Чудаков. - М.: Академия, 2007. - 362 с.: рис. - (Высшее проф. образование. Автоматизация и управление). - Библиогр. : с. 358 .
27. Справочник по проектированию систем передачи информации в энергетике [Текст] / С. С. Агафонов, Б. А. Жучков, И. И. Цитвер; под ред. В. Х Ишкиной. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 264 с.
28. Митюшкин, К. Г. Телеконтроль и телеуправление в энергосистемах [Текст] : учеб. пособие / К. Г. Митюшкин. - М. : Энергоатомиздат, 1990. - 288 с. - Предм. указ.: с. 281.
29. Бурденков, Г. В. Автоматика, телемеханика и передача данных в энергосистемах [Текст]: учеб. / Г. В. Бурденков, А. И. Малышев, Я. В. Лурье. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 336 с.
30. Акулиничев, Ю. П. Теория электрической связи [Текст] : учеб. пособие : рек. УМО / Ю. П. Акулиничев. - СПб. : Лань, 2010. - 234 с. : ил. - (Учебники для вузов. Спец. лит.). - Библиогр. : с. 230.
31. Мясоедов, Юрий Викторович. Альбом схем и диаграмм по предмету "Телемеханика" [Текст] : учеб.-метод. пособие / Ю. В. Мясоедов, С. В. Лушников ; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск : Изд-во Амур.гос. ун-та, 1998. - 70 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 68.
32. Правила оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике [Электронный ресурс] / — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский дом ЭНЕРГИЯ, 2013. — 36 с. — 978-5-98908-146-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22716.html>
33. Оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике. Правила безопасной организации работ оперативного персонала электроустановок [Электронный ресурс]/ — Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом ЭНЕРГИЯ, Альвис, 2013.— 800 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22706>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю.
34. Технические средства диспетчерского и технологического управления [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. В. Мясоедов, Л. А. Мясоедова, И. Г. Подгурская ; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2014. - 115 с. : рис. : https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7093.pdf
35. Технические средства диспетчерского и технологического управления. Методические указания к лабораторным работам/ сост.: Мясоедов Ю.В., Мясоедова Л.А., Подгурская И.Г.- Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2014. – 70 с. — Режим доступа: https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7061.pdf
36. Диспетчерское и технологическое управление [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. В. Мясоедов, Л. А. Мясоедова, И. Г. Подгурская ; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2014. - 94 с. https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7137.pdf
37. Оперативные переключения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. В. Мясоедов, Л. А. Мясоедова, И. Г. Подгурская ; АмГУ, Эн. ф. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2015. - 293 с. https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7367.pdf
38. Оперативные переключения [Электронный ресурс] : метод. указания к лаб. работам / Ю. В. Мясоедов, Л. А. Мясоедова, И. Г. Подгурская ; АмГУ, Эн. ф. . - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2014. - 70 с. https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7045.pdf